

Inkludere CO₂-regnskap i 3D-modellen for veibyggingprosjekter



ROMAN SLOBODCHIKOV OG KJETIL LOHNE BAKKE

VEILEDERE

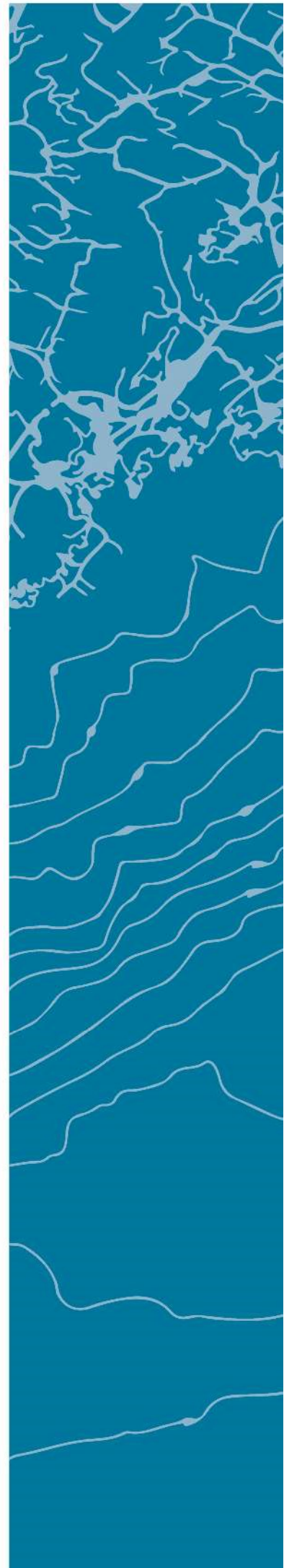
Reyn Joseph O'Born

Paul Ragnar Svennevig

Jon Olav Upsal

Universitetet i Agder, 2018

Fakultet for teknologi og realfag



Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.

1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ol style="list-style-type: none"> 1. ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands. 2. ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt. 3. ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt. 4. har alle referansene oppgitt i litteraturlisten. 5. ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse. 	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å betrakte som fusk og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§ 31.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert.	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at Universitetet i Agder vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens retningslinjer for behandling av saker om fusk.	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider.	<input checked="" type="checkbox"/>

Publiseringsavtale

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten (Åndsverkloven. §2).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage Aura og på UiA sine nettsider med forfatter(ne)s godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller tausehetsbelagt/konfidensiell vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved Universitetet i Agder en vederlagsfri rett til å

gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering: JA NEI

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)? JA NEI

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over? JA NEI

Er oppgaven unntatt offentlighet? JA NEI

(inneholder taushetsbelagt informasjon. Jfr. Offl. §13/Fvl. §13)

Forord

Vi ønsker å takke våre veiledere, Reyn Joseph O’Born, Paul Ragnar Svennevig og Jon Olav Upsal for all deres støtte og bidrag i denne masteroppgaven. Vi ønsker også å takke alle som har delt sine erfaringer og kunnskap med oss. Takk til dere alle for deres støtte gjennom vår utdanning.

Institutt for ingeniørvitenskap, Universitetet i Agder, 2018

Kjetil Lohne Bakke - Roman Slobodchikov

Summary

For decades, Norwegian roads were constructed and planned by use of printout drawings. Today, as projects increase in scope and complexity, road construction has become a highly collaborative effort, with multiple disciplines working together to fulfil strict regulation requirements. It is due to this development that usage of digital tools in road and infrastructure engineering is more common.

This master thesis takes a closer look at today's possibilities in digital road construction design and on potential of expanding the usability by applying modern software development. Mainly, two separate cases have been investigated, a country road and a main highway, to explore opportunities in calculation of CO₂-eq. emissions based on data available in respective 3D models. As a result, an application was developed that could be loaded into the design software, giving the user access to an extended control panel functionality. The user can rapidly calculate estimates for CO₂-eq. emissions, energy use and cost based on the elements available in the model. Resulting data can then be stored, directly in the model, making it readily accessible for collaboration and/ or optimization.

When comparing the developed application to traditional means of environmental impact assessment, a deviation of less than 4% was found. This suggests, given the constraints of this study, that such application of digital tools can be a useful measure during planning and engineering phases of a road construction project. However, further work, development and research is required as there is a lack of project specific data.

Innholdsfortegnelse

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring.....	I
Publiseringsavtale.....	II
Forord.....	III
Summary	IV
Innholdsfortegnelse	V
Figurliste.....	IX
Formelliste.....	X
Tabelliste	X
Liste over forkortelser	XI
1 Innledning.....	1
2 Samfunnsperspektiv	4
3 Teori.....	6
3.1 Veibygging.....	6
3.1.1 Veiens oppbygning	6
3.1.2 Underbygning	6
3.1.3 Overbygning	7
3.2 Livsløpsanalyse.....	8
3.2.1 LCA-verktøy for klimaberegning av vei.....	10
3.2.2 EFFEKT 6.6	10
3.2.3 EPD	11
3.2.4 Ecoinvent	12
3.2.5 Klimaregnskap i SimaPro	12
3.3 Digital veiprojektering	12
3.3.1 Bygningsinformasjonsmodell	13
3.3.2 Trimble Novapoint.....	13
3.3.3 Autodesk Civil 3D.....	14
3.4 LCA i BIM	14
3.4.1 Standardisering av LCA i BIM.....	14
3.4.2 LCA som tilleggsfunksjon i programvaren	15
3.4.3 LCA i veiprojekter.....	18

3.5	Programvareutvikling.....	19
3.5.1	Matlab	19
3.5.2	Python	19
3.5.3	AutoLISP.....	20
3.5.4	C# og .NET rammeverk	20
3.5.5	Just-In-Time kompilering.....	20
3.5.6	Microsoft Visual Studio	20
3.5.7	Team Services og Git	21
3.6	Oppsummering	21
4	Forsknings spørsmål	22
4.1	Avgrensinger	22
5	Case.....	23
5.1	Veistrekningen Nørholm-Molland i Grimstad kommune	23
5.2	Veistrekningen S03 E6 Arnkvern – Moelv i Ringsaker kommune	24
6	Metode	25
6.1	Fremgangsmetode	25
6.1.1	Nivå 1	25
6.1.2	Nivå 2	25
6.1.3	Nivå 3	25
6.1.4	Nivå 4	26
6.1.5	Nivå 5	26
6.2	Litteraturstudie	26
6.3	Database	26
6.3.1	Mengder	27
6.3.2	Transport	27
6.3.3	Maskiner.....	28
6.4	SimaPro	29
6.5	Programvareutvikling.....	30
6.5.1	Visual Studio	30
6.5.2	Utviklet programkode	33
7	Resultat.....	37
7.1	Modell Kalkulator.....	37

7.1.1	Mengde.....	38
7.1.2	Transport	39
7.1.3	Maskiner.....	40
7.1.4	CO ₂ -ekvivalente utslipp	41
7.1.5	Energiforbruk.....	43
7.1.6	Kostnad.....	45
7.2	Mengdeberegning fra Trimble Novapoint	47
7.2.1	Case 1, Nørholm-Molland.....	47
7.2.2	Case 2, S03 E6 Arnkvern – Moelv	47
7.3	Mengdeberegning fra Autodesk Civil 3D	47
7.3.1	Case 1, Nørholm-Molland.....	47
7.3.2	Case 2, S03 E6 Arnkvern – Moelv	48
7.4	Klimaregnskap.....	48
7.4.1	Case 1 ved bruk av SimaPro og Modell Kalkulator	48
7.4.2	Sammenligning av klimaregnskapene	49
7.5	Avvik i resultatene.....	50
7.5.1	Mengdeberegning	50
7.5.2	Klimaberegninger	51
8	Diskusjon.....	53
8.1	Klimaregnskap.....	53
8.1.1	Modell Kalkulator	53
8.1.2	Database.....	54
8.1.3	Livsløpet til veien	55
8.1.4	Prosjektspesifikke data.....	55
8.1.5	Oppsummering.....	55
8.2	Utvikling av Modell Kalkulator	56
8.2.1	Mengde.....	56
8.2.2	Transport	57
8.2.3	Maskiner.....	58
8.2.4	CO ₂ -ekvivalente utslipp	58
8.2.5	Energiforbruk.....	58
8.2.6	Kostnad.....	59

8.2.7	Oppsummering.....	59
8.3	Programmeringsspråk.....	59
8.3.1	Matlab	59
8.3.2	Python	60
8.3.3	AutoLISP.....	60
8.3.4	C# og .NET rammeverk	60
8.3.5	Oppsummering.....	61
9	Konklusjon	62
10	Anbefalinger	63
11	Referanser	64
12	Vedlegg	70

Figurliste

Figur 1.1 Rapportens oppbygning.	2
Figur 2.1 Ord som er med på å skape endringer i samfunnet.	4
Figur 2.2 Nasjonal transportplan og transportetatene [10].	4
Figur 2.3 Klimapåvirkning basert på fargeplot.	5
Figur 3.1 Veiens oppbygning [11, Fig. 4.17].	7
Figur 3.2 Rammeverk for livsløpsvurdering [17].	9
Figur 3.3 Et skjermbilde av programvare prototypen utviklet av Kulahcioglu m.fl. [55].	15
Figur 3.4 Et skjermbilde av eksportprosessen benyttet av Jrade m.fl [56].	16
Figur 3.5 Et skjermbilde av programmeringen i Dynamo Primer [57].	17
Figur 3.6 Bruk av GIS som datakilde for å utføre LCA analyse [62].	18
Figur 5.1 Oversiktskart av prosjektert vei.	23
Figur 5.2 Normalprofiltegning av overbygning.	24
Figur 5.3 3D-modell av veistrekningen S03 E6 Arnkvern-Moelv i Ringsaker kommune [Sweco].	24
Figur 6.1 Nivåpyramide fra forprosjektet (se vedlegg VI, Fig. 10.1).	25
Figur 6.2 Forenklet oversikt over LCA-studien.	29
Figur 6.3 Oversikt over kildekodefiler i Visual Studio.	31
Figur 6.4 Logo av Modell Kalkulator.	33
Figur 6.5 Kommandolinje i Civil 3D.	33
Figur 6.6 Flytskjema for mengdeberegning.	34
Figur 6.7 Flytskjema for resultatoversikt.	35
Figur 6.8 Applikasjonsmodulen til masterprosjektet.	35
Figur 6.9 Grafisk fremstilling av veiprojektet.	36
Figur 6.10 Ikon for å se produktegenskaper.	36
Figur 7.1 Illustrasjon av programmets mengdemeny.	38
Figur 7.2 Illustrasjon av programmets transportmeny.	39
Figur 7.3 Illustrasjon av programmets maskinmeny.	40
Figur 7.4 Skalarplot av veistrekningen fra Modell Kalkulator.	41
Figur 7.5 Illustrasjon av programmets meny for CO ₂ -ekvivalente utslipp.	42
Figur 7.6 Illustrasjon av programmets meny for energiforbruk.	44
Figur 7.7 Illustrasjon av programmets meny for kostnadsberegning.	46

Figur 7.8 Andel CO ₂ -ekv. utslipp per objekt.	49
Figur 7.9 Stolpediagram for avvik i mengdeberegning.	50
Figur 7.10 Stolpediagram for avvik i CO ₂ -ekv. utslipp.	51
Figur 7.11 Avvik i prosent mellom SimaPro og Autodesk Civil 3D for case 1.	52
Figur 8.1 Venndiagram som viser regnskap for utslipp, energiforbruk og kostnad som BIM funksjon.	53

Formelliste

Formel 6.1 Transportarbeid.	27
----------------------------------	----

Tabelliste

Tabell 0.1 Liste over forkortelser.	XI
Tabell 3.1 En standard tabell over EPD moduler.	11
Tabell 6.1 Verdier for materialtetthet.	27
Tabell 6.2 Verdier for transportavstand.	27
Tabell 6.3 Dieselforbruk til anleggsmaskiner i forskjellige byggeprosesser.	28
Tabell 6.4 Maskinarbeid for etablering av drencsystemer.	28
Tabell 6.5 Oversikt over dynamiske bibliotek (DLL) fra Autodesk som er benyttet i utviklet kode.	30
Tabell 6.6 Beskrivelse av kildekodefilene (se vedlegg V).	31
Tabell 6.7 Oversikt over ikoner benyttet i verktøyet.	32
Tabell 7.1 Mengdeberegning fra Trimble Novapoint, case 1.	47
Tabell 7.2 Mengdeberegning fra Trimble Novapoint, case 2.	47
Tabell 7.3 Mengdeberegning fra Autodesk Civil 3D, case 1.	47
Tabell 7.4 Mengdeberegning fra Autodesk Civil 3D, case 2.	48
Tabell 7.5 Tonn CO ₂ -ekvivalente utslipp.	48

Liste over forkortelser

Forkortelse	Beskrivelse	Kommentar
.NET	Rammeverk	
API	Application Programming Interface	
BIM	Building Information Modelling/Building Information Modell	
BYG507	Forprosjekt til masteroppgave (bygg)	
BYG508	Masteroppgave (bygg)	
CAD	Computer Aided Design	
CLS	Common Language Specification	
CO ₂	Karbondioksid	Klimagass
DAK	Dataassistert konstruksjon	
EKA	Energi och Koldioxid på Asfaltbelaggingar	
EPD	Environmental Product Declaration	
FDC	Forvaltning, Drift og Vedlikehold	
IDE	Integrated Development Environment	
ISO	International Standard Organization	
JIT	Just In Time	
LCA	Life Cycle Assessment	Livsløpsanalyse
LCI	Life Cycle Inventory	Livsløpsregnskap
MJ	Mega Joule	
MSI	Microsoft Installer	
N100	Normal 100	Håndbok fra SVV
N200	Normal 200	Håndbok fra SVV
NS	Norsk Standard	
NS-EN	Norsk Standard som er utviklet i Europa (CEN), og deretter fastsatt som Norsk Standard	
NTP	Norsk Transportplan	
PCR	Product Category Rules	
ReCiPe	Metode for å strukturere LCA-regnskapet	
SSB	Statistisk sentralbyrå	
SVV	Statens Vegvesen	
UiA	Universitetet i Agder	
VSTS	Visual Studio Team Services	
ÅDT	Årlig Døgntrafikk	

Tabell 0.1 Liste over forkortelser.

1 Innledning

Dette masterprosjektet er en videreføring av et forprosjekt som ble utarbeidet i BYG507 ved Universitetet i Agder, høsten 2017 (se vedlegg VI). I forprosjektet ble det avdekket et behov for å utvikle et verktøy som tar hensyn til klimagassutslipp i vei-prosjekter. Regjeringens transportpolitikk som blir beskrevet i Nasjonal Transportplan gir retningslinjer og mål for klimagassutslipp ved bygging av infrastruktur [1]. I tillegg ønsker flere rådgivningsfirmaer, entreprenører og byggherrer å bidra til det grønne skiftet¹ i alle deler av et prosjekt.

Jon Olav Upsal i det rådgivende ingeniørfirmaet Sweco, har tatt initiativ til å utarbeide en oppgave som ser på problematikken rundt CO₂-utslipp ved vei-bygging. I dag utføres klimagassberegning ved hjelp av separate dokument, gjerne etter at et prosjekt er ferdig prosjektert. Dette gjør det komplisert å påvirke utslippsmengden. For å forenkle denne prosessen skal masteroppgaven se på muligheten for å implementere klimagassregnskapet direkte i prosjekteringsverktøyet. Dette vil kunne gi en prosjektgruppe raskere og enklere tilgang på nødvendig informasjon. Ved å etablere en digital samhandling mellom fagdisipliner som livsløpsanalyse, vei-prosjektering, vei-bygging og programmering, vil man kunne nå ønsket resultat. Målet med denne masteroppgaven vil dermed være å utvikle en moderne og brukervennlig løsning for beregning av klimagassutslipp ved vei-prosjektering som kan benyttes av bransjen i etterkant.

Denne rapporten vil i dette masterprosjektet se på følgende problemstilling:

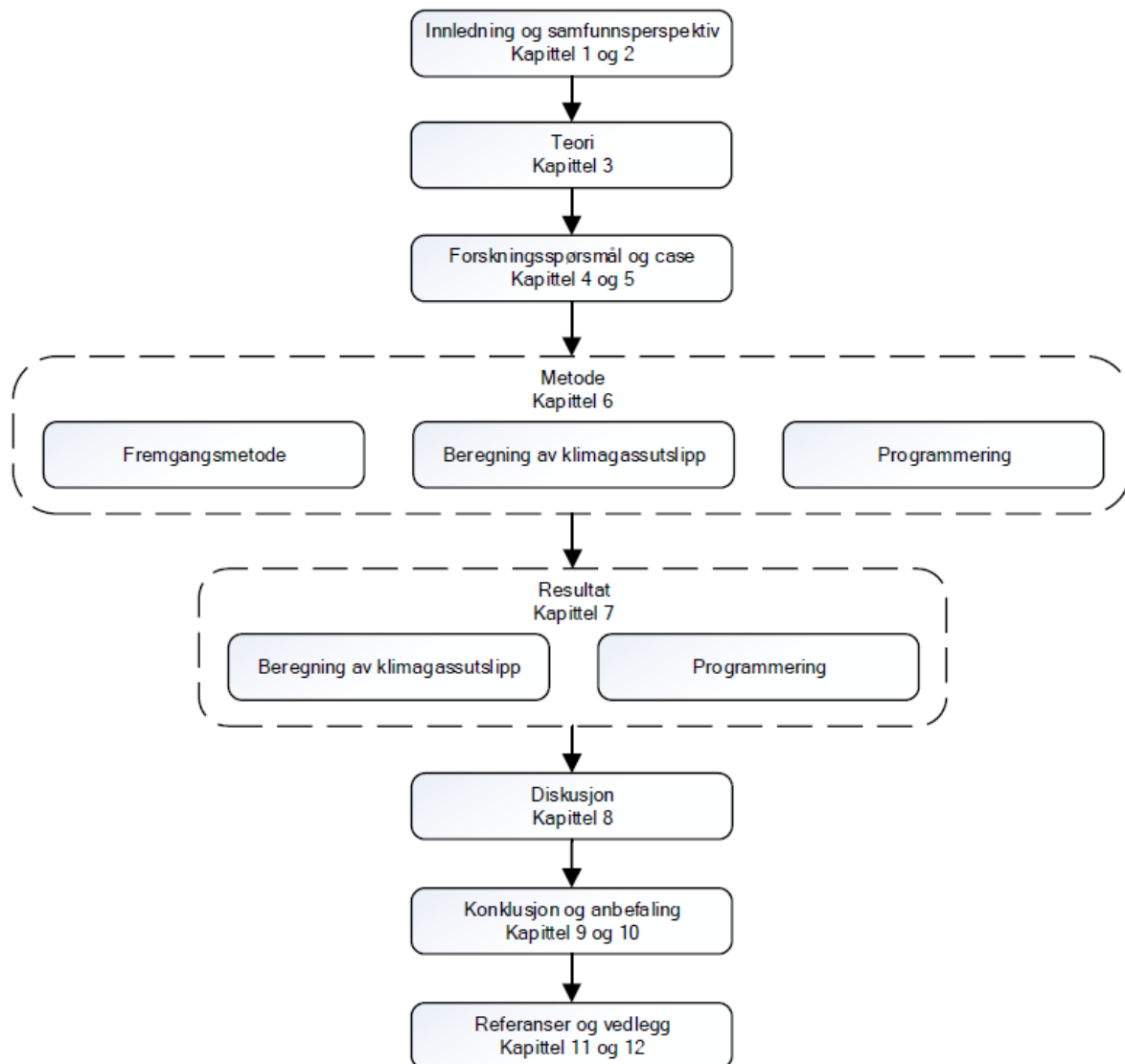
- **Ved vei-prosjektering, hvordan kan informasjon fra 3D-modell benyttes for beregning av klimafotavtrykket?**

I tillegg til kunnskapen som ble opparbeidet i forprosjektet, er det i denne oppgaven fokusert på å utarbeide en metodikk som kan implementeres i et egenutviklet verktøy, som beregner klimagassutslipp av en prosjektert veistrekning. Verktøyet vil kunne benyttes for å sammenligne flere veialternativer, materialalternativer og gi et sammenlignbart forholdstall på CO₂-utslipp mellom disse. Den relative forskjellen mellom alternativene vil gi en indikasjon på hvilken løsning som er mest optimal med tanke på klimagassutslipp under byggeprosessen. Formålet med verktøyet er dermed å optimalisere og beregne CO₂-utslipp for veistrekningen. Videre, er verktøyet utviklet slik at det er enkelt å bruke, med minimal opplæring. Kapittel 7.1 beskriver hvilke muligheter en veiingeniør eller klimaekspert har, ved å ta i bruk programvaren. Programmet som er utviklet demonstrer med fiktive tall, hvordan brukeren kan estimere energiforbruk og kostnad i prosjektets byggefase. Veidesignverktøyet er koblet opp mot prosjekteringsprogrammet Autodesk Civil 3D.

Det er benyttet to caser i forbindelse med masteroppgaven for å vise virkemåten til verktøyet. Case 1, som er brukt som hovedcase, består av en prosjektert veistrekning mellom Nørholm og Molland i Grimstad kommune. Novapoint 20.05 er brukt som prosjekteringsverktøy. Programkoden som er utviklet i masterprosjektet, beregner mengdedata fra modellen og multipliserer dette med generiske eller prosjektspesifikke faktorer for å beregne klimagassutslipp, energiforbruk og kostnad. For å vise fleksibiliteten i programkoden som utvikles, er det lagt inn en case 2 som er en del av veistrekningen E6 mellom Arnkvern og Moelv i Ringsaker kommune.

¹ Det grønne skiftet har som mål at Norge skal være et lavutslippssamfunn innen 2050 og sikre forsvarlig forvaltning av naturen som grunnlag for fremtidig vekst og velferd [105].

Prosjektrapporten er bygd opp i henhold til en standardisert mal som er utviklet ved Universitetet i Agder. Figur 1.1 viser rapportens oppbygning.



Figur 1.1 Rapportens oppbygning.

Opgaven inneholder 12 hovedkapitler med tilhørende underkapitler.

Kapittel 1, Innledning:

Innledningen introduserer prosjektoppgaven og problemstillingen som det er arbeidet med. Den gir også en innføring i rapportens oppbygning.

Kapittel 2, Samfunnsperspektiv:

Samfunnsperspektivet orienterer om hvilke utfordringer og krav som stilles innen klimapolitikken for vei-prosjektering i Norge og hvilke muligheter som ligger til grunn for å løse disse.

Kapittel 3, Teori:

Det er fokusert på å innhente teori fra masteroppgavens forprosjekt og tidligere forskningsprosjekter. I tillegg er det sett på tidligere verktøy for å beregne klimagassutslipp og hvordan programmeringen i Autodeskmiljøet fungerer.

Kapittel 4, Forskningsspørsmål:

Forskningsspørsmålet gjengir hva oppgaven skal besvare og er utgangspunktet for masteroppgaven.

Kapittel 5, Case:

Dette kapitlet presenterer casene som det er arbeidet med for å demonstrere og teste utviklet programkode.

Kapittel 6, Metode:

Metodekapitlet beskriver hvordan arbeidet er gjennomført.

Kapittel 7, Resultat:

I dette kapitlet er resultatene fra klimagassutslippene og programmeringen presentert.

Kapittel 8, Diskusjon:

Kapittel 8 diskuterer resultatene i lys av teorigrunnlaget. Kapitlet svarer på svakheter og begrensninger i masterprosjektet og indikerer hvilke gap som blir dekket av denne oppgaven.

Kapittel 9, Konklusjon:

Konklusjonen besvarer forskningsspørsmålene som ble stilt i kapittel 4.

Kapittel 10, Anbefaling:

Under kapitlet anbefaling gis det råd til oppdragsgiver og kommentarer for videre arbeid.

Kapittel 11, Referanser:

Oversikt over referanser som det er henvist til i oppgaven. Mendeley er benyttet for referansebehandling og IEEE er brukt som referansestil.

Kapittel 12, Vedlegg:

Vedleggene utfyller oppgaven for å gi leseren bedre innsikt i hvordan oppgaven er løst.

2 Samfunnsperspektiv

Konsentrasjonen av CO₂ har aldri i historien steget så fort som den har gjort de siste årene. Fra den industrielle revolusjonen på midten av 1700-tallet til i dag, har CO₂ nivået i atmosfæren økt med 45% [2] og dagens konsentrasjon av CO₂ i atmosfæren er i overkant av 400/ppm [3]. For å finne en tilsvarende konsentrasjon av CO₂, må man gå tilbake til pliocen-tiden, som fant sted for tre til fire millioner år siden. Under denne epoken var den globale gjennomsnittstemperaturen 3-4°C varmere enn i dag og havnivået var 4-10 meter høyere [4]. Det fryktes at økningen av CO₂ og andre drivhusgasser i atmosfæren vil føre til at den globale gjennomsnittstemperaturen igjen vil stige. Dette kan føre til store konsekvenser verden over i form av mer ekstremvær og utfordringer knyttet til tilgang på rent vann og mat [5].

Det er iverksatt flere internasjonale avtaler for å sette klimagassutslippene på dagsorden og for å utarbeide planer for hvordan man bør gå frem for at jordens befolkning, på tvers av landegrensener, kan bidra til å redusere utslippene. Kyotoprotokollen ble innført i 1997 og til sammen 191 land ratifiserte en felles avtale om tallfestede og tidsbestemte forpliktelser for hvor mye industrilandene måtte redusere av klimagassutslipp basert på landets utslippsnivå i 1990 [6]. Siden Kyotoprotokollen kun omhandlet industrilandene, ble det i 2016 iverksatt en internasjonal klimaavtale kalt Parisavtalen. Denne gjelder for alle land og det stilles krav om innrapportering av utslippskutt. Dette er for å bidra til at den globale gjennomsnittstemperaturen ikke øker med mer enn 2°C, at verden blir klimanøytral i tidsrommet 2050-2100 og at kunnskap og erfaringer om klimatilpasning deles på tvers av landegrensene [7]. Figur 2.1 viser ord som er med på å skape endring i samfunnet.



Figur 2.1 Ord som er med på å skape endringer i samfunnet.

I Norge har de totale CO₂-ekvivalente utslippene økt med 3% fra 1990 og frem til 2016. Det er likevel en nedadgående trend fra toppåret 2007 med 6% [8] og regjeringen satser stort på å redusere klimagassutslipp i transportsektoren. I Nasjonal Transportplan 2018-2029, som er utarbeidet av Avinor og transportetatene (se Figur 2.2), ligger det en betinget forpliktelse ovenfor FNs klimakonvensjon om en utslippsreduksjon ved bygging av infrastruktur på 40% i 2030, sammenlignet med utslippene fra 1990 i ikke-kvotepliktig sektor [9, s. 6].



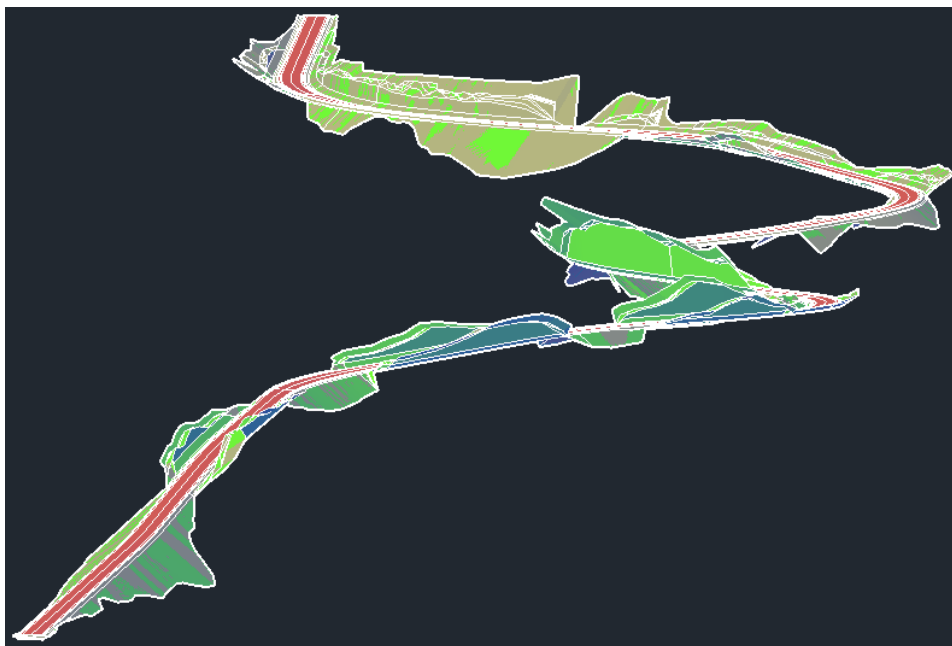
Figur 2.2 Nasjonal transportplan og transportetatene [10].

For å nå målene Norge har forpliktet seg til å følge innenfor veisektoren, må alle involverte parter i et veiprojekt være informert og bevisst på hvilke påvirkninger prosjektet har på klimaregnskapet. Dagens veiingeniør har mange oppgaver som må behandles og dokumenteres før et prosjektarbeid kan ferdigstilles. Dette innebærer bruk av gitte normer og regler ved dimensjonering av veistrukturen og kontraktskrav gitt av oppdragsgiver. I dagens anbudskonkurranser er det i stor grad lagt opp til at entreprenøren som kan bygge prosjektet til laveste pris, vinner anbudskonkurransen [11, s. 29]. Dette er nå i endring ettersom både dagens klimapolitikk og utfordringer innen klimagassutslipp er så omfattende.

Flere byggherrer har kommentert at de i nærmeste fremtid kommer til å stille krav til klimagassutslipp i sine prosjekter (se vedlegg VI Kap.5.4). For å imøtekomme dette kravet har både rådgivende firmaer, entreprenører og byggherrer startet et arbeid for å dokumentere klimagassutslippene. Dette gjør dem i stand til å peke ut de største bidragsyterne og iverksette tiltak.

Dagens praksis for beregning av klimagassutslipp, er at det blir beregnet et estimat for veistrekningen etter at prosjektet er ferdig planlagt [12]. Dette kan føre til utfordringer, da utslippet beregnet i planleggingsfasen ikke alltid samstemmer med den ferdigstilte veistrekningen.

For å løse denne utfordringen, kan det være nyttig at veiingeniøren som prosjekterer veitraséen har en oversikt og et bevisst forhold til hvordan valgene han tar spiller inn på klimaregnskapet. Ved å ha et prosjekteringsverktøy som gir tilbakemelding på hvor mye hvert element i klimaregnskapet bidrar med, kan mulighetene for å redusere klimagassutslippene være større. Dette kan blant annet visualiseres i 3D-modellen som vist i Figur 2.3.



Figur 2.3 Klimapåvirkning basert på fargeplot.

Mulighetene som ligger i dagens digitale hjelpemidler er mange [13]. Ved å samordne dataen som allerede er tilgjengelig i 3D-modellen med informasjon som klimagassutslipp, energiforbruk, kostnad, tid og lokasjon vil man kunne prosjektere på en raskere, rimeligere og mer effektiv måte. Dette kan resultere i et bedre beslutningsgrunnlag og er et interesseområde for bransjen i dag.

3 Teori

For å kunne utarbeide en velfungerende løsning for beregning av klimagassutslipp i veibyggingsprosjekter er det viktig å ha en forståelse for hvordan livsløpsanalyser og programmering fungerer i samspill med veiprojekter. I tillegg er det viktig å vite hvordan en veistrekning er bygd opp.

Veiens oppbygning og hvordan den prosjekteres ble detaljert beskrevet i forprosjektet til denne masteroppgaven (se vedlegg VI). Relevant teorigrunnlag fra forprosjektet er inkludert i masterprosjektet for å gi en helhetlig forståelse av hvordan en vei er bygd opp og hvilken informasjon som er tilgjengelig for beregning av livsløpsregnskapet. Deler av utdragene er endret og tilpasset denne oppgavebesvarelsen.

3.1 Veibygging

Veibygging er et sentralt tema i et samferdselsprosjekt. Valgene man tar under planleggingen av en ny vei vil ha innvirkninger på blant annet fremkommelighet, naturinngrep, sikkerhet, økonomi og klimapåvirkning. Dette kapitlet tar for seg hvordan en veistruktur er bygd opp og hvilke friheter man har for valg av løsninger som er tilpasset forholdene på stedet.

3.1.1 Veiens oppbygning

De første veinettene i Norge ble bygget tidlig på 1600-tallet mellom Kongsberg og Hokksund for bergverkindustrien. Siden den gang har det vært mange revisjoner av veinormalen som setter krav til dimensjonering og utforming av veien. I dag brukes Håndbok N200 fra Statens Vegvesen som normal for blant annet valg av løsninger, valg av materialer, dimensjonering og lagtykkelse i veikonstruksjonen [11, s. 13–22]. Det faglige innholdet ble sist oppdatert i juni 2014 [14, s. 4].

Etter at en vei er planlagt, avholdes det en anbudskonkurranse hvor entreprenører konkurrerer om å få utføre oppdraget. I dag er ofte normen at firmaet med laveste pris eller med det mest økonomisk fordelaktige tilbudet² vinner anbudet [11, s. 29].

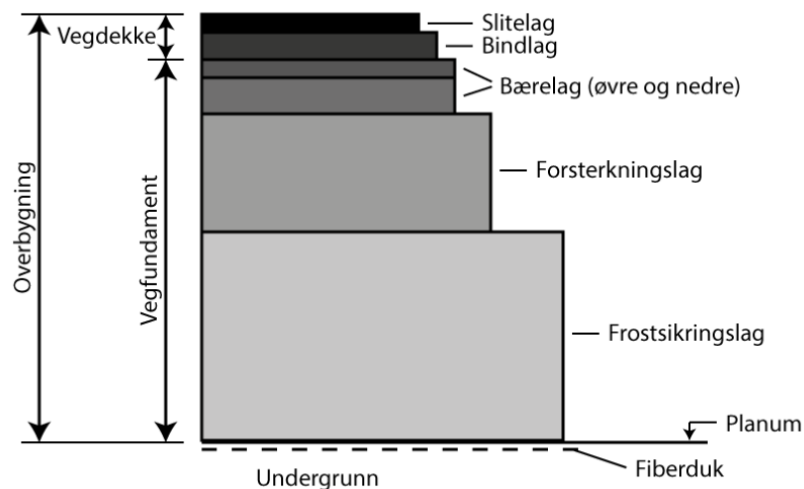
3.1.2 Underbygning

Ved prosjektering av en ny vei er det viktig å være kjent med grunnforholdene. Dette er avgjørende for å kunne lage en stabil og driftssikker veistruktur. Underbygningen er den delen av veibygningen som er under planum. I underbygningen foretas det normalt grunnundersøkelser av en geotekniker for å kunne fastsette hvilken bæreevne og telefarlighet underbygningen har [11, Kap. 3].

² Begrepet «mest økonomisk fordelaktige tilbud» vil si at tilbudet inneholder flere parametere. Dette kan både være pris, leveringstid, miljøegenskaper og kvalitet m.fl. [106].

3.1.3 Overbygning

Veioverbygningen er den delen av veien som er over planum. Overbygningen kan bestå av veidekke, bærelag, forsterkningslag og frostsikringslag. Veioverbygning blir i hovedsak dimensjonert etter aksellasten som er tillatt på veien. Veien dimensjoneres etter den tiden på året hvor bæreevnen er på det mest kritiske. Dette vil være på våren under opptiningen, hvor mye vann blir frigitt og forårsaker en svekkelse av bærelaget [11, s. 61–69]. Det forventes at en vei skal kunne oppnå en levetid på 40-60 år. I veinormalen N200, dimensjoneres det for at veien skal kunne tåle trafikkbelastningen gjennom 20 år. I løpet av denne perioden vil veidekket bli fornyet på grunn av slitasje, selv om veien er dimensjonert for 20 år. Veinormalen N200 gir et anslag på hva som er forventet levetid på veidekket basert på årlig døgntrafikk (ÅDT).



Figur 3.1 Veiens oppbygning [11, Fig. 4.17].

Veidekke

Veidekket er det øverste laget i en veikonstruksjon. Dette laget skal gi trafikantene gode kjøreforhold og tilfredsstillende friksjon under både våte og tørre forhold. I Norge skiller vi mellom myke og stive dekketyper ved fast dekke. Myke dekketyper blir brukt ved ÅDT < 3000 og har god fleksibilitet ved telehiv, men bidrar lite mot bæreevne. Stive dekketyper kan brukes i alle trafikklasser og skal alltid legges i to lag. Det nederste laget er bindlaget, mens det øverste laget er slitelaget [11, s. 73–74]. Veinormalen N200 gir dimensjonerende tykkelser for disse lagene basert på ÅDT i åpningsåret [14, s. 224]. Statens Vegvesen bruker to kontraktstyper for veidekket. Dette er reseptbaserte og funksjonsbaserte kontrakter. Den reseptbaserte kontrakten gir spesifikke mengder av tilsetningsstoffer i veidekket, mens funksjonsbaserte kontrakter stiller krav til egenskapene på veidekket [14, s. 310–313].

Bærelag

Bærelagets oppgave er å overføre påførte laster videre ned til forsterkningslaget uten at materialet i forsterkningslaget blir knust eller deformert. Det finnes en rekke forskjellige materialtyper å velge mellom, som enten beskrives som bundne eller ubudne. Bunde materialer inneholder bitumen som fungerer som et bindemiddel. Bærelaget har en tykkelse fra 9 til 20 cm [11, s. 74].

Forsterkningslag

Forsterkningslaget har som hovedoppgave å unngå overbelastning av undergrunnen og drenerer for å hindre vann i de overliggende lagene. Forsterkningslaget består i hovedsak av knuste steinmaterialer i sorteringene kult (22/120, 22/180), pukk (22/90) og samfengt pukk (0/63, 0/90) [11, s. 74–75].

Frostsikringslag

Frostsikringslag er påkrevd dersom grunnen er kvalifisert innenfor telefarlighetsklasse T3 eller T4. Behovet vurderes ved gjennomgang av grunnundersøkelsene og frostsikringslaget bestemmes ut ifra tilgjengelige ressurser og pris [14, s. 217]. Håndbok N200 angir fire typer frostsikringslag. Disse er angitt i anbefalt rekkefølge under, sett at kostnaden er lik [14, s. 217]:

1. Sand- og grusmaterialer
2. Knust fjell
3. Lettklinker eller skumglass (granulære frostsikringsmaterialer)
4. Isolasjonsplater av ekstrudert polyester (XPS)

Planum

Det er krav om minimum tverrfall på planum til 3 % uansett dekketype. Dersom det anlegges vei over vannømfintlige og bløte materialer bør tverrfallet økes til 6 %. Det er viktig å se til at det ikke er mulighet for at vann blir liggende ved planum, da dette kan forårsake skade på overbygningen [14, s. 86].

3.2 Livsløpsanalyse

En livsløpsanalyse ser på miljøprestasjoner for produkter på ulike steder i livsløpet. Det er utarbeidet internasjonale standarder for LCA og den første ISO standarden var ISO 14040 som ble utgitt i 1997 [15]. I dag forholder man seg til to ISO standarder ved LCA-beregninger. Dette er NS-EN ISO 14040 og NS-EN ISO 14044 som er henholdsvis prinsipper og rammeverk, samt krav og retningslinjer for livsløpsvurderinger [16], [17].

En livsløpsanalyse kan inkludere alle prosesser fra vugge til grav. Dette inkluderer anskaffelse av råmaterialer, produksjon, bruk, sluttbehandling, gjenvinning og endelig avhending [17]. I tillegg er det mulig å utføre en vugge til port-analyse som tar for seg deler av livsløpet til produktet eller prosessen som analyseres [18, s. 83]. Det er denne analysen som er aktuell i denne masteroppgaven.

En LCA-studie består av fire faser [17]:

1. Fastsettelse av hensikten og omfanget (*the goal and scope definition phase*)
2. Livsløpsregnskapsfasen (*the inventory analysis phase*)
3. Livsløpseffektvurderingsfasen (*the impact assessment phase*)
4. Tolkningsfasen (*the interpretation phase*)

Fase 1, fastsettelse av hensikten og omfanget av studien, skal gi informasjon om hvordan resultatene skal brukes, hvorfor studien er utført og hvem som er mottaker. I tillegg skal omfanget beskrives på en slik måte at detaljnivået i studien oppnår den fastsatte hensikten. Dette vil være i form av en

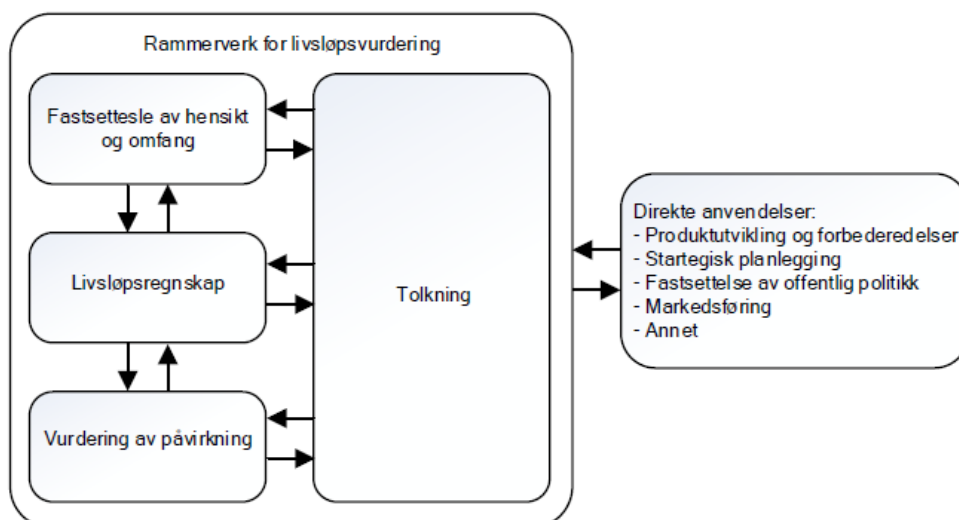
beskrivelse av produktet som studeres, funksjonell enhet som gjør studien sammenlignbar med andre studier, systemgrenser som definerer omfanget av studien og datakvalitet for å vise påliteligheten i resultatene [17, s. 16–18].

Fase 2, livsløpsregnskap, har som hensikt å bidra med nødvendige beregninger for å tilfredsstille studiens funksjonelle enhet. Dette kan for eksempel være «1 meter ferdigstilt motorvei i byggeperioden». Regnskapet viser en oversikt av inngangsdata og utgangsdata fra den aktuelle studien. Livsløpsregnskapet er en itereringsprosess hvor ny kunnskap om systemet kan føre til at man bør endre hensikten og omfanget til studien. Den funksjonelle enheten kan dermed utvides til å være «1 meter ferdigstilt motorvei gjennom en levetid på 40 år». [17, s. 18–19].

Fase 3, livsløpseffektvurdering, bruker resultatene fra livsløpsregnskapet til å presentere systemets miljøpåvirkning. Ved å bruke spesifikke miljøpåvirkningskategorier og kategoriindikatorer blir resultatene enklere å forstå. En mye brukt livsløpseffektvurderingsmetode er ReCiPe. Denne metoden bryter ned dataen fra livsløpsregnskapet i miljøpåvirkningskategorier. Global oppvaringspotensiale, bedre kjent som klimaendring, er et eksempel på en miljøpåvirkningskategori. Globalt oppvaringspotensial for en gass defineres av hvor stor påvirkning 1 kg av gassen gjør på drivhuseffekten, sammenliknet med 1 kg CO₂. [19, s. 24]. Livsløpseffekten tar for seg miljøforhold som er spesifisert i fase 1 [17, s. 19–22]. Dette vil si at dersom studien handler om hvilken klimapåvirkning bygging og drift av en motorvei vil ha i løpet av 40 år, skal livsløpseffekten kunne vise dette i form av CO₂-ekvivalente utslipp.

Fase 4, livsløpstolkning, ser på sammenhengen mellom funnene fra fase 2 og 3, eventuelt kun fase 2, i lys av den fastsatte hensikten og omfanget som ble utarbeidet i fase 1. Livsløpstolkningen skal gi en forståelig, fullstendig og sammenhengende presentasjon av resultatene fra livsløpsanalysen. I tillegg skal tolkningen trekke konklusjon, forklare begrensninger og gi anbefalinger [17, s. 22].

Figur 3.2 viser rammeverket for livsløpsvurderinger. Fase 4, tolkning, har en direkte kobling mot de resterende fasene. Dette fører til at livsløpsvurderingen vil ha en kontinuerlig itereringsprosess gjennom utførelsen. Utført analyse kan benyttes direkte mot blant annet produktutvikling, strategisk planlegging og markedsføring.



Figur 3.2 Rammeverk for livsløpsvurdering [17].

3.2.1 LCA-verktøy for klimaberegning av vei

Det har blitt gjennomført en rekke studier innenfor klimaberegninger for veiprosjekter både innenfor og utenfor Norges landegrenser. Oversikten over disse LCA-modellene kan kategoriseres etter planlegging, prosjektering, bygging og FDV. Samtlige LCA-modeller ser på utslipp innenfor mer enn en fase, men ingen av disse gir et komplett bilde av utslipp for en veistrekning gjennom hele dens livsløp. I denne rapporten er noen utvalgte verktøy fra forprosjektet presentert, men en mer detaljert oversikt finnes i vedlegg VI, Kap. 3.5.2.

Joulesave er utviklet av selskapet Bentley og er testet i et samarbeid mellom Tsjekkia, Frankrike, Irland, Portugal og Sverige. Verktøyet er ment for å kunne benyttes rundt hele Europa. Modellen hjelper med valg av veitrasé og sammenligning mellom alternativene. Verktøyet kjøres parallelt med designprogramvaren MXROAD. Verktøyet fikk en omfattende oppdatering i 2010 og tar nå også hensyn til veislitasje og rullestand og ble omdøpt til Joulesave2 [20].

I Sverige er det utviklet flere modeller for beregning av klimagassutslipp. Dette er blant annet EKA, Anavitor og Klimatkalkyl. EKA benyttes til beregning av CO₂-utslipp på asfalterte veidekker. Det er utviklet av Svenske veimyndigheter og er tilpasset til svenske slite og bærelagtyper. Beregningen blir gjennomført for hele asfaltproduksjonskjeden og er tiltenkt som et hjelpeverktøy i valg slitelag, bærelag, bindemidler, tilsetningsstoffer og tilslag [21]. Anavitor er utviklet i samarbeid med det Svenske Miljøinstituttet og er i stand til å regne ut miljøpåvirkningen basert på kostnadsanalyser eller en DAK/BIM-modell. Verktøyets nettside opplyser at verktøyet blir benyttet blant annet av Skanska Sverige, for å regne ut CO₂-utslipp på veiprosjekter [22]. Klimatkalkyl er utviklet av det svenske trafikkverket og beregner utslipp fra trafikk, bygging og vedlikehold av veiprosjekter. Verktøyet gjennomfører beregninger ved hjelp av klimautslippsfaktorer og benytter seg til dels av Ecoinvent databasen [23, s. 8].

I Norge er det gjennomført utvikling av LCA-modeller som EFFEKT og VegLCA. VegLCA er basert på prosesskoder i henhold til håndbøkene R761 og R762. Det er laget for at veiplanleggere skal kunne lage klimabudsjett for sine løsninger i sen planleggingsfase. Analyser vil da avsløre hvilke komponenter og aktiviteter som bidrar med mest utslipp. Både bygging av vei i dagen, tunnel og bruinfrastruktur dekkes av verktøyet. I tillegg er drift og vedlikehold inkludert. Verktøyet gjennomgår testing hos Statens Vegvesen og er aktuell å benytte i fremtidige veiprosjekter [24].

LCA-resultater fra EFFEKT benyttes blant annet i VegLCA-modellen og i denne masteroppgaven. EFFEKT blir dermed beskrevet i større detalj i kapittel 3.2.2.

3.2.2 EFFEKT 6.6

EFFEKT er et verktøy utviklet av SINTEF Teknologi og samfunn på oppdrag fra Statens Vegvesen Vegdirektoratet. EFFEKT brukes til samfunnsøkonomiske nytte-kostnadsanalyser av vei og trafikktiltak. Programvaren benytter beregningsprinsipper og metodikk hentet fra Statens Vegvesens Håndbok V712, Konsekvensanalyser [25, s. 1] og bidrar med beslutningsstøtte i valg av veitrasé og utforming [26, s. 5].

Versjon 6.4 av EFFEKT var den første utgaven som inkluderte klimaberegninger. Utrekningene baserer seg på Statens Vegvesen sin rapport nr.2009/11, Metode for beregning av energiforbruk og klimagassutslipp for vegprosjekter og et notat fra Anders Straume i SINTEF [27, s. 100]. LCI-grunnlaget (klimadatabasen) i EFFEKT 6.6 er utarbeidet i SimaPro med LCI-databasen Ecoinvent. Det

er utført tilpasninger på prosessene for å være representative for norske forhold. Det er også i noen tilfeller utviklet egne prosesser basert på tall fra Vegdirektoratet, entreprenører og produsenter [28, s. 51]. Den siste utgaven, som er EFFEKT 6.6, har en videreutviklet seksjon for klimaberegninger. Klimaberegningene er på et overordnet nivå for å unngå at prosessen skal bli for tidskrevende å utføre [27, Kap. 8]. Klimaberegningene i EFFEKT 6.6 er avgrenset til å gjelde for vei i dagen, tunnel, bru og fergeforbindelser [27, s. 100].

3.2.3 EPD

EPD er et standardisert dokument som beskriver produktets miljøpåvirkning basert på LCA metodikken beskrevet i ISO 14040 - 14044. ISO 14025 beskriver regler for utseende og innhold i en EPD. Hensikten er at det skal være lett å sammenligne klima- og miljøpåvirkninger fra forskjellige produkter, uavhengig av produsent eller lokasjon [29].

Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner, kjent som EPD-Norge [30, s. 4], er programvareoperatør i Norge. Det betyr at EPD-Norge blant annet er ansvarlig for hvordan EPDer skal utvikles, lagres og publiseres på epd-norge.no. EPD-Norge er også ansvarlig for verifikasjon og gjennomgang av innsendte EPDer [30, Kap. 2.1.2]. I tillegg er EPD-Norge ansvarlig for å publisere og godkjenne PCRer som er definisjon av spesifikke regler for EPDer som skal dekke spesifikke produktkategorier [30, Kap. 2.2].

Resultatene fra en EPD er kategorisert etter definerte fasemoduler, A1-D. Disse fasene tallfester produktets miljøpåvirkning gjennom forskjellige livsfasesteg og presenteres gjerne i form av en standard tabell, som i Tabell 3.1.

Product stage				Construction installation stage	User stage							End of life stage				Beyond the system boundaries
Råmaterialer	Transport	Tilvirkning	Transport	Konstruksjons/ installasjonsfase	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskiftinger	Renovering	Operasjonell energibruk	Operasjonell vannbruk	Demontering	Transport	Avfallsbehandling	Avfall til sluttbehandling	Gjenbruk/gjenvinning/resirkulering-potensiale
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D

Tabell 3.1 En standard tabell over EPD moduler.

For å lettere kunne beskrive modulene i livsløpet, kan man benytte livsløpet til en lastebil som et eksempel:

1. A1 – A3, beskriver produksjonsstadiet, med utvinning av råmaterialet (A1) som jern, plast o.l. Disse råvarene vil deretter bli transportert et produksjonssted (A2), hvor lastebilens forskjellige deler blir produsert og satt sammen (A3).
2. Deretter blir lastebilen transportert til kunden (A4) og siste klargjøring gjennomført som montering av ekstrautstyr (A5).
3. Når sjåføren benytter seg av lastebilen (B1) er det sannsynlig at bilen vil ha behov for vedlikehold (B2) og jevnlig reparasjon (B3).
4. Det vil dermed bli behov for å skifte ut slitedeler (B4). Lastebilen trenger også drivstoff (B6) og jevnlig vask (B7).

5. Når bilen oppnår en viss alder, vil det være på tide med utskifting til nyere modell. Da vil lastebilen bli levert til en bilopp hugger hvor den blir demontert (C1) i deler. Noen av delene vil ende opp hos renovasjonsanlegg (C3), noe havner på en fylling (C4) og noe kan bli gjenbrukt andre steder (D). Alt vil ha behov for transport (C2).

Her vil en EPD markere hvilke moduler som er tatt hensyn til og om studien omfatter Vugge-til-grav eller Vugge-til-port prosess.

Produktets varighet er ikke beskrevet av EPD. Ikke alle produkter som oppfyller samme funksjon er laget til å kunne vare over like lang tid [31, s. 4]. Dette kan eksemplifiseres ved at et slitelag av asfaltbetong (Ab) som har en bestandighet $\text{ÅDT} = 3000$ i 10 år stilles på lik linje med Skjelettasfalt (Ska) som kan tåle trafikkbelastningen i 25 år på samme strekning. En EPD av Ab kan indikere 10 % lavere verdier på miljøpåvirkningen. Om veien har en tiltenkt levetid på 10 år eller mindre er Ab det beste valget. Dersom strekningen skal operere vedlikeholdsfritt i 20 år eller mer, kan det hende at Ska vil være et bedre alternativ.

EPD omfatter kun klimaperspektivet. Egenskaper som brannmotstandsevne, akustikk, termisk, strukturell eller andre byggetekniske krav er ikke tatt hensyn til. Ved å dimensjonere en overbygning kun basert på EPD-sammenligning, risikerer man at nødvendige krav som for eksempel lastkapasitet, ikke blir oppfylt [31, s. 4].

3.2.4 Ecoinvent

Ecoinvent er en non-profit organisasjon som tilbyr tilgang til en LCI database med samme navn. Organisasjonen ble grunnlagt i 2003 [32] gjennom et samarbeid mellom de fire Sveitsiske institusjonene Eawag, WSL, Empa & PSI, og ETH Zurich [33] og Sveitsiske føderale kontor [34]. Databasen har til hensikt å hjelpe til med innsamling av data i en LCA studie. Ifølge Ecoinvent sine egne nettsider, inneholder Ecoinvent v3.4 dokumentert prosessdata for flere tusen produkter [35] og er innebygd i en rekke populære LCA verktøy [36].

3.2.5 Klimaregnskap i SimaPro

SimaPro er en programvare som brukes for å utføre livsløpsanalyser på produkter og/eller systemer. Programvaren benytter seg av forskningsbaserte metoder og databaser. SimaPro er benyttet for å en rekke oppgaver, disse er blant annet rapportering av bærekraft, klimaregnskap, produkt design, lage EPDer og bestemme nøkkelindikatorer [37].

3.3 Digital veiprosjektering

De siste 40 årene har det vært en stor endring innenfor veiprosjekteringsmetodikken. På 1980-tallet gikk man fra håndtegnede planer på folie til digitale løsninger, basert på data assistert konstruksjon (DAK). DAK-løsningen var de første årene 2D-basert, men på 2000-tallet startet man med å prosjektere med digital 3D-geometri. Sensorteknologien gjorde også store fremskritt på denne tiden, noe som førte til at anleggsmaskiner kunne styres ved hjelp av nøyaktige geometrimodeller [38].

For å videreutvikle digitaliseringen, har Statens Vegvesen inngått samarbeid både nasjonalt og internasjonalt for å utarbeide nye prosedyrer og standarder for bransjen [39]. Innenfor veiprosjektering er det i dag valgfritt om eller hvordan leverandører leverer modellgrunnlag, så lenge

leveransen følger kravene gitt i R700, Tegningsgrunnlag og gjeldende kontrakt. I 2018 vil Statens Vegvesen jobbe med å revidere og slå sammen håndbøkene V770, veiledning for modellgrunnlag, og R700, Tegningsgrunnlag, til en ny retningslinje. Dette fører til at det i fremtiden vil bli stilt krav om modellbasert grunnlag i alle veiprojekter [39].

Det er utarbeidet en rekke programvarer hvor man kan prosjektere veier. Statens Vegvesen som er ansvarlig for bygging av riksveier og fylkesveier i Norge, stiller ingen konkrete krav til veiprojekteringsprogram. V770 sier at man skal kunne levere modeller på prosjekteringsverktøyets originalformat og eksportere modellen til et åpent, standardisert format [40, s. 74]. Programmene som er mest brukt ved veiprojektering i Norge i dag er Trimble Novapoint og Autodesk Civil 3D. I tillegg brukes programvarer som Solibri og Navisworks som plattform i samhandlingsprosjekter hvor flere ulike fagområder er involvert i prosjektet. Disse programmene gir en oversiktlig fremvisning samtidig som du har mulighet til å utføre prosesser som kollisjonskontroll [41], [42].

3.3.1 Bygningsinformasjonsmodell

BIM er et begrep som har flere definisjoner avhengig av hvilket fagområde som uttaler seg [43, Kap. 1]. Innenfor byggingeniør-faget, blir BIM ofte delt inn i prosess (byggningsinformasjonsmodellering) og selve modellen (byggningsinformasjonsmodell). Det snakkes også ofte om BIM i flere dimensjoner, som f.eks. tid, der objekter og deres tilhørende informasjon blir vist og skjult avhengig av hvilken tidsfase av prosjektet brukeren ser på. BIM er altså ikke en konkret programvarepakke, men et begrep om kommunikasjon, utveksling og lagring av informasjon mellom fagdisipliner ved hjelp av digitale hjelpemidler [44]. Bruken av uttrykket «BIM» benyttet i denne rapporten, referer til selve byggningsinformasjonsmodellen. Definisjonen blir dermed avgrenset til å beskrive et 3D-modellobjekt som er koblet til en informasjonsdatabase. En slik database vil inneholde tilleggsinformasjon om objektet [45]. Dette kan for eksempel være kostnad, leverandør, klimaregnskap, brukermanual og annen informasjon som er ansett som nyttig av dem som benytter seg av modellen.

3.3.2 Trimble Novapoint

I forprosjektet ble Trimble Novapoint benyttet som prosjekteringsverktøy i forbindelse med en studentoppgave i faget BYG219. Trimble Novapoint er en programvare som i dag brukes til prosjektering av alt fra små og enkle veistrekninger til store komplekse samferdselsprosjekt [46]. Det finnes en rekke muligheter innen ulike fagområder i Novapointserien hvor Novapoint Vei, Novapoint Bru og Novapoint Tunell er tre av i alt 21 underprogrammer.

Applikasjonsverktøyet Novapoint Vei gir brukeren mulighet til å benytte seg av maler som er basert på nasjonale standarder og å konstruere veilinje, veimodell, kryss, analysere volum, siktavstander, sporing av kjøretøy m.fl. I tillegg kan man få frem layout av veitraséen og mengderapport basert på parameterne som er lagt inn i modellen [47].

Novapoint Vei består av to utgivelser, Vei Standard og Vei Utvidet. I Vei Standard kan man konstruere alle typer veier, gater og veikryss. I tillegg kan man tegne veier med komplette skjæringer og fyllinger, samt eksportere stikningsdata. Veimodellen kan eksporteres til andre programvarer for å utføre konfliktkontroll. Vei Utvidet har tilsvarende egenskaper som Vei Standard, men man har i tillegg muligheter for å utføre siktanalyse, generere tverrfall og breddeutvidelse av veioverflater basert på nasjonale standarder. Programmet har også mulighet til å generere masseberegninger som er basert

på tverrprofilene. Novapoint Vei er koblet opp mot Autodesk AutoCAD for tegning av linjeføringer og programmene jobber med samme tegningsmodell under prosjekteringen [48].

3.3.3 Autodesk Civil 3D

Autodesk er en verdensledende programvareleverandør av digitale løsninger med totalt 144 programvarepakker [49]. Autodesk Civil 3D støtter BIM-funksjoner for forbedret konstruksjonsdesign og dokumentasjon, som øker kvaliteten på produktet som blir utviklet [50]. Autodesk Civil 3D brukes som programplattform for programkoden som utvikles i dette masterprosjektet.

Det er utviklet et tilleggsprogram for veiprosjektering til Autodesk Civil 3D som er tilpasset norske forhold. Programmet er utviklet av Focus Software og heter Focus CAT Veg [51]. I Focus CAT Veg kan man konstruere blant annet senterlinjer, vertikalprofiler, breddeutvidelse og normalprofiler. Horisontalgeometrien kontrolleres opp mot Statens Vegvesen sin håndbok N100, Veg og gateutforming [52].

3.4 LCA i BIM

Det forskes i flere bransjer på hvordan LCA kan kombineres med BIM. Litteraturstudien viser at bygningsindustrien er kommet lengre enn veisektoren når det gjelder å kombinere disse to plattformene. I tillegg arbeides det med å standardisere LCA i BIM.

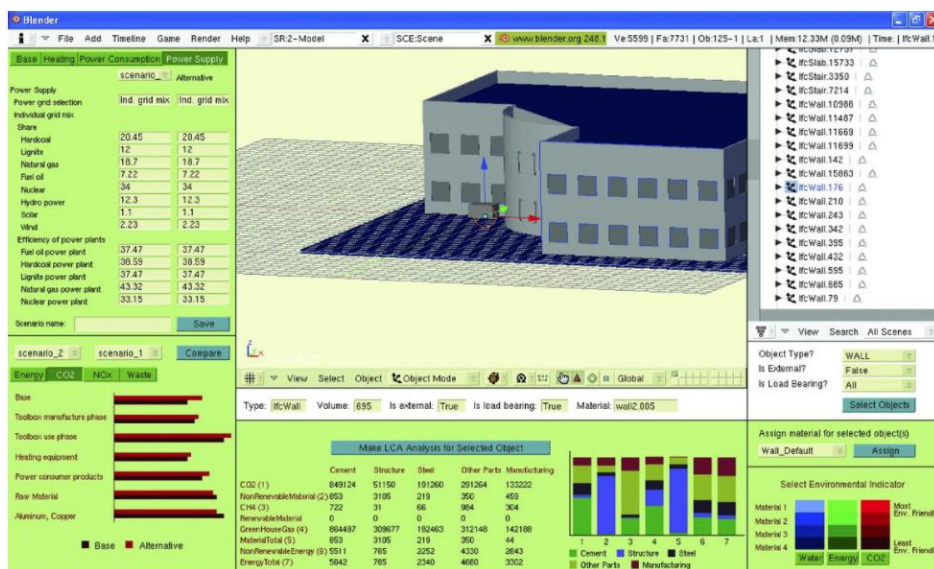
3.4.1 Standardisering av LCA i BIM

For å imøtekomme behovet for standardisering av økt digital samhandling foregår det et internasjonalt arbeid av utvikling av ISO standarder. Standarden ISO 29481, «Building information models», er utarbeidet for å gi føringer i hvordan en BIM modell skal se ut [53]. Nasjonalt, så har Standard Norge kommet med NS 8360:2015 «BIM-objekter - Navngivning, typekoding og egenskaper for BIM-objekter og objektbiblioteker for byggverk». I tillegg, så er forslaget om standardisering av miljødeklarasjoner i BIM blitt diskutert i 2016 av Standard Norge [54] og en prosjektgruppe er opprettet for å vurdere arbeidsmengden og behov før standarden eventuelt utarbeides.

3.4.2 LCA som tilleggsfunksjon i programvaren

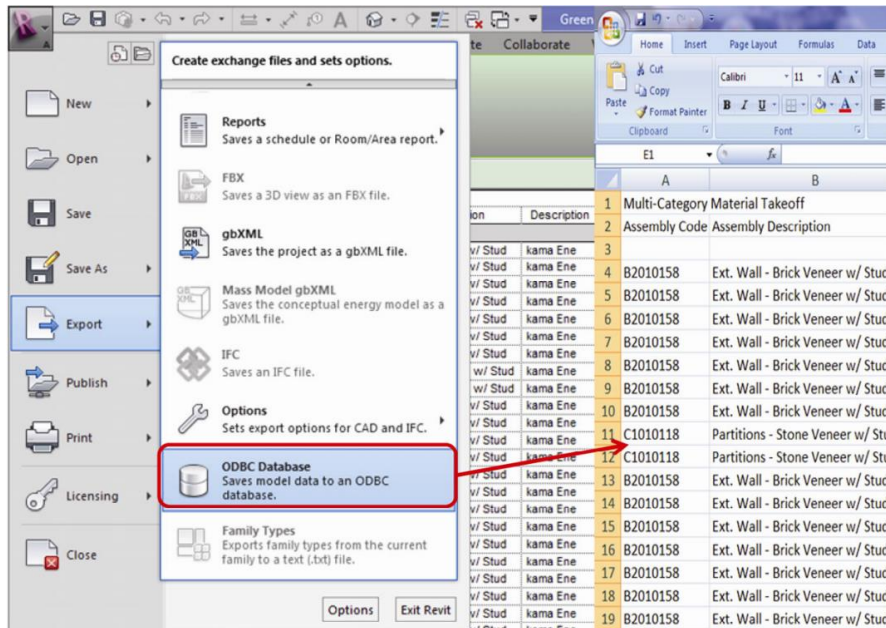
I litteratursøket er det avdekket flere løsninger som har kombinert populære designprogramvarer med LCA beregnende moduler.

Publikasjonen skrevet av Tugba Kulahcioglu, Jiangbo Dang og Candemir Toklu i 2012 [55], viser til en løsning der et bygningsdesign kan eksporteres til IFC-format. IFC-filen blir deretter konvertert til kmz-format via Google SketchUp og importert inn i Blender som er et populært 3D behandlingsprogram. I Blender er det benyttet Python API for å opprette en prototype av en LCA modul, som kan analysere den importerte geometrien. Kulahcioglu m.fl., beskriver videre at LCA modulen benytter seg av GABI og Ecoinvent databasene for klimadata. Studien drøfter utfordringer om blant annet sammenligning av alternative materialer, gitt at utslippstallene er modellert etter forskjellige beregningsmodeller. Utfordringer for bruk av prosjektspesifikke utslippstall blir også tatt opp. Figur 3.3 viser et skjermbilde av programvaren som forskerne har utviklet.



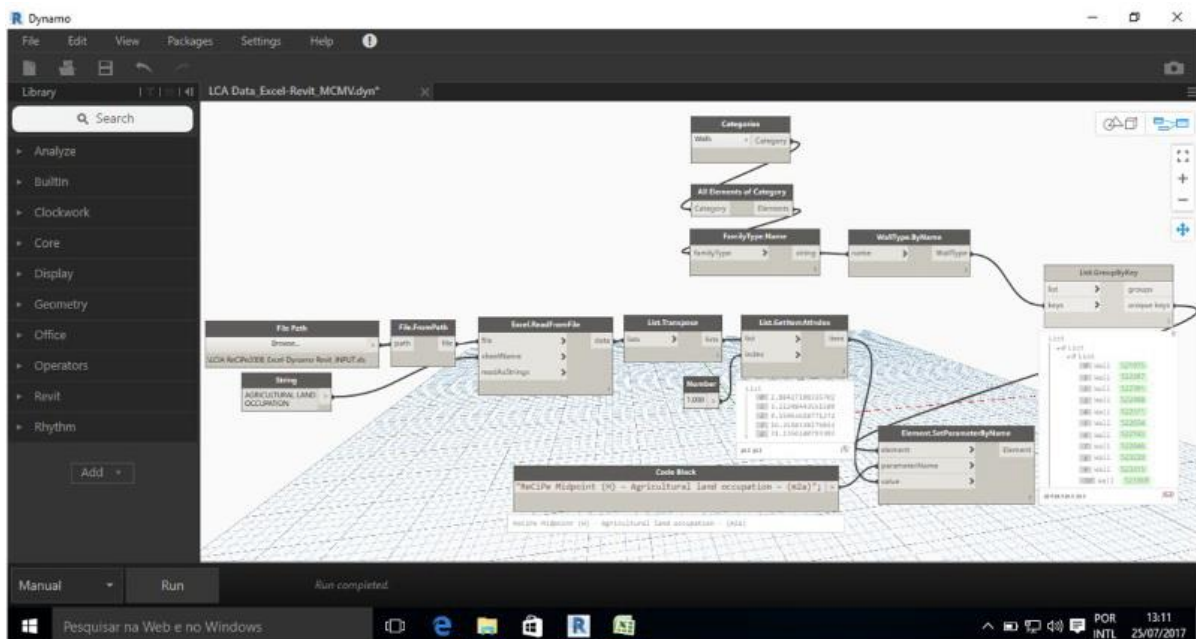
Figur 3.3 Et skjermbilde av programvare prototypen utviklet av Kulahcioglu m.fl. [55].

Ahmad Jade og Farzed Jalaei (2013) [56] gjennomførte en lignende studie ved å anvende en kombinasjon av Autodeskprogramvaren Revit, Microsoft Excel og en database på materialutslipp fra Athena Impact Estimator. Materialtabeller ble eksportert fra Revit modellen og åpnet i Excel, hvor mengdene ble kombinert med tall fra Athena for å få et regnskap av totalutslipp. Forskningen nevner utfordringer med å gjennomføre en slik studie på kompliserte bygg, som anvender materialer som ikke er dekket av Athena databasen, samt utfordringer med å gjennomføre mye av arbeidet manuelt. Figur 3.4 viser et skjermbilde av eksportprosessen forskerne har benyttet.



Figur 3.4 Et skjermbilde av eksportprosessen benyttet av Jade m.fl [56].

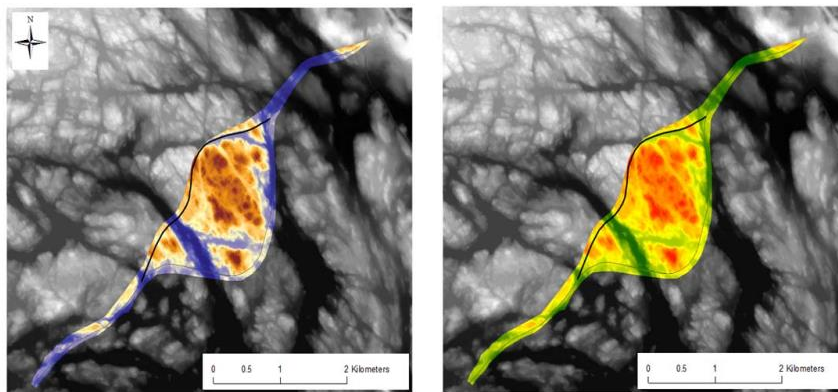
Nyere forskning rundt temaet, gjennomført av Cristiane Bueno, Lucas Melchiori og Márcio Minto Fabricio (April, 2018) [57], har også lagt fokus på BIM-LCA kombinasjon ved hjelp av Autodesk Revit. Deres mål var å lage et visuelt program for beregning av LCA. Tilnærmingen valgt av forfatterne skiller seg ut fra annen forskning gjennomgått i denne rapporten. Bueno m.fl. benytter seg ikke av Python, Java eller C programmering, men en visuell programmeringsplattform kalt Dynamo Primer [58]. Dynamos arbeidsflyt tillater utvikling av tilleggsfunksjoner i Autodesk programvaremiljøet ved hjelp av å koble funksjonsnoder visuelt, uten å ha programmeringserfaring på forhånd. Studien nevner utfordringene rundt manglene av LCA inventardata på samtlige byggematerialer og utfordringen rundt det å strukturere tilgjengelig informasjon på en oversiktlig måte. Dette blir ikke drøftet i detalj, da hovedfokuset til studien har vært å automatisere LCA metodikken i et BIM kapabelt programvaremiljø.



Figur 3.5 Et skjermbilde av programmeringen i Dynamo Primer [57].

3.4.3 LCA i veiprosjekter

Forskere har sett på muligheten for å kombinere LCA med et geografisk informasjonssystem (GIS) i veiprosjekter [59]. GIS gjør det mulig å presentere stedfestet informasjon grafisk på et kart, hvor man kan få innsyn til, forvalte og analysere informasjon innenfor et geografisk område [60]. Dette gjør GIS til et verktøy som omdanner geografiske data til geografisk informasjon og bidrar til å løse geografirelaterte utfordringer [61]. Ved å kombinere LCA og GIS har man mulighet til å plassere veitraséen på den mest gunstige plassen, allerede på planleggingsstadiet [59, Kap. 5.3]. GIS kan blant annet bli brukt for å se på massebalansen i et prosjekt. Dette gjør det mulig å få et overblikk over transportmengdene som inngår og hvordan man kan redusere disse. Eksempelen i Figur 3.6 viser hvordan GIS kan benyttes for å se hvor en trasé bør plasseres for å redusere klimagassutslipp og energiutslipp ved bygging av ny vei mellom Yxtatorpet og Malmköping sør-øst i Sverige [62]. Denne forskningsartikkelen har benyttet ArcGIS 10 (Esri) og en digital elevasjonsmodell (DEM) for å beregne massebalansen [59, Kap. 2].



Figur 3.6 Bruk av GIS som datakilde for å utføre LCA analyse [62].

Ved å bevege seg utenfor prosjektets geografiske område kan man finne overskuddsmasser fra allerede utbygde prosjekt. Dermed øker sjansen for å redusere det totale klimagassutslippet på grunn av mindre behov for sprengning på plassen og transport av masser [59, Kap. 5.1.1]. Det er utviklet løsninger som gjør det mulig å kjøpe/selge masser for å komme i balanse. Firma som Tippnett og Loop Rocks lar kundene ved hjelp av brukervennlige applikasjoner på mobiltelefonen søke opp geografiske områder med overskudds- eller underskuddsmasser. Dette gjør at entreprenøren kan finne nærmeste og rimeligste samarbeidsparter for å redusere transportavstander og bidra til et mer klimavennlig prosjekt [63], [64].

Forskeren O’Born m.fl. har sett på utslippene fra to forskjellige veitraséer for å krysse Oslofjorden. Den ene løsningen er basert på to store broer, mens den andre er en undersjøisk tunnel. Basert på årlige utslipp i løpet av 40 år, er det trafikken som bidrar mest til CO₂-ekvivalente utslipp. Bidragene fra trafikk er henholdsvis 98% og 92% for bro og tunnelloøsningen ved bruk av kjøretøyparken fra 2013. Studien konkluderer med at bidragene fra kjøretøyparken bør være med i vurderingen av veiens totale utslipp gjennom hele livssyklusen [65].

Jan Krantz har i sin lisensavhandling på Luleå Universitet skrevet om «Reducing Carbon Dioxide Emissions in Transport Infrastructure Projects». Denne avhandlingen baserer seg på 3 tidligere forskningsartikler og forsøker å se på metoder for å øke nøyaktigheten og mulighetene ved bruk av

LCA i kombinasjon med veibyggingsprosjekter [66]. Han sier at nåværende LCA studier for å beregne klimagassutslipp i veiprojekter ikke tar hensyn til endringer som oppstår i prosjektet og er stedsuavhengig [66, s. III]. Studien fokuserer på fasene som inngår fra planleggingsstadiet til veien er ferdig bygget [66, s. 3]. Transport av masser bidrar ofte til store utslipp i et veibyggingsprosjekt og kan reduseres ved å optimalisere transportavstanden. Dette kan gjøres ved hjelp av programmene TILOS eller DynaRoad [66, s. 6]. I tillegg har forskeren sett på muligheten for å kombinere diskret hendelsessimulering og BIM. Diskret hendelsessimulering tar hensyn til dynamikken og usikkerhetene som er i et veibyggingsprosjekt. Studien konkluderer med at bruken av diskret hendelsessimulering og BIM genererer bedre prosjektspesifikt data for CO₂-utslipp, enn det som er påvist i tidligere forskning [66, s. 21].

3.5 Programvareutvikling

Dette kapitlet beskriver de forskjellige programmeringsspråkene matlab, Python, AutoLISP og C# i kombinasjon med .NET rammeverk. Hensikten er å gi et grunnlag for videre bruk i rapporten.

3.5.1 Matlab

Matlab er en engelsk forkortelse for «**Matrix Laboratory**» og er et programmeringsspråk og dataprogram som er optimalisert for å gjennomføre ingeniørspekifikke og vitenskapelige beregninger [67]. Programvaren var opprinnelig tenkt for å utføre matrisematematikk, men har i løpet av årene vokst til å bli et fleksibelt dataverktøy for løsning av et stort spenn av vitenskapelige utfordringer [68]. Språket og programvarepakken er utviklet av MathWorks Inc, og er benyttet blant forskere, ingeniører og økonomer for å løse oppgaver ved hjelp av vitenskapelig programmering og numerisk beregning [69]. Matlabs popularitet stammer blant annet fra et vidt utvalg av tilleggsmoduler og algoritmeløsninger for mange industrier og forskningsmiljøer. Det vide utvalget av funksjoner gjør løsningen av tekniske problemer enklere med Matlab, enn med andre populære vitenskapelige programmeringsspråk som Fortran, C, Python eller R [70]. Det blir lansert to Matlab-versjoner årlig benevnt med årstallet og bokstavkode «a» eller «b» for å indikere tidlig eller sen utgivelse [71].

3.5.2 Python

Python er et objekt-orientert programmeringsspråk utviklet av Guido Van Rossum på tidlig 1990-tallet. Språket er gratis distribuert av «Python Software Foundation» under en åpen kildekode lisens [72]. Stiftelsen er en non-profit organisasjon og er støttet av en rekke store selskaper og organisasjoner som Google, Microsoft og NASA [73]. Anvendelsesområder er blant annet web og internettutvikling, nettverk, håndtering av databaser, grafisk brukergrensesnitt og vitenskapelig numerisk beregning [74].

Python er utviklet til å ha en enkel syntaks, med en rekke nyttige funksjoner innebygd i standardpakken. Dette fører til at språket er populært blant nybegynnere for enkelt innpass i programmeringen uten komplikasjoner forbundet med andre programmeringsspråk. Av samme grunn, er Python ofte benyttet til rask prototypetutvikling av erfarne programvareutviklere [75].

Gitt språkets popularitet, er det utviklet en mengde «bibliotek» for å utvide funksjonaliteten i Python. Et bibliotek kan for eksempel gi mulighet for utvidet støtte i analyse og lagring av matematisk data eller enkelt kunne lage et grafisk vindu med knapper [76]. Et bibliotek kan altså beskrives som en

samling av funksjoner eller kode som utfører en gitt oppgave og kan gjenbrukes i flere ulike prosjekter. Det er vanlig å samle bibliotekene til en pakke for enkel installasjon og bruk i utvikling av programkoder [77].

3.5.3 AutoLISP

AutoLISP er en forgrening av LISP programmeringsspråket som er utviklet spesifikt for bruk i AutoCAD programvaren. LISP ble introdusert på 1950-tallet og hadde som formål å bli benyttet til utvikling av applikasjoner for kunstig intelligens [78, s. 6]. AutoLISP ble introdusert i AutoCAD 2.1 på midten av 1980-tallet [78, s. 7]. Utviklingen i AutoLISP foregår ved å skrive koden inn i en innebygd tekst editor i AutoCAD, koden blir deretter kalt opp via kommandolinjen [79]. Hensikten med AutoLISP er å automatisere arbeid som kan gjøres manuelt av brukeren. Autodesk har siden 2000 stoppet storutviklingen av AutoLISP og skiftet fokuset over til .NET, VBA, C# og C++ programmering [80, s. 661].

3.5.4 C# og .NET rammeverk

.NET er et rammeverk utviklet av Microsoft for å enklere kunne utvikle programvare [81]. Et rammeverk kan forklares som en mengde med regelmessig brukt kode som kan benyttes av en utvikler, uten å skrive mye av den grunnleggende funksjonaliteten selv. .NET sitt rammeverk benyttes i mange Microsoft Windows applikasjoner, bedriftsløsninger og i en mengde spillutvikling [82]. Eksempel på dette kan være programvarer utgitt av Autodesk [83], Mathworks [84] eller Microsoft. Rammeverket tillater dessuten bruk av en rekke offisielle programmeringsspråk på kryss og tvers av plattformen, dette er takket være et dokument som heter «Common Language Specification» som beskriver hvordan programvaren skal konverteres til maskinkode [85, Kap. 8].

C# er et programmeringsspråk som ble tatt i bruk i år 2000 [86]. Utviklere som er kjent med C, C++ og/eller Java programmering er i stand til å utvikle i C# etter kort tid på grunn av likhetene i syntaksen [82]. C# er avhengig av .NET rammeverket fordi C#-kompilatoren oversetter kildekoden til maskinkode og knytter det sammen med .NET rammeverkets funksjoner. Dette fører til et samspill mellom en funksjonsrik plattform med mange verktøy for distribusjon, kjøring og vedlikehold av kode og et moderne programmeringsspråk, som baserer seg på mange års erfaring fra sine eldre kodespråksøsken [87].

3.5.5 Just-In-Time kompilering

JIT er en programmeringsteknikk for oversettelse av kildekode, som er leselig av mennesker, til maskinkode, som er leselig av datamaskiner. Fremfor å konvertere hele koden over til maskinkode, argumenter Microsoft at det er mer effektivt å kompilere koden etter behov, når de aktuelle delene blir kjørt [87]. Dette er fordi det er lite sannsynlig at alle funksjonene av en applikasjon vil bli brukt til enhver tid. En annen fordel med å anvende en JIT kompilator er at den har tilgang til informasjonen om systemet koden blir lest av, og kan dermed gjøre optimaliseringer når koden blir kjørt [87].

3.5.6 Microsoft Visual Studio

Visual Studio er en populær IDE som benyttes blant annet til utvikling av dataprogrammer og nettsider. Første utgave av utviklermiljøet ble lansert i februar 1997 [88] og har siden vært gjennom ti utgivelser. Nyeste versjonen som er tilgjengelig i skrivende stund, er Visual Studio 2017. I senere tid, har Microsoft gitt ut forskjellige versjoner av Visual Studio som skilles av tilgjengelige funksjoner

og lisensieringspriser. «Community» versjonen, som er benyttet i dette prosjektet, er en gratis utgave som skal brukes av utviklere som arbeider alene eller i utviklerteam som arbeider med åpen kildekode. «Professional» er den billigste, kommersielt tilgjengelige utgaven av Visual Studio med en rekke utvidet funksjoner i forhold til «Community». Den gir blant annet tilgang til å lage installasjonspakker ved hjelp av «ClickOnce» og MSI [89].

3.5.7 Team Services og Git

Visual Studio Team Services er et Microsoft produkt som tilbyr ekstern lagring og versjonskontroll av koden [90]. Produkter støtter en rekke systemer for å håndtere samarbeid mellom flere utviklere på samme kodeprosjekt. Git er et versjonskontrollsystem som også kan brukes til kodedeling. Forklart med enkle begreper vil koden befinne seg på to steder, en hovedversjon som er lagret på en server i nettskyen, og en lokal kopi på utviklerens maskin. Utvikleren kan endre, legge til og fjerne kode på sin lokale kopi, uten å påvirke hovedversjonen i nettskyen. Når deler av koden er klar for å bli delt med andre, kan utvikleren velge hvilke filer som skal lastes opp i nettskyen. På denne måten kan flere jobbe på samme kode samtidig, uten at endringer i den lokale kopien påvirker arbeidet til de andre utviklerne [91]. Git er benyttet i arbeidet i dette masterprosjektet.

3.6 Oppsummering

I Norge brukes Statens Vegvesens håndbok N200 ved veidimensjonering. Håndboken oppgir krav og informasjon om alle lagene i veioverbygningen slik at man oppnår forventet levetid [14]. NTP angir hvilke veibyggingsprosjekter som skal bygges og har strenge krav til CO₂-ekvivalente utslipp i både bygge og driftsfasen [10].

For å holde oversikt over utslippene, er det utarbeidet ISO-standarder som forklarer hvordan disse skal kalkuleres [16], [17]. Det er utviklet en rekke LCA-verktøy for beregning av klimagassutslipp for veiprojekter. Omfanget av disse verktøyene varierer og de benytter forskjellige databaser i sin metodikk. EFFEKT 6.6 har en egen seksjon for å utføre klimaberegninger som er tilpasset norske forhold.

I Norge benyttes det primært to ulike programvarer i digital veiprojektering, Trimble Novapoint og Autodesk Civil 3D. Det arbeides med å lage nye retningslinjer og føringer for dokumentasjon av digitale veimodeller.

Forskere har sett på metoder for å inkludere klimagassregnskap i prosjekteringsfasen for veiprojekter. Bruk av LCA i samspill med digital veiprojekteringsverktøy er i forskerens søkelys, men litteraturstudien viser at LCA i kombinasjon med digitale verktøy for bygningsprosjekter er kommet lengre enn med veiprojekter.

Det finnes en rekke programmeringsspråk tilgjengelig i dag. Disse har en varierende grad av funksjonalitet, men er gode valgalternativer for bruk til utvikling av et verktøy i denne masteroppgaven.

4 Forskningsspørsmål

Det ble utarbeidet et forskningsspørsmål i starten av prosjektet som indikerer hvilken retning masteroppgaven fokuserer på. I forprosjektet kom det frem et behov for å lage en digital løsning for klimagassutslipp hvor brukeren enkelt kan få frem resultater i prosjekteringsmodellen. I en workshop arrangert av Universitetet i Agder, 24. januar 2018, sammen med blant annet Nye Veier, Skanska, Kruse Smith og Sweco ble det bekreftet at potensialet som ligger i prosjekteringsverktøyene ikke er oppnådd. Dette fører frem til oppgavens forskningsspørsmål under, inkludert underspørsmål:

Hvordan kan informasjon fra 3D-modellen og beregning av klimagassutslipp kombineres for å prosjektere en mer klimavennlig vei?

- a) Hvilken informasjon kan brukes fra 3D-modellen?
- b) Hvordan inkludere forflytning av materialer i beregningene?
- c) Hvilke utslippsfaktorer bør benyttes for beregning av klimagassutslipp?

Gjennom kapitlene case/materialer, metode, resultater, konklusjon og anbefalinger er ambisjonen å skape en fremtidsrettet løsning for bransjen som utnytter mer av potensialet som ligger i digitale hjelpemidler.

4.1 Avgrensinger

Hensikten med denne oppgaven er å utvikle og bevise en metode for å benytte eksisterende data på en ny måte som gjør at klimaregnskap kan beregnes ved hjelp av et veiprosjekteringsprogram. For å unngå at studien blir for omfattende, er det bevisst gjort avgrensninger som reduserer mengden på arbeid som må utføres. Følgende avgrensninger er gjort i dette prosjektet:

1. LCA-analysen går fra vugge til port (utvinning av råmaterialer til ferdig bygd vei på lokasjon).
2. Bruer og tunneller er ikke inkludert i prosjektet.
3. Transport av masser i veilinjen er ikke inkludert.
4. Prosjektet omfatter veikroppens overbygning som inkluderer slitelag, bindlag, bærelag, forsterkningslag og frostsikringslag. Andre komponenter som blant annet autovern, skilt, veimaling og lyktestolper er ikke inkludert i prosjektet.
5. Verktøyet som er utviklet i dette masterprosjektet er kun en prototype og er ikke for kommersiell bruk.

5 Case

Det er jobbet med to caser i denne masteroppgaven. Case 1 er en selvprodusert veistrekning, mens case 2 er en ferdig prosjektert veistrekning utarbeidet av Sweco. Det er valgt å rette størst fokus på case 1, mens case 2 er brukt for å vise allsidigheten til programkoden som utvikles i dette masterprosjektet.

5.1 Veistrekningen Nørholm-Molland i Grimstad kommune

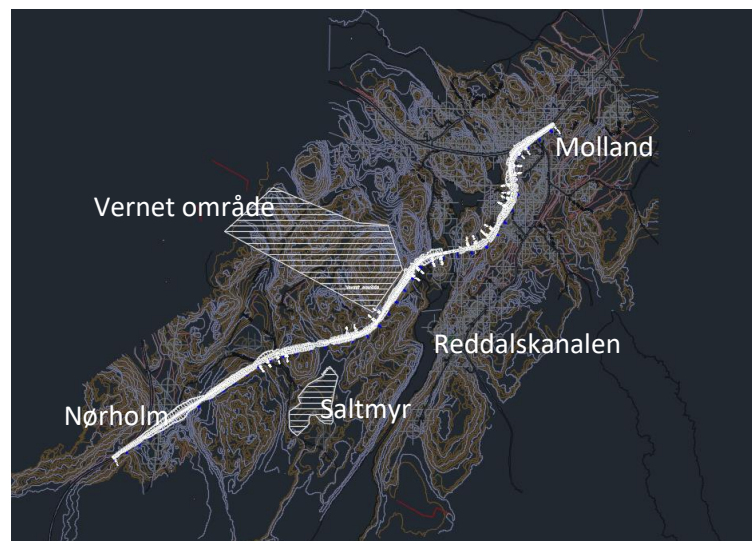
I denne oppgaven er det benyttet en fiktiv veistrekning som pilotprosjekt. Veistrekningen går fra Nørholm til Molland i Grimstad kommune. Veien ble prosjektert i faget BYG219, Vegbygging, ved Universitetet i Agder, høsten 2017. Ved å bruke en kjent veistrekning, har man kontroll på hvilke elementer som inngår i traséen og hvilke begrensninger som gjelder. Dette gjør det mulig å utvikle en metodikk og prosess for å koble LCA-beregningene sammen med en ekstern programvare.

Veiprojektet inneholder informasjon om geologi, veioppbygging, veiutforming og trafikkmengder. Denne informasjonen er viktig for å kunne definere elementene som inngår i veitraséen.

Planforutsetningene for strekningen:

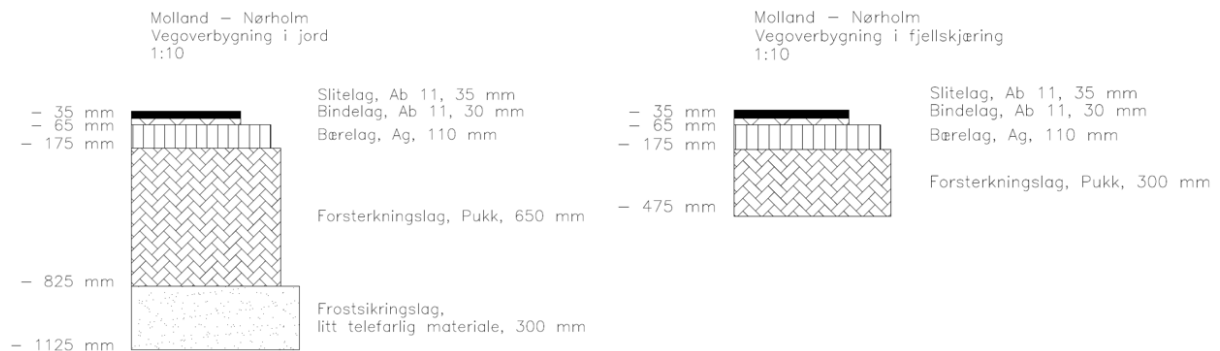
- Samlevei klasse Sa2.
- Veinormalen N100 og N200 brukes til å bestemme nødvendige dimensjoner.
- ÅDT (i 2015) – 2450 (tatt fra Statens Vegvesen sitt Veikart).
- Det er ingen kryss på strekningen.
- Veien må krysse Reddalskanalen i bru med seilingshøyde minst 10 m.
- Bruk av tunnel skal unngås.
- Unngå konflikt med vernet område (se skravert område i Figur 5.1).
- Unngå myrområder (se Figur 5.1).

Planforutsetningene er utgangspunktet for veistrekningen som vist i Figur 5.1.



Figur 5.1 Oversiktskart av prosjektert vei.

Det er prosjektert to forskjellige overbygninger basert på undergrunnen. Normalprofiltegnene er vist i Figur 5.2.



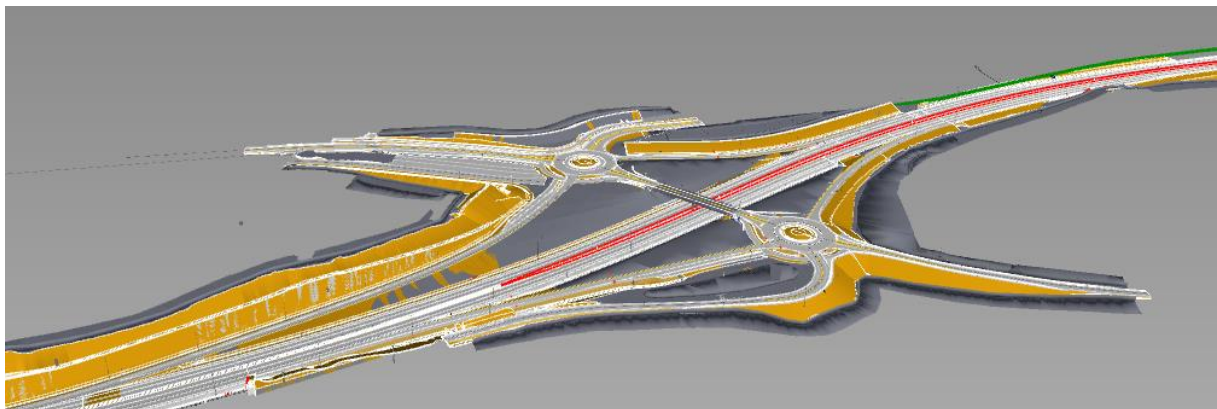
Figur 5.2 Normalprofiltegning av overbygning.

Veistrekningen er prosjektert i Novapoint Vei og eksportert til filformatet LandXML for å kunne importeres i Autodesk Civil 3D for videre arbeid.

5.2 Veistrekningen S03 E6 Arnkvern – Moelv i Ringsaker kommune

For å demonstrere fleksibiliteten i koden som er skrevet i masterprosjektet er veistrekning S03 på E6 mellom Arnkvern og Moelv i Ringsaker kommune brukt som case nummer 2. Det er Sweco i samarbeid med Veidekke Entreprenør som prosjekterer og bygger ny firefelts veistrekning mellom Arnkvern og Moelv for Nye Veier [92].

Denne veistrekningen skal bygges med et tydelig fokus på miljø og klimagassutslipp, sett opp mot tradisjonell veibygging [92]. Dette gjør veistrekningen ideell som «proof of concept» i masteroppgaven. Strekingen er opprinnelig prosjektert i Novapoint og eksportert til filformatet LandXML. Dette gjør at programkoden som utvikles i case 1 også kan brukes i dette prosjektet.



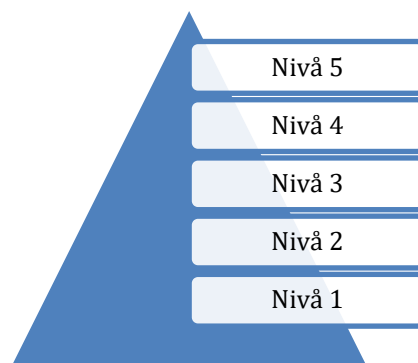
Figur 5.3 3D-modell av veistrekningen S03 E6 Arnkvern-Moelv i Ringsaker kommune [Sweco].

6 Metode

Denne masteroppgaven baserer seg i stor grad på informasjonen og kunnskap som ble opparbeidet i forprosjektet som ble utført i BYG507 (se vedlegg VI). For å kunne svare på forskningsspørsmålet i denne oppgaven og det som ble beskrevet som «videre arbeid» i forprosjektet, har det vært nødvendig med en litteraturstudie for å undersøke forskning som er utført for å få til en digital modell for sammenkobling av LCA og veiprosjekter. Videre er det i denne oppgaven jobbet med casearbeid for å utvikle og kontrollere koblingen mellom LCA og veiprosjekteringsverktøyet.

6.1 Fremgangsmetode

Nivåpyramiden fra forprosjektet (se Figur 6.1) viser hvordan prosjektoppgaven er løst. På bunnen av pyramiden er det fokusert på å tilegne seg breddekunnskap om temaene LCA, programmering og veiprosjektering. Etter hvert som oppgaven er utarbeidet og flere nivå er gjennomført, vil oppgavens faglige omfang bli smalere og man oppnår en spisskompetanse med god forankring i grunnleggende teori for de nevnte temaene. Det skal nevnes at det finnes unntak fra beskrivelsen av «videre arbeid» i forprosjektet og de nivåelementene som er beskrevet under. Likheten er at det er satt opp milepæler som må oppnås før videre arbeid kan utføres. Det er i tillegg utarbeidet en fremdriftsplan i starten av prosjektet (se vedlegg I) for å sikre god flyt i prosjektoppgaven.



Figur 6.1 Nivåpyramide fra forprosjektet (se vedlegg VI, Fig. 10.1).

6.1.1 Nivå 1

Nivå 1 handler om å skaffe kunnskap om LCA, programmering og innhente nøkkeldata fra Novapointmodellen. Det er utarbeidet et Excel-ark (se vedlegg IV) for å ha en struktur for hvordan programkoden bør skrives og hvilke databaser klimagassutslippene skal basere seg på.

6.1.2 Nivå 2

I Nivå 2 skal regnearket (se vedlegg IV) tildeles flere funksjoner for å gjøre programstrukturen mer oversiktlig for brukeren. Det er utarbeidet faner for hver disiplin, lagt inn generiske data fra databaser og lagt inn mulighet for å sette inn prosjektspesifikke tall for hver kategori.

6.1.3 Nivå 3

Nivå 3 handler om å utføre en programmert erstatning av regnearket. En avgjørelse for programmeringsspråk er avklart i kapittel 6.5. Kriteriene for valget er balansen mellom brukervennlighet og funksjonsmuligheter i programmeringsspråket.

6.1.4 Nivå 4

Nivå 4 skal få prosjekteringsprogrammet til å utføre volumberegninger basert på flater i modellen. Det beregnes i første omgang volum av lagene i overbygningen, men en utvidelse til flere flater vil være mulig på et senere tidspunkt. Etter at volumene er kalkulert, skal mengdedataen multipliseres med faktorer for å få frem klimagassutslipp, energiforbruk og kostnad. Her vil det være mulig å legge til flere kategorier på et senere tidspunkt.

6.1.5 Nivå 5

Nivå 5 handler om å utvikle programvaren videre for å kunne brukes som et tillegg i prosjekteringsverktøyet. Ved å utføre beregningene ved hjelp av gjenkjennbare ikoner og enkle kommandoer vil verktøyet være mer brukervennlig.

6.2 Litteraturstudie

Det er benyttet ulike fremgangsmetoder for å finne forskningsrelatert informasjon på dagens løsninger for å inkludere LCA med prosjekteringsverktøy. Fremgangsmetodene har blant annet vært databasesøk over publiserte artikler, gjennomgang av tilgjengelig faglitteratur på universitetsbiblioteket og anbefalinger fra veiledere. Målet har vært å tilegne seg eksisterende kunnskap og å utvikle løsninger som kan bidra med å tette kunnskapshull. Den internasjonale standardiseringsorganisasjonen (ISO) er brukt for å innhente relevant informasjon om bruk av LCA. Statens Vegvesens håndbøker er benyttet for veibygging. En rekke fagbøker og manualer er anvendt for å skaffe oversikt over programmeringspråk.

6.3 Database

EFFEKT 6.6 er brukt som tallgrunnlag i livsløpsregnskapet. Dette er for å bruke verdier som gjelder for norske forhold og som er basert på SVVs rapport nr. 358 [27]. I tillegg til at SVV bruker utslippskoeffisientene fra rapport nr. 358 i programvaren EFFEKT 6.6 for klimaberegninger, brukes de også blant annet i forskningsartikkelen «Life cycle assessment of large scale timber bridges: A case study from the world's longest timber bridge design in Norway» av Reyn O'Born [93]. De påfølgende kapitlene beskriver hvordan verdier fra EFFEKT 6.6 er anvendt i masterprosjektet for beregning av mengder, transport og maskiner. Klimafaktorene er angitt i vedlegg III.

6.3.1 Mengder

I SimaPro er mengdeberegningene hentet fra eksportert regneark ved hjelp av Trimble Novapoint, mens i utviklet programkode hentes mengdeberegningene direkte fra 3D-modellen. Verdiene er oppgitt i kubikk og må dermed omregnes til tonn ved hjelp av materialtetthetene oppgitt i EFFEKT 6.6 [27, Fig. 102] (se Tabell 6.1). Prosjektspesifikke verdier for materialtetthetene kan legges inn hvis ønskelig, men i denne masteroppgaven benyttes verdiene i Tabell 6.1.

Materialer	Materialtetthet (EFFEKT 6.6) [tonn/m ³]
Slitelag	2,5
Bindlag	2,5
Bærelag	2,4
Forsterkningslag	1,5
Frostsikring	1,5

Tabell 6.1 Verdier for materialtetthet.

6.3.2 Transport

For å beregne trafikkarbeid ved hjelp av EFFEKT 6.6 brukes Formel 6.1. Klimakoeffisienten for transportarbeid benyttet i EFFEKT 6.6 representerer summen av kjøring med fullt lass (forutsatt 15 tonn lasteevne) i én retning og tomkjøring i motsatt retning. [27, s. 111].

$$\text{Transport (tonnkm)} = V \cdot \rho \cdot L$$

V = Prosjektert fast kubikk [pfm^3]

ρ = Materialtetthet [$tonn / m^3$]

L = Transportavstand [km]

Formel 6.1 Transportarbeid.

Tabell 6.2 viser generiske verdier for transportavstand som er oppgitt i EFFEKT 6.6. Ved beregning av Case 1, er det benyttet prosjektspesifikke verdier for transportavstander og generiske verdier for materialtetthet. Asfalten transporteres fra NCC Birkeland til byggeplass, mens pukk transporteres fra Landvik pukkverk til byggeplass.

Transportavstand (EFFEKT 6.6) [km]	Transportavstand (prosjektspesifikk) [km]
40	33,6
40	33,6
40	33,6
0	23
0	23

Tabell 6.2 Verdier for transportavstand.

6.3.3 Maskiner

Med grunnlag i beregnede volum, blir det beregnet et samlet dieselforbruk for anleggsmaskiner basert på liter/m³ i Tabell 6.3 [27, s. 110].

Dieselforbruk	liter/løse m ³	Arbeidsprosess
FB _{di, jord}	1,0	Vei i dagen. Utgraving, opplasting og planering av jordmasser.
FB _{di, fjell}	1,0	Vei i dagen. Utgraving, opplasting og planering av steinmasser.
FB _{di, tunnel}	1,15	Tunnel. Opplasting og planering av steinmasser.
FB _{di, asfalt}	2,0	Dekke (asfalt). Legging og kompaktering.
FB _{di, asf. grus}	2,0	Bærelag (asfaltert grus). Legging og komprimering.
FB _{di, pukk}	1,0	Forsterkningslag/frostsikringslag (pukk). Legging og komprimering.

Tabell 6.3 Dieselforbruk til anleggsmaskiner i forskjellige byggeprosesser.

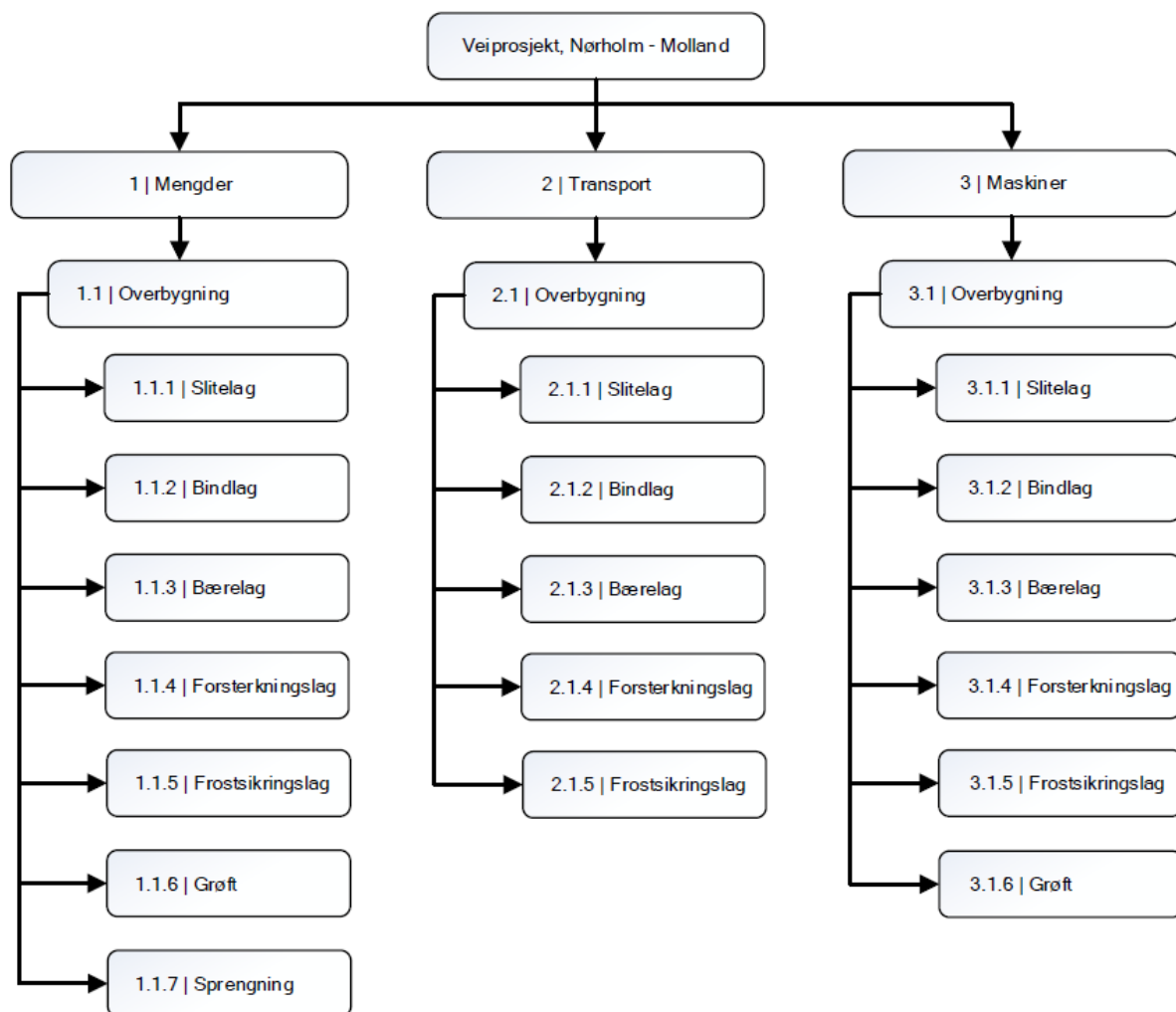
I EFFEKT 6.6 er det laget en forenklet fremgangsmetode for å beregne utslipp fra maskinparken som kommer fra etablering av dreneringssystemer [27, s. 114]. Denne er oppgitt i Tabell 6.4.

Prosess	liter/m grøft	Arbeidsprosess
Maskinarbeid (diesel)	40,0	Grave grøfteprofil, nedsetting av kummer, planering for rør i grøft og stikkrenner, omfylling og gjenfylling, 1 maskintime pr. meter grøft.

Tabell 6.4 Maskinarbeid for etablering av dreneringssystemer.

6.4 SimaPro

SimaPro er i dette prosjektet benyttet for å utarbeide en konvensjonell LCA analyse fra vugge til port (inkludert bygging av veien) for overbygningen av veistrekningen som er beskrevet i case 1, Nørholm - Molland i Grimstad kommune. Det er opprettet et eget prosjekt i SimaPro som heter «Veiprojekt, Nørholm – Molland». Prosjektet er delt opp i de tre underkategoriene Mengder, Transport og Maskiner. Underkategoriene er igjen delt opp i egne prosesskategorier som forteller hvilken del av veiseksjonen som analyseres. Flytskjemaet som er illustrert i Figur 6.2 viser hvilke objekter som er inkludert i prosesskategoriene. Hvert objekt er angitt per enhet slik at datasettet skal være oversiktlig samtidig som det forenkler prosessen med å utføre klimaregnskapet.



Figur 6.2 Forenklet oversikt over LCA-studien.

Mengdeberegningene fra Novapointmodellen og klimafaktorene, hetet fra EFFEKT 6.6, er benyttet i SimaPro studien. Total mengdebeskrivelse er vist i kapittel 7.2.1 for case 1 og klimafaktorene er angitt i vedlegg III.

6.5 Programvareutvikling

Ved å skrive programkoden i .NET-rammeverket med C# som programmeringsspråk, kan man implementere koden i Autodesk Civil 3D og utføre ønskede beregninger. Utviklet programkode er skrevet i Microsoft Visual Studio og fungerer som en tilleggsapplikasjon i Autodesk Civil 3D. Denne programkoden utfører beregninger basert på volumer i modellen og faktorer som er predefinert i programstrukturen. Programkoden er fleksibel da det er mulig å endre både mengder og faktorer, dersom dette er ønskelig.

6.5.1 Visual Studio

I denne masteroppgaven er «Microsoft Visual Studio Community 2017» benyttet i programmeringsarbeidet, hvor programmeringsspråket har vært C# med .NET rammeverk. Visual Studio er populært blant profesjonelle utviklere og er også anbefalt av Autodesk for utvikling av tillegg som skal integreres inn i deres programvarepakker [94]. For å gjøre oppstarten enkel for nye utviklere, har Autodesk lagt ut en utviklerveiledning (Developers Guide) [95], som har vært flittig brukt av rapportforfatterne på grunn av blant annet, manglende erfaring i C# utvikling. Autodesk tillater frihet i hvordan en ekstern programvare kommuniserer med deres programvarepakker, der .NET og COM API er de mest populære metodene. Programkoden i denne rapporten benytter seg av .NET APIet, etter anbefaling av utviklerguiden [96].

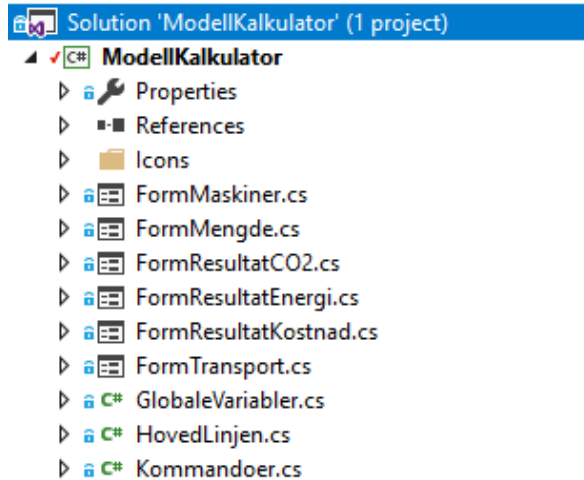
I oppstartsfasen av kodearbeidet, har det vært benyttet .NET rammeverk 2.0 (først utgitt i 2005), som har begrenset anvendelse av avanserte funksjoner. Etter at forfatterne har gjort seg fortrolig med dokumentasjonen og brukerveiledningen for C#, .NET og Autodesk API miljøet, har koden blitt endret til å bygge på .NET rammeverket 4.6 (utgitt i 2015) for å blant annet kunne få tilgang til å lage grafiske menyer. .NET rammeverk 4.6 støttes av Autodesk programvarene siden 2017 [97].

For å kunne få tilgang til Autodesk Civil 3D sine metoder og klasser, er det blitt importert dynamiske bibliotek (Dynamic-link library), som regel kalt DLL. Det er disse DLL filene som tillater API koblingen mellom Civil 3D og den eksterne koden, slik at data kan utveksles mellom dem. Rapportforfatternes kode, benytter seg av åtte DLL filer for å kunne gjennomføre den nødvendige klimaberegningen og lagringen av data i 3D-modellen. Disse er listet i Tabell 6.5, med beskrivelse av bibliotekets funksjon:

DLL Navn	Beskrivelse
Accoremgd.dll	Er brukt når man benytter teksteditoren i kommandolinjen, eksport- og plottfunksjoner. I tillegg benyttes den til å definere egne kommandoer og funksjoner som kan kalles opp via kommandolinjen eller AutoLISP.
Acdbmgd.dll	Er brukt når oppretting, endring eller sletting av objekter i modellen blir gjennomført.
Acmgd.dll	Blir brukt når man gjennomfører endringer i brukergrensesnittet i Autodesk programmene.
acWindows.dll	Blir brukt til oppretting av brukergrensesnittknapper, menyer og faner.
adWindows.dll	Gir tilgang til menylinjen.
AecBaseMgd.dll	Gir grunnleggende tilgang til AEC (Architecture, Engineering & Construction) modulen.
AeccDbMgd.dll	Spesifikk modul i Civil 3D som gir tilgang til AECC (Architecture, Engineering & Construction Collection). Utfører samme oppgave som Acmgd.dll (AutoCAD)
AecPropDataMgd.dll	Gir tilgang til oppretting, endring og sletting av «Property Set Data» informasjonen i modellen.

Tabell 6.5 Oversikt over dynamiske bibliotek (DLL) fra Autodesk som er benyttet i utviklet kode.

I Visual Studio er koden fordelt over en ni C# kildekodefiler (cs-filer). Kildekodefilene er illustrert i Figur 6.3 og funksjonen er forklart i Tabell 6.6.









Figur 6.3 Oversikt over kildekodefiler i Visual Studio.

Kildekodefilnavn	Funksjon	Beskrivelse
Hovedlinjen.cs	Kode	Inneholder koden for menylinjen som kommer opp i Autodesk Civil 3D. Knytter kommandoer til menyknappene. Leser inn verdier som er lagret i «Property Set».
Kommandoer.cs	Kode	Inneholder koden for alle egendefinerte kommandoer som benyttes av verktøyet.
GlobaleVariabler.cs	Kode	Liste over variabler som benyttes på flere plasser i koden. Har til hensikt å redusere antall gjentakelser.
FormMengde.cs	Grafisk	Kildekode og grafisk beskrivelse av vinduet «Mengder» (se Figur 7.1)
FormTransport.cs	Grafisk	Kildekode og grafisk beskrivelse av vinduet «Transport» (se Figur 7.2)
FormMaskiner.cs	Grafisk	Kildekode og grafisk beskrivelse av vinduet «Maskiner» (se Figur 7.3)
FormResultatCO2.cs	Grafisk	Kildekode og grafisk beskrivelse av vinduet «Resultater Utslipp» (se Figur 7.5)
FormResultatEnergi.cs	Grafisk	Kildekode og grafisk beskrivelse av vinduet «Resultater Energi» (se Figur 7.6)
FormResultatKostnad.cs	Grafisk	Kildekode og grafisk beskrivelse av vinduet «Resultater Kostnad» (se Figur 7.6)

Tabell 6.6 Beskrivelse av kildekodefilene (se vedlegg V).

For den visuelle delen av prosjektet, er det benyttet flere ikonpakker. Ikonene med deres beskrivelse og kilder er vist frem i Tabell 6.7.

Ikon	Beskrivelse	Referanse
	Mengde	Magecom [98]
	Transport	Magecom [98]
	Maskiner	Creative Stall [99]
	Utslipp	Laura Reen [100]
	Energi	Xinh Studio [101]
	Kostnad	Dot on Paper [102]

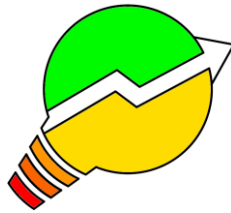
Tabell 6.7 Oversikt over ikoner benyttet i verktøyet.

For å håndtere utviklingen av koden på flere maskiner og med flere utviklere, har «Team Services» funksjonen blitt benyttet i Visual Studio. «Team Services» implementerer git-versjonskontroll av koden. Som et resultat er endringshistorikken til koden tilgjengelig, samt at koden er sikkerhetskopiert i nettskyen.

For å gjøre utviklingsarbeidet enklere, har man benyttet seg av «debug» funksjonen i Visual Studio. Ved å skrive inn nødvendig oppstartinformasjon om Autodesk Civil 3D, er man i stand til å starte opp programmet via Visual Studio med et tastetrykk. Fordelene med dette, er at man får en rask oppstart av programmet for å teste ut koden, ha muligheten til å følge med ressursbruken og fange opp feilmeldinger og knytte dem til områdene i koden som har forårsaket de.

6.5.2 Utviklet programkode

Utviklet programkode har fått navnet «Modell Kalkulator». Dette er et navn som indikerer at programmet benytter seg av egenskaper i modellen for å utføre beregninger. Logoen til Modell Kalkulator er vist i Figur 6.4 og illustrerer en lyspære med en oppadgående graf og fargekode. Lyspæren er valgt som symbol siden utviklet programkode benytter seg av eksisterende informasjon på en ny måte. Fargekoden symboliserer progresjon i arbeidet man utfører. Et eksempel på dette kan være at en veistrekning blir mer klimavennlig ved å luke ut klimaverstingene og utføre tiltak som reduserer det totale CO₂-ekvivalentet utslippet.



Figur 6.4 Logo av Modell Kalkulator.

Modell Kalkulatoren er basert på samme tankemåte som en konvensjonell LCA-analyse. Excel-arket i vedlegg IV er laget som en skisse til programutviklingen. Applikasjonen som er utviklet importeres inn i programmet Autodesk Civil 3D ved hjelp av kommandovinduet nederst på menylinjen (se Figur 6.5).



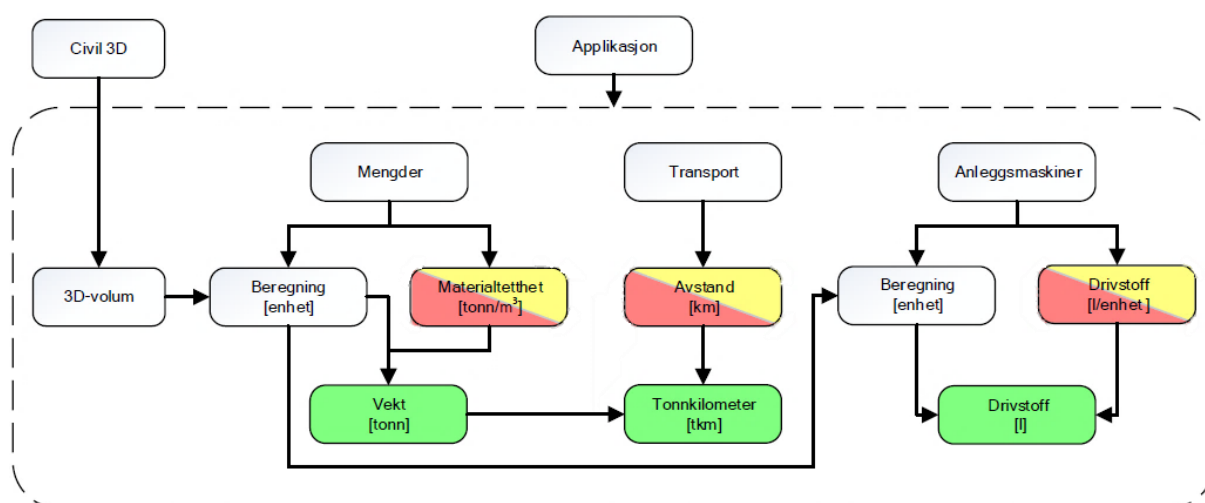
Figur 6.5 Kommandolinje i Civil 3D.

Figur 6.6 viser et flytskjema for hvordan kalkulasjonen av mengdene utføres. LandXML-filen som importeres til Autodesk Civil 3D består av en 3D-modell som er bygd opp av TIN flater. Disse flatene inneholder spesifikke navn, som kan brukes for å tildele 3D-modellen objektbaserte egenskaper. Ved å beregne volumet mellom de forskjellige lagene og legge inn tilhørende informasjon om objektene, har man mulighet til å utføre beregninger for vekt av masser, transport og forbruk av drivstoff. Dette er selvsagt kun et lite utdrag av objektene som finnes i et veiprojekt, men prototypen som er utviklet er begrenset til veioverbygningen. For å sikre at brukervennligheten til programmet er ivaretatt, er det et konsekvent fargeoppsett på hvordan beregningene kan utføres. Fargen «rød» indikerer at programkoden har full styring på tallgrunlaget og brukeren kan ikke endre disse. Fargen «gul» indikerer at brukeren kan sette inn tallverdier etter eget ønske. Det er laget et kommentarfelt som gir mulighet til å beskrive valgene som er utført. Fargen «grønn» er endelige beregninger som er utført av programkoden. Det er disse som blir benyttet i resultatene til slutt.

For å finne mengdene som er inkludert i prosjektet utfører programkoden en beregning av flatene i de forskjellige lagene. Dette kan både være volumberegninger og lengdeberegninger. Ved å utføre denne operasjonen, vet programkoden hvilke mengder som er inkludert. Denne fremgangsmåten gjør programkoden fleksibel i form av at den kan brukes på alle veiprojekt som har tilsvarende flatenavn. For å finne vekten av massene multipliseres disse med en materialtetthet. Dette gjør at videre beregningsmetoder blir enklere og mer oversiktlig å gjennomføre.

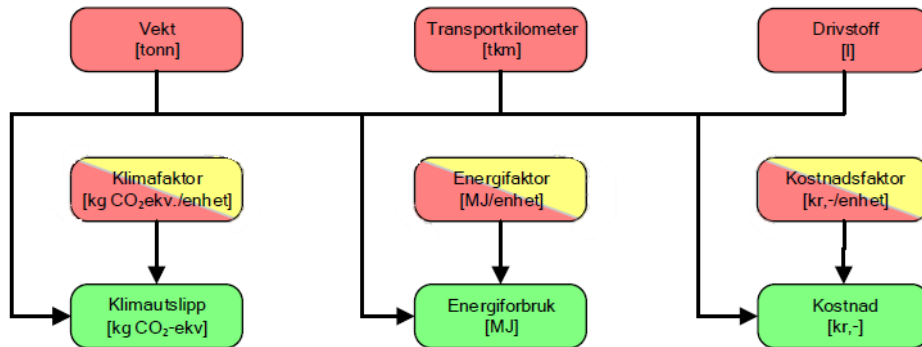
Tonnkilometer beregnes for å inkludere påvirkningen av transportsavstand og transportmåte av massene. Vekten av massene som ble kalkulert i forrige avsnitt blir i denne seksjonen multiplisert med angitt avstand. Det er lagt inn en generisk avstand for massene som er basert på tall hentet fra Statens Vegvesen sin EFFEKT 6.6. I tillegg er det mulig å legge inn prosjektspesifikk avstand dersom denne er tilgjengelig.

Drivstoffmengden er estimert med bakgrunn i massemengden som er inkludert i veiprojektet og drivstofforbruket til anleggsmaskinene som blir benyttet. Drivstofforbruket er hentet fra Statens Vegvesen sin EFFEKT 6.6, men det er mulig å legge inn prosjektspesifikke tall, dersom disse er å oppdrive. Utgangsverdien fra drivstoffmengden er gitt i liter.



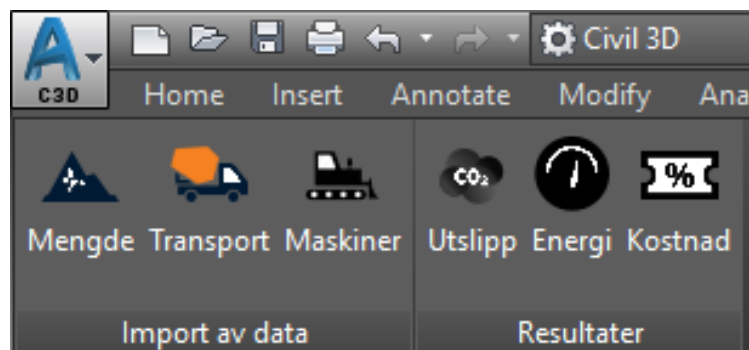
Figur 6.6 Flytskjema for mengdeberegning.

Etter at mengdeberegningene er utført er massene oppgitt i tonn, transport er oppgitt i tonnkilometer og drivstoff er oppgitt i liter. Ved å multiplisere disse mengdene med klimafaktorer beregnes et komplett klimagassutslipp for hele veistrekningen. På samme måte som i mengdeberegningen vil man ha generiske faktorer som er hentet fra Statens Vegvesen sin EFFEKT 6.6, eller prosjektspesifikke tall som manuelt kan legges inn med tilhørende beskrivelser (se Figur 6.7). For å vise noe av potensialet til programkoden er det lagt inn tilsvarende resultater for energiforbruk og kostnader. Energiforbruket er beregnet med generiske tall fra EFFEKT 6.6 eller prosjektspesifikke tall, mens kostnadene kun er inkludert med fiktive verdier og hvor muligheten for å sette inn prosjektspesifikke verdier er tilstede.



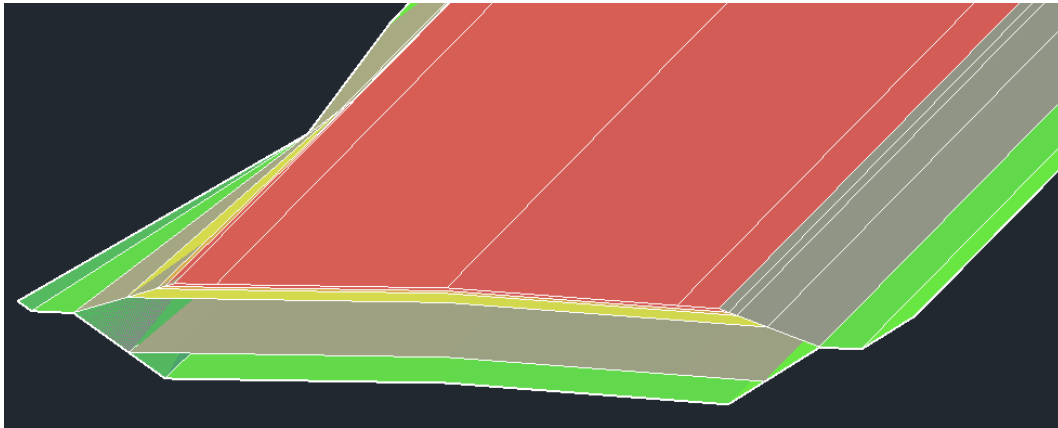
Figur 6.7 Flytskjema for resultatoversikt.

Det er lagt inn en egen modul for applikasjonen som er utviklet i dette masterprosjektet i Autodesk Civil 3D (se Figur 6.8). Hensikten med denne modulen, kontra manuell inntasting av koder, er å gi god brukervennlighet samtidig som man har valgmuligheter for å øke nøyaktigheten i beregningene. Dette oppnås ved å sette inn prosjektspesifikke tall. Det er laget tre felt for å importere nødvendig datagrunnlag for beregningene. Videre er det en resultatmodul som gir resultater for klimagassutslipp, energiforbruk og kostnad. Det vil være mulig å legge til flere moduler på et senere tidspunkt.



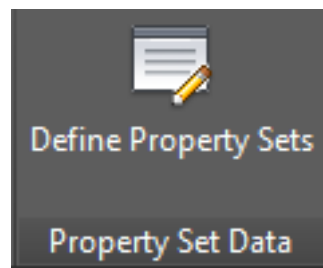
Figur 6.8 Applikasjonsmodulen til masterprosjektet.

For å gi en bedre forståelse av resultatene, er det laget en funksjon som viser et grafisk resultat av klimagassutslippene. Den grafiske fremstillingen går fra fargene grønt til rødt, hvor grønt er det mest klimavennlige objektet totalt sett, mens rødt indikerer det mest klimafiendtlige objektet (se Figur 6.9). Det er mulig å fremstille resultatene grafisk på to måter, skalarplot og fordelt plot. Skalarplot viser en fargefordeling, hvor rødt representerer elementet med størst utslipp og grønt representerer klimanøytrale elementer. Fordelt plot har en jevn fargefordeling på alle elementene inkludert i modellen med maksimum- og minimumutslipp som ytterpunkter.



Figur 6.9 Grafisk fremstilling av veiprosjektet.

Resultatene fra beregningene blir lagret i egenskapsmodulen («property set data») i Autodesk Civil 3D (se Figur 6.10). Her finner man blant annet volum av lagene, klimafaktorer og resultatene fra hvert objekt som er inkludert i analysen.



Figur 6.10 Ikon for å se produkttegenskaper.

7 Resultat

Resultatene i denne rapporten baserer seg på utviklet programkode og casearbeid. Kapitlet viser til resultater fra kodeutviklingsarbeidet av Modell Kalkulatoren i Visual Studio, presenterer mengdeberegninger og klimaregnskap og gjennomfører en sammenligningsstudie av resultatene.

7.1 Modell Kalkulator

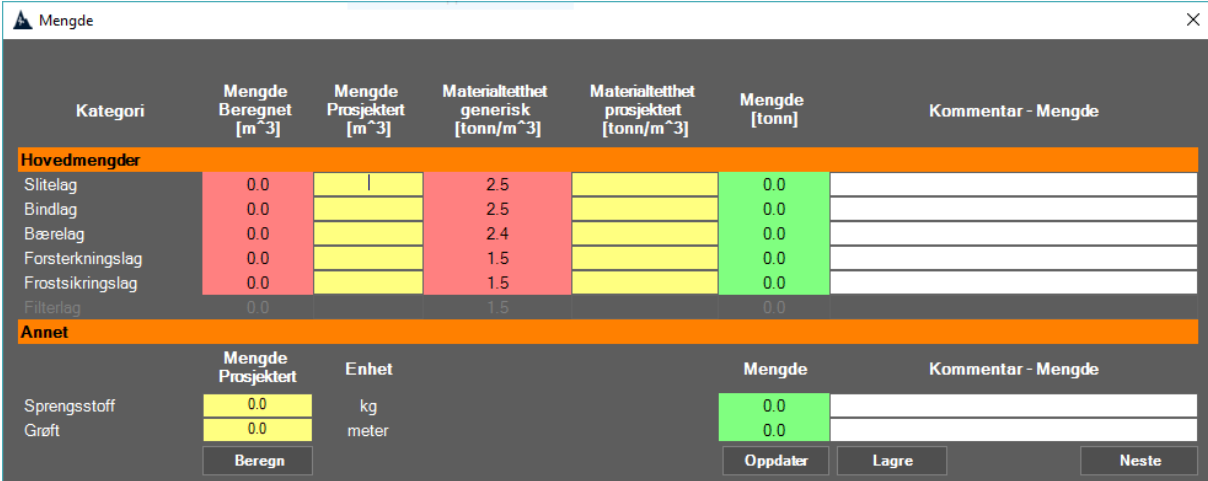
Bakgrunnen for å utarbeide en programkode for beregning av klimagassutslipp i et prosjekteringsverktøy kommer fra veibransjen selv. Både byggherrer, med Nye Veier i spissen, og rådgivende ingeniørfirmaer ønsker et mer komplett prosjekteringsverktøy. Verktøyet som er utviklet i dette prosjektet er laget med tanke på at brukeren skal kunne beregne klimagassutslipp på en tilfredsstillende måte, samtidig som at det ikke skal være nødvendig å bruke mye tid på å lære seg programmet. Dette er utført ved å benytte EFFEKT 6.6 for beregning av klimaregnskapet og ulike fargekoder på menyvalgene i programmet som indikerer hvilke verdier brukeren må skrive selv og hvilke som automatisk blir fylt inn. Radene med grå farge er i dette masterprosjektet inaktive, men kan aktiveres på et senere tidspunkt. Det er lagt inn unike illustrasjoner i hver meny som skaper en intuitiv bevissthet på hvilken funksjon gitt meny utfører.

7.1.1 Mengde

Mengdemenyen er vist i Figur 7.1 og har et gjenkjennelig ikon i form av et fjell som skal illustrere massemengder. Ved å trykke på knappen «Beregne», kalkulerer programmet volumet av alle kategoriene som er inkludert i prosjektet. Resultatet av mengdene vil vises i den røde kolonnen til venstre under «Mengde Beregnet». Dersom brukeren vet at volumet ikke stemmer på grunn av avvik i modellgrunnlaget eller fremtidige endringer som vil komme, er det mulighet for å legge inn prosjektert verdi i den gule kolonnen til venstre i menyen. Alle mengdene er oppgitt i fpm³ (fast kubikkmeter).

Materialtettheten for hver kategori legges inn for å kunne beregne vekten av materialene. Det er oppgitt generiske verdier for materialtetthet i den røde kolonnen til høyre. Disse er hentet fra kapittel 6.3.1. Dersom man får vite en mer nøyaktig materialtetthet underveis i prosjektet, er det mulig å legge denne inn i den gule kolonnen til høyre.

Når de overstående operasjonene er utført, kan man trykke på knappen «Oppdater». Nå vil programmet beregne vekten (i tonn) for hver kategori. Resultatet er oppgitt i den grønne kolonnen til høyre i mengdemenyen. Programmet er laget slik at det først sjekker de gule feltene (prosjektert) for tallverdier. Dersom programmet ikke oppdager noe her, vil den automatisk bruke de generiske verdiene som er lagt inn. Det er også mulig å legge inn kommentar med relevant informasjon etter ønske. Ved å trykke på knappen «Lagre» vil programmet lagre alle verdiene i modellen, slik at de kan bli funnet igjen under objektene egenskapsmeny i Autodesk Civil 3D. Knappen «Neste» lukker mengdemenyen og åpner transportmenyen. Ved å trykke på krysset oppe i høyre hjørne i mengdemenybildet, lukkes menyen uten å lagre eller utføre noen operasjon.



Kategori	Mengde Beregnet [m ³]	Mengde Prosjektert [m ³]	Materialtetthet generisk [tonn/m ³]	Materialtetthet prosjektert [tonn/m ³]	Mengde [tonn]	Kommentar - Mengde
Hovedmengder						
Slitelag	0.0		2.5		0.0	
Bindlag	0.0		2.5		0.0	
Bærelag	0.0		2.4		0.0	
Forsterkningslag	0.0		1.5		0.0	
Frostsikringslag	0.0		1.5		0.0	
Filterlag	0.0		1.5		0.0	
Annet						
	Mengde Prosjektert	Enhet		Mengde		Kommentar - Mengde
Sprengsstoff	0.0	kg		0.0		
Grøft	0.0	meter		0.0		

Buttons: Beregn, Oppdater, Lagre, Neste

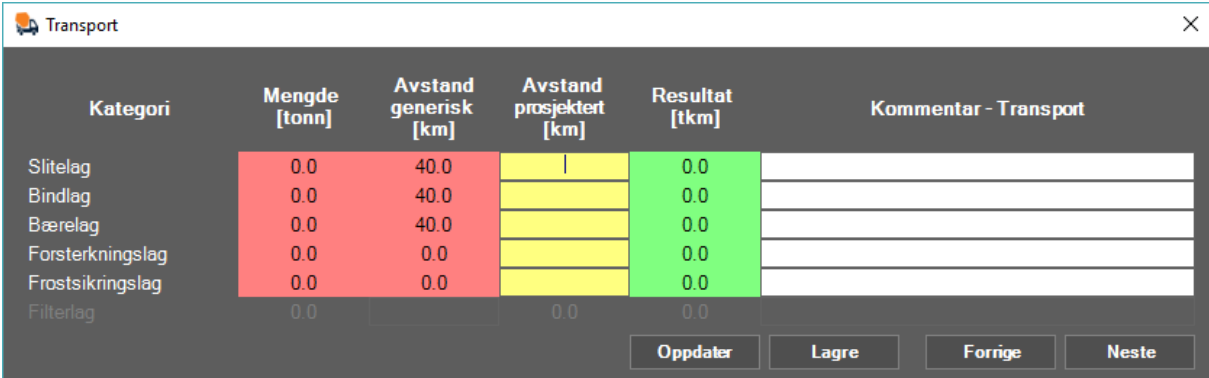
Figur 7.1 Illustrasjon av programmets mengdemeny.

7.1.2 Transport

Transportmenyen er vist i Figur 7.2 og har et gjenkjennelig ikon i form av en lastebil som skal illustrere et transportkjøretøy. Dersom transportmenyen åpnes etter at mengdeberegningene er utført i kapittel 7.1.1, vil den røde kolonnen til høyre være ferdig utfylt med mengder (i tonn) for hver kategori.

Transportavstanden for hver kategori legges inn for å kunne beregne tonnkilometer. Det er oppgitt generiske verdier for transportavstand i den røde kolonnen til venstre. Disse er hentet fra 6.3.2. Dersom man får vite mer nøyaktig transportavstand underveis i prosjektet, er det mulig å legge inn disse i den gule kolonnen.

Når de overstående operasjonene er utført, kan man trykke på knappen «Oppdater». Nå vil programmet beregne resultatet (i tonnkilometer) for hver kategori. Resultatet er oppgitt i den grønne kolonnen til høyre i transportmenyen. Programmet er laget slik at det først sjekker de gule feltene (prosjektert) for tallverdier. Dersom programmet ikke oppdater noe her, vil den automatisk bruke de generiske verdiene som er lagt inn. Det er også mulig å legge inn kommentar med relevant informasjon etter ønske. Ved å trykke på knappen «Lagre» vil programmet lagre alle verdiene i modellen, slik at de kan bli funnet igjen under objektenes egenskapsmeny i Autodesk Civil 3D. Knappen «Forrige» lukker transportmenyen og åpner mengdemenyen, mens «Neste» lukker transportmenyen og åpner maskinmenyen. Ved å trykke på krysset oppe i høyre hjørne i mengdemenybildet, lukkes menyen uten å lagre eller utføre noen operasjon.



Kategori	Mengde [tonn]	Avstand generisk [km]	Avstand prosjektert [km]	Resultat [tkm]	Kommentar - Transport
Slitelag	0.0	40.0		0.0	
Bindlag	0.0	40.0		0.0	
Bærelag	0.0	40.0		0.0	
Forsterkningslag	0.0	0.0		0.0	
Frostsikringslag	0.0	0.0		0.0	
Filterlag	0.0		0.0	0.0	

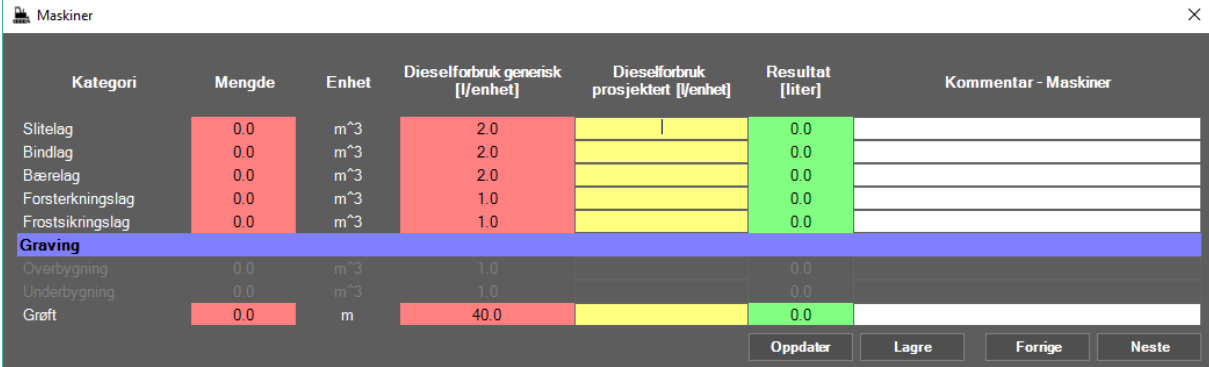
Figur 7.2 Illustrasjon av programmets transportmeny.

7.1.3 Maskiner

Maskinmenyen er vist i Figur 7.3 og har et gjenkjennelig ikon i form av en bulldoser som skal illustrere en anleggsmaskin. Dersom maskinmenyen åpnes etter at mengdeberegningene er utført i kapittel 7.1.1, vil den røde kolonnen til venstre være ferdig utfylt med mengder (i angitt enhet) for hver kategori.

Dieselforbruket som inngår per enhet legges inn for hver kategori for å beregne forbruket til maskinparken i liter. Det er oppgitt generiske verdier for dieselforbruket i den røde kolonnen til høyre. Disse er hentet fra 6.3.3. Dersom man får vite mer nøyaktig dieselforbruk underveis i prosjektet, er det mulig å legge denne inn i den gule kolonnen.

Når de overstående operasjonene er utført, kan man trykke på knappen «Oppdater». Nå vil programmet beregne resultatet (i liter) for hver kategori. Resultatet er oppgitt i den grønne kolonnen til høyre i maskinmenyen. Programmet er laget slik at det først sjekker de gule feltene (prosjektet) for tallverdier. Dersom programmet ikke oppdager noe her, vil den automatisk bruke de generiske verdiene som er lagt inn. Det er også mulig å legge inn kommentar med relevant informasjon etter ønske. Ved å trykke på knappen «Lagre» vil programmet lagre alle verdiene i modellen, slik at de kan bli funnet igjen under objektenes egenskapsmeny i Autodesk Civil 3D. Knappen «Forrige» lukker maskinmenyen og åpner transportmenyen, mens «Neste» lukker maskinmenyen og åpner resultatmenyen for CO₂-ekvivalente utslipp. Ved å trykke på krysset oppe i høyre hjørne i maskinmenybildet, lukkes menyen uten å lagre eller utføre noen operasjon.



Kategori	Mengde	Enhet	Dieselforbruk generisk [l/enhet]	Dieselforbruk prosjektert [l/enhet]	Resultat [liter]	Kommentar - Maskiner
Slitelag	0.0	m ³	2.0		0.0	
Bindlag	0.0	m ³	2.0		0.0	
Bærelag	0.0	m ³	2.0		0.0	
Forsterkningslag	0.0	m ³	1.0		0.0	
Frostsikringslag	0.0	m ³	1.0		0.0	
Graving						
Overbygning	0.0	m ³	1.0		0.0	
Underbygning	0.0	m ³	1.0		0.0	
Grøft	0.0	m	40.0		0.0	

Figur 7.3 Illustrasjon av programmets maskinmeny.

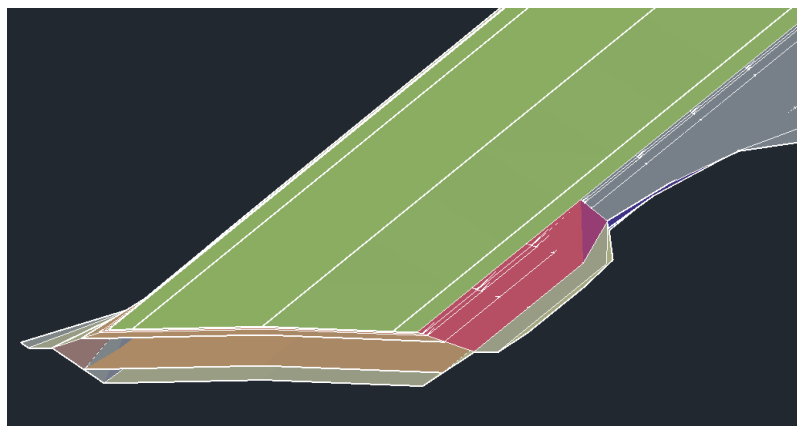
7.1.4 CO₂-ekvivalente utslipp

Menyen for CO₂-ekvivalente utslipp er vist i Figur 7.5 og har et gjenkjennelig ikon i form av en sky med påskriften CO₂. Dersom resultatmenyen for CO₂-ekvivalente utslipp åpnes etter at mengde, transport og maskinberegningene er utført i kapittel 7.1.1-7.1.3, vil den røde kolonnen til venstre være ferdig utfylt med mengder (i angitt enhet) for hver kategori.

Klimakoeffisienten som inngår per enhet legges inn for hver kategori for å beregne utslippene til alle kategoriene som inngår i programmet. Det er oppgitt generiske verdier for klimakoeffisientene i den røde kolonnen til høyre. Disse er hentet fra vedlegg III. Dersom man får vite mer nøyaktig klimakoeffisient underveis i prosjektet, er det mulig å legge disse inn i den gule kolonnen.

Når de overstående operasjonene er utført, kan man trykke på knappen «Oppdater». Nå vil programmet beregne CO₂-ekvivalente utslipp (i tonn) for hver kategori og summere totalen i bunnen av menyen. Resultatene er oppgitt i den grønne kolonnen til høyre. Programmet er laget slik at det først sjekker de gule feltene (prosjektert) for tallverdier. Dersom programmet ikke oppdager noe her, vil den automatisk bruke de generiske verdiene som er lagt inn.

Etter at resultatene for CO₂-ekvivalente utslipp er beregnet, kan resultatet visualiseres i form av skalarplot eller fordeltplot. Dette velges i menyen nede til venstre. Case 1 er vist som fordeltplot i Figur 7.4.



Figur 7.4 Skalarplot av veistrekningen fra Modell Kalkulator.

Ved å trykke på knappen «Lagre» vil programmet lagre alle verdiene i programfilen, slik at de kan bli funnet igjen under objektene egenskapsmeny i Autodesk Civil 3D. Knappen «Forrige» lukker menyen for CO₂-ekvivalente utslipp og åpner maskinmenyen, mens «Neste» lukker menyen for CO₂-ekvivalente utslipp og åpner resultatmenyen for energiforbruk. Ved å trykke på krysset oppe i høyre hjørne i menybildet, lukkes menyen uten å lagre eller utføre noen operasjon.

Kategori	Mengde	Enhet	Klimakoeffisient for klimagassutslipp generisk [kg/enhet]	Klimakoeffisient for klimagassutslipp prosjektet [kg/enhet]	CO2-ekv. utslipp [tonn]
Hovedmengder veg					
Overbygning					
Slitelag	0.0	tonn	58.5		0.0
Bindlag	0.0	tonn	58.5		0.0
Bærelag	0.0	tonn	34.3		0.0
Forsterkningslag	0.0	tonn	3.52		0.0
Frostsikringslag	0.0	tonn	3.52		0.0
Filterlag	0.0	tonn	0.0		0.0
Underbygning					
Armering	0.0	tonn	0.0		0.0
Peiling	0.0	tonn	0.0		0.0
Skjæring					
Sprengstoff	0.0	kg	2.77		0.0
Sikring av bergskjæring	0.0	m ²	0.0		0.0
Fylling					
Masseutførsel	0.0	tonn	0.0		0.0
Hovedmengder Transport					
Massetransport					
Slitelag	0.0	tkm	0.34		0.0
Bindlag	0.0	tkm	0.34		0.0
Bærelag	0.0	tkm	0.34		0.0
Forsterkningslag	0.0	tkm	0.34		0.0
Frostsikring	0.0	tkm	0.34		0.0
Underbygning	0.0	tkm	0.34		0.0
Grøft	0.0	tkm	0.34		0.0
Skjæring	0.0	tkm	0.34		0.0
Fylling	0.0	tkm	0.34		0.0
Hovedmengder Maskiner					
Graving					
Overbygning	0.0	liter	3.31		0.0
Underbygning	0.0	liter	3.31		0.0
Grøft	0.0	liter	3.31		0.0
Vegdekke					
Asfaltering, slitelag	0.0	liter	3.31		0.0
Asfaltering, bindlag	0.0	liter	3.31		0.0
Asfaltering, bærelag	0.0	liter	3.31		0.0
Legging, forsterkningslag	0.0	liter	3.31		0.0
Legging, frostsikringslag	0.0	liter	3.31		0.0
Total Utslipp					0.0

Plot
 Skalar
 Fordelt

Figur 7.5 Illustrasjon av programmets meny for CO₂-ekvivalente utslipp.

7.1.5 Energiforbruk

Menyen for energiforbruk er vist i Figur 7.6 og har et gjenkjennelig ikon i form av et barometer som skal illustrere energiforbruket fra prosjektet. Dersom resultatmenyen for energiforbruket åpnes etter at mengde, transport og maskinberegningene er utført i kapittel 7.1.1-7.1.3, vil den røde kolonnen til venstre være ferdig utfylt med mengder (i angitt enhet) for hver kategori.

Energiforbrukskoeffisienten som inngår per enhet legges inn for hver kategori for å beregne utslippene til alle kategoriene som inngår i programmet. Det er oppgitt generiske verdier for energiforbrukskoeffisientene i den røde kolonnen til høyre. Disse er hentet fra EFFEKT 6.6 [27, s. 126]. Dersom man får vite mer nøyaktig energiforbrukskoeffisient underveis i prosjektet, er det mulig å legge denne inn i den gule kolonnen.

Når de overstående operasjonene er utført, kan man trykke på knappen «Oppdater». Nå vil programmet beregne energiforbruket (i MJ) for hver kategori og summere totalen i bunnen av menyen. Resultatene er oppgitt i den grønne kolonnen til høyre. Programmet er laget slik at det først sjekker de gule feltene (prosjektet) for tallverdier. Dersom programmet ikke oppdager noe her, vil den automatisk bruke de generiske verdiene som er lagt inn.

Ved å trykke på knappen «Lagre» vil programmet lagre alle verdiene i modellen, slik at de kan bli funnet igjen under objektenes egenskapsmeny i Autodesk Civil 3D. Knappen «Forrige» lukker menyen for energiforbruket og åpner menyen for CO₂-ekvivalente utslipp, mens «Neste» lukker menyen for energiforbruket og åpner resultatmenyen for kostnader. Ved å trykke på krysset oppe i høyre hjørne i menybildet, lukkes menyen uten å lagre eller utføre noen operasjon.

Kategori	Mengde	Enhet	Koeffisient for energiforbruk generisk [MJ/enhet]	Koeffisient for energiforbruk prosjektert [MJ/enhet]	Energiforbruk [MJ]
Hovedmengder veg					
Overbygning					
Slitelag	0.0	tonn	3232		0.0
Bindlag	0.0	tonn	3232		0.0
Bærelag	0.0	tonn	1055		0.0
Forsterkningslag	0.0	tonn	47		0.0
Frostsikringslag	0.0	tonn	47		0.0
Filterlag	0.0	tonn	0.0		0.0
Underbygning					
Armering	0.0	tonn	0.0		0.0
Peiling	0.0	tonn	0.0		0.0
Skjæring					
Sprengstoff	0.0	kg	25.91		0.0
Sikring av bergskjæring	0.0	m ²	0.0		0.0
Fylling					
Massetilførsel	0.0	tonn	0.0		0.0
Hovedmengder Transport					
Massetransport					
Slitelag	0.0	tkm	5.1		0.0
Bindlag	0.0	tkm	5.1		0.0
Bærelag	0.0	tkm	5.1		0.0
Forsterkningslag	0.0	tkm	5.1		0.0
Frostsikring	0.0	tkm	5.1		0.0
Underbygning	0.0	tkm	0.34		0.0
Grøft	0.0	tkm	0.34		0.0
Skjæring	0.0	tkm	0.34		0.0
Fylling	0.0	tkm	0.34		0.0
Hovedmengder Maskiner					
Graving					
Overbygning	0.0	liter	3.31		0.0
Underbygning	0.0	liter	3.31		0.0
Grøft	0.0	liter	49		0.0
Vegdekke					
Asfaltering, slitelag	0.0	liter	49		0.0
Asfaltering, bindlag	0.0	liter	49		0.0
Asfaltering, bærelag	0.0	liter	49		0.0
Legging, forsterkningslag	0.0	liter	49		0.0
Legging, frostsikringslag	0.0	liter	49		0.0
Totalt energiforbruk					0.0

Figur 7.6 Illustrasjon av programmets meny for energiforbruk.

7.1.6 Kostnad

Menyen for kostnader er vist i Figur 7.7 og har et gjenkjennelig ikon i form av en pengeseddel. Dersom resultatmenyen for kostnader åpnes etter at mengde, transport og maskinberegningene er utført i kapittel 7.1.1-7.1.3, vil den røde kolonnen til venstre være ferdig utfylt med mengder (i angitt enhet) for hver kategori.

Kostnadscoeffisienten som inngår per enhet legges inn for hver kategori for å beregne kostnadene til alle kategoriene som inngår i programmet. Det er oppgitt generiske verdier for kostnadscoeffisientene i den røde kolonnen til høyre. Disse verdiene er fiktive. Dersom man får vite mer nøyaktig kostnadscoeffisient underveis i prosjektet, er det mulig å legge denne inn i den gule kolonnen.

Når de overstående operasjonene er utført, kan man trykke på knappen «Oppdater». Nå vil programmet beregne kostnaden (i millioner kroner) for hver kategori og summere totalen i bunnen av menyen. Resultatene er oppgitt i den grønne kolonnen til høyre. Programmet er laget slik at det først sjekker de gule feltene (prosjektert) for tallverdier. Dersom programmet ikke oppdager noe her, vil den automatisk bruke de generiske verdiene som er lagt inn.

Ved å trykke på knappen «Lagre» vil programmet lagre alle verdiene i modellen, slik at de kan bli funnet igjen under objektenes egenskapsmeny i Autodesk Civil 3D. Knappen «Forrige» lukker menyen for kostnader og åpner menyen for energiforbruket. Ved å trykke på krysset oppe i høyre hjørne i menybildet, lukkes menyen uten å lagre eller utføre noen operasjon.

Kategori	Mengde	Enhet	Koeffisient for kostnad generisk [kr/enhet]	Koeffisient for kostnad prosjektert [kr/enhet]	Kostnad [kr]
Hovedmengder veg					
Overbygning					
Slitelag	0.0	tonn	2000		0.0
Bindlag	0.0	tonn	2000		0.0
Bærelag	0.0	tonn	1000		0.0
Forsterkningslag	0.0	tonn	1000		0.0
Frostsikringslag	0.0	tonn	1000		0.0
Filterlag	0.0	tonn	0.0		0.0
Underbygning					
Armering	0.0	tonn	0.0		0.0
Peiling	0.0	tonn	0.0		0.0
Skjæring					
Sprengstoff	0.0	kg	40.00		0.0
Sikring av bergskjæring	0.0	m ²	0.0		0.0
Fylling					
Massetilførsel	0.0	tonn	0.0		0.0
Hovedmengder Transport					
Massetransport					
Slitelag	0.0	tkm	1		0.0
Bindlag	0.0	tkm	1		0.0
Bærelag	0.0	tkm	1		0.0
Forsterkningslag	0.0	tkm	1		0.0
Frostsikring	0.0	tkm	1		0.0
Underbygning	0.0	tkm	0.34		0.0
Grøft	0.0	tkm	0.34		0.0
Skjæring	0.0	tkm	0.34		0.0
Fylling	0.0	tkm	0.34		0.0
Hovedmengder Maskiner					
Graving					
Overbygning	0.0	liter	3.31		0.0
Underbygning	0.0	liter	3.31		0.0
Grøft	0.0	liter	12		0.0
Vegdekke					
Asfaltering, slitelag	0.0	liter	12		0.0
Asfaltering, bindlag	0.0	liter	12		0.0
Asfaltering, bærelag	0.0	liter	12		0.0
Legging, forsterkningslag	0.0	liter	12		0.0
Legging, frostsikringslag	0.0	liter	12		0.0
Totalt kostnad					0.0

Figur 7.7 Illustrasjon av programmets meny for kostnadsberegning.

7.2 Mengdeberegning fra Trimble Novapoint

Mengdeberegningene fra Trimble Novapoint blir beregnet fra 3D-modellen og eksportert til et Excel-ark for videre bearbeidelse. Denne funksjonen er inkludert i programvaren.

7.2.1 Case 1, Nørholm-Molland

Resultatene i Tabell 7.1 gir mengdeberegningen for overbygningen i veistrekningen på case 1, Nørholm-Molland i Grimstad kommune.

Overbygning	m ³
Slitelag	492
Bindlag	431
Bærelag	1656
Forsterkningslag	8803
Frostsikringslag	3290

Tabell 7.1 Mengdeberegning fra Trimble Novapoint, case 1.

7.2.2 Case 2, S03 E6 Arnkvern – Moelv

Resultatene i Tabell 7.2 gir mengdeberegningen for overbygningen i veistrekningen på case 2, S03 E6 Arnkvern-Moelv i Ringsaker kommune. Disse tallene er mottatt fra Sweco.

Overbygning	m ³
Slitelag	1366
Bindlag	1062
Bærelag	4697
Forsterkningslag	17151
Frostsikringslag	44547

Tabell 7.2 Mengdeberegning fra Trimble Novapoint, case 2.

7.3 Mengdeberegning fra Autodesk Civil 3D

Mengdeberegningene fra Autodesk Civil 3D blir beregnet ved hjelp av TIN-flater i 3D-modellen og er inkludert i utviklet programkode for videre bearbeidelse.

7.3.1 Case 1, Nørholm-Molland

Resultatene i Tabell 7.3 gir mengdeberegningen for overbygningen i veistrekningen på case 1, Nørholm-Molland i Grimstad kommune.

Overbygning	m ³
Slitelag	414
Bindlag	427
Bærelag	1597
Forsterkningslag	7974
Frostsikringslag	3225

Tabell 7.3 Mengdeberegning fra Autodesk Civil 3D, case 1.

7.3.2 Case 2, S03 E6 Arnkvern – Moelv

Resultatene i Tabell 7.4 gir mengdeberegningen for overbygningen i veistrekningen på case 2, S03 E6 Arnkvern-Moelv i Ringsaker kommune.

Overbygning	m ³
Slitelag	1024
Bindlag	1027
Bærelag	4617
Forsterkningslag	16436
Frostsikringslag	44228

Tabell 7.4 Mengdeberegning fra Autodesk Civil 3D, case 2.

7.4 Klimaregnskap

7.4.1 Case 1 ved bruk av SimaPro og Modell Kalkulator

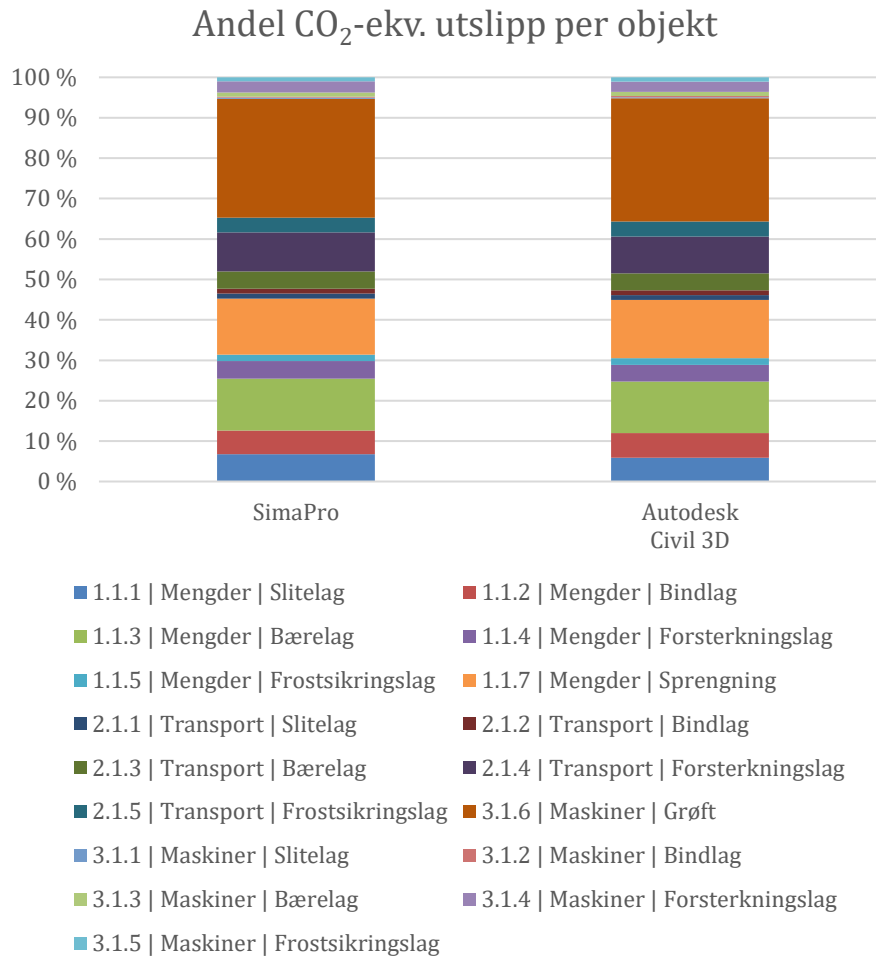
Klimaregnskapet for veistrekningen Nørholm – Molland i Grimstad kommune gir et samlet CO₂-ekv. utslipp på henholdsvis 1 067 tonn ved bruk av SimaPro og 1 027 tonn ved bruk av Modell Kalkulatoren. Tabell 7.5 viser bidraget fra hvert objekt og er basert på mengdeberegningene fra Trimble Novapoint og Autodesk Civil 3D. Det er tydelig at grøftegraving, asfaltering og sprengning er de kategoriene som bidrar mest med klimagassutslipp.

Kategori	tonn CO ₂ -ekv. utslipp med SimaPro	tonn CO ₂ -ekv. utslipp med Modell Kalkulator
1.1.1 Mengder Slitelag	71,96	60,5
1.1.2 Mengder Bindlag	63,03	62,43
1.1.3 Mengder Bærelag	136,32	131,49
1.1.4 Mengder Forsterkningslag	46,48	42,1
1.1.5 Mengder Frostsikringslag	17,37	17,03
1.1.7 Mengder Sprengning	147,08	147,98
2.1.1 Transport Slitelag	14,05	11,81
2.1.2 Transport Bindlag	12,31	12,19
2.1.3 Transport Bærelag	45,40	43,79
2.1.4 Transport Forsterkningslag	103,58	93,54
2.1.5 Transport Frostsikringslag	38,59	37,82
3.1.6 Maskiner Grøft	313,26	313,26
3.1.1 Maskiner Slitelag	3,26	2,74
3.1.2 Maskiner Bindlag	2,85	2,83
3.1.3 Maskiner Bærelag	10,96	10,57
3.1.4 Maskiner Forsterkningslag	29,14	26,39
3.1.5 Maskiner Frostsikringslag	10,89	10,67
Sum	1066,53	1027,14

Tabell 7.5 Tonn CO₂-ekvivalente utslipp.

7.4.2 Sammenligning av klimaregnskapene

Klimaregnskapene som er beregnet i SimaPro og Autodesk Civil 3D er vist i Figur 7.8. Figuren viser at det konvensjonelle klimaregnskapet som er utført i SimaPro med mengdedata fra Trimble Novapoint er tilnærmet likt klimaregnskapet som er beregnet i Autodesk Civil 3D med Modell Kalkulatoren. Det bør likevel nevnes at det er avvik i mengdeberegningen av massene som inngår i pilotprosjektet. Avvikene er omtalt i kapittel 7.5.



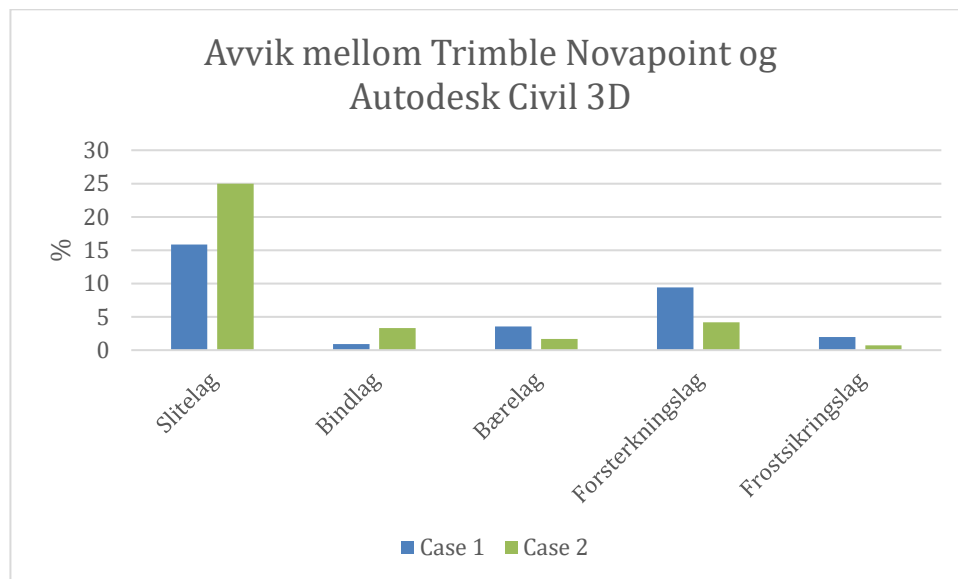
Figur 7.8 Andel CO₂-ekv. utslipp per objekt.

7.5 Avvik i resultatene

Avvik fra mengdeberegning og CO₂-utslipp er vist ved hjelp av stolpediagram for å vise likheter og ulikheter ved de to beregningsmetodene.

7.5.1 Mengdeberegning

Figur 7.9 viser prosentvise avvik for mengdeberegningen. For begge casene er det slitelaget som har størst avvik mellom Trimble Novapoint og Autodesk Civil 3D med henholdsvis 15,9% og 25,0% avvik for case 1 og 2. For begge casene viser prosjektert masseberegning i Trimble Novapoint større massemengder enn utviklet programkode i Autodesk Civil 3D.

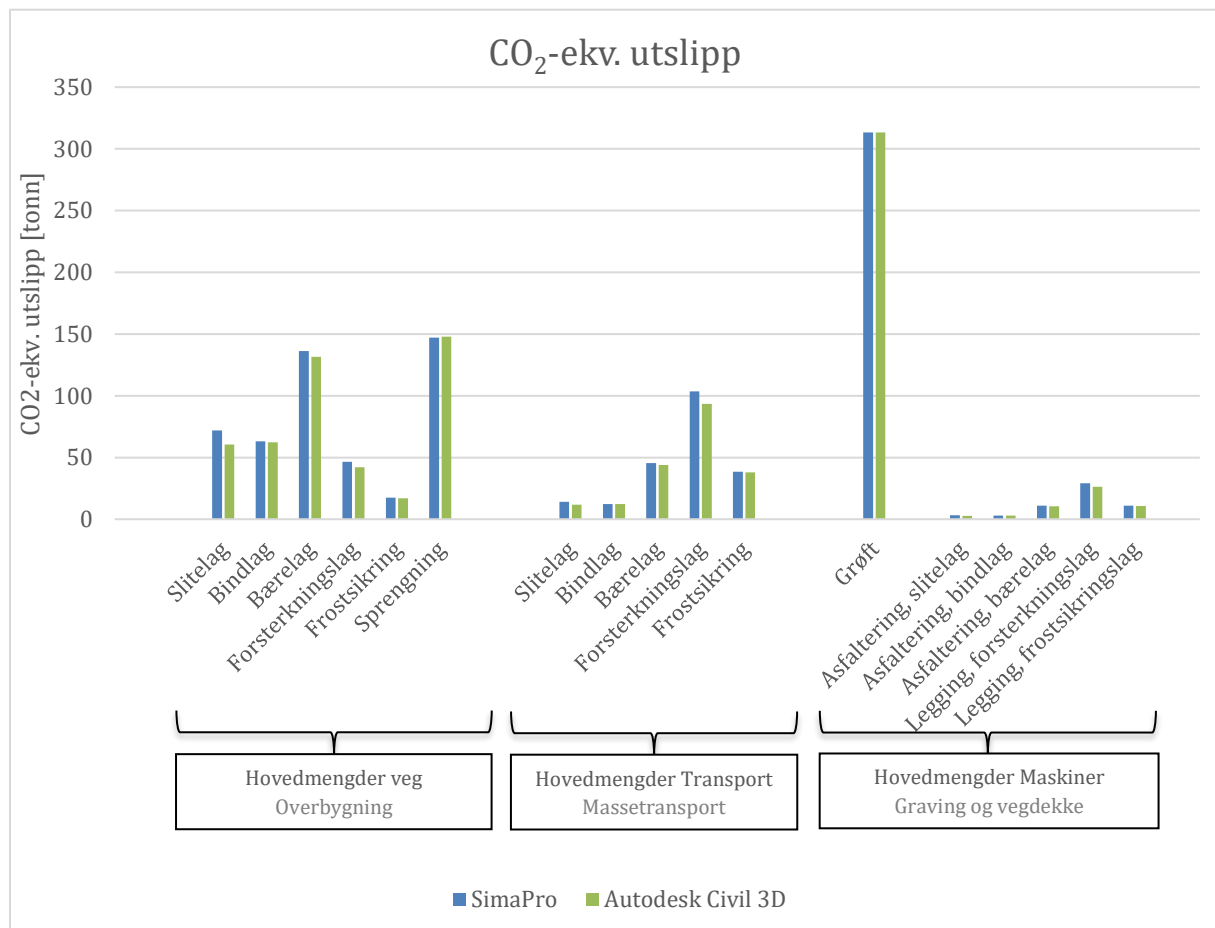


Figur 7.9 Stolpediagram for avvik i mengdeberegning.

7.5.2 Klimaberegninger

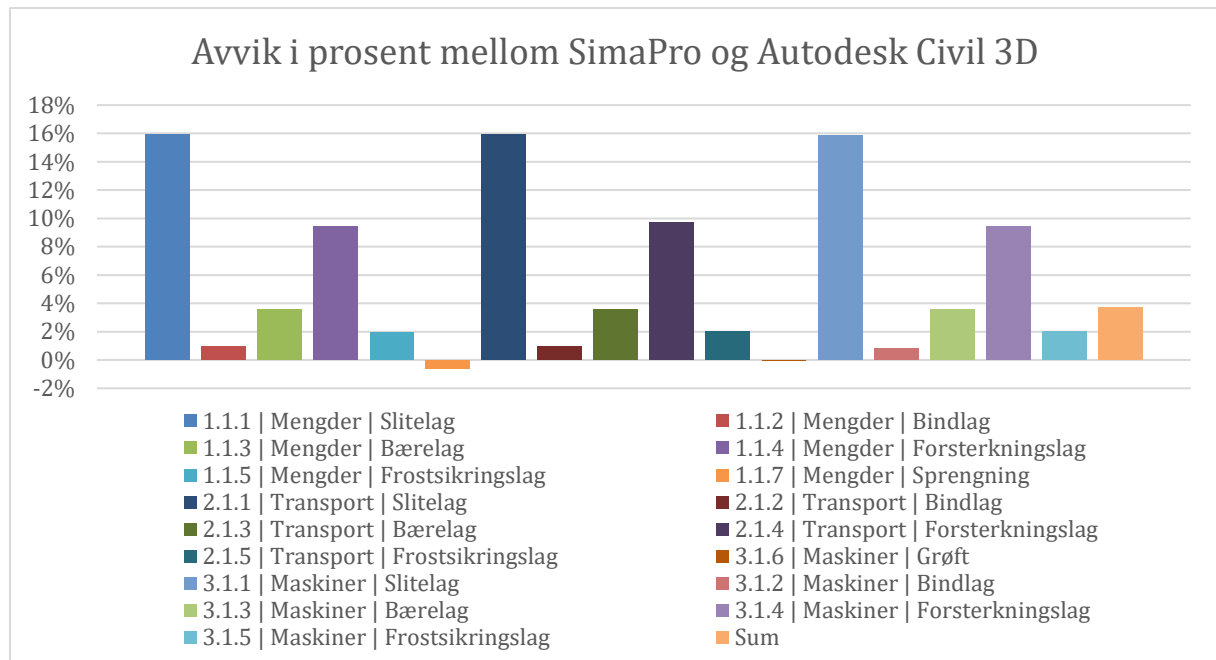
Figur 7.10 viser i hvilken grad de CO₂-ekvivalente utslippene varierer mellom objektene som er inkludert i case 1 for beregninger utført i SimaPro og Autodesk Civil 3D.

Grøft er det objektet som fører til størst klimapåvirkning. Datagrunnlaget i EFFEKT 6.6 inkluderer beregningene for graving av grøfteprofil, nedsetting av kummer, planering for rør i grøft og stikkrenner, omfylling og gjenfylling. Det er oppgitt at det kreves 1 maskintime per meter grøft [27, s. 114]. I tillegg oppgir Dokumentasjon av beregningsmoduler i EFFEKT 6.6 at det kreves 40 liter diesel per meter grøft i maskinarbeid.



Figur 7.10 Stolpediagram for avvik i CO₂-ekv. utslipp.

Ved å se på de prosentvise avvikene for objektene som er inkludert i case 1 (Figur 7.11) ser man at slitelaget har størst avvik i Autodesk Civil 3D mot beregningene i det konvensjonelle klimaregnskapet. Det er likevel interessant at det totale avviket ligger under 4%. Grunnen til at totalsummen blir så bra, er at klimautslippene for de objektene hvor avviket er størst ikke bidrar i vesentlig grad i klimaregnskapet.



Figur 7.11 Avvik i prosent mellom SimaPro og Autodesk Civil 3D for case 1.

8 Diskusjon

Forskere har i flere år jobbet med å utvikle modeller og metoder for å lage et verktøy som kombinerer klimaregnskap med vei-prosjekter. De fleste av disse verktøyene har fungert ved at klimaeksperter har utført klimaregnskapet basert på et ferdig prosjektert vei-prosjekt. Det er et ønske fra byggherrer å inkludere CO₂-regnskap i prosjekteringsverktøyet for å gi en bedre og raskere forståelse av hvor de forskjellige klimagassutslippene bidrar mest og hvor man bør iverksette tiltak (se vedlegg VI, Kap. 5.4).

I dette prosjektet er det demonstrert hvordan man kan jobbe tverrfaglig med vei-prosjektering, programmering, klimaregnskap, energiforbruk og kostnad på samme plattform. Figur 8.1 illustrer hvordan dette fungerer for hver kategori. Modellene er bygd opp på samme måte, hvor fellesnevneren er et vei-prosjekt og en programvare for å utføre prosjekteringen. Det som er forskjellig for hver modell er hvilke fagområder som er inkludert. På det første venndiagrammet bidrar klimaregnskapet med klimafaktorer som sammen med inngangsverdier fra vei-prosjektet og integrert programkode fører til at CO₂-utslippet fungerer som en BIM funksjon i programvaren (se Kapittel 3.3.1). Tilsvarende løsning gjelder også for energiforbruk og kostnad.



Figur 8.1 Venndiagram som viser regnskap for utslipp, energiforbruk og kostnad som BIM funksjon.

8.1 Klimaregnskap

Livsløpsanalyse av veikonstruksjoner blir stadig mer aktuelt i Norge. Nasjonal Transportplan angir at klimagassutslippene for bygging og drift av infrastruktur bør reduseres med henholdsvis 40% og 50% innen 2030 [1]. Både Nye Veier og Statens Vegvesen jobber med å innføre klimagassregnskap i sine prosjekter og behovet for å få en modellbasert løsning er stort.

8.1.1 Modell Kalkulator

Det finnes en rekke ulike metoder og programvarer for å beregne klimagassutslipp i veibyggingsprosjekter. Felles for mange av disse metodene er at de er utviklet og budsjettert i forskningssammenheng og ikke tatt i bruk av industrien i stor skala. Det er i tillegg vanskelig å oppdrive informasjon og lisenser for programvarene som er utviklet for beregning av klimagassutslipp. I Norge har Statens Vegvesen jobbet strategisk for å utvikle verktøy som inkluderer klimapåvirkningene for hele livssyklusen i et vei-prosjekt. NIRAS, et rådgivende firma, utarbeider klimagassregnskap på oppdrag fra Nye Veier og bruker databasen Ecoinvent 3, Statens Vegvesen Metoderapport 2009 og NIRAS sine egne erfaringstall. Utfordringen med disse metodene er at de

utføres på utsiden av modellen ved hjelp av regneark. Dette fører til at en itereringsprosess i prosjekteringsfasen blir tidskrevende, da hele tallgrunnlaget må kontrolleres og kalkuleres på nytt. Ved å innføre LCA metodikken i prosjekteringsverktøyet, er muligheten tilstede for å ha et bevisst forhold til klimagassregnskapet allerede fra første utkast av prosjektet. Modell Kalkulatoren, som er utviklet i dette masterprosjektet, tilfører prosjekteringsverktøyet Autodesk Civil 3D denne muligheten. Det er vist i denne masteroppgaven at det er mulig å få gode resultater som er likeverdige med dagens praksis for beregning av klimagassutslipp. I tillegg, er det i denne oppgaven vist at Modell Kalkulatoren kan benyttes til flere fagområder enn kun LCA. Det er vist hvordan Modell Kalkulatoren kan bli brukt til beregning av energiforbruk og utføre kostnadsestimater. Forfatterne av dette masterprosjektet er ikke kjent med at liknende løsning er utviklet tidligere. Det vil i fremtidig arbeid være mulig å legge til ytterlige fagområder i Modell Kalkulatoren. Dette vil kunne redusere bruken av separate programvarer i hvert fagområde, samtidig som effektiviteten og nøyaktigheten i beregningene som utføres kan bli bedre.

8.1.2 Database

Forskeren Karlsson m.fl. har sett på muligheten for å inkludere LCA-analysen i et GIS-verktøy. Resultatene er positive i den forstand at man kan planlegge en klimavennlig veitrasé allerede i startfasen på et prosjekt [59]. Utfordringen med denne løsningen er det mangler informasjon om hvilke materialer og maskiner som blir brukt for å bygge og drifte veien. I tillegg tar GIS kun for seg topografien og veiplanlegging på et tidlig stadium. Det er nødvendig å utvide prosessen for å se en mer helhetlig livssyklus på veien. En mulig løsning er, som vist i dette masterprosjektet, å inkludere LCA-analysen i prosjekteringsverktøyet hvor veien blir prosjektert. Ved en slik løsning vil man under hele prosjekteringsfasen ha en formening om hvordan valgene man tar påvirker klimaregnskapet. Det er konsekvent brukt tall fra Statens Vegvesens EFFEKT 6.6 som tallgrunnlag til Modell Kalkulatoren. Dette er utført med bakgrunn i funn fra litteraturstudien (se kapittel 3.2.2). Det ble i dette prosjektet sett på primært tre mulige databaser for klimaberegningene, basert på funnene i forprosjektet (se vedlegg VI, kapittel 3.5). Dette var Ecoinvent, EPD og EFFEKT 6.6. Det viste seg tidlig at det var krevende å få gode tall som representerer norske forhold ved bruk av databasen til Ecoinvent. Et annet argument for å ikke bruke Ecoinvent i Modell Kalkulatoren, er at resultatet ville være unikt og det ville vært krevende å sammenligne resultatet med alternative LCA-metoder. EPD kunne vært ideelt å bruke som database i Modell Kalkulatoren da disse baserer seg på spesifikke produkter med gitte betingelser. Den største utfordringen med EPDer, i skrivende stund, er at utvalget av EPDer til veisektoren er snevert. Bruk av EPD vil også begrense studien til bruk av spesifikke produkter, noe som vil være en utfordring for entreprenører, siden dagens maskinpark er stor og omfattende. Tallene for klimaberegning som er brukt i Statens Vegvesens EFFEKT 6.6 skiller seg fra de andre to alternativene ved at de er tilpasset norske forhold og omfatter et rikt utvalg av utslippskoeffisienter for veisektoren. Det vil også være riktig å bruke tall fra EFFEKT 6.6 for å unngå at LCA-beregningene i Modell Kalkulatoren utføres på egne premisser, slik at en sammenligningsstudie mot andre løsninger ikke vil være mulig. Datagrunnlaget vil dermed være basert på generiske verdier som ikke nødvendigvis vil være lik det som prosjekteres. Ved å benytte seg av slike «usikre» inngangsverdier, vil man automatisk få «usikre» utgangsverdier i resultatene. Det mest optimale, og utgangspunktet for denne masteroppgaven, ville vært å bruke prosjektspesifikke verdier for alle produktene som inngår i prosjektet. Dette kunne vært utført dersom entreprenører og leverandører av produktene hadde komplette EPDer for hvert enkelt

element. Dersom disse tallene på et tidspunkt blir tilgjengelige, er det programmert en kolonne i Modell Kalkulatoren hvor man kan legge inn prosjektspesifikke tall. Dette vil gi det mest riktige resultatet, men for å få dette til for alle objektene i et prosjekt, bør man se på løsninger for at entreprenøren kan presentere klimaregnskap for maskinparken som benyttes i prosjektene. Ved å tilføre disse dataene til Modell Kalkulatoren, vil neste steg være å se på muligheten for å inkludere ytterligere faser i tillegg til planlegging og bygging.

8.1.3 Livsløpet til veien

Forskeren O'Born m.fl. har sett på klimagassutslippene for bygging, drift og vedlikehold av to veialternativ som krysser Oslofjorden. Begge alternativene viser at det er trafikken på veien som bidrar mest til klimagassutslipp når livsløpet settes i et systemperspektiv [65, Fig. 4]. Utslippene vil avhenge av flere faktorer som lengde på veien, ÅDT og kompleksitet som for eksempel bruer, tunneler og ferger [65, s. 459]. I tillegg, vil regnskapet være avhengig av teknologiutviklingen i transportsektoren. Tall fra Statistisk sentralbyrå viser at det har vært en betydelig økning av klimagassutslipp fra veitrafikken siden 1990 og frem til i dag. Likevel har utslippene per personkilometer og tonnkilometer gått ned, på grunn av at teknologien i transportsektoren er blitt mer klimavennlig de siste årene [103]. Dette indikerer at kjøretøyene blir mer klimavennlige, men at trafikkmengden likevel bidrar med den største andelen av klimagassutslipp. I masterprosjektet er det kun fokusert på utslipp ved planleggings- og byggefasen av veien. Ved å gjøre dette, blir den potensielt største utslippskilden ikke tatt hensyn til av Modell Kalkulatoren. Dette kan føre til feil beslutningsgrunnlag for de mest klimavennlige tiltakene for hele livsløpet til veien. Modell Kalkulatoren bør dermed sees på som en del av en helhetlig løsning og noe som kan være med å bidra til utvikling av bedre digitale verktøy i fremtiden.

8.1.4 Prosjektspesifikke data

Jan Krantz har i sin lisensavhandling [66] vist metoder for å skape dynamikk og prosjektspesifikke resultater fra LCA-beregninger i kombinasjon med veibyggingsprosjekter. Han fokuserer på fasene fra planlegging og frem til veien er ferdig bygd og endringsdynamikken som oppstår i byggefasen. I sitt arbeid, anvender Krantz m.fl. Autodesk Revit i kombinasjon med et diskret hendelsessimuleringsprogram for å beregne prosjektspesifikke utslipp [104, s. 1162]. Det kommer frem at den prosjektspesifikke dataen, benyttet i studien, gjelder modellkarakteristiske mengdetall. Disse mengdene blir deretter ganget sammen med generiske utslippstall fra databaser [104]. Dette er i samsvar med hvordan Modell Kalkulatoren gjennomfører klimaberegningene i dette masterprosjektet. Det er viktig å påpeke at for å få en komplett klimaberegning, må man også ta i betraktning prosjektspesifikke utslippstall. Slike verdier vil da ikke kunne bli hentet fra generiske databaser, men må kunne dokumenteres.

8.1.5 Oppsummering

Modell Kalkulatoren benytter generiske tall fra EFFEKT 6.6, men gir mulighet for å legge inn egne prosjektspesifikke verdier dersom disse er tilgjengelig. Fordelene med å anvende EFFEKT 6.6 er at tallgrunnlaget baserer seg på norske forhold og brukes i bransjen. Modell Kalkulatoren beregner utslippsverdier fra vugge til port, mens forskning viser at drift og vedlikeholdsfasene av veien også bør inkluderes i livsløpet.

8.2 Utvikling av Modell Kalkulator

Tidlig i masteroppgaven ble det undersøkt hvilke programmer som kunne anvendes i prosjektet. Det ble avholdt en rekke møter med ledelsen i Trimble Novapoint for å avklare API-rettigheter og hvordan disse eventuelt kunne benyttes i denne oppgaven (se vedlegg II, punkt 34-36, 43-48 og 70). I tillegg ble det undersøkt hvordan muligheten for å utvikle en programkode i Autodeskmiljøet lot seg gjennomføre. Etter å ha fått en innsikt i begge alternativene ble det bestemt å benytte Autodesk sin plattform med programvaren Autodesk Civil 3D i kombinasjon med Microsofts Visual Studio. Hovedårsaken til at valget falt på Autodesk Civil 3D er at tilgangen på APIer og kodespråk ble ansett å være enklere med Autodeskmiljøet. Det ble også avdekket i litteratursøket at bygningsindustrien har tatt i bruk Autodeskprogrammer i kombinasjon med LCA [57].

Innenfor veisektoren viser tidligere forskning utført av Karlsson m.fl. at det er utviklet en metode for å kombinere GIS-data og LCA-analyser. Ved å utføre denne prosessen får man tidlig i prosjektstadiet en bevisstgjøring på hvor traséen bør ligge basert på grunnforholdene [59]. Forskningsartikkelen drøfter i videre arbeid muligheten for å inkludere de forskjellige lagene som befinner seg i overbygningen, samt andre faktorer som kostnadsberegning. Ved gjennomgang av klimaverktøy for veibygging (se kapittel 3.2.1) er det avdekket flere svakheter med tidligere løsninger. Disse er blant annet utdaterte klimaregnskapstall og mye manuell inntasting av mengdedata. Noen verktøy er dessuten såpass kompliserte å bruke at det er vanskelig å beregne klimaestimer raskt. Det vil dermed være utfordrende å inkludere klimaberegninger i veiprosjekteringen.

Modell Kalkulatoren er laget med en intensjon om å være brukervennlig, nøyaktig og lett å implementere i eksisterende arbeidsflyt. For å ivareta brukervennligheten er Modell Kalkulatoren inkludert som en egen fane i Autodesk Civil 3D. I denne fanen er funksjoner for datainput og resultatberegninger vist med beskrivende tekst og ikoner. Det er benyttet lik fargebakgrunn på menyvinduerne i Modell Kalkulatoren som i Autodesk Civil 3D for at brukeren skal ha en helhetlig opplevelse av prosjekteringsverktøyet. I tillegg vil den konsekvente bruken av fargemarkering fungere som en veileder for brukeren.

8.2.1 Mengde

Mengdeberegningen i Modell Kalkulatoren er laget slik at den automatisk beregner mengdene av overbygningen i veitraséen. Det er også lagt inn mulighet for å overskrive denne verdien manuelt dersom det skal være behov for det. Dette baserer seg på metodikken i EFFEKT 6.6 hvor man har mulighet til å gjøre manuelle endringer. Unntaket, i Modell Kalkulatoren, er at mengdeverdiene blir automatisk beregnet fra 3D-modellen. I EFFEKT 6.6 er inndata basert på massemengder fra ÅDT [27, s. 102] og eksternt fra ANSLAG [27, s. 124].

Det har vist seg å være utfordrende å beregne volum av TIN-flatene i Autodesk Civil 3D med Modell kalkulatoren (se vedlegg V, s. 18 i Kommandoer.cs). En annen løsning for å beregne volum kan være å lese koordinater direkte fra landXML-fila. En slik løsning finnes ikke etter forfatterens oppfatning i dag, men kan gi positive resultater ved nærmere undersøkelser, da man blir uavhengig av lisensiert programvare som Autodesk Civil 3D.

Modell Kalkulatoren beregner sprengning og grøfter i tillegg til overbygningen som ble presentert i kapittel 3.1. Verdien for sprengning og grøfter må legges inn basert på eksternt inndata. Dette er blant annet på grunn av tidsaspektet til denne oppgaven, samtidig som at man mister informasjon om

terrenggrunnet når veitraséen blir eksportert som landXML-fil. Doktorgradsavhandlingen til Miliutenko viser noen interessante funn for prosjektert masseberegning og reelle tall fra byggeplass. Avhandlingen påpeker at masseberegningen fra Trimble Novapoint gir høyere resultater enn reelle tall for skjæring, fylling og sprengning med henholdsvis 16%, 17% og 38%. Til sammenligning gav GIS metoden tilsvarende avvik på - 61%, - 10% og 44% [62, s. 28–29]. Siden dette tallgrunnet kun baserer seg på ett forsøk, er det vanskelig å trekke noen konklusjon på hvorfor avvikene er så store. Miliutenko beskriver i sin doktorgradsavhandling at det bør gjennomføres flere studier for å sammenligne prosjektert og utført arbeid. Ved å få bedre oversikt over avvikene mellom prosjektert og reell mengde vil man kunne utarbeide statistikker som gir en bedre forståelse av hvor den prosjekterte modellen regner feil. Grunnen til at det er viktig å få den prosjekterte modellen så lik de reelle tallene som mulig, er at avvikene gir følgefeil videre i Modell Kalkulatoren når massemengdene inkluderes med koeffisienter og faktorer. Ved å utarbeide bedre kvalitet på terrengmodell og hvilke geometrier som inkluderes i volumberegningen av objektene langs veien, vil Modell Kalkulatoren kunne bidra til å lage en mer klimavennlig vei og gi bedre datagrunnlag til en anbudskonkurranse.

Modell Kalkulatoren gir oversiktlig fremvisning av alle verdiene som brukes for å gi sluttresultatet. Dette gjør at en eventuell feilsøking, eller diskusjon rundt resultatene blir enkelt å få til. I mengdemenyen går beregnet mengde fra kubikk (m^3) til vekt (tonn). Menyen viser alle stegene i denne prosessen, i tillegg til at det er mulig å gjøre endringer og gi kommentarer dersom det skal være behov for det. Det vil også være mulig å legge til en kolonne for «reell mengde» etter at prosjektet er ferdig bygget. Dette ville over tid gi god statistikk på ulikhetene mellom modell og virkelighet som kan føre til at eventuelle feil i modellen rettes opp.

8.2.2 Transport

Transportmenyen i Modell Kalkulatoren er bygd opp på samme måte som mengdemenyen og baserer seg på generiske tall fra EFFEKT 6.6. Dette gjør det enkelt for brukeren å bruke menyen, samtidig som at muligheten for å legge inn prosjektspesifikke verdier er tilstede. Programmet henter verdier for vekt (i tonn) fra mengdemenyen og multipliserer disse med avstander (i kilometer) slik at resultatet fra transportmenyen blir tonnkilometer.

Det kan være komplisert og vanskelig å vite hvilke avstander som skal inkluderes i prosjektet. Ved å inkludere løsninger som baserer seg på fremgangsmetoden til Loop Rocks [64] og Tippnett [63] vil man kunne skrive inn koordinater eller velge plassering på et kart for å indikere hvor massene skal transporteres til eller fra. Dette fører til at man får nøyaktige transportavstander, samtidig som det åpner for bruk av overskuddsmasser fra prosjekter i nærheten [63], [64]. Dette er en løsning som hadde vært interessant å inkludere i programkoden for å øke nøyaktigheten på transportavstanden, samtidig som det fører til mer klimavennlig vei ved at overskuddsmasser fra nærliggende prosjekt blir benyttet.

Modell Kalkulatoren tar ikke hensyn til eksisterende terrenggrunnlag. Dette medfører at alle masser som er inkludert i prosjektet blir hentet fra nærliggende pukkverk, samtidig som eksisterende masser ikke blir tatt hensyn til. Dette er en konsekvens av at tidsaspektet på dette masterprosjektet ikke strekker til, men bør inkluderes ved videre arbeid.

8.2.3 Maskiner

Maskinmenyen i Modell Kalkulatoren er bygd opp på samme måte som mengdemenyen og baserer seg på generiske tall fra EFFEKT 6.6. Dette gjør det enkelt for brukeren å bruke menyen, samtidig som at muligheten for å legge inn prosjektspesifikke verdier er tilstede. Programmet henter verdier for mengder (i varierte enheter) fra mengdemenyen og multipliserer disse med dieselforbruk (i liter/enhet) slik at resultatet fra transportmenyen blir liter.

Det er utfordrende for en bruker å ha god oversikt over hvilke maskiner som er inkludert i de forskjellige kategoriene. Fra EFFEKT 6.6 er det for eksempel angitt at kategorien asfalt for anleggsmaskiner dekker legging og kompaktering, men sier ikke noe om hvilke maskiner som inngår. For å finne ut av hva som inngår i datagrunnlaget må man se i referanselista til «Dokumentasjon av beregningsmoduler i EFFEKT 6.6». Her står det blant annet at Vegdirektoratets «Metode for beregning av energiforbruk og klimagassutslipp for vegprosjekter» er brukt som datagrunnlag [27, s. 100]. I dette dokumentet er det forklart hvordan prosessene er beregnet og tilpasset norske forhold.

8.2.4 CO₂-ekvivalente utslipp

Menyen for CO₂-ekvivalente utslipp i Modell Kalkulatoren er bygd opp på samme måte som mengdemenyen og baserer seg på generiske tall fra EFFEKT 6.6. Dette gjør det enkelt for brukeren å bruke menyen, samtidig som at muligheten for å legge inn prosjektspesifikke verdier er tilstede. Programmet henter verdier fra menyene for mengde, transport og maskiner (i varierte enheter) og multipliserer disse med klimagassutslipp (i kg/enhet) slik at resultatet fra menyen blir CO₂-ekvivalente utslipp i tonn.

Datagrunnlaget i EFFEKT 6.6 er videreutviklet fra EFFEKT 6.4 [27, s. 100] som igjen blant annet er utarbeidet i SimaPro ved hjelp av prosesser fra Ecoinvent som er tilpasset norske forhold [28]. Dette gir en god tillitt til datagrunnlaget som er utarbeidet. Det er likevel kun generiske verdier hvor valg av maskinpark eller materialer ikke vil ha noen innvirkning. Ved å bruke prosjektbasert EPD for alle kategoriene som inngår i prosjektet vil resultatet bli mer nøyaktig. Utfordringen med bruk av EPD for vei-prosjekter er at grunnlaget er veldig mangelfullt. Ved å stille krav eller gi fordeler til de leverandørene som kan utgi EPD på sitt produkt til byggherre, kan nøyaktigheten i klimaregnskapet og viljen til å skape et mer klimavennlig produkt økes.

8.2.5 Energiforbruk

Menyen for energiforbruk i Modell Kalkulatoren er bygd opp på samme måte som mengdemenyen og baserer seg på generiske tall fra EFFEKT 6.6. Dette gjør det enkelt for brukeren å bruke menyen, samtidig som at muligheten for å legge inn prosjektspesifikke verdier er tilstede. Programmet henter verdier fra menyene for mengde, transport og maskiner (i varierte enheter) og multipliserer disse med energiforbruk (i MJ/enhet) slik at resultatet fra menyen blir MJ.

Denne menyen viser at ved å benytte fremgangsmetoden beskrevet i den CO₂-ekvivalente utslippsmenyen, kan man lage funksjon for beregning av energiforbruk ved å erstatte relevante koeffisienter. Beregning av energiforbruk er ikke en del av forskningsspørsmålet stilt i denne masteroppgaven, men er likevel inkludert i Modell Kalkulatoren for å vise potensialet til verktøyet.

8.2.6 Kostnad

Menyen for kostnad i Modell Kalkulatoren er bygd opp på samme måte som mengdemenyen og baserer seg i skrivende stund på fiktive³ kostnadsverdier. Dette gjør det enkelt for brukeren å bruke menyen, samtidig som at muligheten for å legge inn prosjektspesifikke verdier er tilstede. Programmet henter verdier fra menyene for mengde, transport og maskiner (i varierte enheter) og multipliserer disse med kostnaden (i kroner/enhet) slik at resultatet fra menyen blir oppgitt i millioner kroner.

Denne menyen viser at ved å benytte fremgangsmetoden beskrevet i den CO₂-ekvivalente utslippsmenyen, kan man lage funksjon for beregning av kostnader ved å erstatte relevante koeffisienter. Beregning av kostnader er ikke en del av forskningsspørsmålet stilt i denne masteroppgaven, men er likevel inkludert i Modell Kalkulatoren for å vise potensialet til verktøyet.

8.2.7 Oppsummering

Modell Kalkulatoren er utviklet som en tilleggsfunksjon til Autodesk Civil 3D, hvor veistrekningene i casearbeidet er prosjektert i Trimble Novapoint. Utviklet program skal være brukervennlig og benytte relevant grunnlagsdata fra EFFEKT 6.6, med mulighet for å legge inn prosjektspesifikke verdier. Modell Kalkulatoren består av menyene Mengde, Transport, Maskiner, CO₂-ekvivalente utslipp, Energiforbruk og Kostnad.

8.3 Programmeringsspråk

Gjennom prosjektets gang, har flere alternativer for programmeringsspråk blitt vurdert. Dette har i denne masteroppgaven vært Matlab, Python, AutoLISP og C# i kombinasjon med .NET-rammeverk. Fordelene og manglene ved disse blir diskutert i dette kapitlet for å begrunne hvorfor valget falt på C# til slutt.

8.3.1 Matlab

Det er mange fordeler å hente ved å programmere Modell Kalkulatoren i matlab. Enkelt kodespråk syntaks, gode verktøy for feilsøking, full oversikt over variable verdier etter at koden har kjørt og tilgang til å lage grafiske verktøy (se kapittel 3.5.1). Disse fordelene passer godt til behovene i denne oppgaven, samt at forfatterne har kjennskap og erfaring med utvikling av lignende prosjekter fra arbeidslivet. Matlab ville dermed gjøre det enklere å estimere tidsbruken, og å skape oversikt over utfordringer programmeringen kunne by på. Fritt tilgjengelig dokumentasjon kan gi løsninger på mange av disse utfordringene. Gitt de nevnte fordelene, virker matlab å være en god løsning for programmering av Modell Kalkulatoren. Etter nærmere undersøkelser, ble det avslørt ulemper for å utvikle Modell Kalkulatoren. Matlab er et «tolket språk» (interpreted language), og kan dermed kjøre tregere enn språk som krever forhåndskompilering til maskinkode. Moderne versjoner av matlab unngår dette ved å kompilere deler av koden ved hjelp av JIT-teknikker (Just-In-Time compiler), men man vil likevel kunne oppleve tregheter etterhvert som programmet får flere funksjoner (se kapittel 3.5.5). Programmeringen i matlab kan med andre ord være vanskelig å skalere og vedlikeholde i takt

³ Det er i dette masterprosjektet lagt inn fiktive kostnader for å demonstrere at det er mulighet for å lage et kostnadsestimat allerede i prosjekteringsverktøyet.

med hvor komplisert sluttproduktet kan ende opp med å bli. Største utfordringen i denne sammenhengen vil være å kjøre Modell Kalkulatoren fra Autodesk Civil 3D, da forfatterne ikke kjenner til enkle løsninger for å koble Autodesk programvaren med Matlab. En annen utfordring med utvikling av kode i matlab er lisensutgifter. Dersom en bedrift ikke anvender matlab i sitt prosjektarbeid i dag, kan det være vanskelig å forsvare innkjøp av lisens til Matlab kun for Modell Kalkulatoren.

8.3.2 Python

Et annet alternativ til programmeringsspråk for Modell Kalkulatoren kan være Python. Python er et meget populært programmeringsspråk da det er svært anvendelig og lett å lære. Det finnes dessuten en mengde tilleggsfunksjoner, som grafisk grensesnitt, som kan lastes ned (se kapittel 3.5.2). Python har ingen lisensutgifter, det er lett å finne dokumentasjon og forslag til løsninger knyttet til programmeringen av Modell Kalkulatoren. Disse er blant annet innlesing av regneark, som var en del av koden i nivå 2 og 3 slik dem er omtalt i kapitlene 6.1.2 og 6.1.3. Kulahcioglu m.fl. har i sitt forskningsarbeid benyttet Python for implementering av LCA i BIM ved hjelp av Revit og Blender (se kapittel 3.4.2). I tidlig utviklingsfase, ble Modell Kalkulatoren utviklet i Python og vist frem for veiledere. Under denne perioden, ble det avdekket flere svakheter ved anvendelse av Python, blant annet utfordringer med å integrere koden tett inn i Autodesk Civil 3D. Etter å ha gjennomgått dokumentasjonen, kom det frem at det er mulig å koble Python inn via COM API, men det var utfordrende å finne konkret dokumentasjon med gode eksempler.

8.3.3 AutoLISP

Mulighetene for bruken av AutoLISP har også vært undersøkt parallelt med matlab og Python. Etter å ha gjort seg kjent med deler av dokumentasjonen av AutoLISP [79] og forsøk på å lage enkle funksjoner, ble det raskt konkludert at AutoLISP var utfordrende å bruke for nybegynnere. Dette kan nok skyldes at det er et eldre programmeringsspråk, med syntaks som er noe ulik moderne ekvivalenter. Autodesk fremhever dessuten at hovedpoenget til AutoLISP er automatisering av mindre oppgaver. Modell Kalkulatoren ville dermed ha blitt begrenset til å kun være et skript og kan dermed ikke fremstå som like brukervennlig, med mangel på grafisk menylinje, knapper og ekstra menyer. Bruken av AutoLISP krever dessuten at brukeren betaler for en ekstra lisens, noe som gjør det til et enda mindre attraktivt valg.

8.3.4 C# og .NET rammeverk

Etter hvert som gruppen har gjort seg kjent med Autodesk Civil 3D, dens dokumentasjon og API dokumentasjonen falt valget på å bruke C#. Dette er et godt etablert, modent og moderne programmeringsspråk, hvor hensikten er å gjøre programmeringen enklere enn i C og C++. Likevel, så hadde ikke rapportforfatterne noe kjennskap til utviklingen i C# fra tidligere og det var stor usikkerhet rundt utfordringene ved å lære seg en ny arbeidsflyt og syntaks samtidig som man utviklet Modell Kalkulatoren. Tidligere erfaring med Matlab, Python og en rekke andre språk som bash, perl og javascript var en klar fordel under læreprosessen. C# sin hovedfordel kommer av at Autodesk har gode kanaler for support og støtte av utviklingen mot deres .NET API. En solid brukerbase ga dessuten tilgang til løsninger på de fleste utfordringene en kunne støtte på under utviklingen. C# åpnet også opp for muligheten for å gi brukeren tilgang til en komplett, grafisk meny, med mange muligheter for å skreddersy en tilpasset løsning som er i harmoni med Autodesk Civil 3D sitt design. Etter å ha gjort

seg fortrolig med Autodesk's anbefalinger i API dokumentasjonen, kom det frem at C# var det foretrukne programmeringsspråket for Modell Kalkulatoren.

8.3.5 Oppsummering

Programmeringsspråkene som ble undersøkt i denne masteroppgaven var Matlab, Python, AutoLISP og C#. Etter å ha testet et utvalg av programmeringsspråkene, studert tidligere bruksområder og brukergrensesnitt, ble Modell Kalkulatoren til slutt skrevet i C# med .NET-rammeverket.

9 Konklusjon

Denne masteroppgaven har sett på hvordan man kan kombinere eksisterende løsninger for veiprosjektering, programmering og LCA til å utvikle et verktøy som beregner klimagassutslipp i en 3D-modell. For å løse denne oppgaven er Autodesk Civil 3D brukt som veiprosjekteringsverktøy, C# og .NET er brukt som programmeringsspråk i Visual Studio og EFFEKT 6.6 er brukt for grunnlagsdata i beregningene. Forskningsspørsmålet, som ble introdusert i kapittel 4, er gjengitt i dette kapittelet med fet kursiv skrift og besvart i de neste avsnittene.

Hvordan kan informasjon fra 3D-modellen og beregning av klimagassutslipp kombineres for å prosjektere en mer klimavennlig vei?

Ved hjelp av programmeringsprogrammet Visual Studio og programmeringsspråket C# og .NET kan man lage tilleggsfunksjoner i Autodesk Civil 3D som bruker prosjektert datagrunnlag fra 3D-modellen og multipliserer dette med klimafaktorer fra EFFEKT 6.6 eller prosjektspesifikke faktorer. Resultatet er en Modell Kalkulator som gir klimapåvirkninger for hver prosess i både tallform og visuelt ved hjelp av fargeplot.

a) Hvilken informasjon kan brukes fra 3D-modellen?

Fra 3D-modellen brukes overflatearealer (TIN surfaces) og navnene på objektene for å generere volum og å skape en forbindelse til objektene for videre bearbeidelse.

b) Hvordan inkludere forflytning av materialer i beregningene?

Forflytning av materialer inkluderes ved hjelp av tilpassede menyer for transport av masser og anleggsmaskiner. Det er lagt inn et generisk datagrunnlag fra EFFEKT 6.6, samtidig som det er mulighet for å legge i prosjektspesifikke verdier.

c) Hvilke utslippsfaktorer bør benyttes for beregning av klimagassutslipp?

EFFEKT 6.6 bør benyttes som datagrunnlag for utslippsfaktorene ved beregning av klimagassutslipp. Dette er fordi databasen i EFFEKT 6.6 er tilpasset norske forhold og metodikken bak klimaregnskapet blir benyttet av både byggherrer og rådgivende aktører. Det er i tillegg mulighet for å legge inn prosjektspesifikke utslippsfaktorer i prosjekteringsverktøyet, dersom disse er tilgjengelige.

10 Anbefalinger

Modell Kalkulatoren som er utviklet i dette masterprosjektet har vist ved hjelp av casearbeid at den er i stand til å beregne klimagassutslipp, energiforbruk og kostnad ved hjelp av noen få tastetrykk i Autodesk Civil 3D. Selv om Modell Kalkulatoren utfører disse funksjonene, er det ønskelig at flere elementer som ligger i 3D-modellen skal bli inkludert i Modell Kalkulatoren. Dette kan for eksempel være sprenging, grøftelengder, lyktestolper, rekkverk, broer og tunneler. I tillegg bør FDV og tilbakeføring inkluderes for å skape en mer helhetlig livsløpsanalyse av veistrukturen som prosjekteres.

Det bør utvikles et standardisert kodespråk for å navngi elementer i 3D-modellen. Dette bør gjøres for å unngå feil og mangler når navnene brukes videre i utviklingssammenheng. I dette prosjektet ble det for eksempel en utfordring med at case 1 kalte høyre kjørefelt for «VEI 1_ 1.1- H. Kjørefelt», mens case 2 kalte tilsvarende kjørefelt for «3 D_D_overflate_kjørefelt».

Programkoden til dette prosjektet er laget til Autodeskmiljøet basert på en veistrekning laget i Trimble Novapoint. Videre arbeid bør se på muligheten for å konvertere Modell Kalkulatoren til å fungere for veistrekninger modellert i Autodesk Civil 3D.

Dette masterprosjektet har sett på beregninger av CO₂-ekvivalente utslipp, energiforbruk og kostnad. Videre arbeid bør se på muligheten for å legge inn miljøutslipp som blant annet partikkelforurensning, forsuring av vann og arealforbruk for å ta hensyn til lokale miljøpåvirkninger. I tillegg, bør det stilles krav til entreprenøren om å levere relevant dokumentasjon og EPD for materialer og maskinparken som benyttes. Dette vil kunne gi et mer nøyaktig klimaregnskap, ettersom man har tilgang på prosjektspesifikk data.

For å utnytte muligheten av å ha kostnad og klimagassutslipp i samme modell, bør det utvikles et system for å vekte resultatene. Ved å gjøre dette, vil man kunne prosjektere en vei hvor sammensetningen av kostnad og klimagassutslipp er tatt hensyn til. Dette gjør også at man stiller sterkt i anbudskonkurranser hvor pris og klimagassutslipp er kriterier man må ta hensyn til.

11 Referanser

- [1] N. Transportplan, «Nasjonale transportplaner», 2017. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.ntp.dep.no/Nasjonale+transportplaner/2018-2029>. [Åpnet: 03-okt-2017].
- [2] Miljødirektoratet, «Klimagasser | Miljøstatus», 2017. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.miljostatus.no/Tema/Klima/Klimagasser>. [Åpnet: 18-nov-2017].
- [3] E. S. R. L. US Department of Commerce, NOAA, «ESRL Global Monitoring Division - Global Greenhouse Gas Reference Network». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>. [Åpnet: 17-apr-2018].
- [4] NASA, «Climate Change: Climate Resource Center - Graphic: Carbon dioxide hits new high», 2018. [Online]. Tilgjengelig på: https://climate.nasa.gov/climate_resources/7/graphic-carbon-dioxide-hits-new-high/. [Åpnet: 17-apr-2018].
- [5] Energi og Klima, «Utviklingen i global temperatur – Klimavakten – Energi og Klima». [Online]. Tilgjengelig på: <https://energiogklima.no/klimavakten/global-temperatur/>. [Åpnet: 17-apr-2018].
- [6] Miljødirektoratet, «Kyotoprotokollen | Miljøstatus». [Online]. Tilgjengelig på: <https://energiogklima.no/klimavakten/global-temperatur/>. [Åpnet: 17-apr-2018].
- [7] FN-Sambandet, «Parisavtalen», 2018. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.fn.no/Om-FN/Avtaler/Miljoe-og-klima/Parisavtalen>. [Åpnet: 17-apr-2018].
- [8] Statistisk sentralbyrå, «Nedgang i klimagassutslippene - SSB», 2017. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/nedgang-i-klimagassutslippene>. [Åpnet: 17-apr-2018].
- [9] Nasjonal Transportplan 2018-2029, «Grunnlag for klimastrategi», 2016.
- [10] Statens Vegvesen, Avinor, Kystverket, Jernbaneverket, «Nasjonal transportplan», 2016.
- [11] Statens Vegvesen, «Lærebok Vegteknologi», 2016.
- [12] NIRAS, «Vi bistår Nye Veier med klimabudsjett - NIRAS», 2018. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.nirasnorge.no/aktuelt/nyheter/2018/nye-veier-klimabudsjett.aspx>. [Åpnet: 19-mar-2018].
- [13] Autodesk, «Revit-serien | BIM-programvare | Autodesk», 2017. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.autodesk.no/products/revit-family/overview>. [Åpnet: 23-nov-2017].
- [14] Statens Vegvesen, *Vegbygging, Håndbok N200*. 2014.
- [15] Standard Norge, «Environmental management, Life cycle assessment, Requirements and guidelines, ISO 14044:2006». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=179721>. [Åpnet: 12-mar-2018].
- [16] Standard Norge, «Miljøstyring Livsløpsvurdering Krav og retningslinjer, NS-EN ISO 14044», 2006.
- [17] Standard Norge, «Miljøstyring Livsløpsvurdering Prinsipper og rammeverk, NS-EN ISO 14040», 2006.
- [18] H. Baumann og A.-M. Tillman, «The hitch hiker's guide to LCA : an orientation in life cycle assessment methodology and application».
- [19] M. A. J. Huijbregts *mfl.*, «ReCiPe 2016», 2017.

- [20] C. Liljenström, «Life Cycle Assessment in Early Planning of Road Infrastructure Application of The LICCER-model».
- [21] Kristina Martinsson, «EKA (Energi och Koldioxid på Asfaltbeläggningar)». 2014.
- [22] «Använda Anavitor». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.kartverket.no/Systemsider/Ordbok/G/GIS/>. [Åpnet: 14-mai-2018].
- [23] S. T. John Norberg, «Användarhandledning Klimatkalkyl version 5.0». 2017.
- [24] NPRA, «Dokumentasjonsrapport, VegLCA v1.02», 2016.
- [25] A. Straume og D. Bertelsen, «Brukerveiledning EFFEKT 6.6», nr. Report 356, 2015.
- [26] Asplan Viak, «Statens Vegvesen, Region Midt Tidligfase klimautredning for ny E39».
- [27] A. Straume og D. Bertelsen, «Dokumentasjon av beregningsmoduler i EFFEKT 6.6», nr. Report 358, s. 170, 2015.
- [28] Kjell Ottar Sandvik, «Metode for beregning av energiforbruk og klimagassutslipp for vegprosjekter», 2009.
- [29] EPD-norge, «Hva er EPD?» [Online]. Tilgjengelig på: <http://epd-norge.no/hva-er-en-epd/>. [Åpnet: 17-okt-2017].
- [30] EPD-Norge, «Det norske EPD-programmet Programoperatør». 2014.
- [31] USG, *LCA (Life Cycle Assessment) (White Paper)*. 2013.
- [32] Ecoinvent, «Ecoinvent - History». [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.ecoinvent.org/about/history/history.html>. [Åpnet: 20-nov-2017].
- [33] ETH Zürich, «ETH Domain | ETH Zurich». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.ethz.ch/en/the-eth-zurich/organisation/eth-domain.html>. [Åpnet: 20-nov-2017].
- [34] Ecoinvent, «Ecoinvent - Organisation». [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.ecoinvent.org/about/organisation/organisation.html>. [Åpnet: 20-nov-2017].
- [35] Ecoinvent, «Ecoinvent 3.4». [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.ecoinvent.org/database/ecoinvent-34/ecoinvent-34.html>. [Åpnet: 20-nov-2017].
- [36] Ecoinvent, «Ecoinvent - Resellers». [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.ecoinvent.org/partners/resellers/resellers.html>. [Åpnet: 20-nov-2017].
- [37] SimaPro, «SimaPro: About». [Online]. Tilgjengelig på: <https://simapro.com/about>. [Åpnet: 14-mai-2018].
- [38] Statens Vegvesen, «Modellbaserte vegprosjekter | Statens vegvesen». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.vegvesen.no/fag/veg+og+gate/prosjektering+og+bygging/prosjektering/Modellbaserte+vegprosjekter>. [Åpnet: 24-apr-2018].
- [39] Statens Vegvesen, «Håndbok V770 Modellgrunnlag | Statens vegvesen». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.vegvesen.no/fag/veg+og+gate/prosjektering+og+bygging/prosjektering/Modellbaserte+vegprosjekter/handbok-v770-modellgrunnlag>. [Åpnet: 24-apr-2018].
- [40] Statens Vegvesen, «Håndbok V770 Modellgrunnlag, Krav til grunnlagsdata og modeller».
- [41] Solibri, «Solibri | Solibri Model Checker», 2018. [Online]. Tilgjengelig på:

- <https://www.solibri.com/products/solibri-model-checker/>. [Åpnet: 25-apr-2018].
- [42] Autodesk, «Navisworks | Programvare for prosjektrevidering | Autodesk», 2018. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.autodesk.no/products/navisworks/overview>. [Åpnet: 25-apr-2018].
- [43] Landscape Institute, *BIM for landscape*. 2016.
- [44] C. M. Eastman, *BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. Wiley, 2011.
- [45] F. Lévy, *BIM in small-scale sustainable design*. Wiley, 2012.
- [46] «Novapoint Veg | Novapoint & Quadri | Trimble Civil Engineering and Construction». [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.novapoint.no/produkter/novapoint/novapoint-veg>. [Åpnet: 11-apr-2018].
- [47] Trimble, «Novapoint Veg | Novapoint & Quadri | », 2017. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.novapoint.no/produkter/novapoint/novapoint-veg>. [Åpnet: 17-nov-2017].
- [48] «Novapoint | Novapoint & Quadri | Trimble Civil Engineering and Construction». [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.novapoint.no/produkter/novapoint>. [Åpnet: 11-apr-2018].
- [49] Autodesk, «Liste over alle produkter | Nye utgivelser | Autodesk». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.autodesk.no/products>. [Åpnet: 11-apr-2018].
- [50] Autodesk, «AutoCAD Civil 3D». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.autodesk.com/products/civil-3d/overview>. [Åpnet: 15-mai-2018].
- [51] Focus Software, «Focus CAT | Focus Software AS», 2017. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.focus.no/focus-cat/>. [Åpnet: 25-apr-2018].
- [52] Focus Software, «Veg | Focus Software AS», 2017. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.focus.no/focus-cat/veg/>. [Åpnet: 25-apr-2018].
- [53] «ISO 29481- 1:2016 is published», 2016. [Online]. Tilgjengelig på: https://committee.iso.org/files/live/sites/tc59/files/news/Newsletter_No_9_2016.pdf. [Åpnet: 27-apr-2018].
- [54] «Miljødeklarasjoner med BIM | standard.no». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.standard.no/nyheter/nyhetsarkiv/bygg-anlegg-og-eiendom/2016/miljodeklarasjoner-med-bim/>. [Åpnet: 27-apr-2018].
- [55] T. Kulahcioglu, J. Dang, og C. Toklu, «A 3D analyzer for BIM-enabled Life Cycle Assessment of the whole process of construction», *HVAC&R Res.*, bd. 18, nr. 1–2, s. 283–293, feb. 2012.
- [56] A. Jrade og F. Jalaei, «Integrating building information modelling with sustainability to design building projects at the conceptual stage».
- [57] C. Bueno, L. M. Pereira, og M. M. Fabricio, «Life cycle assessment and environmental-based choices at the early design stages: an application using building information modelling», *Archit. Eng. Des. Manag.*, s. 1–15, apr. 2018.
- [58] Autodesk, «Dynamo Primer v1.3 Guide». [Online]. Tilgjengelig på: <http://dynamoprimer.com/en/>.
- [59] C. S. J. Karlsson, S. Miliutenko, A. Björklund, U. Mörtberg, B. Olofsson, og S. Toller, «Life cycle assessment in road infrastructure planning using spatial geological data», *Int. J. Life Cycle Assess.*, bd. 22, nr. 8, s. 1302–1317, aug. 2017.
- [60] Kartverket, «GIS | Kartverket». [Online]. Tilgjengelig på:

- <https://www.kartverket.no/Systemsider/Ordbok/G/GIS/>. [Åpnet: 14-mai-2018].
- [61] J. K. Rød, *GIS - Verktøy for å forstå verden*. Trondheim, 2015.
- [62] Sofiia Miliutenko, «Consideration of life cycle energy use and greenhouse gas emissions for improved road infrastructure», KTH Royal Institute of Technology, 2016.
- [63] «TippNett - System for massebalanse», 2015. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.tippnett.no/>. [Åpnet: 18-apr-2018].
- [64] Loop Rocks, «Loop Rocks», 2017. [Online]. Tilgjengelig på: <https://looprocks.no/>. [Åpnet: 18-apr-2018].
- [65] R. O 'born, H. Brattebø, O. Magnus, K. Iversen, S. Miliutenko, og J. Potting, «Quantifying energy demand and greenhouse gas emissions of road infrastructure projects: An LCA case study of the Oslo fjord crossing in Norway», *EJTIR Issue*, bd. 16, nr. 3, s. 445–466, 2016.
- [66] J. Krantz, «Reducing Carbon Dioxide Emissions in Transport Infrastructure Projects», 2017.
- [67] S. J. Chapman, *Essentials of MATLAB® programming*. Thomson Nelson, 2006.
- [68] Mathworks, «The Origins of MATLAB». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.mathworks.com/company/newsletters/articles/the-origins-of-matlab.html>.
- [69] mathworks, «Matlab: User stories». [Online]. Tilgjengelig på: https://se.mathworks.com/company/user_stories.html.
- [70] A. Messac, *Optimization in Practice with MATLAB*. Cambridge University Press, 2015.
- [71] Mathworks, «Matlab: Release Model». [Online]. Tilgjengelig på: https://se.mathworks.com/products/new_products/release_model.html. [Åpnet: 20-apr-2018].
- [72] Python Software Foundation, «A.1 History of the software». [Online]. Tilgjengelig på: <https://docs.python.org/2.0/ref/node92.html>. [Åpnet: 19-mar-2018].
- [73] Python Software Foundation, «Python Success Stories | Python.org». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.python.org/about/success/usa/>. [Åpnet: 19-mar-2018].
- [74] Python Software Foundation, «Applications for Python». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.python.org/about/apps/>.
- [75] M. H. Goldwasser og D. Letscher, *Object-oriented programming in Python*. Pearson Prentice Hall, 2008.
- [76] Python Software Foundation, «Python Standard Library». [Online]. Tilgjengelig på: <https://docs.python.org/3/library/>.
- [77] Python Software Foundation, «Python: Useful Modules». [Online]. Tilgjengelig på: <https://wiki.python.org/moin/UsefulModules>.
- [78] R. Harkow, *Essential AutoLISP*. Springer, 1996.
- [79] «AutoLISP Developer's Guide», 2012.
- [80] L. Ambrosius og D. Byrnes, *AutoCAD & AutoCAD LT all-in-one desk reference for dummies*. Wiley, 2006.
- [81] E. Balagurusamy, *Programming In C#, 3E*. Tata McGraw-Hill Education, 2010.
- [82] J. Liberty, *Programming C#*. 2001.
- [83] Autodesk, «About Managed .NET Compatibility». [Online]. Tilgjengelig på:

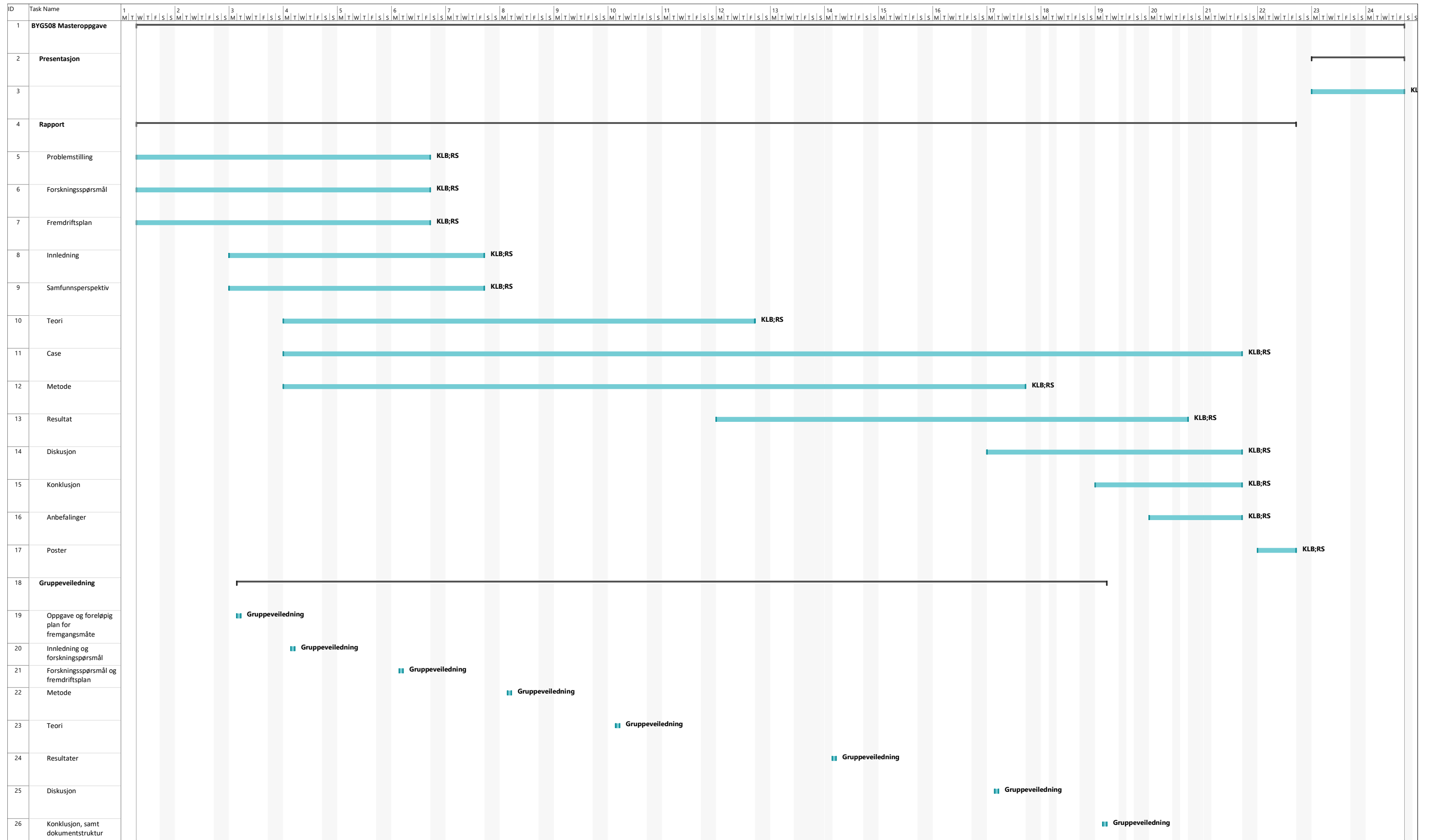
- <https://knowledge.autodesk.com/search-result/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/AutoCAD-Customization/files/GUID-A6C680F2-DE2E-418A-A182-E4884073338A-htm.html>. [Åpnet: 17-mar-2018].
- [84] mathworks, «System Requirements for Using MATLAB Interface to .NET». [Online]. Tilgjengelig på: https://se.mathworks.com/help/matlab/matlab_external/system-requirements-for-using-matlab-interface-to-net-.html.
- [85] M. E. Jason King, *Cross-Platform .NET Development: Using Mono, Portable.NET, and Microsoft .NET*. 2004.
- [86] H. M. Deitel og P. J. Deitel, *C# for programmers*. Pearson/Prentice Hall, 2006.
- [87] C. Nagel, J. Glynn, og M. Skinner, *Professional C# 5.0 and .NET 4.5.1*. 2014.
- [88] K. Nayyeri, *Professional Visual Studio 2008 Extensibility*. Wiley Pub, 2008.
- [89] Microsoft, «Visual Studio Pricing». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.visualstudio.com/vs/pricing/>.
- [90] Microsoft, «Visual Studio Team Services». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.visualstudio.com/team-services>.
- [91] Microsoft, «What is Git». [Online]. Tilgjengelig på: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/devops/git/what-is-git>.
- [92] Sweco, «E6-kontrakt signert | Sweco.no». [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.sweco.no/nyheter/nyhetsartikler/2017/e6-kontrakt-signert/>. [Åpnet: 12-apr-2018].
- [93] R. O’Born, «Life cycle assessment of large scale timber bridges: A case study from the world’s longest timber bridge design in Norway», *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, bd. 59, s. 301–312, mar. 2018.
- [94] Autodesk, «Autodesk: Development Requirements». [Online]. Tilgjengelig på: <https://knowledge.autodesk.com/search-result/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ENU/Revit-API/files/GUID-FEF0ED40-8658-4C69-934D-7F83FB5D5B63-htm.html>. [Åpnet: 17-mar-2018].
- [95] Autodesk, «API Developer’s Guide». [Online]. Tilgjengelig på: <https://knowledge.autodesk.com/search-result/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ENU/Revit-API/files/GUID-FEF0ED40-8658-4C69-934D-7F83FB5D5B63-htm.html>. [Åpnet: 17-mar-2018].
- [96] Autodesk, «AutoCAD Civil 3D APIs». [Online]. Tilgjengelig på: <https://knowledge.autodesk.com/support/civil-3d/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ENU/Civil3D-DevGuide/files/GUID-1FC5774A-14EB-48CC-8A0A-FA983E8B9703-htm.html>. [Åpnet: 17-mar-2018].
- [97] Autodesk, «AutoCAD 2017 .NET 4.6 support». [Online]. Tilgjengelig på: <https://knowledge.autodesk.com/support/autocad/learn-explore/caas/sfdarticles/sfdarticles/System-requirements-for-AutoCAD-2017.html>. [Åpnet: 25-apr-2018].
- [98] magecom, «Magecom». [Online]. Tilgjengelig på: <https://magecom.net/>. [Åpnet: 10-mai-2018].
- [99] Creative Stall, «Creative Stall». [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.creativestall.com/>. [Åpnet: 10-mai-2018].

- [100] L. Reen, «Laura Reen Website». [Online]. Tilgjengelig på: <http://laurareen.com/>. [Åpnet: 10-mai-2018].
- [101] Xinh Studio, «Xinh Studio Website». [Online]. Tilgjengelig på: <https://xinh.studio/>. [Åpnet: 10-mai-2018].
- [102] Victoria Seychelles, «Dot on Paper Website». [Online]. Tilgjengelig på: <https://dotonpaper.net>. [Åpnet: 10-mai-2018].
- [103] N. FEDORYSHYN og K. B. THOVSEN, «Mindre utslipp per kjørte kilometer - SSB», 2018. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/artikler-og-publikasjoner/mindre-utslipp-per-kjorte-kilometer>. [Åpnet: 05-mar-2018].
- [104] J. Krantz, J. Larsson, W. Lu, og T. Olofsson, «Assessing Embodied Energy and Greenhouse Gas Emissions in Infrastructure Projects», *Buildings*, bd. 5, nr. 4, s. 1156–1170, okt. 2015.
- [105] Klima- og miljødepartementet, «Grønt skifte – klima- og miljøvennlig omstilling», des-2014. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/artikler-og-publikasjoner/mindre-utslipp-per-kjorte-kilometer>. [Åpnet: 15-mar-2018].
- [106] Innkjøpskontoret, «Hvorfor Er Det Økonomiske Mest Fordelaktig?», 2015. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.innkjopskontoret.no/hvorfor-er-det-okonomiske-mest-fordelaktig/>. [Åpnet: 11-okt-2017].

12 Vedlegg



- I Fremdriftsplan
- II Møtereferat
- III Utslippskoeffisienter
- IV Skisse til programmeringskoden
- V Programmeringskode
- VI BYG507 - Forprosjekt til masteroppgaven

I Fremdriftsplan




II Møtereferat

BYG508 Masteroppgave
Aksjonsliste inkludert møtereferat
Kjetil Lohne Bakke og Roman Slobodchikov

Aksjonsnr.	Emne	Bedrift	Ekstern person	Informasjon/Diskusjon	Konklusjon	Aksjon	Ansvarlig	Åpnet	Frist	Lukket
1	Informasjon	Sweco	Jon Olav Upsal	Innføring i Swecos virksomhet.				09.01.2018		09.01.2018
2	Informasjon	Sweco	Jon Olav Upsal	14 500 ansatte globalt og 1400 nasjonalt.				09.01.2018		09.01.2018
3	Informasjon	Sweco	Jon Olav Upsal	Opprinnelig svensk rådgivningsfirma (SWEdish CONSULTANS).				09.01.2018		09.01.2018
4	Informasjon	Sweco	Jon Olav Upsal	Jon Olav Upsal er gruppeleder for avdelingen infrastruktur i Kristiansand.				09.01.2018		09.01.2018
5	Informasjon	Sweco	Jon Olav Upsal	Muligheter for jobb etter endt studie.				09.01.2018		09.01.2018
6	Informasjon	Sweco	Jon Olav Upsal	Roman presenterte sine ønsker om å kunne jobbe med utvikling innen infrastruktur, mens Kjetil presenterte sine ønsker om å jobbe med prosjektering innen vegsektoren.				09.01.2018		09.01.2018
7	Masteroppgaven	Sweco	Jon Olav Upsal	Presentasjon av tanker rundt masterprosjektet (se vedlegg «Tankekart» under).  Tankekart.pdf	Flott utgangspunkt til prosjektet. Det er en endring fra opprinnelig arbeid i Navisworks som Multiconsult har arbeidet med, men vi ser for oss at dersom vi lykkes med å lage produkt til Novapoint som ser på klimagassutslipp er veien kort for å implementere systemet til andre bruksområder.	Revidere tankekartet som avtalt på møte.	KLB	09.01.2018	13.01.2018	13.01.2018
8	Novapoint	Sweco	Jon Olav Upsal	Samarbeid med Novapoint	Samarbeid med Novapoint er positivt og kan fortsette.	Gi tilbakemelding til Novapoint om at samarbeid er ønskelig.	KLB	09.01.2018	09.01.2018	09.01.2018
9	Pilotprosjekt	Sweco	Jon Olav Upsal	Pilotprosjekt	Pilotprosjekt er i første omgang satt til Bjørndalen i Kristiansand. Dersom dette prosjektet inneholder de elementene vi trenger kan vi bruke dette. Hvis ikke, vil vi se etter andre prosjekter som Sweco har utarbeidet.	Utforske 3D-modellen for Bjørndalenprosjektet	KLB og RS	09.01.2018	19.01.2018	19.01.2018
10	Informasjon	Sweco	Jon Olav Upsal	Potensielle samarbeidspartnere	Samarbeidspartnere kan være: - Sweco - Multiconsult - Skanska - Veidekke - Statens Vegvesen - Nye Veier - Novapoint - Universitet i Agder			09.01.2018		09.01.2018
11	Masteroppgaven	UIA	Reyn O'Born	Presentasjon av tanker rundt masterprosjektet (se vedlegg «Tankekart» under).  Tankekart.pdf	Flott utgangspunkt til prosjektet. Reyn mener dette bør være mulig å få til, men han har ikke mulighet til å veilede på programmeringsdelen av oppgaven. Han kan gi veiledning på hvordan vi best mulig kan legge til klimaregnskapet.	Revidere tankekartet som avtalt på møte. Det er her fokusert på problemstilling og forskerspørsmål	KLB	15.01.2018	17.01.2018	17.01.2018
12	Klimafaktor	UIA	Reyn O'Born	Roman har startet md å se på muligheter for å gjøre beregninger på steinmaterialer.	Veldig bra. 12.04.2018: Denne askjonen er ferdig utarbeidet og lukket.	Utvikle beregningsmodellen i Matlab videre.	RS	15.01.2018	19.01.2018	12.04.2018
13	Programmering	UIA	Reyn O'Born	Roman er i gang med å utforske programmeringsdelen av oppgaven.	Interessant.	Utforske 3D-modellen for Bjørndalenprosjektet	KLB og RS	15.01.2018	19.01.2018	19.01.2018
14	Masteroppgaven	UIA	Reyn O'Born	Kjetil har hatt utfordringer med datamaskinen og har i den sammenheng vært opptatt med å installere nødvendig programvare på nytt.	OK.	Installere nødvendig programvare og utforske Bjørndalenprosjektet i Novapoint	KLB	15.01.2018	16.01.2018	16.01.2018
15	Informasjon	UIA	Reyn O'Born	Kjetil jobber med rapport, presentasjon og samarbeidspartnere.	Interessant.		KLB og RS	15.01.2018		15.01.2018
16	Klimafaktor	UIA	Reyn O'Born	Hvordan regne tetthet på de forskjellige overbygningsslagene?	Se mail fra Reyn 15.01.2018 for tips.	Lese gjennom mail fra Reyn.	KLB og RS	15.01.2018	19.01.2018	19.01.2018
17	Klimafaktor	UIA	Reyn O'Born	Hvordan ta hensyn til kompaktering og endring i tetthet?	Reyn er ikke sikker, men han råder oss til å ta kontakt med Marit Fladvad som er stipendiat ved NTNU, institutt for geovitenskap og petroleum.	Finne ut av hva vi trenger av informasjon fra Marit Fladvad. Kanskje JOU har denne informasjonen?	KLB og RS	15.01.2018	19.01.2018	19.01.2018

18	Klimafaktor	UiA	Reyn O'Born	Finnes det EPD/ tall på sprengning av berg?	Ja, dette finnes. Se på Effekt/Veg LCA for bakgrunnstall.	Se gjennom Effekt og VegLCA for tallgrunnlag	KLB	15.01.2018	19.01.2018	19.01.2018
19	Pilotprosjekt	UiA	Reyn O'Born	Er det greit å fokusere på overbygning og grøfter?	Ja, dette er et godt utgangspunkt før man blir kjent med produktet man jobber med.	Starter prosjektet med å se på overbygningen for å få oversikt over fremgangsmetoden for LCA-beregningen og programmeringsdelen.	KLB og RS	15.01.2018	26.01.2018	26.01.2018
20	Informasjon	Sweco	Jon Olav Upsal	Problemstilling og forskningsspørsmål er klart.	OK.			15.01.2018		15.01.2018
21	Informasjon	Sweco	Jon Olav Upsal	Møte med Novapoint er avklart.	OK.			15.01.2018		15.01.2018
22	Informasjon	Sweco	Jon Olav Upsal	Rapportskrivning er påbegynt.	OK.			15.01.2018		15.01.2018
23	Informasjon	Sweco	Jon Olav Upsal	Problemer med å få opp Bjørndalenprosjektet i Novapoint.	Dette må vi undersøke videre.			15.01.2018		15.01.2018
24	Informasjon	Sweco	Jon Olav Upsal	Sett på bakgrunnsdata med tanke på EPD og databaser.	OK.			15.01.2018		15.01.2018
25	Informasjon	Sweco	Jon Olav Upsal	Fraksjonsstørrelser på stein inkludert en regresjonsanalyse.	Dette skal vi undersøke litt videre. Må konkludere hvor mye tid vi skal legge i det. Kanskje vi må bruke et referansetall.			15.01.2018		15.01.2018
26	Informasjon	Sweco	Jon Olav Upsal	Startet på å utforske programmeringsdelen av oppgaven.	OK. Bra jobbet så langt. Liker at det ikke kun er basert på et Excel ark.			15.01.2018		15.01.2018
27	Informasjon	Sweco	Jon Olav Upsal	Idémyldring til videre arbeid (BIM): - Kostnad - Tid - Værdata - Lokasjon (i større grad enn vi gjør i dette prosjektet)	OK. Interessant.			15.01.2018		15.01.2018
28	Pilotprosjekt	Sweco	Jon Olav Upsal	Kan vi overføre hele Bjørndalenprosjektet til våre maskiner? Hvis dette ikke fungerer, har vi da en back-up plan?	Vi kjører på med egenprodusert vegstrekning i Novapoint fra BYG219.	Bruk tegningsgrunnlaget fra BYG219	KLB og RS	19.01.2018	19.01.2018	19.01.2018
29	Novapoint	Sweco	Jon Olav Upsal	I forbindelse med et konkurransegrunnlag, hvor kommer informasjonen om masser og anleggstimer fra?	Novapoint brukes til å hente masser. Man må være oppmerksom på at tallet man får fra Novapoint ikke alltid stemmer på grunnlag av geologisk data, feil inntasting i programvaren osv. Entreprenør står stort sett for anleggstimer på maskiner, basert på håndbøker og erfaring.	Til informasjon.		19.01.2018		19.01.2018
30	Masteroppgaven	Sweco	Jon Olav Upsal	Hvilke fraksjoner brukes på steinmasser i overbygningen?	Dette er usikkert.	Se etter tallgrunnlag i SSV N200 eller andre, hvis nødvendig.	KLB	19.01.2018	26.01.2018	26.01.2018
31	Klimafaktor	Sweco	Jon Olav Upsal	Vil det være lurt å bruke siktekurver for omregning fra m ³ til tonn?	Dette er egentlig ikke nødvendig, men er en mulighet. Må kvalitetssjekkes opp mot ulike kilder. 12.04.2018: Denne askjonen er ferdig utarbeidet og lukket.	Regresjonsanalysen må kvalitetssjekkes mot ulike kilder.	RS	19.01.2018	26.01.2018	12.04.2018
32	Klimafaktor	Sweco	Jon Olav Upsal	Har du overslagstall på tettheter for steinmasser etter at den er komprimert?	Dette er veldig detaljnivå. Mulig det er «godt nok» å bruke faktorer som 1.5, 1.4, 1.2 osv. 12.04.2018: Denne askjonen er ferdig utarbeidet og lukket.	Må undersøke hva som er «bransjestandard».	JOU	19.01.2018	26.01.2018	12.04.2018
33	Novapoint	Sweco	Jon Olav Upsal	I møte med Novapoint er det to hovedalternativer vi tenker å høre med dem om: - Få hjelp av dem til å programmere inn en modul i Novapoint (klimaregnskap). - Få tilsendt veiledning for API-kall slik at vi kan lage et eksternt verktøy som henter ut verdier fra Novapoint.	Det optimale hadde vært begge løsningene, men vi bør fokusere på å benytte ressursene i gruppen å utføre mest mulig av programmeringsjobben selv. I tillegg må vi lage et solid tallgrunnlag for klimaanalysen. Det er lurt å avgrense oppgaven i første omgang til å gjelde vegkroppen fra skjæring til fylling.	Fortsette med alternativ b), men være villig til å gi innspill på alternativ a). Dette er også avhengig av møte med Novapoint 22.01.2018	KLB og RS	19.01.2018	19.01.2018	19.01.2018

34	Novapoint	Novapoint	John Arthur	Hva kan dere bidra med i prosjektet? Vi har to hovedalternativer vi kan ta i prosjektet: a) Få hjelp av dere til å programmere inn en modul i Novapoint (klimaregnskap). b) Få tilsendt veiledning for API-kall slik at vi kan lage et eksternt verktøy som henter ut verdier fra Novapoint.	a) - Basert på andre prosjekt, hvor mye tid ser dere for dere at dette vil kunne ta å programmere (demoversjon)? - Hva gjør vi dersom dere av uforutsette grunner ikke kan utføre programmeringen innen avtalt tid? - Hvor ofte bør vi ha møter for å diskutere løsninger? Kommentar: Vi kan bidra med kunnskap rundt klimaregnskapet og hvordan modulen bør se ut, mens dere sitter igjen med en ny applikasjon som kan utvikles videre etter behov. b) - Hvordan hentes verdiene som blir sendt til Excel-arket under «Rapporter» i Novapoint Veg? - Hvordan er API-kallene dokumentert? Kreves det vesentlig opplæring for å beherske disse? - Er man bunnet til et spesifikt programmeringsmiljø for å bruke API'en? - Hvilket programmeringsspråk bruker dere? Kommentar: Vi kommenterer samarbeidet med dere i vår masteroppgave, og står igjen med rettighetene for verktøyet.	Novapoint ønsker at vi går for alternativ b). Det blir en annen løsning enn API-kall. Vi er blitt anbefalt å se på et program som heter Tilos for å utføre CO2-beregningene.		22.01.2018		22.01.2018
35	Novapoint	Novapoint	John Arthur	«Tilos» brukes til å legge inn forskyvning av masser i traseen. Lett å ta inn og ut informasjon. fremdriftsplanlegging av masseflytting i prosjektfasen. Programmet skal skrives i C#. Tyskland gir ut studentlisens på Tilos. Peter Lenk.		For informasjon.		22.01.2018		22.01.2018
36	Novapoint	Novapoint	John Arthur	Objektregistrering registrer objekter langs veien. Mye mer «light weight». Statens vegvesen og Statens kartverk. Definere objekttype konfigurere objektene.	Denne modulen er under utvikling og vi har ikke anledning til å bruke den.			22.01.2018		22.01.2018
37	Informasjon	UIA	Paul Ragnar Svennevig	Presentasjon av tanker rundt masterprosjektet (se vedlegg «Tankekart_v3» under).  Tankekart_v3.pdf		Til informasjon.	KLB og RS	22.01.2018		22.01.2018
38	Masteroppgaven	UIA	Paul Ragnar Svennevig	Diskutere problemstilling og forskerspørsmål.	Første utkast til problemstilling og forskerspørsmål er OK, men bør endres noe for å tydeliggjøre hva vi vil finne ut.	Skriv om problemstillingen og forskerspørsmålene.	KLB og RS	22.01.2018	26.01.2018	30.01.2018
39	Masteroppgaven	UIA	Paul Ragnar Svennevig	Diskutere fremdriftsplanen (kan denne være laget i Excel?).	Dersom den skal skrives i Excel må dette begrunnes godt. MS Project er et krav fordi det brukes mye i industrien.	Lage fremdriftsplan i MS Project	KLB	22.01.2018	26.01.2018	26.01.2018
40	Klimafaktor	UIA	Reyn O'Born	Spørsmål angående utslipp rundt sprengstoff og boring. Hva skal vi bruke som utslippsfaktor?	Her vil det være lurt å bruke verdier fra EFFEKT. Unngå verdier brukt i dokumentet fra 2009.(Metode for beregning av energiforbruk og klimagassutslipp for vegprosjekter, 2009 Rapport).	Til informasjon.		26.01.2018		26.01.2018
41	Klimafaktor	UIA	Reyn O'Born	Diskusjon om utslippsfaktorer generelt og hvordan NIRAS har satt opp klimaregnskapet for Nye Veier.	Her er det i første omgang «godt nok» å bruke verdier fra EFFEKT. Det er interessant å se hvilke verdier NIRAS har brukt i Nye Veier sine prosjekt.	Til informasjon.		26.01.2018		26.01.2018
42	SimaPro	UIA	Reyn O'Born	Simulering av klimagassutslipp i SimaPro. Vi tenker å sette opp et «enkelt» oppsett av vegstrekningen med verdier fra Ecoinvent i første omgang. Deretter blir det å oppdatere programmet med verdier vi har utarbeidet for å ha et godt grunnlag for videre arbeid med programveien.	Setter i gang med arbeidet på dette og benytter utslippsfaktorer man har tilgjengelig. En rask sammenligning avslørte at utslippsfaktorene er veldig nære. 12.04.2018: Denne askjonen er ferdig utarbeidet og lukket. Bruker EFFEKT istedenfor Ecoinvent pga. norske forhold.	Lage et oppsett i SimaPro for pilotprosjektet og bruke verdier fra Ecoinvent 3.	KLB	26.01.2018	15.02.2018	12.04.2018

43	Tilos	Novapoint	John Arthur	Presentasjon av mulig dataflyt. (Export fra Novapoint ->Excel -> Tilos -> Excel)	Løsningen er veldig nær den som ble foreslått i tidlig stadiet av prosjektet. Vi kommer mest sannsynlig til å fortsette med å løse oppgaven ved å benytte denne fremgangsmetoden. En vurdering må tas om man kan bruke TILOS. 12.04.2018: Denne askjonen er ferdig utarbeidet og lukket. TILOS brukes ikke lenger i prosjektet.	Sende IP og brukererklæring for å kunne benytte modulen eventuelt andre betingelser. Sende informasjon om modulen og retningslinjer om bruk.	John Arthur Novapoint	29.01.2018	09.02.2018	12.04.2018
44	Novapoint	Novapoint	John Arthur	Det vil være mulig å kombinere vårt verktøy med en utviklingsmodul som Novapoint jobber med (objektmodul).	Ser nærmere på modulen når vi mottar informasjon fra Novapoint. 12.04.2018: Denne askjonen er ferdig utarbeidet og lukket. Bruker Civil 3D istedenfor Novapoint.	Sende nødvendig informasjon om objektmodulen.	John Arthur Novapoint	29.01.2018	09.02.2018	12.04.2018
45	Novapoint	Novapoint	John Arthur	Gi tilgang til API vil være vanskelig pga forskjellige API pakker som benyttes av Novapoint.	Avklart, API vil ikke bli benyttet	Til informasjon.		29.01.2018		29.01.2018
46	Informasjon	Novapoint	John Arthur	Novapoint vil gjerne være behjelpelig med å besvare på spørsmål som måtte forekomme. Mye av tiden deres er fokusert på leveranse som skal gjennomføres første kvartal i år.	Avklart.	Sende et oppdatert «tankekart» over hvordan endelige produktet på oppgaven vil være.	RS	29.01.2018	05.02.2018	08.02.2018
47	Informasjon	Novapoint	John Arthur	Fremtidig kommunikasjon skjer via mail og møter avtales etter behov.	OK.	Til informasjon.		29.01.2018		29.01.2018
48	Tilos	Novapoint	John Arthur	Gi tilgang til TILOS	KLB og RS må sende studentbevis til Peter Lenk i Novapoint	Sende studentbevis.		29.01.2018	01.02.2018	01.02.2018
49	Informasjon	Sweco	Jon Olav Upsal	Klimaregnskapet er under bearbeidelse i SimaPro. Dette blir utført for å ha gode grunnlagsdata til videre arbeid i prosjektet.	OK.			31.01.2018		31.01.2018
50	Informasjon	Sweco	Jon Olav Upsal	Det er laget et flytskjema i Excel som viser hvilke prosesser og elementer som er inkludert i studien. Det vil være mulig å legge inn flere elementer etter hvert som man arbeider med studien.	OK.			31.01.2018		31.01.2018
51	Informasjon	Sweco	Jon Olav Upsal	Vi begynner å få kontroll på datainnsamling for stein.	OK.			31.01.2018		31.01.2018
52	Informasjon	Sweco	Jon Olav Upsal	Møte nr. 2 med Novapoint ble avholdt 29.01.18. Her ble det avtalt at Novapoint ettersender møtereferat fra de to møtene vi har hatt med dem. Hovedpunktene fra møte er: a) De er interessert i et samarbeid og har via sine kontaktpersonen i Nye Veier skjont at studien vår kan bidra med et viktig element i deres programvare. b) Vi har blitt veiledet til hvilken del av programvaren vi bør benytte oss av. c) De har ikke mulighet til å hjelpe til med programmeringsdelen av oppgaven, men vil være tilgjengelig for spørsmål på mail. d) Før vi inngår videre samarbeid må vi skrive under på en taushetserklæring for kodene vi eventuelt kommer til å bruke.	OK.			31.01.2018		31.01.2018

53	Novapoint	Sweco	Jon Olav Upsal	<p>Gjennomgang av mengderapporten fra Novapoint for pilotprosjektet:</p> <p>a) Virker tallmengdene som er oppgitt riktige, basert på tidligere erfaringer (veistrekning = 2068m)?</p> <p>b) Hvilke tall er interessante?</p> <p>c) Hva må man være «OBS» på?</p> <p>d) Hvordan og når avgjøres det om massene er egnet til å bruke på plassen?</p> <p>e) I vårt tilfelle har vi 22 864m³ masse til overs. Hvordan avgjør man om dette er fjell eller jord?</p>	<p>a) Tallene fra rapporten virker riktige. Tallene skal brukes med utgangspunkt i at de gir korrekte mengder. Det er viktig å poengtere dette i rapporten under Case.</p> <p>b) Mengdetallene som står på oppsummeringssiden.</p> <p>c) Det kan være feil i geometrien i Novapoint, noe som fører til feil mengdetall. Dette kan utelukkes i pilotprosjektet, men det er viktig å være observant på det.</p> <p>d) Dette er et vanskelig spørsmål. Dersom massene er av god kvalitet kan de brukes på stedet, hvis ikke må de transporteres til deponi eller fylling.</p> <p>e) Ikke besvart.</p>	<p>d) Overbygningen får tilkjørt masse, underbygning og fylling benytter masser på stedet. Noe masse må kjøres bort i etterkant.</p>	KLB	31.01.2018	31.01.2018	31.01.2018
54	Klimafaktor	Sweco	Jon Olav Upsal	<p>Finnes det tall på maskindrift som benyttes for å estimere timer arbeid?</p> <p>a) Er det vanlig at overvåkning av maskiner er tilgjengelig ved et prosjekt?</p>	<p>Dette er et spørsmål som entreprenørene kan svare på. Det er mulig Veidekke kan brukes som samarbeidspartner her.</p> <p>a) Dette er ikke kjent, entreprenørene må svare på dette.</p> <p>12.04.2018: Denne askjonen er ferdig utarbeidet og lukket. Bruker tall basert på EFFEKT.</p>	<p>Finnes det tall på maskindrift som benyttes for å estimere timer arbeid med anleggsmaskinene?</p>	KLB	31.01.2018	22.02.2018	12.04.2018
55	Klimafaktor	Sweco	Jon Olav Upsal	<p>Skal graving oppføres med timer eller kubikk?</p> <p>a) Har du noen referansetall på m³ per time for forskjellige deler av vegen?</p>	<p>Det er mest naturlig å oppgi m³, da dette tallet blir oppgitt i Novapoint. For å kunne omregne det til timer må en entreprenør oppgi hvor mye m³ en gravemaskin kan flytte per time. Dette er blant annet avhengig av hvilken masse som flyttes og hva slags gravemaskin som benyttes.</p> <p>a) Nei, dette må eventuelt entreprenørene svare på.</p> <p>12.04.2018: Denne askjonen er ferdig utarbeidet og lukket. Bruker tall basert på EFFEKT.</p>	<p>Finne referansetall på m³ per time for gravemaskiner på forskjellige deler av vegen.</p>	KLB	31.01.2018	22.02.2018	12.04.2018
56	SimaPro	UiA	Reyn O'Born	<p>Hvilken prosess skal brukes for bærelaget som er en blanding av Asfalt og grus?</p>	<p>Det kan du bare lage en nye prosess innen simapro for dette med asfalt og grus som inngangsverdier. Fra NIRAS:</p>	<p>Lag denne prosessen i Simapro.</p>	KLB	06.02.2018	09.02.2018	08.02.2018
57	SimaPro	UiA	Reyn O'Born	<p>Har ikke tall for asfaltmaskinen. Virker resten av «opplegget» greit?</p>	<p>"Det er litt tricky... kanskje finne en asfalt EPD? Kan bygge på det litt!" sitat Reyn.</p> <p>12.04.2018: Denne askjonen er ferdig utarbeidet og lukket. Bruker tall basert på EFFEKT.</p>		KLB	06.02.2018	09.02.2018	12.04.2018

58	SimaPro	UIA	Reyn O'Born	Hvordan skal vi beregne utslipp for komprimeringsmaskiner? Konvertere MJ til CO2-ekv.?	Må nesten se hva dere har for å hjelpe med dette men som alltid MJ to CO2 har noe å gjøre med valg av energikilde. Det finnes en prosess i Simapro som kalles «diesel machine» eller noe lignende som tar hensyn til forbrenning av diesel. Dette kan skalere opp eller ned når det finnes energiforbruk for en komprimeringsmaksin. Anbefales å søke for produktblader for disse type maskin for å finne energiforbruk. 12.04.2018: Denne askjonen er ferdig utarbeidet og lukket. Bruker tall basert på EFFEKT.	Lag denne prosessen i Simapro.	KLB	06.02.2018	09.02.2018	12.04.2018
59	SimaPro	UIA	Reyn O'Born	Hvordan skal vi beregne utslipp for boremaskiner? Konvertere MJ til CO2-ekv.?	Se om vedlagt artikkel kunne hjelpe til. De har brukt TUNSIM fra NTNU og en produktblad. Det er mulig at jeg kan ta kontakt men en av de forfatterne for å finne ut mer om metodikken og om TUNSIM beregniner. 12.04.2018: Denne askjonen er ferdig utarbeidet og lukket. Bruker tall basert på EFFEKT.	Les gjennom artikkelen og lag prosessen i Simapro.	KLB	06.02.2018	09.02.2018	12.04.2018
60	Klimafaktor	UIA	Internt	Finne godt tall grunnlag for transport av masser. Se på løsninger fra tidligere literaturstudie og løsninger som ble utført i nylige studier.	Må utforske artikler hos Statens Vegvesen. Kanskje NIRAS, SSB, Vestlandsforskning og Asplan Viak har noe liggene. 12.04.2018: Denne askjonen er ferdig utarbeidet og lukket. Bruker tall basert på EFFEKT og jobber med en løsning som tillater å legge inn prosjektspesifikke tall.	Lage oversiktlig dokument (Excel-ark?) over tallmengdene.	RS	02.02.2018	23.02.2018	12.04.2018
61	Programmering	UIA	Internt	Startet på å programmere et verktøy i python med grafisk grensesnitt. Fått på plass knappfunksjoner og programmert inn evnen til å lese ut data fra Novapoints masseberegninger (Excel regneark).	Videre utvikling vil skje når tall grunnlaget er på plass. 12.04.2018: Denne askjonen er ferdig utarbeidet og lukket.	Utvikle videre på modellen.	RS	02.02.2018	23.02.2018	12.04.2018
62	Klimafaktor	UIA	Internt	Innsamling av grunnlagsinformasjon fra EPD-norge og svensk EPD side (www.environdec.com/sv/).	Lastet ned og sett gjennom så mange relevante EPDer som man kunne finne. Startet å legge alle inn i excel regneark for å kunne ha enkel tilgang til tallene på en plass. Dette har en sammenheng med aksjon 12 og 31		RS	02.02.2018	23.02.2018	02.02.2018
63	SimaPro	UIA	Reyn O'Born	Hvordan beregner du klimapåvirkningen fra anleggsmaskiner (for eksempel gravemaskin) når disse som regel er oppført i timer (hrs) i Simapro og konkurransegrunn angir et volumestimat (m ³)?	Se vedlagt fil, Sheet1. C:\Users\kjeti\OneDrive - Universitetet i Agder\BYG508 - Masteroppgave\04 - Pilotprosjekt\LCA\Excel-ark	For gravemaskin er det ikke oppgitt m ³ /time. Må undersøke videre hvordan dette gjøres.	KLB	02.02.2018	23.02.2018	23.02.2018
64	SimaPro	UIA	Reyn O'Born	Har du brukt/eller bruker du referansetall på m ³ per time for gravemaskiner på de forskjellige materialene det graves i? Hvis det, hva er referansetallene?	12.04.2018: Denne askjonen er ferdig utarbeidet og lukket. Bruker tall basert på EFFEKT.		KLB	02.02.2018	23.02.2018	12.04.2018
65	Klimafaktor	UIA	Internt	Les gjennom NIRAS-rapporten for 2017-12-08 Rapport Klimagassbudsjett E39 Lyngdal vest - Ålgård.	NIRAS-rapporten ligger her: C:\Users\kjeti\OneDrive - Universitetet i Agder\BYG508 - Masteroppgave\04 - Pilotprosjekt\LCA\Nye Veier - Niras	LES!	KLB og RS	08.02.2018		13.02.2018
66	Civil 3D	Sweco	Jon Olav Upsal	Introduksjon av Autodesk Civil 3D. Kristian fra Sweco viste hvordan man kan lage og definere egne parametre i Civil 3D. Dette kan brukes til å lagge inn regnskap for CO2-utslipp. Hvordan dette kan skje automatisk, blir vår oppgave å finne ut.	Undersøke Civil 3D å vurdere om dette programmet skal brukes videre i prosjektet. 12.04.2018: Denne askjonen er ferdig utarbeidet og lukket.		KLB og RS	09.02.2018	22.02.2018	12.04.2018

67	Pilotprosjekt	Sweco	Jon Olav Upsal	Det ble diskutert hvordan oppgaven bør og skal utformes med tanke på livssyklus. Vi mente det beste for prosjektet sin del ville være å fokusere på prosjekteringsdelen av et prosjekt, med innspill mot byggefasen. JOU mente vi burde fokusere på kun byggefasen.	Fokusere på å få til en sammenkobling mellom utslippsfaktorer og verdier i Civil 3D. Når dette er utført må vi få til de samme verdiene som har beregnet manuelt i SimaPro. Dette vil med andre ord dekke både Sweco og våres ønsker for prosjektet.			09.02.2018		09.02.2018
68	Pilotprosjekt	UiA	Reyn O'Born	Reyn mener vi bør fokusere på prosjekteringsdelen å se fokusere på å få de samme tallene i modellen som vi har i regnet ut manuelt i SimaPro.	Fokusere på å få til en sammenkobling mellom utslippsfaktorer og verdier i Civil 3D. Når dette er utført må vi få til de samme verdiene som har beregnet manuelt i SimaPro. Dette vil med andre ord dekke både Sweco og våres ønsker for prosjektet. 12.04.2018: Denne askjonen er ferdig utarbeidet og lukket.		KLB og RS	13.02.2018		12.04.2018
69	Klimafaktor	UiA	Reyn O'Born	Reyn har utarbeidet en skisse til en forskningsartikkel som kan bli presentert på konferansen "Sustainable Mega Infrastructures" i Kina 10-11. august.				13.02.2018		13.02.2018
70	Novapoint	Novapoint	John Arthur	Svare Novapoint på mail om konfidensialitetsavtale	Vi er ikke interessert i å låse oss til Novapoint som samarbeidspartner, men heller utforske hvilke muligheter som ligger i Civil 3D (Autodesk). 12.04.2018: Denne askjonen er ferdig utarbeidet og lukket. Bruker tall basert på EFFEKT.	Sende mail til John Arthur	KLB og RS	15.02.2018	21.02.2018	12.04.2018
71	Informasjon	UiA/Sweco	Jon Olav Upsal, Reyn O'Born, Paul Ragnar Svennevik	Fellesmøte med alle veiledere. Vi har gått gjennom siste status i prosjektet og hvordan vi skal gå videre. Det ble også diskutert om fremtidig samarbeid mellom UiA og Sweco				05.02.2018		05.02.2018
72	Pilotprosjekt	UiA/Sweco	Jon Olav Upsal, Reyn O'Born, Paul Ragnar Svennevik	Valg av pilotprosjekt ble diskutert. 1) Fortsette med selvlaget case-studie 2) Jobbe med en reell case fra E6 - Mjøsa.	På grunn av manglende svar angående E6 - Mjøsa prosjektet, jobber vi videre med selvlaget case.			05.02.2018		05.02.2018
73	Klimafaktor	UiA/Sweco	Jon Olav Upsal, Reyn O'Born, Paul Ragnar Svennevik	Spørsmål fra Jon Olav til Reyn: "Hvordan ønsker du som miljøekspert at dataen fra et vegbyggingprosjekt skal bli presentert i forbindelse med utregning av klimagassutslipp?"	Svar fra Reyn: "Vi trenger informasjon om			05.02.2018		05.02.2018
74	Pilotprosjekt	UiA/Sweco	Jon Olav Upsal	Vi fikk importert vår vegmodell fra Novapoint til Civil3D uten problemer, har testet forskjellige løsninger av egendefinerte egenskaper i går. Ser veldig lovende ut så langt.	Forsetter med å bruke Civil 3D.		KLB og RS	13.02.2018		13.02.2018
75	Programmering	OneClick LCA	Jon Olav Upsal, Reyn O'Born	Vi har vært i kontakt med et firma kalt "OneClickLCA". De påstår at de kan utføre LCA-analyser av infrastrukturprosjekter på en god og brukervennlig måte. Vi har forsåkt å få studentlisens av dem. Etter negativ tilbakemelding fra dem, har vi lagt det vekk.	Ingen videre arbeid gjennomført.		KLB og RS	13.02.2018		13.02.2018
76	Forskningsartikkel	UiA	Reyn O'Born	Reyn har sagt seg villig til å skrive et sammendrag av prosjektet vårt og sende det inn som et forslag til konferansen "Sustainable Mega Infrastructures" som skal avholdes i Kina 10-11. august.	Sammendraget "abstract" ble godkjent 15.03.2018	Reyn skriver abstract.	ROB	15.02.2018		15.03.2018
77	Pilotprosjekt	Sweco	Jon Olav Upsal	Jon Olav ønsker at vi skal bruke S03 på E6 Arnkvern Moelv. Vi har vært i kontakt med BIM ansvarlig på prosjektet som har informert oss.	Prosjektet virker spennende, men det vil være en utfordring tidsmessig å sette fullt fokus på det.	Avventer tegningsunderlag fra Sweco.	KLB og RS	26.02.2018		26.02.2018
78	Rapport	UiA	Reyn O'Born	Reyn har mottatt første utkast til rapporten.	Tilbakemeldingene handler om hvor vi plasserer innholdet basert på teori, metode, diskusjon, osv.	Jobbe videre med rapporten.	KLB og RS	05.03.2018		05.03.2018
79	Klimafaktor	UiA	Sofia Miliutenko	Har vært i kontakt med Sofia Miliutenko for å finne ut hvordan hun (og sine medstudenter) har laget LCA regnskap på GIS data.	Vanskelig å få noe tydelig svar, men de har multiplisert LCA-faktorer med jordsmonnet.	Vi forsetter vårt arbeid med å utvikle tilsvarende system for vegprosjektering-/bygging.	KLB og RS	19.03.2018		19.03.2018
80	Pilotprosjekt	Sweco	Jon Olav Upsal, Terje Glad	Vi har nå motatt modellgrunnet for S03 på E6 Arnkvern Moelv.	Vi har fått til å åpne filene, men savner LandXML-fil for å kunne bruke koden vi har skrevet på prosjektet.	Etterspør LandXML-fil.	KLB og RS	20.03.2018		20.04.2018

81	Pilotprosjekt	Sweco	Jon Olav Upsal, Terje Glad	Etter å ha sett på modellen har vi tre forslag til videre arbeid for masteroppgaven: Vi bruker området S03 på E6 Arnkvern – Moelv som pilotprosjekt. Vi bruker området Nørholm – Molland i Grimstad kommune (selvprosjekt) som pilotprosjekt. Vi bruker området Nørholm – Molland i Grimstad kommune (selvprosjekt) som pilotprosjekt, men bruker området S03 på E6 Arnkvern – Moelv som en «proof of concept» med fiktive verdier (dersom tiden strekker til).	Vi bruker området Nørholm – Molland i Grimstad kommune (selvprosjekt) som pilotprosjekt, men bruker området S03 på E6 Arnkvern – Moelv som en «proof of concept» med fiktive verdier (dersom tiden strekker til).		KLB og RS	22.03.2018		22.03.2018
82	Programmering	UiA		Programmeringen begynner å ta form i Visual Studio. Vi programmerer i .NET sitt rammeverk med kodespråket C#.	Vi kan nå hente opp et Excel-ark og legge inn dataegenskaper i "define property set" i Civil 3D. Vi kan regne ut volum på overbygningen.	Forsette med programmeringen i C#.	RS	02.04.2018		02.04.2018
83	Klimafaktor	UiA	Reyn O'Born	Veiledningsmøte med Reyn. Vi har forklart at vi i vårt regnskap kommer til å bruke verdier fra EFFEKT som "grunnverdi" i klimaregnskapet. Dette er fordi disse er basert på norske forhold og blir brukt av SVV.	Fortsette å utvikle Excel-ark/program med verdier fra EFFEKT.		KLB og RS	05.04.2018		05.04.2018
84	Klimafaktor	UiA	Reyn O'Born	For å utfylle regnskapet vårt bør vi legge til Energifaktorer i tillegg til Klimafaktorer.	Vi legger til energifaktorer for norske forhold som er oppgitt i SVVs program EFFEKT. Vi vurderer å bruke konservative verdier.		KLB og RS	05.04.2018		05.04.2018
85	Informasjon	UiA	Reyn O'Born	Vi har satt av frister for innlevering av rapport til gjennomlesning med milepæler.	Reyn har sendt ut frister på E-post for "veldig rough draft", "final draft", "2.final draft" og "final masterdraft".		KLB og RS	05.04.2018		05.04.2018
86	Pilotprosjekt	Sweco	Jon Olav Upsal, Mats Bettvik	Har motatt LandXML-fil av S03 på E6 Arnkvern Moelv.	Vi har fått åpnet filen og lagt inn programkoden vår etter noen små justeringer. Vi venter på tilbakemelding fra Sweco på om våre tall stemmer. Vi kommer til å jobbe videre som forklart i aksjonnr. 81.		KLB og RS	11.04.2018		11.04.2018
87	Pilotprosjekt	Sweco	Jon Olav Upsal, Mats Bettvik	Kontroll av tall fra mengdeberegning av S03 E6 fra Novapoint Trimble.	Tall mottatt fra Sweco. Mengdeberegningene er veldig like og ligger under resultater i rapporten.		KLB og RS	11.04.2018		02.05.2018
88	Rapport	UiA	Paul Ragnar Svennevig	Spørsmål om valgt oppsett av vedleggene er OK.	Etter å ha sett eksempler fra rapporten, ser dette bra ut. Det viktigste er at det er lett å finne frem.	Beholde nåværende utseende på vedleggene.	KLB og RS	15.05.2018		15.05.2018
89	Rapport	UiA	Reyn O'Born	Gjennomgang av første utkast av komplett rapport.	Tilbakemeldingene gikk på generelt rekkefølge av innholdet og at det gjenstår litt arbeid på teori og diskusjonsdelen.	Skrive mer teori og legg det inn i diskusjonsdelen.	KLB og RS	15.05.2018		22.05.2018
90	Rapport	Sweco	Jon Olav Upsal	Gjennomgang av rapporten på kontoret til Jon Olav på Sweco.	Har gått gjennom rapporten muntlig og fått tilbakemelding på e-post. Jon Olav er fornøyd med resultatet, selv om oppgaven har endret seg noe i forhold til hva som ble skissert for ett år siden.	Jobbe videre med det akademiske arbeidet, for å gjøre rapporten klar for innlevering.	KLB og RS	16.05.2018		28.05.2018
91	Rapport	UiA	Paul Ragnar Svennevig	Gjennomgang av rapporten på kontoret til Paul Ragnar.	Har gått gjennom kommentarene fra Reyn. Paul mener det generelt er gjennomført et solid arbeid i masterprosjektet og ser frem til å lese gjennom ferdig rapport.		KLB og RS	22.05.2018		22.05.2018
92	Rapport	UiA	Reyn O'Born	Gjennomgang av rapporten på kontoret til Reyn.	Kommentarene fra pkt. 88 er rettet opp i. Det gjenstår litt finpuss på diskusjonsdelen og summary, men ellers OK.	Skrive mer i diskusjonsdelen og rett opp rødt tekst i dokumentet.	KLB og RS	22.05.2018		22.05.2018

III Utslippskoeffisienter

Koeffisienter for klimagassutslipp (år 2020 for drivstoff) [27, s. 127]. Koeffisienter for klimagassutslipp (år 2020 for drivstoff) [27, s. 127].

Materiale	Enhet	Norsk elmiks kg CO ₂ -ekv	Direkte utslipp kg CO ₂ -ekv	Transportavstand km
Asfalt	Tonn	58,5		40
Pukk	Tonn	3,52		0
Asfaltert grus	Tonn	34,2		40
Asfaltmembran	m ²	21,6		40
Stål	Tonn	1891		-
Betong	m ³	271		40
Betongelement	Tonn	141		100
Drensrør, plast	Tonn	2142		100
Armeringsstål	Tonn	804		-
PE-skum	Tonn	2649		2000
Sprengstoff	Tonn	2753		100
Aluminium	Tonn	8564		400
Maling, ferge	Tonn	2867		200
Kobber (i ledninger)	Tonn	2227		300
Plast (i ledninger)	Tonn	2058		200
Glass, ferge	Tonn	966		300
Transportarbeid	Tonnm	0,34	0,31	-
Diesel, anleggsmaskiner	Liter	3,31	2,66	-
Elektrisitet	kWh	0,05		-
Bensin	Liter	2,75		-
MGO	Liter	3,21		-
LNG	Liter MGO- ekv	2,84		-

IV Skisse til programmeringskoden

Kategori	Mengde Prosjektert	Mengde egedefinert	Enhet	Materialtetthet generisk [-]	Materialtetthet prosjektert [-]	Mengde [tonn]	Kommentar - Maskiner
Hovedmengder veg							
Overbygning							
Slitelag	492		m3	2,5		1230	Slitelagmengden er hentet fra Novapoint.
Bindlag	431		m3	2,5		1078	Bindlagmengden er hentet fra Novapoint.
Bærelag	1656		m3	2,4		3974	Bærelagmengden er hentet fra Novapoint.
Forsterkningslag	8803		m3	1,5		13205	Forsterkningslagmengden er hentet fra Novapoint.
Frostsikring	3290		m3	1,5		4935	Frostsikringslagmengden er hentet fra Novapoint.
Filtelag			m2			0	
Underbygning							
Armering			tonn			0	
Peling			tonn			0	
Grøft							
VA	2366		m	1		2366	
Skjæring							
Sprengning	53424		kg	1		53	
Sikring av berskjæring			m2			0	
Fylling							
Massetilførsel			tonn			0	

Kategori	Mengde [tonn]	Avstand generisk [km]	Avstand prosjektert [km]	Resultat [tkm]	Kommentar - Transport
Hovedmengder Massetransport					
Masseforflytning					
Slitelag	1230	40	33,6	41328	Avstand fra byggeplass til NCC Birkeland
Bindlag	1078	40	33,6	36204	Avstand fra byggeplass til NCC Birkeland
Bærelag	3974	40	33,6	133540	Avstand fra byggeplass til NCC Birkeland
Forsterkningslag	13205	0	23	303704	Avstand fra byggeplass til Landvik
Frostsikring	4935	0	23	113505	Avstand fra byggeplass til Landvik
Underbygning				0	
Grøft				0	
Skjæring				0	
Fylling				0	

Kategori	Mengde	Enhet	Dieselforbruk generisk [l/enhet]	Dieselforbruk prosjektert [l/enhet]	Resultat [l]	Kommentar - Maskiner
Hovedmengder anleggsmaskiner						
Graving						
Overbygning		m^3	1		0	Slitelagmengden er hentet fra Novapoint.
Underbygning		m^3	1		0	Bindlagmengden er hentet fra Novapoint.
Grøft	2366	m	40		94640	
Vegdekke						
Asfaltering, slitelag	492	m^3	2		984	Slitelagmengden er hentet fra Novapoint.
Asfaltering, bindlag	431	m^3	2		862	Bindlagmengden er hentet fra Novapoint.
Asfaltering, bærelag	1656	m^3	2		3312	Bærelagmengden er hentet fra Novapoint.
Legging, forsterkningslag	8803	m^3	1		8803	Forsterkningslagmengden er hentet fra Novapoint.
Legging, frostsikringslag	3290	m^3	1		3290	Frostsikringslagmengden er hentet fra Novapoint.
Komprimering						
Overbygning	0	m				
Underbygning	0	m				
Grøft	0	m				
Skjæring	0	m				
Fylling	2366	m				

Kategori	Enhet	Klimakoeffisient for klimagassutslipp generisk [kg/enhet]	Klimakoeffisient for klimagassutslipp prosjektert [kg/enhet]	CO2-ekv. utslipp [kg]
Hovedmengder veg				
Overbygning				
Slitelag	tonn	58,5		71955
Bindlag	tonn	58,5		63034
Bærelag	tonn	34,3		136322
Forsterkningslag	tonn	3,52		46480
Frostsikring	tonn	3,52		17371
Filtlag	tonn			0
Underbygning				
Armering	tonn			
Peling	tonn			
Grøft				
VA	m			
Skjæring				
Sprengning	tonn	2767		147824
Sikring av bergskjæring	m2			
Fylling				
Massetilførsel	tonn			
Hovedmengder Transport				
Massetransport				
Slitelag	tkm	0,34		14052
Bindlag	tkm	0,34		12309
Bærelag	tkm	0,34		45404
Forsterkningslag	tkm	0,34		103259
Frostsikring	tkm	0,34		38592
Underbygning	tkm	0,34		0
Grøft	tkm	0,34		0
Skjæring	tkm	0,34		0
Fylling	tkm	0,34		0
Hovedmengder Maskiner				
Graving				
Overbygning	l	3,31		0
Underbygning	l	3,31		0
Grøft	l	3,31		313258
Vegdekke				
Asfaltering, slitelag	l	3,31		3257
Asfaltering, bindlag	l	3,31		2853
Asfaltering, bærelag	l	3,31		10963
Legging, forsterkningslag	l	3,31		29138
Legging, frostsikringslag	l	3,31		10890
Komprimering				
Overbygning	m			
Underbygning	m			
Grøft	m			
Skjæring	m			
Fylling	m			

Sum [kg]	1066960
Sum [tonn]	1066,96

Kategori	Enhet	Koeffisient for energiforbruk generisk [MJ/enhet]	Koeffisient for energiforbruk prosjektert [MJ/enhet]	Energiforbruk [MJ]
Hovedmengder veg				
Overbygning				
Slitelag	tonn	3232		3975360
Bindlag	tonn	3232		3482480
Bærelag	tonn	1055		4192992
Forsterkningslag	tonn	47		620612
Frostsikring	tonn	47		231945
Filtelag	tonn			0
Underbygning				
Armering	tonn			
Peling	tonn			
Grøft				
VA	m			
Skjæring				
Sprengning	tonn	25911		1384269
Sikring av bergskjæring	m2			
Fylling				
Massetilførsel	tonn			
Hovedmengder Transport				
Massetransport				
Slitelag	tkm	5,1		210773
Bindlag	tkm	5,1		184640
Bærelag	tkm	5,1		681053
Forsterkningslag	tkm	5,1		1548888
Frostsikring	tkm	5,1		578876
Underbygning	tkm	5,1		0
Grøft	tkm	5,1		0
Skjæring	tkm	5,1		0
Fylling	tkm	5,1		0
Hovedmengder Maskiner				
Graving				
Overbygning	l	49		0
Underbygning	l	49		0
Grøft	l	49		4637360
Vegdekke				
Asfaltering, slitelag	l	49		48216
Asfaltering, bindlag	l	49		42238
Asfaltering, bærelag	l	49		162288
Legging, forsterkningslag	l	49		431347
Legging, frostsikringslag	l	49		161210
Komprimering				
Overbygning	m			
Underbygning	m			
Grøft	m			
Skjæring	m			
Fylling	m			

Sum [MJ] 22574546

Kategori	Enhet	Koeffisient for kostnad generisk [kr/enhet]	Koeffisient for kostnad prosjektert	Kostnad [kr,-]
Hovedmengder veg				
Overbygning				
Slitelag	tonn	2000		kr 2 460 000
Bindlag	tonn	2000		kr 2 155 000
Bærelag	tonn	1000		kr 3 974 400
Forsterkningslag	tonn	1000		kr 13 204 500
Frostsikring	tonn	1000		kr 4 935 000
Filtelag	tonn			kr -
Underbygning				
Armering	tonn			kr -
Peling	tonn			kr -
Grøft				
VA	m			
Skjæring				
Sprengning	tonn	4000		kr 213 696
Sikring av bergskjæring	m2			
Fylling				
Massetilførsel	tonn			
Hovedmengder Transport				
Massetransport				
Slitelag	tkm	1		kr 41 328
Bindlag	tkm	1		kr 36 204
Bærelag	tkm	1		kr 133 540
Forsterkningslag	tkm	1		kr 303 704
Frostsikring	tkm	1		kr 113 505
Underbygning	tkm	1		kr -
Grøft	tkm	1		kr -
Skjæring	tkm	1		kr -
Fylling	tkm	1		kr -
Hovedmengder Maskiner				
Graving				
Overbygning	l	12		0
Underbygning	l	12		0
Grøft	l	12		1135680
Vegdekke				
Asfaltering, slitelag	l	12		kr 11 808
Asfaltering, bindlag	l	12		kr 10 344
Asfaltering, bærelag	l	12		kr 39 744
Legging, forsterkningslag	l	12		kr 105 636
Legging, frostsikringslag	l	12		kr 39 480
Komprimering				
Overbygning	m			
Underbygning	m			
Grøft	m			
Skjæring	m			
Fylling	m			

Sum [-]	kr 28 913 568
Sum [millioner]	kr 28,91

V Programmeringskode

```
1
2 //AutoCAD libraries
3 using Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices;
4 using Autodesk.AutoCAD.EditorInput;
5 using Autodesk.AutoCAD.Runtime;
6 using Autodesk.Windows;
7 using Autodesk.AutoCAD.Ribbon;
8 using Autodesk.AutoCAD.DatabaseServices;
9
10
11
12 // AEC libraries
13 using Autodesk.Aec.PropertyData.DatabaseServices;
14
15
16 // System libraries
17 using System;
18 using System.Windows.Media.Imaging;
19 using System.IO;
20
21 [assembly: ExtensionApplication(typeof(ModellKalkulator.Oppstart))]
22 [assembly: CommandClass(typeof(ModellKalkulator.Kommandoer))]
23
24
25 namespace ModellKalkulator
26 {
27
28
29
30
31     public class Oppstart : Autodesk.AutoCAD.Runtime.IExtensionApplication
32     {
33     {
34
35         // Dette er en unik ID for å identifisere vår egenlagget TAB. Viktig å beholde unik i tilfelle det kommer i veien ↗
```



```
    for andre funksjoner tilført av andre programmer
36     private const String TAB_ID = "UtslippsKalkulatorRSogKLB";
37
38
39     // Kode som kjører ved innlasting dll filen via netload eller ad-ins menyen.
40     void IExtensionApplication.Initialize()
41     {
42
43         RibbonControl rbnCtrl = RibbonServices.RibbonPaletteSet.RibbonControl;
44
45         // Legg til egen Ribbon Tab
46         RibbonTab rbnTab = new RibbonTab();
47         rbnTab.Title = "Modell Kalkulator";
48         rbnTab.Id = TAB_ID;
49         rbnCtrl.Tabs.Add(rbnTab);
50
51         // Legg til et paneler i taben
52         RibbonPanelSource DataImportRbnSrc = new RibbonPanelSource();
53         RibbonPanelSource ResultatRbnSrc = new RibbonPanelSource();
54         DataImportRbnSrc.Title = "Import av data";
55         ResultatRbnSrc.Title = "Resultater";
56         //Add custom ribbon panel
57         RibbonPanel DataImportRbnPnl = new RibbonPanel();
58         RibbonPanel ResultatRbnPnl = new RibbonPanel();
59         DataImportRbnPnl.Source = DataImportRbnSrc;
60         ResultatRbnPnl.Source = ResultatRbnSrc;
61         rbnTab.Panels.Add(DataImportRbnPnl);
62         rbnTab.Panels.Add(ResultatRbnPnl);
63
64         //Legg til knapper
65         //Mengde
66         RibbonButton btnMengde = new RibbonButton();
67         btnMengde.Text = "Mengde";
68         btnMengde.CommandParameter = "MENGDE"; // Må være store bokstaver og mellomrom på slutten
69         btnMengde.LargeImage = getBitmap("ModellKalkulator.Icons.Mengde_32x32.png");
```

```
70     btnMengde.Image = getBitmap("ModellKalkulator.Icons.Mengde_16x16.png");
71     btnMengde.Size = RibbonItemSize.Large;
72     btnMengde.Orientation = System.Windows.Controls.Orientation.Vertical;
73     btnMengde.ShowText = true;
74     btnMengde.ShowImage = true;
75     btnMengde.CommandHandler = new RibbonCommandHandler();
76
77     //Transport
78     RibbonButton btnTransport = new RibbonButton();
79     btnTransport.Text = "Transport";
80     btnTransport.CommandParameter = "TRANSPORT"; // Må være store bokstaver og mellomrom på slutten
81     btnTransport.LargeImage = getBitmap("ModellKalkulator.Icons.Transport_32x32.png");
82     btnTransport.Image = getBitmap("ModellKalkulator.Icons.Transport_16x16.png");
83     btnTransport.Size = RibbonItemSize.Large;
84     btnTransport.Orientation = System.Windows.Controls.Orientation.Vertical;
85     btnTransport.ShowText = true;
86     btnTransport.ShowImage = true;
87     btnTransport.CommandHandler = new RibbonCommandHandler();
88
89     //Utslipp
90     RibbonButton btnUtslipp = new RibbonButton();
91     btnUtslipp.Text = "Utslipp";
92     btnUtslipp.CommandParameter = "RESULTATERCO2"; // Må være store bokstaver og mellomrom på slutten
93     btnUtslipp.LargeImage = getBitmap("ModellKalkulator.Icons.Utslipp_32x32.png");
94     btnUtslipp.Image = getBitmap("ModellKalkulator.Icons.Utslipp_16x16.png");
95     btnUtslipp.Size = RibbonItemSize.Large;
96     btnUtslipp.Orientation = System.Windows.Controls.Orientation.Vertical;
97     btnUtslipp.ShowText = true;
98     btnUtslipp.ShowImage = true;
99     btnUtslipp.CommandHandler = new RibbonCommandHandler();
100
101     //Energi
102     RibbonButton btnEnergi = new RibbonButton();
103     btnEnergi.Text = "Energi";
104     btnEnergi.CommandParameter = "RESULTATERENERGI"; // Må være store bokstaver og mellomrom på slutten
```

```
105     btnEnergi.LargeImage = getBitmap("ModellKalkulator.Icons.Energi_32x32.png");
106     btnEnergi.Image = getBitmap("ModellKalkulator.Icons.Energi_16x16.png");
107     btnEnergi.Size = RibbonItemSize.Large;
108     btnEnergi.Orientation = System.Windows.Controls.Orientation.Vertical;
109     btnEnergi.ShowText = true;
110     btnEnergi.ShowImage = true;
111     btnEnergi.CommandHandler = new RibbonCommandHandler();
112
113
114     //Kostnad
115     RibbonButton btnKostnad = new RibbonButton();
116     btnKostnad.Text = "Kostnad";
117     btnKostnad.CommandParameter = "RESULTATERKOSTNAD"; // Må være store bokstaver og mellomrom på slutten
118     btnKostnad.LargeImage = getBitmap("ModellKalkulator.Icons.Kostnad_32x32.png");
119     btnKostnad.Image = getBitmap("ModellKalkulator.Icons.Kostnad_16x16.png");
120     btnKostnad.Size = RibbonItemSize.Large;
121     btnKostnad.Orientation = System.Windows.Controls.Orientation.Vertical;
122     btnKostnad.ShowText = true;
123     btnKostnad.ShowImage = true;
124     btnKostnad.CommandHandler = new RibbonCommandHandler();
125
126     //Anleggsmaskiner
127     RibbonButton btnAnleggsmaskiner = new RibbonButton();
128     btnAnleggsmaskiner.Text = "Maskiner";
129     btnAnleggsmaskiner.CommandParameter = "MASKINER"; // Må være store bokstaver og mellomrom på slutten
130     btnAnleggsmaskiner.LargeImage = getBitmap("ModellKalkulator.Icons.Anleggsmaskiner_32x32.png");
131     btnAnleggsmaskiner.Image = getBitmap("ModellKalkulator.Icons.Anleggsmaskiner_16x16.png");
132     btnAnleggsmaskiner.Size = RibbonItemSize.Large;
133     btnAnleggsmaskiner.Orientation = System.Windows.Controls.Orientation.Vertical;
134     btnAnleggsmaskiner.ShowText = true;
135     btnAnleggsmaskiner.ShowImage = true;
136     btnAnleggsmaskiner.CommandHandler = new RibbonCommandHandler();
137
138
139
```

```
140         //Legg til en ribbon tooltips
141         //btnTransport
142         RibbonToolTip rbnToolTip = new RibbonToolTip();
143         rbnToolTip.Command = "les_excel";
144         rbnToolTip.Title = "Les data fra Excel-ark";
145         rbnToolTip.Content = "Denne funksjonen laster inn forhåndsdefinerte data fra det valgte Excel arket";
146         rbnToolTip.ExpandedContent = "Verdier som blir importert er pr nå: Rader (A1:A9): Slite-, bind-, bære-,  
         forsterkning- og frostsikringslag. Kolonen: (EFFEKT)";
147         //Legg til beskrivelsen til aktuelle knappen
148         btnTransport.ToolTip = rbnToolTip;
149
150
151
152         // Legg Knappen til panelet
153         DataImportRbnSrc.Items.Add(btnMengde);
154         DataImportRbnSrc.Items.Add(btnTransport);
155         DataImportRbnSrc.Items.Add(btnAnleggsmaskiner);
156         ResultatRbnSrc.Items.Add(btnUtslipp);
157         ResultatRbnSrc.Items.Add(btnEnergi);
158         ResultatRbnSrc.Items.Add(btnKostnad);
159
160
161
162         //Sett Den nye taben som aktiv
163         rbnTab.IsActive = true;
164
165
166
167
168         // FUNKSJONER
169         // Funksjon for import av ikoner til knapper
170         BitmapImage getBitmap(string fileName)
171         {
172             BitmapImage bmp = new BitmapImage();
173             System.Reflection.Assembly a = System.Reflection.Assembly.GetExecutingAssembly();
```

```
174         Stream stream = a.GetManifestResourceStream(fileName);
175
176         // BitmapImage.UriSource must be in a BeginInit/EndInit block.
177         bmp.BeginInit();
178         bmp.StreamSource = stream;
179         bmp.EndInit();
180         return bmp;
181     }
182
183
184     AdvarselOppstart t = new AdvarselOppstart();
185     t.Show();
186
187
188     // Skriv ut en bekreftelse til kommandolinjen om at applikasjonen er lastet opp til minnet uten problemer
189     Editor ed = Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.Editor;
190     ed.WriteMessage("Applikasjons oppstart vellykket");
191 }
192
193 public void Terminate()
194 {
195     Console.WriteLine("Rydder opp");
196 }
197
198
199
200 }
201
202
203 public class RibbonCommandHandler : System.Windows.Input.ICommand
204 {
205     public bool CanExecute(object parameter)
206     {
207         return true;
208     }
209 }
```

```
209
210     public event EventHandler CanExecuteChanged;
211
212     public void Execute(object parameter)
213     {
214         //Get the current document and database
215         Document acDoc = Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument;
216         Database acDB = acDoc.Database;
217         Editor acEdit = acDoc.Editor;
218         try
219         {
220             RibbonButton rbnBtn = parameter as RibbonButton;
221             if (rbnBtn != null)
222             {
223                 if ((String)rbnBtn.CommandParameter == "MENGDEN")
224                 {
225                     FormMengde f1 = new FormMengde();
226
227                     System.Windows.Forms.Label tb_mengde_beregnet = new System.Windows.Forms.Label();
228                     System.Windows.Forms.TextBox tb_egendef_tetthet = new System.Windows.Forms.TextBox();
229                     System.Windows.Forms.TextBox tb_Beskrivelse = new System.Windows.Forms.TextBox();
230                     System.Windows.Forms.Label tb_Mengde_tonn = new System.Windows.Forms.Label();
231
232
233                     // Iterer gjennom alle navnene i string array'ene over. Gjør koden mer moduler med tanke på legge
234                     // til og fjerne ting fra tabellene
235                     for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Navn.Length - 1; i++)
236                     {
237                         try
238                         {
239                             using (Transaction ts =
240                                 Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.Database.Tr
241                                 ansactionManager.StartTransaction())
242                             {
243                                 DictionaryPropertySetDefinitions dicPropSetDif = new DictionaryPropertySetDefinitions
```

```
(acDB);
241     if (dicPropSetDif.Has(GlobaleVariabler.OB_Navn[i], ts))
242     {
243         ObjectId objID = dicPropSetDif.GetAt(GlobaleVariabler.OB_Navn[i]);
244         PropertySetDefinition psd = objID.GetObject(OpenMode.ForRead) as PropertySetDefinition;
245         if (psd != null)
246         {
247             try
248             {
249                 if (GlobaleVariabler.OB_Navn[i] == "Sprengstoff")
250                 {
251                     int idx_mengde = psd.Definitions.IndexOf
252 (GlobaleVariabler.Mengde_Sprengstoff);
253                     int idx_Beskrivelse = psd.Definitions.IndexOf
254 (GlobaleVariabler.Beskrivelse_Sprengstoff);
255                     int idx_mengde_tonn = idx_mengde;
256
257                     tb_mengde_beregnet = (System.Windows.Forms.Label)f1.Controls.Find
258 (GlobaleVariabler.OB_MengdeBeregnet[i], true)[0];
259                     tb_Beskrivelse = (System.Windows.Forms.TextBox)f1.Controls.Find
260 (GlobaleVariabler.OB_MengdeBeskrivelse[i], true)[0];
261                     tb_Mengde_tonn = (System.Windows.Forms.Label)f1.Controls.Find
262 (GlobaleVariabler.OB_MengdeResultat[i], true)[0];
263
264                     tb_mengde_beregnet.Text = psd.Definitions
265 [idx_mengde].DefaultData.ToString();
266                     tb_Beskrivelse.Text = psd.Definitions
267 [idx_Beskrivelse].DefaultData.ToString();
268                     tb_Mengde_tonn.Text = psd.Definitions
269 [idx_mengde_tonn].DefaultData.ToString();
270                 }
271             }
272             else if (GlobaleVariabler.OB_Navn[i] == "Groft")
273             {
```

```
266         int idx_mengde = psd.Definitions.IndexOf(GlobaleVariabler.Mengde_Groft);
267         int idx_Beskrivelse = psd.Definitions.IndexOf
(GlobaleVariabler.Beskrivelse_Groft);
268         int idx_mengde_tonn = idx_mengde;
269
270         tb_mengde_beregnet = (System.Windows.Forms.Label)f1.Controls.Find
(GlobaleVariabler.OB_MengdeBeregnet[i], true)[0];
271         tb_Beskrivelse = (System.Windows.Forms.TextBox)f1.Controls.Find
(GlobaleVariabler.OB_MengdeBeskrivelse[i], true)[0];
272         tb_Mengde_tonn = (System.Windows.Forms.Label)f1.Controls.Find
(GlobaleVariabler.OB_MengdeResultat[i], true)[0];
273
274         tb_mengde_beregnet.Text = psd.Definitions
[idx_mengde].DefaultData.ToString();
275         tb_Beskrivelse.Text = psd.Definitions
[idx_Beskrivelse].DefaultData.ToString();
276         tb_Mengde_tonn.Text = psd.Definitions
[idx_mengde_tonn].DefaultData.ToString();
277     }
278     else
279     {
280         int idx_mengde = psd.Definitions.IndexOf(GlobaleVariabler.Mengde_Kubikk);
281         int idx_tetthet = psd.Definitions.IndexOf
(GlobaleVariabler.Bulk_Densitet);
282         int idx_Beskrivelse = psd.Definitions.IndexOf
(GlobaleVariabler.Material_Beskrivelse);
283         int idx_mengde_tonn = psd.Definitions.IndexOf
(GlobaleVariabler.Mengde_tonn);
284
285         // Finn de aktuelle Text boksene og Labelene
286         tb_mengde_beregnet = (System.Windows.Forms.Label)f1.Controls.Find
(GlobaleVariabler.OB_MengdeBeregnet[i], true)[0];
287         tb_egendef_tetthet = (System.Windows.Forms.TextBox)f1.Controls.Find
(GlobaleVariabler.OB_MengdeTetthetEgendefinert[i], true)[0];
288         tb_Beskrivelse = (System.Windows.Forms.TextBox)f1.Controls.Find
```



```
289         (GlobaleVariabler.OB_MengdeBeskrivelse[i], true)[0];
        tb_Mengde_tonn = (System.Windows.Forms.Label)f1.Controls.Find
        (GlobaleVariabler.OB_MengdeResultat[i], true)[0];

290
291         // Hent verdiene fra Tekst boksene og Labelene
292         tb_mengde_beregnet.Text = psd.Definitions
        [idx_mengde].DefaultData.ToString();
293         tb_egendef_tetthet.Text = psd.Definitions
        [idx_tetthet].DefaultData.ToString();
294         tb_Beskrivelse.Text = psd.Definitions
        [idx_Beskrivelse].DefaultData.ToString();
295         tb_Mengde_tonn.Text = psd.Definitions
        [idx_mengde_tonn].DefaultData.ToString();
296     }
297
298     }
299     catch { }
300 }
301 }
302
303     ts.Abort();
304 }
305 }
306 catch (System.Exception e)
307 {
308     acEdit.WriteMessage("Error: " + e.Message);
309 }
310
311 }
312 // hvis vinduet på skjermen
313 f1.Show();
314
315 }
316 else if ((String)rbtn.CommandParameter == "TRANSPORT")
317 {
```



```
346         int idx_transport_beskrivelse = psd.Definitions.IndexOf
(GlobaleVariabler.Transport_Beskrivelse);

347
348         // Finn de aktuelle Text boksene og Labelene
349         TransportAvstandTextBox = (System.Windows.Forms.TextBox)f1.Controls.Find
(GlobaleVariabler.OB_TransportAvstandProsjektert[i], true)[0];
350         TransportBeskrivelseTextBox = (System.Windows.Forms.TextBox)f1.Controls.Find
(GlobaleVariabler.OB_TransportBeskrivelse[i], true)[0];
351         TransportArbeidResultatlabel = (System.Windows.Forms.Label)f1.Controls.Find
(GlobaleVariabler.OB_TransportResultat[i], true)[0];

352
353         // Hent verdiene fra Tekst boksene og Labelene
354         TransportAvstandTextBox.Text = psd.Definitions
[idx_transport_avstand].DefaultData.ToString();
355         TransportArbeidResultatlabel.Text = psd.Definitions
[idx_transport_arbeid].DefaultData.ToString();
356         TransportBeskrivelseTextBox.Text = psd.Definitions
[idx_transport_beskrivelse].DefaultData.ToString();

357     }
358     catch { }

359
360
361     // Hent inn mengdene beregnet i Mengde Vinduet
362     try
363     {
364         int idx_mengde_tonn = psd.Definitions.IndexOf(GlobaleVariabler.Mengde_tonn);
365
366         // Finn de aktuelle Text boksene og Labelene
367         TransportMengdeLabel = (System.Windows.Forms.Label)f1.Controls.Find
(GlobaleVariabler.OB_TransportMengde[i], true)[0];

368
369         // Hent verdiene fra Tekst boksene og Labelene
370         TransportMengdeLabel.Text = psd.Definitions
[idx_mengde_tonn].DefaultData.ToString();

371
```

```
372         }
373         catch { }
374     }
375 }
376     ts.Abort();
377 }
378 }
379     catch (System.Exception e)
380     {
381         acEdit.WriteMessage("Error: " + e.Message);
382     }
383 }
384 }
385
386
387     f1.Show();
388 }
389 else if ((String)rbtn.CommandParameter == "MASKINER")
390 {
391     FormMaskiner f1 = new FormMaskiner();
392     System.Windows.Forms.TextBox MaskinerDFPTextBox = new System.Windows.Forms.TextBox();
393     System.Windows.Forms.TextBox MaskinerBeskrivelseTextBox = new System.Windows.Forms.TextBox();
394     System.Windows.Forms.Label MaskinerResultatlabel = new System.Windows.Forms.Label();
395
396     System.Windows.Forms.Label MaskinerMengdelabel = new System.Windows.Forms.Label();
397
398     // Iterer gjennom alle navnene i string array'ene over. Gjør koden mer moduler med tanke på legge
399     // til og fjerne ting fra tabellene
400     for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_MaskinerNavn.Length - 1; i++)
401     {
402         try
403         {
404             using (Transaction ts =
405                 Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.Database.Tr
406                 ansactionManager.StartTransaction())
```

```
404     {
405         DictionaryPropertySetDefinitions dicPropSetDif = new DictionaryPropertySetDefinitions
(acDB);
406         if (dicPropSetDif.Has(GlobaleVariabler.OB_MaskinerNavn[i], ts))
407         {
408             ObjectId objID = dicPropSetDif.GetAt(GlobaleVariabler.OB_MaskinerNavn[i]);
409             PropertySetDefinition psd = objID.GetObject(OpenMode.ForRead) as
PropertySetDefinition;
410             if (psd != null)
411             {
412                 // Hent inn tall definert av Transport vinduet om det er beregnet fra før av
413                 try
414                 {
415
416                     // int blir -1 om det ikke blir funnet noe
417                     int idx_maskiner_forbruk = psd.Definitions.IndexOf
(GlobaleVariabler.Maskiner_forbruk);
418                     int idx_maskiner_resultat = psd.Definitions.IndexOf
(GlobaleVariabler.Maskiner_Resultat);
419                     int idx_maskiner_beskrivelse = psd.Definitions.IndexOf
(GlobaleVariabler.Maskiner_Beskrivelse);
420
421
422                     // Finn de aktuelle Text boksene og Labelene
423                     MaskinerDFPTextBox = (System.Windows.Forms.TextBox)f1.Controls.Find
(GlobaleVariabler.OB_MaskinerDieselForbrukProsjektert[i], true)[0];
424                     MaskinerBeskrivelseTextBox = (System.Windows.Forms.TextBox)f1.Controls.Find
(GlobaleVariabler.OB_MaskinerBeskrivelse[i], true)[0];
425                     MaskinerResultatlabel = (System.Windows.Forms.Label)f1.Controls.Find
(GlobaleVariabler.OB_MaskinerResultat[i], true)[0];
426
427                     // Hent verdiene fra Tekst boksene og Labelene
428                     MaskinerDFPTextBox.Text = psd.Definitions
[idx_maskiner_forbruk].DefaultData.ToString();
429                     MaskinerBeskrivelseTextBox.Text = psd.Definitions
```

```
430 [idx_maskiner_beskrivelse].DefaultData.ToString();
      MaskinerResultatlabel.Text = psd.Definitions
431 [idx_maskiner_resultat].DefaultData.ToString();
432     }
433     catch { }
434
435     // Hent inn mengdene beregnet i Mengde Vinduet
436     try
437     {
438         int idx_mengde_kubikk = psd.Definitions.IndexOf
439 (GlobaleVariabler.Mengde_Kubikk);
440
441         // Finn de aktuelle Text boksene og Labelene
442         MaskinerMengdelabel = (System.Windows.Forms.Label)f1.Controls.Find
443 (GlobaleVariabler.OB_MaskinerMengde[i], true)[0];
444
445         // Hent verdiene fra Tekst boksene og Labelene
446         MaskinerMengdelabel.Text = psd.Definitions
447 [idx_mengde_kubikk].DefaultData.ToString();
448     }
449     catch { }
450 }
451 //System.Windows.Forms.Label MaskinOverbygning = (System.Windows.Forms.Label)
452 f1.Controls.Find("Mengde_Overbygning", true)[0];
453 //System.Windows.Forms.Label Forsterkningslag = (System.Windows.Forms.Label)
454 f1.Controls.Find("Mengde_Forsterkning", true)[0];
455 //System.Windows.Forms.Label Frostsikring = (System.Windows.Forms.Label)f1.Controls.Find
456 ("Mengde_Frostsikring", true)[0];
457 //MaskinOverbygning.Text = (Convert.ToDouble(Forsterkningslag.Text.Replace(".", ",")) +
458 Convert.ToDouble(Frostsikring.Text.Replace(".", ","))).ToString();
459
460 ts.Abort();
```

```
456     }
457     }
458     catch (System.Exception e)
459     {
460         acEdit.WriteMessage("Error: " + e.Message);
461     }
462 }
463 }
464
465
466     f1.Show();
467 }
468 else if ((String)rbtn.CommandParameter == "RESULTATERCO2")
469 {
470     FormResultatCO2 f1 = new FormResultatCO2();
471
472     System.Windows.Forms.Label tb_Mengde_tonn = new System.Windows.Forms.Label();
473     System.Windows.Forms.Label tb_Mengde_tkm = new System.Windows.Forms.Label();
474
475
476     // FOR LOOP FOR MENGDE TONN
477     // Iterer gjennom alle navnene i string array'ene over. Gjør koden mer moduler med tanke på legge ↗
478     // til og fjerne ting fra tabellene
479     for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tonn.Length - 1; i++)
480     {
481         try
482         {
483             using (Transaction ts =
484                 Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.Database.Tr ↗
485                 ansactionManager.StartTransaction())
486             {
487                 DictionaryPropertySetDefinitions dicPropSetDif = new DictionaryPropertySetDefinitions ↗
488                 (acDB);
489                 if (dicPropSetDif.Has(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tonn[i], ts))
490                 {
```

```
487         ObjectId objID = dicPropSetDif.GetAt(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tonn[i]);
488         PropertySetDefinition psd = objID.GetObject(OpenMode.ForRead) as
PropertySetDefinition;
489         if (psd != null)
490         {
491             try
492             {
493                 int idx_mengde_tonn = -1;
494                 if (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tonn[i] == "Sprengstoff")
495                 {
496                     idx_mengde_tonn = psd.Definitions.IndexOf
(GlobaleVariabler.Mengde_Sprengstoff);
497                 }
498                 else if (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tonn[i] == "Groft")
499                 {
500                     idx_mengde_tonn = psd.Definitions.IndexOf(GlobaleVariabler.Mengde_Groft);
501                 }
502                 else
503                 {
504                     idx_mengde_tonn = psd.Definitions.IndexOf(GlobaleVariabler.Mengde_tonn);
505                 }
506
507                 // Finn de aktuelle Text boksene og Labelene
508                 tb_Mengde_tonn = (System.Windows.Forms.Label)f1.Controls.Find
(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Mengde_tonn[i], true)[0];
509                 // Hent verdiene fra Tekst boksene og Labelene
510                 tb_Mengde_tonn.Text = psd.Definitions[idx_mengde_tonn].DefaultData.ToString
();
511
512             }
513             catch { }
514         }
515     }
516
517     ts.Abort();
```



```
518     }
519     }
520     catch (System.Exception e)
521     {
522         acEdit.WriteMessage("Error: " + e.Message);
523     }
524 }
525 }
526
527 // FOR LOOP FOR MENGDE TKM
528 // Iterer gjennom alle navnene i string array'ene over. Gjør koden mer moduler med tanke på legge
529 // til og fjerne ting fra tabellene
530 for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tkm.Length - 1; i++)
531 {
532     try
533     {
534         using (Transaction ts =
535             Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.Database.Tr
536             ansactionManager.StartTransaction())
537         {
538             DictionaryPropertySetDefinitions dicPropSetDif = new DictionaryPropertySetDefinitions
539             (acDB);
540             if (dicPropSetDif.Has(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tkm[i], ts))
541             {
542                 ObjectId objID = dicPropSetDif.GetAt(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tkm[i]);
543                 PropertySetDefinition psd = objID.GetObject(OpenMode.ForRead) as
544                 PropertySetDefinition;
545                 if (psd != null)
546                 {
547                     try
548                     {
549                         int idx_mengde_tkm = psd.Definitions.IndexOf
550                         (GlobaleVariabler.Transport_Arbeid);
551                         // Finn de aktuelle Text boksene og Labelene
552                         tb_Mengde_tonn = (System.Windows.Forms.Label)f1.Controls.Find
```

```
547         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Mengde_tkm[i], true)[0];
548         // Hent verdiene fra Tekst boksene og Labelene
549         tb_Mengde_tonn.Text = psd.Definitions[idx_mengde_tkm].DefaultData.ToString();
550     }
551     catch { }
552 }
553 ts.Abort();
554 }
555 }
556 catch (System.Exception e)
557 {
558     acEdit.WriteMessage("Error: " + e.Message);
559 }
560 }
561
562
563
564 // FOR LOOP FOR MENGDE LITER
565 // Iterer gjennom alle navnene i string array'ene over. Gjør koden mer moduler med tanke på legge til og fjerne ting fra tabellene
566 for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_liter.Length - 1; i++)
567 {
568     try
569     {
570         using (Transaction ts =
571             Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.Database.TransactionManager.StartTransaction())
572         {
573             DictionaryPropertySetDefinitions dicPropSetDif = new DictionaryPropertySetDefinitions
574             (acDB);
575             if (dicPropSetDif.Has(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_liter[i], ts))
576             {
577                 ObjectId objID = dicPropSetDif.GetAt(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_liter[i]);
578                 PropertySetDefinition psd = objID.GetObject(OpenMode.ForRead) as
```

```
PropertySetDefinition;
577     if (psd != null)
578     {
579         try
580         {
581             int idx_mengde_liter = -1;
582             if (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_liter[i] == "Sprengstoff")
583             {
584                 idx_mengde_liter = psd.Definitions.IndexOf
585 (GlobaleVariabler.Mengde_Sprengstoff);
586             }
587             else if (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_liter[i] == "Groft")
588             {
589                 idx_mengde_liter = psd.Definitions.IndexOf
590 (GlobaleVariabler.Mengde_Groft);
591             }
592             else
593             {
594                 idx_mengde_liter = psd.Definitions.IndexOf
595 (GlobaleVariabler.Maskiner_Resultat);
596             }
597             // Finn de aktuelle Text boksene og Labelene
598             tb_Mengde_tonn = (System.Windows.Forms.Label)f1.Controls.Find
599 (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Mengde_liter[i], true)[0];
600             // Hent verdiene fra Tekst boksene og Labelene
601             tb_Mengde_tonn.Text = psd.Definitions[idx_mengde_liter].DefaultData.ToString
602 ();
603         }
604     }
605     catch { }
606 }
607 ts.Abort();
```

```
606     }
607     }
608     catch (System.Exception e)
609     {
610         acEdit.WriteMessage("Error: " + e.Message);
611     }
612 }
613 }
614
615     f1.Show();
616 }
617 else if ((String)rbtn.CommandParameter == "RESULTATERENERGI")
618 {
619     FormResultatEnergi f1 = new FormResultatEnergi();
620
621     System.Windows.Forms.Label tb_Mengde_tonn = new System.Windows.Forms.Label();
622     System.Windows.Forms.Label tb_Mengde_tkm = new System.Windows.Forms.Label();
623
624
625     // FOR LOOP FOR MENGDE TONN
626     // Iterer gjennom alle navnene i string array'ene over. Gjør koden mer moduler med tanke på legge til og fjerne ting fra tabellene
627     for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tonn.Length - 1; i++)
628     {
629         try
630         {
631             using (Transaction ts =
632                 Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.Database.TransactionManager.StartTransaction())
633             {
634                 DictionaryPropertySetDefinitions dicPropSetDif = new DictionaryPropertySetDefinitions
635                 (acDB);
636                 if (dicPropSetDif.Has(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tonn[i], ts))
637                 {
638                     ObjectId objID = dicPropSetDif.GetAt(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tonn[i]);
```

```
637         PropertySetDefinition psd = objID.GetObject(OpenMode.ForRead) as
PropertySetDefinition;
638         if (psd != null)
639         {
640             try
641             {
642                 int idx_mengde_tonn = -1;
643                 if (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tonn[i] == "Sprengstoff")
644                 {
645                     idx_mengde_tonn = psd.Definitions.IndexOf
(GlobaleVariabler.Mengde_Sprengstoff);
646                 }
647                 else if (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tonn[i] == "Groft")
648                 {
649                     idx_mengde_tonn = psd.Definitions.IndexOf(GlobaleVariabler.Mengde_Groft);
650                 }
651                 else
652                 {
653                     idx_mengde_tonn = psd.Definitions.IndexOf(GlobaleVariabler.Mengde_tonn);
654                 }
655
656                 // Finn de aktuelle Text boksene og Labelene
657                 tb_Mengde_tonn = (System.Windows.Forms.Label)f1.Controls.Find
(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Mengde_tonn[i], true)[0];
658                 // Hent verdiene fra Tekst boksene og Labelene
659                 tb_Mengde_tonn.Text = psd.Definitions[idx_mengde_tonn].DefaultData.ToString
();
660
661             }
662             catch { }
663         }
664     }
665
666     ts.Abort();
667 }
```

```
668     }
669     catch (System.Exception e)
670     {
671         acEdit.WriteMessage("Error: " + e.Message);
672     }
673 }
674 }
675
676 // FOR LOOP FOR MENGDE TKM
677 // Iterer gjennom alle navnene i string array'ene over. Gjør koden mer moduler med tanke på legge til og fjerne ting fra tabellene
678 for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tkm.Length - 1; i++)
679 {
680     try
681     {
682         using (Transaction ts =
683             Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.Database.TransactionManager.StartTransaction())
684         {
685             DictionaryPropertySetDefinitions dicPropSetDif = new DictionaryPropertySetDefinitions
686             (acDB);
687             if (dicPropSetDif.Has(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tkm[i], ts))
688             {
689                 ObjectId objID = dicPropSetDif.GetAt(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tkm[i]);
690                 PropertySetDefinition psd = objID.GetObject(OpenMode.ForRead) as
691                 PropertySetDefinition;
692                 if (psd != null)
693                 {
694                     try
695                     {
696                         int idx_mengde_tkm = psd.Definitions.IndexOf
697                         (GlobaleVariabler.Transport_Arbeid);
698                         // Finn de aktuelle Text boksene og Labelene
699                         tb_Mengde_tonn = (System.Windows.Forms.Label)f1.Controls.Find
700                         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Mengde_tkm[i], true)[0];
```

```
696         // Hent verdiene fra Tekst boksene og Labelene
697         tb_Mengde_tonn.Text = psd.Definitions[idx_mengde_tkm].DefaultData.ToString();
698     }
699     catch { }
700 }
701 }
702     ts.Abort();
703 }
704 }
705 catch (System.Exception e)
706 {
707     acEdit.WriteMessage("Error: " + e.Message);
708 }
709 }
710
711
712
713 // FOR LOOP FOR MENGDE LITER
714 // Iterer gjennom alle navnene i string array'ene over. Gjør koden mer moduler med tanke på legge til og fjerne ting fra tabellene
715 for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_liter.Length - 1; i++)
716 {
717     try
718     {
719         using (Transaction ts =
Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.Database.TransactionManager.StartTransaction())
720         {
721             DictionaryPropertySetDefinitions dicPropSetDif = new DictionaryPropertySetDefinitions
(acDB);
722             if (dicPropSetDif.Has(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_liter[i], ts))
723             {
724                 ObjectId objID = dicPropSetDif.GetAt(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_liter[i]);
725                 PropertySetDefinition psd = objID.GetObject(OpenMode.ForRead) as
PropertySetDefinition;
```

```
726         if (psd != null)
727         {
728             try
729             {
730                 int idx_mengde_liter = -1;
731                 if (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_liter[i] == "Sprengstoff")
732                 {
733                     idx_mengde_liter = psd.Definitions.IndexOf
734 (GlobaleVariabler.Mengde_Sprengstoff);
735                 }
736                 else if (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_liter[i] == "Groft")
737                 {
738                     idx_mengde_liter = psd.Definitions.IndexOf
739 (GlobaleVariabler.Mengde_Groft);
740                 }
741                 else
742                 {
743                     idx_mengde_liter = psd.Definitions.IndexOf
744 (GlobaleVariabler.Maskiner_Resultat);
745                 }
746
747                 // Finn de aktuelle Text boksene og Labelene
748                 tb_Mengde_tonn = (System.Windows.Forms.Label)f1.Controls.Find
749 (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Mengde_liter[i], true)[0];
750                 // Hent verdiene fra Tekst boksene og Labelene
751                 tb_Mengde_tonn.Text = psd.Definitions[idx_mengde_liter].DefaultData.ToString
752 ();
753             }
754         } catch { }
755     }
756     ts.Abort();
757 }
```



```
756     }
757     catch (System.Exception e)
758     {
759         acEdit.WriteMessage("Error: " + e.Message);
760     }
761 }
762 }
763
764     f1.Show();
765 }
766 else if ((String)rbnBtn.CommandParameter == "RESULTATERKOSTNAD")
767 {
768     FormResultatKostnad f1 = new FormResultatKostnad();
769
770     System.Windows.Forms.Label tb_Mengde_tonn = new System.Windows.Forms.Label();
771     System.Windows.Forms.Label tb_Mengde_tkm = new System.Windows.Forms.Label();
772
773
774     // FOR LOOP FOR MENGDE TONN
775     // Iterer gjennom alle navnene i string array'ene over. Gjør koden mer moduler med tanke på legge ↗
776     // til og fjerne ting fra tabellene
777     for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tonn.Length - 1; i++)
778     {
779         try
780         {
781             using (Transaction ts =
782                 Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.Database.Tr↗
783                 ansactionManager.StartTransaction())
784             {
785                 DictionaryPropertySetDefinitions dicPropSetDif = new DictionaryPropertySetDefinitions ↗
786                 (acDB);
787                 if (dicPropSetDif.Has(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tonn[i], ts))
788                 {
789                     ObjectId objID = dicPropSetDif.GetAt(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tonn[i]);
790                     PropertySetDefinition psd = objID.GetObject(OpenMode.ForRead) as ↗
```

```
PropertySetDefinition;
787     if (psd != null)
788     {
789         try
790         {
791             int idx_mengde_tonn = -1;
792             if (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tonn[i] == "Sprengstoff")
793             {
794                 idx_mengde_tonn = psd.Definitions.IndexOf
(GlobaleVariabler.Mengde_Sprengstoff);
795             }
796             else if (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tonn[i] == "Groft")
797             {
798                 idx_mengde_tonn = psd.Definitions.IndexOf(GlobaleVariabler.Mengde_Groft);
799             }
800             else
801             {
802                 idx_mengde_tonn = psd.Definitions.IndexOf(GlobaleVariabler.Mengde_tonn);
803             }
804
805             // Finn de aktuelle Text boksene og Labelene
806             tb_Mengde_tonn = (System.Windows.Forms.Label)f1.Controls.Find
(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Mengde_tonn[i], true)[0];
807             // Hent verdiene fra Tekst boksene og Labelene
808             tb_Mengde_tonn.Text = psd.Definitions[idx_mengde_tonn].DefaultData.ToString
(
809
810             }
811             catch { }
812         }
813     }
814
815     ts.Abort();
816 }
817 }
```

```
818         catch (System.Exception e)
819         {
820             acEdit.WriteMessage("Error: " + e.Message);
821         }
822     }
823 }
824
825 // FOR LOOP FOR MENGDE TKM
826 // Iterer gjennom alle navnene i string array'ene over. Gjør koden mer moduler med tanke på legge til og fjerne ting fra tabellene
827 for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tkm.Length - 1; i++)
828 {
829     try
830     {
831         using (Transaction ts =
832             Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.Database.TransactionManager.StartTransaction()
833             {
834                 DictionaryPropertySetDefinitions dicPropSetDif = new DictionaryPropertySetDefinitions
835                 (acDB);
836                 if (dicPropSetDif.Has(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tkm[i], ts))
837                 {
838                     ObjectId objID = dicPropSetDif.GetAt(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tkm[i]);
839                     PropertySetDefinition psd = objID.GetObject(OpenMode.ForRead) as
840                     PropertySetDefinition;
841                     if (psd != null)
842                     {
843                         try
844                         {
845                             int idx_mengde_tkm = psd.Definitions.IndexOf
846                             (GlobaleVariabler.Transport_Arbeid);
847                             // Finn de aktuelle Text boksene og Labelene
848                             tb_Mengde_tonn = (System.Windows.Forms.Label)f1.Controls.Find
849                             (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Mengde_tkm[i], true)[0];
850                             // Hent verdiene fra Tekst boksene og Labelene
```

```
846         tb_Mengde_tonn.Text = psd.Definitions[idx_mengde_tkm].DefaultData.ToString();
847     }
848     catch { }
849 }
850 }
851     ts.Abort();
852 }
853 }
854 catch (System.Exception e)
855 {
856     acEdit.WriteMessage("Error: " + e.Message);
857 }
858 }
859
860
861
862 // FOR LOOP FOR MENGDE LITER
863 // Iterer gjennom alle navnene i string array'ene over. Gjør koden mer moduler med tanke på legge til og fjerne ting fra tabellene
864 for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_liter.Length - 1; i++)
865 {
866     try
867     {
868         using (Transaction ts =
869             Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.Database.TransactionManager.StartTransaction()
870             {
871                 DictionaryPropertySetDefinitions dicPropSetDif = new DictionaryPropertySetDefinitions
872                 (acDB);
873                 if (dicPropSetDif.Has(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_liter[i], ts))
874                 {
875                     ObjectId objID = dicPropSetDif.GetAt(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_liter[i]);
876                     PropertySetDefinition psd = objID.GetObject(OpenMode.ForRead) as
877                     PropertySetDefinition;
878                     if (psd != null)
```

```
876         {
877             try
878             {
879                 int idx_mengde_liter = -1;
880                 if (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_liter[i] == "Sprengstoff")
881                 {
882                     idx_mengde_liter = psd.Definitions.IndexOf
883 (GlobaleVariabler.Mengde_Sprengstoff);
884                 }
885                 else if (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_liter[i] == "Groft")
886                 {
887                     idx_mengde_liter = psd.Definitions.IndexOf
888 (GlobaleVariabler.Mengde_Groft);
889                 }
890                 else
891                 {
892                     idx_mengde_liter = psd.Definitions.IndexOf
893 (GlobaleVariabler.Maskiner_Resultat);
894                 }
895                 // Finn de aktuelle Text boksene og Labelene
896                 tb_Mengde_tonn = (System.Windows.Forms.Label)f1.Controls.Find
897 (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Mengde_liter[i], true)[0];
898                 // Hent verdiene fra Tekst boksene og Labelene
899                 tb_Mengde_tonn.Text = psd.Definitions[idx_mengde_liter].DefaultData.ToString
900 ();
901             }
902         }
903     }
904     catch { }
905 }
```

```
906         catch (System.Exception e)
907         {
908             acEdit.WriteMessage("Error: " + e.Message);
909         }
910     }
911 }
912
913     f1.Show();
914 }
915 else
916 {
917     //ed.WriteMessage("String: " + rbnBtn.CommandParameter.ToString());
918     //Execute command specified in ribbon button parameter
919
Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.SendStringToExecute((String)
rbnBtn.CommandParameter, true, false, true);
920     }
921 }
922 }
923     catch (System.Exception e)
924     {
925
926         acEdit.WriteMessage("Feilmelding: " + e.Message);
927     }
928 }
929 }
930 }
```

```
1 using System;
2 using System.Collections.Generic;
3 using System.Linq;
4
5
6
7 //AutoCAD libraries
8 using Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices;
9 using Autodesk.AutoCAD.EditorInput;
10 using Autodesk.AutoCAD.Runtime;
11 using Autodesk.AutoCAD.DatabaseServices;
12
13 // Civil 3D libraries
14 using Autodesk.Civil.ApplicationServices;
15 using Autodesk.Civil.DatabaseServices;
16 using CivSurface = Autodesk.Civil.DatabaseServices.TinSurface;
17
18
19 // AEC libraries
20 using Autodesk.Aec.PropertyData.DatabaseServices;
21 using Autodesk.Civil.DatabaseServices.Styles;
22
23 namespace ModellKalkulator
24 {
25     class FargeFordeling {
26         public int Index { get; set; }
27         public string Navn { get; set; }
28         public double Utslipp { get; set; }
29     }
30
31     class Kommandoer
32     {
33         // En funksjon som oppretter et propertyset objekt for å kunne skrive det til DWG filen. lag_propertysetReal lager
34         // kun "Real" tall, altså tall med komma.
35         public static PropertySetDefinition lag_propertysetReal(Database acDB, PropertySetDefinition psd, string def_navn,
```

```
    string def_beskrivelse, double verdi, bool erSynlig = true)
35     {
36         // acDB = tegningens database
37         // psd = Property set definisjons objekt
38         // def_navn = f.eks "CO2" eller "Mill-NOK"
39         // def_beskrivelse = f.eks "kg CO2-ekv pr m^3"
40         // verdi = tall eller textverdi på det man skriver inn
41
42         psd.Description = "Propertyset opprettet av Utslipp Kalkulator Add-in laget av Kjetil Lohne Bakke og Roman Slobodchikov";
43         //True = definisjonen setes på en stil
44         //False = Definissjonen settes på et object
45         bool erStil = false;
46         System.Collections.Specialized.StringCollection sl = new System.Collections.Specialized.StringCollection();
47         sl.Add("AeccDbSurfaceTin"); //TinSurfaces
48
49         //Setter opp hvilken flater/ geometrier som skal få lov til å få denne egenskapen
50         psd.SetAppliesToFilter(sl, erStil);
51
52         PropertyDefinition pd = new PropertyDefinition();
53         pd.SetToStandard(acDB);
54         pd.SubSetDatabaseDefaults(acDB);
55         pd.Name = def_navn;
56         pd.Description = def_beskrivelse;
57         pd.DataType = Autodesk.Aec.PropertyData.DataType.Real;
58         pd.DefaultData = verdi;
59         pd.IsVisible = erSynlig;
60         psd.Definitions.Add(pd);
61
62         return psd;
63     }
64
65     // En funksjon som oppretter et propertyset objekt for å kunne skrive det til DWG filen. lag_propertysetText lager
66     // kun tekst.
67     public static PropertySetDefinition lag_propertysetText(Database acDB, PropertySetDefinition psd, string def_navn,
```



```
        string def_beskrivelse, string verdi, bool erSynlig = true)
    {
        psd.Description = "Propertyset opprettet av Utslipp Kalkulator Add-in laget av Kjetil Lohne Bakke og Roman Slobodchikov";
        //True = definisjonen setes på en stil
        //False = Definisjonen settes på et object
        bool erStil = false;
        System.Collections.Specialized.StringCollection sl = new System.Collections.Specialized.StringCollection();
        sl.Add("AeccDbSurfaceTin"); //TinSurfaces

        //Setter opp hvilken flater/ geometrier som skal få lov til å få denne egenskapen
        psd.SetAppliesToFilter(sl, erStil);

        PropertyDefinition pd = new PropertyDefinition();
        pd.SetToStandard(acDB);
        pd.SubSetDatabaseDefaults(acDB);
        pd.Name = def_navn;
        pd.Description = def_beskrivelse;
        pd.DataType = Autodesk.Aec.PropertyData.DataType.Text;
        pd.DefaultData = verdi;
        pd.IsVisible = erSynlig;
        psd.Definitions.Add(pd);

        return psd;
    }

    public static SurfaceStyle lag_surfStil(ObjectId styleId, byte Red, Byte Green, Byte Blue)
    {
        // modify the style:
        SurfaceStyle surfaceStyle = styleId.GetObject(OpenMode.ForWrite) as SurfaceStyle;

        // display surface triangles
        surfaceStyle.GetDisplayStylePlan(SurfaceDisplayStyleType.Triangles).Visible = true;
    }
}
```

```
100     surfaceStyle.GetDisplayStyleModel(SurfaceDisplayStyleType.Triangles).Visible = true;
101     surfaceStyle.GetDisplayStyleModel(SurfaceDisplayStyleType.Triangles).Color =
        Autodesk.AutoCAD.Colors.Color.FromRgb(Red, Green, Blue);

102
103     // display boundaries, exterior only:
104     surfaceStyle.GetDisplayStylePlan(SurfaceDisplayStyleType.Boundary).Visible = true;
105     surfaceStyle.BoundaryStyle.DisplayExteriorBoundaries = true;
106     surfaceStyle.BoundaryStyle.DisplayInteriorBoundaries = false;
107
108     // display major contours:
109     surfaceStyle.GetDisplayStylePlan(SurfaceDisplayStyleType.MajorContour).Visible = true;
110
111     // turn off display of other items:
112     surfaceStyle.GetDisplayStylePlan(SurfaceDisplayStyleType.MinorContour).Visible = false;
113     surfaceStyle.GetDisplayStylePlan(SurfaceDisplayStyleType.UserContours).Visible = false;
114     surfaceStyle.GetDisplayStylePlan(SurfaceDisplayStyleType.Directions).Visible = false;
115     surfaceStyle.GetDisplayStylePlan(SurfaceDisplayStyleType.Elevations).Visible = false;
116     surfaceStyle.GetDisplayStylePlan(SurfaceDisplayStyleType.Slopes).Visible = false;
117     surfaceStyle.GetDisplayStylePlan(SurfaceDisplayStyleType.SlopeArrows).Visible = false;
118     surfaceStyle.GetDisplayStylePlan(SurfaceDisplayStyleType.Watersheds).Visible = false;
119
120     return surfaceStyle;
121 }
122
123
124 public static byte[] MiljoRGBskala(int nivaa)
125 {
126     byte[] RGB = new byte[3];
127     RGB[0] = Convert.ToByte((255 * nivaa) / 100);
128     RGB[1] = Convert.ToByte((255 * (100 - nivaa)) / 100);
129     RGB[2] = 0;
130
131     return RGB;
132 }
133
```

```
134     public static void GenererPropsetResultat(string FormNavn, string[] NavnKategori, string[] Resultat, string
        Beskrivelse)
135     {
136         // Funksjonen definerer object fc. Den vil være tom (null) eller eksistere avhengig om vinduet er opp eller ikke.
137         var fc = System.Windows.Forms.Application.OpenForms[FormNavn];
138
139         //Get the current document and database
140         Document acDoc = Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument;
141         Database acDB = acDoc.Database;
142         Editor acEdit = acDoc.Editor;
143
144         // Iterer gjennom alle navnene i string array'ene over. Gjør koden mer moduler med tanke på legge til og fjerne
        ting fra tabellene
145         for (int i = 0; i <= NavnKategori.Length - 1; i++)
146         {
147             // Lag Propertyset definisjoner for Slite-, binde-, bære-, forsterkningslag og frostsikring
148             PropertySetDefinition OB_psd = new PropertySetDefinition();
149             OB_psd.SetToStandard(acDB);
150             OB_psd.SubSetDatabaseDefaults(acDB);
151             // Hent inn felt for resultat
152             System.Windows.Forms.Label ResultatLabel = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find(Resultat[i], true)
                [0];
153             try
154             {
155                 using (Transaction ts =
                    Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.Database.Transaction
                    Manager.StartTransaction())
156                 {
157                     DictionaryPropertySetDefinitions dicPropSetDif = new DictionaryPropertySetDefinitions(acDB);
158                     if (dicPropSetDif.Has(NavnKategori[i], ts))
159                     {
160                         ObjectId objID = dicPropSetDif.GetAt(NavnKategori[i]);
161                         PropertySetDefinition psd = objID.GetObject(OpenMode.ForWrite) as PropertySetDefinition;
162                         OB_psd = psd; // Hvis PropertySetDefinition finnes fra før av, vil vi skrive til den istedenfor å
                            opprette en ny en. Om man forsøker å opprette en ny PropertySetDefinition med samme anvn, vil
```

```
        man få en "DuplicateKey" feilmelding.
163     if (psd != null)
164     {
165         int idx_maskiner_resultat = psd.Definitions.IndexOf(Beskrivelse);
166         if (idx_maskiner_resultat != -1) { psd.Definitions.RemoveAt(idx_maskiner_resultat); }
167     }
168 }
169
170 OB_psd = lag_propertysetReal(acDB, OB_psd, Beskrivelse, Beskrivelse, (Math.Round((Convert.ToDouble
    (ResultatLabel.Text.Replace(".", ","))), 0)));
171
172     if (!dicPropSetDif.Has(NavnKategori[i], ts))
173     {
174         dicPropSetDif.AddNewRecord(NavnKategori[i], OB_psd);
175         ts.AddNewlyCreatedDBObject(OB_psd, true);
176     }
177
178     ts.Commit();
179 }
180 }
181 catch (System.Exception e)
182 {
183     acEdit.WriteMessage("Error: " + e.Message);
184 }
185 }
186
187 }
188
189
190
191
192
193 // No history parameteren hindrer at kommandoen kommer opp i historikken på kommandovinduet når det blir kjørt.
194 [CommandMethod("skriv_propsetMengde", CommandFlags.NoHistory)]
195 public void skriv_propsetMengde()
```

```
196     {
197
198         // Funksjonen definerer object fc. Den vil være tom (null) eller eksistere avhengig om vinduet er opp eller ikke.
199         FormMengde fc = (FormMengde)System.Windows.Forms.Application.OpenForms["FormMengde"];
200
201         // hvis fc eksisterer (ikke null), så gjennomfører man beregningen av volumer på den aktive tegningen.
202         if (fc != null)
203         {
204             //Get the current document and database
205             Document acDoc = Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument;
206             Database acDB = acDoc.Database;
207             Editor acEdit = acDoc.Editor;
208
209             // Iterer gjennom alle navnene i string array'ene over. Gjør koden mer moduler med tanke på legge til og   ↗
210             // fjerne ting fra tabellene
211             for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Navn.Length - 1; i++)
212             {
213                 // Lag Propertyset definisjoner for Slite-, binde-, bære-, forsterkningslag og frostsikring
214                 PropertySetDefinition OB_psd = new PropertySetDefinition();
215
216                 OB_psd.SetToStandard(acDB);
217                 OB_psd.SubSetDatabaseDefaults(acDB);
218
219                 // Finn de aktuelle Text boksene og Labelene
220                 System.Windows.Forms.TextBox tb_mengde_prosjekttert = (System.Windows.Forms.TextBox)fc.Controls.Find   ↗
221                     (GlobaleVariabler.OB_MengdeProsjekttert[i], true)[0];
222                 System.Windows.Forms.Label tb_mengde_beregnet = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find   ↗
223                     (GlobaleVariabler.OB_MengdeBeregnet[i], true)[0];
224
225                 System.Windows.Forms.TextBox tb_egendef_tetthet = (System.Windows.Forms.TextBox)fc.Controls.Find   ↗
226                     (GlobaleVariabler.OB_MengdeTetthetEgendefinert[i], true)[0];
227                 System.Windows.Forms.Label tb_generisk_tetthet = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find   ↗
228                     (GlobaleVariabler.OB_MengdeTetthetGenerisk[i], true)[0];
229
230                 System.Windows.Forms.TextBox tb_Beskrivelse = (System.Windows.Forms.TextBox)fc.Controls.Find   ↗
```

```
(GlobaleVariabler.OB_MengdeBeskrivelse[i], true)[0];
226
227 System.Windows.Forms.Label tb_Mengde_tonn = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find
    (GlobaleVariabler.OB_MengdeResultat[i], true)[0];
228
229 try
230 {
231     using (Transaction ts =
        Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.Database.TransactionManager.StartTransaction())
232     {
233         DictionaryPropertySetDefinitions dicPropSetDif = new DictionaryPropertySetDefinitions(acDB);
234         if (dicPropSetDif.Has(GlobaleVariabler.OB_Navn[i], ts))
235         {
236             ObjectId objID = dicPropSetDif.GetAt(GlobaleVariabler.OB_Navn[i]);
237             PropertySetDefinition psd = objID.GetObject(OpenMode.ForWrite) as PropertySetDefinition;
238             OB_psd = psd; // Hvis PropertySetDefinition finnes fra før av, vil vi skrive til den
                istedenfor å opprette en ny en. Om man forsøker å opprette en ny PropertySetDefinition med
                samme anvn, vil man få en "DuplicateKey" feilmelding.
239             if (psd != null)
240             {
241
242                 int idx_mengde = psd.Definitions.IndexOf(GlobaleVariabler.Mengde_Kubikk);
243                 if (idx_mengde != -1) { psd.Definitions.RemoveAt(idx_mengde); }
244
245                 int idx_Beskrivelse = psd.Definitions.IndexOf(GlobaleVariabler.Material_Beskrivelse);
246                 if (idx_Beskrivelse != -1) { psd.Definitions.RemoveAt(idx_Beskrivelse); }
247
248                 int idx_tetthet = psd.Definitions.IndexOf(GlobaleVariabler.Bulk_Densitet);
249                 if (idx_tetthet != -1) { psd.Definitions.RemoveAt(idx_tetthet); }
250
251                 int idx_mengde_tonn = psd.Definitions.IndexOf(GlobaleVariabler.Mengde_tonn);
252                 if (idx_mengde_tonn != -1) { psd.Definitions.RemoveAt(idx_mengde_tonn); }
253
254                 int idx_mengde_Sprengstoff = psd.Definitions.IndexOf
```

```
(GlobaleVariabler.Mengde_Sprengstoff);
255     if (idx_mengde_Sprengstoff != -1) { psd.Definitions.RemoveAt
                                        (idx_mengde_Sprengstoff); }
256
257     int idx_Beskrivelse_Sprengstoff = psd.Definitions.IndexOf
                                        (GlobaleVariabler.Beskrivelse_Sprengstoff);
258     if (idx_Beskrivelse_Sprengstoff != -1) { psd.Definitions.RemoveAt
                                        (idx_Beskrivelse_Sprengstoff); }
259
260     int idx_mengde_Groft = psd.Definitions.IndexOf(GlobaleVariabler.Mengde_Groft);
261     if (idx_mengde_Groft != -1) { psd.Definitions.RemoveAt(idx_mengde_Groft); }
262
263     int idx_Beskrivelse_Groft = psd.Definitions.IndexOf
                                        (GlobaleVariabler.Beskrivelse_Groft);
264     if (idx_Beskrivelse_Groft != -1) { psd.Definitions.RemoveAt(idx_Beskrivelse_Groft); }
265 }
266
267
268 }
269
270
271 // Hvis unntakstilfelle for beregning på Sprengstoff og Groft
272 if (GlobaleVariabler.OB_Navn[i] == "Sprengstoff")
273 {
274     OB_psd = lag_propertysetText(acDB, OB_psd, GlobaleVariabler.Beskrivelse_Sprengstoff, "",
                                tb_Beskrivelse.Text);
275     OB_psd = lag_propertysetReal(acDB, OB_psd, GlobaleVariabler.Mengde_Sprengstoff, "kg",
                                (Math.Round((Convert.ToDouble(tb_Mengde_tonn.Text.Replace(".", ","))), 2)));
276
277 } else if (GlobaleVariabler.OB_Navn[i] == "Groft")
278 {
279     OB_psd = lag_propertysetText(acDB, OB_psd, GlobaleVariabler.Beskrivelse_Groft, "",
                                tb_Beskrivelse.Text);
280     OB_psd = lag_propertysetReal(acDB, OB_psd, GlobaleVariabler.Mengde_Groft, "m", (Math.Round
                                ((Convert.ToDouble(tb_Mengde_tonn.Text.Replace(".", ","))), 2)));
```

```
281     }
282     else
283     {
284         if (tb_mengde_prosjektert.Text.Length == 0)
285         {
286             OB_psd = lag_propertysetReal(acDB, OB_psd, GlobaleVariabler.Mengde_Kubikk, "m^3",
287             (Math.Round((Convert.ToDouble(tb_mengde_beregnet.Text.Replace(".", ","))), 2)));
288         }
289         else
290         {
291             OB_psd = lag_propertysetReal(acDB, OB_psd, GlobaleVariabler.Mengde_Kubikk, "m^3",
292             (Math.Round((Convert.ToDouble(tb_mengde_prosjektert.Text.Replace(".", ","))), 2)));
293         }
294
295         if (tb_egendef_tetthet.Text.Length == 0)
296         {
297             OB_psd = lag_propertysetReal(acDB, OB_psd, GlobaleVariabler.Bulk_Densitet, "tonn/m^3",
298             (Math.Round((Convert.ToDouble(tb_generisk_tetthet.Text.Replace(".", ","))), 2)));
299         }
300         else
301         {
302             OB_psd = lag_propertysetReal(acDB, OB_psd, GlobaleVariabler.Bulk_Densitet, "tonn/m^3",
303             (Math.Round((Convert.ToDouble(tb_egendef_tetthet.Text.Replace(".", ","))), 2)));
304         }
305
306         OB_psd = lag_propertysetText(acDB, OB_psd, GlobaleVariabler.Material_Beskrivelse, "",
307         tb_Beskrivelse.Text);
308         OB_psd = lag_propertysetReal(acDB, OB_psd, GlobaleVariabler.Mengde_tonn, "tonn", (Math.Round
309         ((Convert.ToDouble(tb_Mengde_tonn.Text.Replace(".", ","))), 2)));
310
311     }
312     if (!dicPropSetDif.Has(GlobaleVariabler.OB_Navn[i], ts))
313     {
314         dicPropSetDif.AddNewRecord(GlobaleVariabler.OB_Navn[i], OB_psd);
315     }
316 }
```



```
310         ts.AddNewlyCreatedDBObject(OB_psd, true);
311     }
312
313     ts.Commit();
314 }
315 }
316 catch (System.Exception e)
317 {
318     acEdit.WriteMessage("Error: " + e.Message);
319 }
320 }
321 }
322 }
323 }
324
325
326 // No history parameteren hindrer at kommandoen kommer opp i historikken på kommandovinduet når det blir kjørt.
327 [CommandMethod("skriv_propsetTransport", CommandFlags.NoHistory)]
328 public void skriv_propsetTransport()
329 {
330
331     // Funksjonen definerer object fc. Den vil være tom (null) eller eksistere avhengig om vinduet er opp eller ikke.
332     FormTransport fc = (FormTransport)System.Windows.Forms.Application.OpenForms["FormTransport"];
333
334     // hvis fc eksisterer (ikke null), så gjennomfører man beregningen av volumer på den aktive tegningen.
335     if (fc != null)
336     {
337         //Get the current document and database
338         Document acDoc = Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument;
339         Database acDB = acDoc.Database;
340         Editor acEdit = acDoc.Editor;
341
342         // Iterer gjennom alle navnene i string array'erne over. Gjør koden mer moduler med tanke på legge til og fjerne ting fra tabellene
343         for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tkm.Length - 1; i++)
```

```
344     {
345         // Lag Propertyset definisjoner for Slite-, binde-, bære-, forsterkningslag og frostsikring
346         PropertySetDefinition OB_psd = new PropertySetDefinition();
347
348         OB_psd.SetToStandard(acDB);
349         OB_psd.SubSetDatabaseDefaults(acDB);
350
351         // Finn de aktuelle Text boksene og Labelene
352         // Hent inn Forms felt for Generisk Transport
353         System.Windows.Forms.Label TransportGeneriskLabel = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find
354             (GlobaleVariabler.OB_TransportAvstandGenerisk[i], true)[0];
355         // hent inn felt for egendefinert Transport
356         System.Windows.Forms.TextBox TransportProsjektertTextbox = (System.Windows.Forms.TextBox)fc.Controls.Find
357             (GlobaleVariabler.OB_TransportAvstandProsjektert[i], true)[0];
358         // Hent inn Forms felt for Mengde
359         System.Windows.Forms.Label TransportMengdeLabel = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find
360             (GlobaleVariabler.OB_TransportMengde[i], true)[0];
361         // Hent inn felt for resultat
362         System.Windows.Forms.Label TransportResultatLabel = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find
363             (GlobaleVariabler.OB_TransportResultat[i], true)[0];
364         // hent inn felt for Transport beskrivelse
365         System.Windows.Forms.TextBox TransportBeskrivelseTextbox = (System.Windows.Forms.TextBox)fc.Controls.Find
366             (GlobaleVariabler.OB_TransportBeskrivelse[i], true)[0];
367
368     try
369     {
370         using (Transaction ts =
371             Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.Database.Transac
372             tionManager.StartTransaction())
373         {
374             DictionaryPropertySetDefinitions dicPropSetDif = new DictionaryPropertySetDefinitions(acDB);
375             if (dicPropSetDif.Has(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tkm[i], ts))
376             {
377                 ObjectId objID = dicPropSetDif.GetAt(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tkm[i]);
378                 PropertySetDefinition psd = objID.GetObject(OpenMode.ForWrite) as PropertySetDefinition;
379             }
380         }
381     }
382 }
```

```
372     OB_psd = psd; // Hvis PropertySetDefinition finnes fra før av, vil vi skrive til den
373     istedenfor å opprette en ny en. Om man forsøker å opprette en ny PropertySetDefinition med
374     samme anvn, vil man få en "DuplicateKey" feilmelding.
375     if (psd != null)
376     {
377         int idx_transport_avstand = psd.Definitions.IndexOf(GlobaleVariabler.Transport_Avstand);
378         if (idx_transport_avstand != -1) { psd.Definitions.RemoveAt(idx_transport_avstand); }
379         int idx_transport_arbeid = psd.Definitions.IndexOf(GlobaleVariabler.Transport_Arbeid);
380         if (idx_transport_arbeid != -1) { psd.Definitions.RemoveAt(idx_transport_arbeid); }
381         int idx_transport_beskrivelse = psd.Definitions.IndexOf
382         (GlobaleVariabler.Transport_Beskrivelse);
383         if (idx_transport_beskrivelse != -1) { psd.Definitions.RemoveAt
384         (idx_transport_beskrivelse); }
385     }
386     if (TransportProsjektertTextbox.Text != "")
387     {
388         OB_psd = lag_propertysetReal(acDB, OB_psd, GlobaleVariabler.Transport_Avstand, "km",
389         (Math.Round((Convert.ToDouble(TransportProsjektertTextbox.Text.Replace(".", ","))), 2)));
390     }
391     else
392     {
393         OB_psd = lag_propertysetReal(acDB, OB_psd, GlobaleVariabler.Transport_Avstand, "km",
394         (Math.Round((Convert.ToDouble(TransportGeneriskLabel.Text.Replace(".", ","))), 2)));
395     }
396     OB_psd = lag_propertysetText(acDB, OB_psd, GlobaleVariabler.Transport_Beskrivelse, "",
397     TransportBeskrivelseTextbox.Text);
398     OB_psd = lag_propertysetReal(acDB, OB_psd, GlobaleVariabler.Transport_Arbeid, "TonnKM",
399     (Math.Round((Convert.ToDouble(TransportResultatLabel.Text.Replace(".", ","))), 2)));
```

```
399         if (!dicPropSetDif.Has(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tkm[i], ts))
400         {
401             dicPropSetDif.AddNewRecord(GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tkm[i], OB_psd);
402             ts.AddNewlyCreatedDBObject(OB_psd, true);
403         }
404
405         ts.Commit();
406     }
407 }
408 catch (System.Exception e)
409 {
410     acEdit.WriteMessage("Error: " + e.Message);
411 }
412 }
413 }
414 }
415 }
416 }
417 }
418 // No history parameteren hindrer at kommandoen kommer opp i historikken på kommandovinduet når det blir kjørt.
419 [CommandMethod("skriv_propsetMaskiner", CommandFlags.NoHistory)]
420 public void skriv_propsetMaskiner()
421 {
422
423     // Funksjonen definerer object fc. Den vil være tom (null) eller eksistere avhengig om vinduet er opp eller ikke.
424     FormMaskiner fc = (FormMaskiner)System.Windows.Forms.Application.OpenForms["FormMaskiner"];
425
426     // hvis fc eksisterer (ikke null), så gjennomfører man beregningen av volumer på den aktive tegningen.
427     if (fc != null)
428     {
429         //Get the current document and database
430         Document acDoc = Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument;
431         Database acDB = acDoc.Database;
432         Editor acEdit = acDoc.Editor;
433     }
```

```
434 // Iterer gjennom alle navnene i string array'ene over. Gjør koden mer moduler med tanke på legge til og fjerne ting fra tabellene
435 for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_MaskinerNavn.Length - 1; i++)
436 {
437     // Lag Propertyset definisjoner for Slite-, binde-, bære-, forsterkningslag og frostsikring
438     PropertySetDefinition OB_psd = new PropertySetDefinition();
439
440     OB_psd.SetToStandard(acDB);
441     OB_psd.SubSetDatabaseDefaults(acDB);
442
443     // Finn de aktuelle Text boksene og Labelene
444     // Hent inn Forms felt for Generisk diesel forbruk på Maskiner
445     System.Windows.Forms.Label MaskinerDieselForbrukGeneriskLabel = (System.Windows.Forms.Label)
        fc.Controls.Find(GlobaleVariabler.OB_MaskinerDieselForbrukGenerisk[i], true)[0];
446     // hent inn felt for prosjektert forbruk på Maskiner
447     System.Windows.Forms.TextBox MaskinerDieselForbrukProsjektertTextbox = (System.Windows.Forms.TextBox)
        fc.Controls.Find(GlobaleVariabler.OB_MaskinerDieselForbrukProsjektert[i], true)[0];
448     // Hent inn felt for resultat
449     System.Windows.Forms.Label MaskinerResultatLabel = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find
        (GlobaleVariabler.OB_MaskinerResultat[i], true)[0];
450     // hent inn felt for Maskiner beskrivelse
451     System.Windows.Forms.TextBox MaskinerBeskrivelseTextbox = (System.Windows.Forms.TextBox)fc.Controls.Find
        (GlobaleVariabler.OB_MaskinerBeskrivelse[i], true)[0];
452
453     try
454     {
455         using (Transaction ts =
            Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.Database.TransactionManager.StartTransaction())
456         {
457             DictionaryPropertySetDefinitions dicPropSetDif = new DictionaryPropertySetDefinitions(acDB);
458             if (dicPropSetDif.Has(GlobaleVariabler.OB_MaskinerNavn[i], ts))
459             {
460                 ObjectId objID = dicPropSetDif.GetAt(GlobaleVariabler.OB_MaskinerNavn[i]);
461                 PropertySetDefinition psd = objID.GetObject(OpenMode.ForWrite) as PropertySetDefinition;
```

```
462         OB_psd = psd; // Hvis PropertySetDefinition finnes fra før av, vil vi skrive til den
istedenfor å opprette en ny en. Om man forsøker å opprette en ny PropertySetDefinition med
samme anvn, vil man få en "DuplicateKey" feilmelding.
463         if (psd != null)
464             {
465             int idx_maskiner_forbruk = psd.Definitions.IndexOf(GlobaleVariabler.Maskiner_forbruk);
466             if (idx_maskiner_forbruk != -1) { psd.Definitions.RemoveAt(idx_maskiner_forbruk); }
467             int idx_maskiner_resultat= psd.Definitions.IndexOf(GlobaleVariabler.Maskiner_Resultat);
468             if (idx_maskiner_resultat != -1) { psd.Definitions.RemoveAt(idx_maskiner_resultat); }
469             int idx_maskiner_beskrivelse = psd.Definitions.IndexOf
(GlobaleVariabler.Maskiner_Beskrivelse);
470             if (idx_maskiner_beskrivelse != -1) { psd.Definitions.RemoveAt
(idx_maskiner_beskrivelse); }
471         }
472     }
473 }
474 }
475 }
476 if (MaskinerDieselForbrukProsjektertTextbox.Text != "")
477 {
478     OB_psd = lag_propertysetReal(acDB, OB_psd, GlobaleVariabler.Maskiner_forbruk, "Liter/Enhet",
(Math.Round((Convert.ToDouble(MaskinerDieselForbrukProsjektertTextbox.Text.Replace(".",
",")), 2)));
479 }
480 else
481 {
482     OB_psd = lag_propertysetReal(acDB, OB_psd, GlobaleVariabler.Maskiner_forbruk, "Liter/Enhet",
(Math.Round((Convert.ToDouble(MaskinerDieselForbrukGeneriskLabel.Text.Replace(".", ",")),
2)));
483 }
484 }
485 }
486 OB_psd = lag_propertysetText(acDB, OB_psd, GlobaleVariabler.Maskiner_Beskrivelse, "",
MaskinerBeskrivelseTextbox.Text);
487 OB_psd = lag_propertysetReal(acDB, OB_psd, GlobaleVariabler.Maskiner_Resultat, "Liter",
```

```
(Math.Round((Convert.ToDouble(MaskinerResultatLabel.Text.Replace(".", ","))), 2)));
488
489     if (!dicPropSetDif.Has(GlobaleVariabler.OB_MaskinerNavn[i], ts))
490     {
491         dicPropSetDif.AddNewRecord(GlobaleVariabler.OB_MaskinerNavn[i], OB_psd);
492         ts.AddNewlyCreatedDBObject(OB_psd, true);
493     }
494
495     ts.Commit();
496 }
497 }
498 catch (System.Exception e)
499 {
500     acEdit.WriteMessage("Error: " + e.Message);
501 }
502 }
503
504 }
505 }
506
507
508
509 // No history parameteren hindrer at kommandoen kommer opp i historikken på kommandovinduet når det blir kjørt.
510 [CommandMethod("skriv_propsetResultatCO2", CommandFlags.NoHistory)]
511 public void skriv_propsetResultatCO2()
512 {
513     GenererPropsetResultat("FormResultatCO2", GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tonn,           ↗
514         GlobaleVariabler.OB_Resultat_CO2_tonn, "CO2 Utslipp Mengden");
515     GenererPropsetResultat("FormResultatCO2", GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tkm,           ↗
516         GlobaleVariabler.OB_Resultat_CO2_tkm, "CO2 Utslipp Transport");
517     GenererPropsetResultat("FormResultatCO2", GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_liter,        ↗
518         GlobaleVariabler.OB_Resultat_CO2_liter, "CO2 Utslipp Transport");
519 }
520
521
522
```

```
519 // No history parameteren hindrer at kommandoen kommer opp i historikken på kommandovinduet når det blir kjørt.
520 [CommandMethod("BeregnOverbyggningsVolumer", CommandFlags.NoHistory)]
521 public void BeregnOverbyggningsVolumer()
522 {
523     // Funksjonen definerer object fc. Den vil være tom (null) eller eksistere avhengig om vinduet er opp eller ikke.
524     FormMengde fc = (FormMengde)System.Windows.Forms.Application.OpenForms["FormMengde"];
525
526     // hvis fc eksisterer (ikke null), så gjennomfører man beregningen av volumer på den aktive tegningen.
527     if (fc != null)
528     {
529         // Finn dokumentet og hent ut alle flatene som modellen består av
530         CivilDocument doc = CivilApplication.ActiveDocument;
531         ObjectIdCollection SurfaceIds = doc.GetSurfaceIds();
532         //Editor editor = Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.Editor;
533
534
535         // Definer TIN flater som bruker til å lage TIN Volum flater
536         ObjectIdCollection Slitelag = new ObjectIdCollection(); //Kjetil
537         ObjectId Bindelag = new ObjectId();
538         ObjectId Baerelag = new ObjectId();
539         ObjectId Forsterkningslag = new ObjectId();
540         ObjectId Frostsikring = new ObjectId();
541         ObjectId Planum = new ObjectId();
542
543         double vol_Slitelag = 0; //Kjetil
544         double vol_Bindelag = 0;
545         double vol_Baerelag = 0;
546         double vol_Forsterkningslag = 0;
547         double vol_Frostsikring = 0;
548
549         // Finn TIN volum flateobjekter og assisier disse med initialiserte objectId'er over.
550         try
551         {
552             using (Transaction ts =
Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.Database.Transaction
```



```
Manager.StartTransaction())
{
553     {
554         foreach (ObjectId surfaceId in SurfaceIds)
555         {
556             CivSurface oSurface = surfaceId.GetObject(OpenMode.ForRead) as CivSurface;
557             if (oSurface.Name.Contains("refelt") || oSurface.Name.Contains("breddeutvid")) //
                    (oSurface.Name.Contains("Skulder") //Kjetil
558             {
559                 Slitelag.Add(surfaceId);
560             }
561             else if (oSurface.Name.Contains("Bindlag 1"))
562             {
563                 Bindelag = surfaceId;
564             }
565             else if (oSurface.Name.Contains("Bærelag 1"))
566             {
567                 Baerelag = surfaceId;
568             }
569             else if (oSurface.Name.Contains("Forsterkningslag 1"))
570             {
571                 Forsterkningslag = surfaceId;
572             }
573             else if (oSurface.Name.Contains("Forsterkningslag 2"))
574             {
575                 Frostsikring = surfaceId;
576             }
577             else if (oSurface.Name.Contains("Planum"))
578             {
579                 Planum = surfaceId;
580             }
581         }
582     }
583 }
584 }
585 catch //(System.Exception e2)
```

```
586     {
587         // Autodesk.AutoCAD.EditorInput.Editor.WriteMessage("En feil: {0}", e2.Message);
588     }
589
590     //Lag TIN Volum flater og les ut volumet fra disse.
591     string surfaceName = "VolumTIN";
592     using (Transaction ts =
Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.Database.TransactionManager.StartTransaction())
593     {
594         try
595         {
596
597             foreach (ObjectId flate in Slitelag)
598             {
599                 ObjectId vol_surf = TinVolumeSurface.Create(surfaceName, Bindelag, flate);
600                 TinVolumeSurface tin_vol_surf = vol_surf.GetObject(OpenMode.ForWrite) as TinVolumeSurface;
601                 vol_Slitelag = vol_Slitelag + Convert.ToDouble(tin_vol_surf.GetVolumeProperties
().UnadjustedNetVolume.ToString());
602             }
603
604             ObjectId surfaceId2 = TinVolumeSurface.Create(surfaceName, Baerelag, Bindelag);
605             ObjectId surfaceId3 = TinVolumeSurface.Create(surfaceName, Forsterkningslag, Baerelag);
606             ObjectId surfaceId4 = TinVolumeSurface.Create(surfaceName, Frostsikring, Forsterkningslag);
607             ObjectId surfaceId5 = TinVolumeSurface.Create(surfaceName, Planum, Frostsikring);
608
609             TinVolumeSurface surface2 = surfaceId2.GetObject(OpenMode.ForWrite) as TinVolumeSurface;
610             TinVolumeSurface surface3 = surfaceId3.GetObject(OpenMode.ForWrite) as TinVolumeSurface;
611             TinVolumeSurface surface4 = surfaceId4.GetObject(OpenMode.ForWrite) as TinVolumeSurface;
612             TinVolumeSurface surface5 = surfaceId5.GetObject(OpenMode.ForWrite) as TinVolumeSurface;
613
614             // Tall verdier for volumene
615             vol_Bindelag = Convert.ToDouble(surface2.GetVolumeProperties().UnadjustedNetVolume.ToString());
616             vol_Baerelag = Convert.ToDouble(surface3.GetVolumeProperties().UnadjustedNetVolume.ToString());
617             vol_Forsterkningslag = Convert.ToDouble(surface4.GetVolumeProperties().UnadjustedNetVolume.ToString())
```

```
        ());
        vol_Frostsikring = Convert.ToDouble(surface5.GetVolumeProperties().UnadjustedNetVolume.ToString());
618
619
620         fc.MengdeBeregnet_Slite.Text = (Math.Round(vol_Slitelag, 2)).ToString();
621         fc.MengdeBeregnet_Binde.Text = (Math.Round(vol_Bindelag, 2)).ToString();
622         fc.MengdeBeregnet_Baere.Text = (Math.Round(vol_Baerelag, 2)).ToString();
623         fc.MengdeBeregnet_Forsterkning.Text = (Math.Round(vol_Forsterkningslag, 2)).ToString();
624         fc.MengdeBeregnet_Frostsikring.Text = (Math.Round(vol_Frostsikring, 2)).ToString();
625         fc.MengdeBeregnet_Filter.Text = "0.0";
626
627     }
628
629     catch //(System.Exception e1)
630     {
631         //editor.WriteMessage("Surface create failed: {0}/n", e1.Message);
632         //editor.WriteMessage("StackTrace: {0}/n", e1.StackTrace);
633         //editor.WriteMessage("Data: {0}/n", e1.Data);
634     }
635     // Avbryt transaksjonen for å ikke skrive til endringene.
636     ts.Abort();
637 }
638
639 }
640
641 }
642
643
644 [CommandMethod("Fargelegging", CommandFlags.NoHistory)]
645 public void Fargelegging()
646 {
647     FormResultatCO2 fc = (FormResultatCO2)System.Windows.Forms.Application.OpenForms["FormResultatCO2"];
648
649     // hvis fc eksisterer (ikke null), så gjennomfører man beregningen av volumer på den aktive tegningen.
650     if (fc != null)
651     {
```

```
652     System.Windows.Forms.Label resultat = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find("Total_Utslipp", true)[0];
653     double Slite = 0;
654     double Binde = 0;
655     double Baere = 0;
656     double Forsterkning = 0;
657     double Frostsikring = 0;
658     double Groft = 0;
659     double ratio = 1;
660     int antall = 1;
661     List<FargeFordeling> SortertKompliste = new List<FargeFordeling>();
662
663     if (resultat.Text != "0.0")
664     {
665
666         //Innsamling av data fra alle feltene for fargeplotet
667
668         List<double> komponenter = new List<double>();
669         List<FargeFordeling> Kompliste = new List<FargeFordeling>();
670
671         //Slitelag
672         System.Windows.Forms.Label Slite_tonn_label = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find      ↗
673             ("CO2_tonn_Slite", true)[0];
674         System.Windows.Forms.Label Slite_tkm_label = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find      ↗
675             ("CO2_tkm_Slite", true)[0];
676         System.Windows.Forms.Label Slite_liter_label = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find      ↗
677             ("CO2_liter_Slite", true)[0];
678         Slite = (double.Parse(Slite_tonn_label.Text.Replace(".", ",")) + double.Parse
679             (Slite_tkm_label.Text.Replace(".", ",")) + double.Parse(Slite_liter_label.Text.Replace(".", ",")));
680         komponenter.Add(Slite);
681         Kompliste.Add(new FargeFordeling { Index = 1, Navn = "Slite", Utslipp = Slite });
682
683         //Binde
684         System.Windows.Forms.Label Binde_tonn_label = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find      ↗
685             ("CO2_tonn_Binde", true)[0];
686         System.Windows.Forms.Label Binde_tkm_label = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find      ↗
```

```
        ("CO2_tkm_Binde", true)[0];
682     System.Windows.Forms.Label Binde_liter_label = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find
        ("CO2_liter_Binde", true)[0];
683     Binde = (double.Parse(Binde_tonn_label.Text.Replace(".", ",")) + double.Parse
        (Binde_tkm_label.Text.Replace(".", ",")) + double.Parse(Binde_liter_label.Text.Replace(".", ",")));
684     komponenter.Add(Binde);
685     Kompliste.Add(new FargeFordeling { Index = 2, Navn = "Binde", Utslipp = Binde });
686
687     //Baerelag
688     System.Windows.Forms.Label Baere_tonn_label = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find
        ("CO2_tonn_Baere", true)[0];
689     System.Windows.Forms.Label Baere_tkm_label = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find
        ("CO2_tkm_Baere", true)[0];
690     System.Windows.Forms.Label Baere_liter_label = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find
        ("CO2_liter_Baere", true)[0];
691     Baere = (double.Parse(Baere_tonn_label.Text.Replace(".", ",")) + double.Parse
        (Baere_tkm_label.Text.Replace(".", ",")) + double.Parse(Baere_liter_label.Text.Replace(".", ",")));
692     komponenter.Add(Baere);
693     Kompliste.Add(new FargeFordeling { Index = 3, Navn = "Baere", Utslipp = Baere });
694
695     //Forsterkninglag
696     System.Windows.Forms.Label Forsterkning_tonn_label = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find
        ("CO2_tonn_Forsterkning", true)[0];
697     System.Windows.Forms.Label Forsterkning_tkm_label = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find
        ("CO2_tkm_Forsterkning", true)[0];
698     System.Windows.Forms.Label Forsterkning_liter_label = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find
        ("CO2_liter_Forsterkning", true)[0];
699     Forsterkning = (double.Parse(Forsterkning_tonn_label.Text.Replace(".", ",")) + double.Parse
        (Forsterkning_tkm_label.Text.Replace(".", ",")) + double.Parse(Forsterkning_liter_label.Text.Replace
        (".", ",")));
700     komponenter.Add(Forsterkning);
701     Kompliste.Add(new FargeFordeling { Index = 4, Navn = "Forsterkning", Utslipp = Forsterkning });
702
703     //Frostsikringlag
704     System.Windows.Forms.Label Frostsikring_tonn_label = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find
```

```
    ("CO2_tonn_Frostsikring", true)[0];
705 System.Windows.Forms.Label Frostsikring_tkm_label = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find
    ("CO2_tkm_Frostsikring", true)[0];
706 System.Windows.Forms.Label Frostsikring_liter_label = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find
    ("CO2_liter_Frostsikring", true)[0];
707 Frostsikring = (double.Parse(Frostsikring_tonn_label.Text.Replace(".", ",")) + double.Parse
    (Frostsikring_tkm_label.Text.Replace(".", ",")) + double.Parse(Frostsikring_liter_label.Text.Replace
    (".", ",")));
708 komponenter.Add(Frostsikring);
709 Kompliste.Add(new FargeFordeling { Index = 5, Navn = "Frostsikring", Utslipp = Frostsikring });
710
711 //Grøft
712 System.Windows.Forms.Label Groft_liter_label = (System.Windows.Forms.Label)fc.Controls.Find
    ("CO2_liter_Groft", true)[0];
713 Groft = double.Parse(Groft_liter_label.Text.Replace(".", ","));
714 komponenter.Add(Groft);
715 Kompliste.Add(new FargeFordeling { Index = 6, Navn = "Groft", Utslipp = Groft });
716
717 // Finn maks utslippsverdi beregnet
718 double maks_verdi = 0;
719 for (int i = 0; i < Kompliste.Count; i++)
720 {
721     if (Kompliste[i].Utslipp > maks_verdi)
722     { maks_verdi = Kompliste[i].Utslipp; }
723 }
724
725 ratio = 100.0 / maks_verdi;
726 antall = Kompliste.Count;
727
728
729 SortertKompliste = Kompliste.OrderBy(x => x.Utslipp).ToList();
730 for (int i =0; i < antall; i++)
731 {
732     SortertKompliste[i].Index = (i + 1)*100/antall;
733 }
```

```
734
735     }
736
737
738
739
740
741     // Finn dokumentet og hent ut alle flatene som modellen består av
742     CivilDocument doc = CivilApplication.ActiveDocument;
743     ObjectIdCollection SurfaceIds = doc.GetSurfaceIds();
744
745
746     using (Transaction ts = ↗
747         Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.Database.TransactionManager.StartTransaction())
748     {
749         // Gjennomfør sjekk om Stilen finnes, hvis ikke lag en ny stil med det gitte navnet
750         ObjectId KjorefeltStil = new ObjectId();
751         if (!doc.Styles.SurfaceStyles.Contains("Kjorefelt Miljo Stil")) { KjorefeltStil = ↗
752             doc.Styles.SurfaceStyles.Add("Kjorefelt Miljo Stil"); }
753         else { KjorefeltStil = doc.Styles.SurfaceStyles["Kjorefelt Miljo Stil"]; }
754
755         ObjectId BindelagStil = new ObjectId();
756         if (!doc.Styles.SurfaceStyles.Contains("Bindlag Miljo Stil")) { BindelagStil = ↗
757             doc.Styles.SurfaceStyles.Add("Bindlag Miljo Stil"); }
758         else { BindelagStil = doc.Styles.SurfaceStyles["Bindlag Miljo Stil"]; }
759
760         ObjectId BaerelagStil = new ObjectId();
761         if (!doc.Styles.SurfaceStyles.Contains("Baerelag Miljo Stil")) { BaerelagStil = ↗
762             doc.Styles.SurfaceStyles.Add("Baerelag Miljo Stil"); }
763         else { BaerelagStil = doc.Styles.SurfaceStyles["Baerelag Miljo Stil"]; }
764
765         ObjectId ForsterkningslagStil = new ObjectId();
766         if (!doc.Styles.SurfaceStyles.Contains("Forsterkningslag Miljo Stil")) { ForsterkningslagStil = ↗
767             doc.Styles.SurfaceStyles.Add("Forsterkningslag Miljo Stil"); }
768         else { ForsterkningslagStil = doc.Styles.SurfaceStyles["Forsterkningslag Miljo Stil"]; }
```

```
764
765     ObjectId FrostsikringStil = new ObjectId();
766     if (!doc.Styles.SurfaceStyles.Contains("Frostsikring Miljo Stil")) { FrostsikringStil =
767         doc.Styles.SurfaceStyles.Add("Frostsikring Miljo Stil"); }
768     else { FrostsikringStil = doc.Styles.SurfaceStyles["Frostsikring Miljo Stil"]; }
769
770     ObjectId GroftStil = new ObjectId();
771     if (!doc.Styles.SurfaceStyles.Contains("Groft Miljo Stil")) { GroftStil = doc.Styles.SurfaceStyles.Add
772         ("Groft Miljo Stil"); }
773     else { GroftStil = doc.Styles.SurfaceStyles["Groft Miljo Stil"]; }
774
775     System.Windows.Forms.RadioButton SkalarP = (System.Windows.Forms.RadioButton)fc.Controls.Find
776         ("SkalarplotRadioValg", true)[0];
777     System.Windows.Forms.RadioButton FordelingP = (System.Windows.Forms.RadioButton)fc.Controls.Find
778         ("FargefordelingRadioValg", true)[0];
779
780     if (SkalarP.Checked) {
781         // Krever å få inn objectId og R G B byte verdiene for å fargelegge
782         byte[] Farge = MiljoRGBskala(Convert.ToInt32(Slite*ratio));
783         lag_surfStil(KjorefeltStil, Farge[0], Farge[1], Farge[2]);
784         Farge = MiljoRGBskala(Convert.ToInt32(Binde * ratio));
785         lag_surfStil(BindelagStil, Farge[0], Farge[1], Farge[2]);
786         Farge = MiljoRGBskala(Convert.ToInt32(Baere * ratio));
787         lag_surfStil(BaerelagStil, Farge[0], Farge[1], Farge[2]);
788         Farge = MiljoRGBskala(Convert.ToInt32(Forsterkning * ratio));
789         lag_surfStil(ForsterkningslagStil, Farge[0], Farge[1], Farge[2]);
790         Farge = MiljoRGBskala(Convert.ToInt32(Frostsikring * ratio));
791         lag_surfStil(FrostsikringStil, Farge[0], Farge[1], Farge[2]);
792         Farge = MiljoRGBskala(Convert.ToInt32(Groft * ratio));
793         lag_surfStil(GroftStil, Farge[0], Farge[1], Farge[2]);
794     } else {
795         //
796         Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.Editor.WriteMess
797         age("Fargefordelings funksjonen er ikke ferdig ennå :(");
798         // Krever å få inn objectId og R G B byte verdiene for å fargelegge
```



```
793
794     byte[] Farge = MiljoRGBskala(SortertKompliste.First(x => x.Navn == "Slite").Index);
795     lag_surfStil(KjorefeltStil, Farge[0], Farge[1], Farge[2]);
796     Farge = MiljoRGBskala(SortertKompliste.First(x => x.Navn == "Binde").Index);
797     lag_surfStil(BindelagStil, Farge[0], Farge[1], Farge[2]);
798     Farge = MiljoRGBskala(SortertKompliste.First(x => x.Navn == "Baere").Index);
799     lag_surfStil(BaerelagStil, Farge[0], Farge[1], Farge[2]);
800     Farge = MiljoRGBskala(SortertKompliste.First(x => x.Navn == "Forsterkning").Index);
801     lag_surfStil(ForsterkningslagStil, Farge[0], Farge[1], Farge[2]);
802     Farge = MiljoRGBskala(SortertKompliste.First(x => x.Navn == "Frostsikring").Index);
803     lag_surfStil(FrostsikringStil, Farge[0], Farge[1], Farge[2]);
804     Farge = MiljoRGBskala(SortertKompliste.First(x => x.Navn == "Groft").Index);
805     lag_surfStil(GroftStil, Farge[0], Farge[1], Farge[2]);
806 }
807
808 foreach (ObjectId surfaceId in SurfaceIds)
809 {
810     CivSurface oSurface = surfaceId.GetObject(OpenMode.ForWrite) as CivSurface;
811     if ( oSurface.Name.Contains("refelt") || oSurface.Name.Contains("breddeutvid") ||
812         oSurface.Name.Contains("Skulder")) //Kjetil
813     {
814         oSurface.StyleId = KjorefeltStil;
815     }
816     else if (oSurface.Name.Contains("Bindlag"))
817     {
818         oSurface.StyleId = BindelagStil;
819     }
820     else if (oSurface.Name.Contains("Bærelag"))
821     {
822         oSurface.StyleId = BaerelagStil;
823     }
824     else if (oSurface.Name.Contains("Forsterkningslag"))
825     {
826         oSurface.StyleId = ForsterkningslagStil;
827     }
828 }
```

```
827         else if (oSurface.Name.Contains("Forsterkningslag"))
828             {
829                 oSurface.StyleId = FrostsikringStil;
830             }
831         else if (oSurface.Name.Contains("Grøft"))
832             {
833                 oSurface.StyleId = GroftStil;
834             }
835     }
836
837     // commit the transaction
838     ts.Commit();
839 }
840 }
841 }
842 }
843 }
844 }
845 }
846 }
```

```
1 using System;
2 using System.Collections.Generic;
3 using System.Linq;
4 using System.Text;
5 using System.Threading.Tasks;
6
7 // // Inneholder globale variabler som benyttes av programmet. Dette er gjort for å redusere antall plasser faste verdier   ↗
   blir benyttet i koden og kunne endre dem på en plass.
8
9
10
11 namespace ModellKalkulator
12 {
13
14
15     public static class GlobaleVariabler
16     {
17         // Liste over elementer i overbyggingen.
18         public static readonly string[] OB_Navn = { "Slitelag", "Bindlag", "Bærelag", "Forsterkningslag", "Frostsikringslag", ↗
            "Sprengstoff", "Grøft" };
19
20         // Fullstendig liste over felt (Label og textBox) i "Mengder" Form vinduet.
21         public static readonly string[] OB_MengdeBeregnet = { "MengdeBeregnet_Slite", "MengdeBeregnet_Binde", ↗
            "MengdeBeregnet_Baere", "MengdeBeregnet_Forsterkning", "MengdeBeregnet_Frostsikring", "MengdeBeregnet_Sprengstoff", ↗
            "MengdeBeregnet_Groft" };
22         public static readonly string[] OB_MengdeProsjektort = { "Mengde_textBox_Slite", "Mengde_textBox_Binde", ↗
            "Mengde_textBox_Baere", "Mengde_textBox_Forsterkning", "Mengde_textBox_Frostsikring", "Mengde_textBox_Sprengstoff", ↗
            "Mengde_textBox_Groft" };
23         public static readonly string[] OB_MengdeTetthetGenerisk = { "generisk_tetthet_Slite", "generisk_tetthet_Binde", ↗
            "generisk_tetthet_Baere", "generisk_tetthet_Forsterkning", "generisk_tetthet_Frostsikring", ↗
            "generisk_tetthet_Frostsikring", "generisk_tetthet_Frostsikring" }; //Frostsikring brukes som erstatningsstreng for ↗
            manglende tettheter på spengstoff og Groft
24         public static readonly string[] OB_MengdeTetthetEgendefinert = { "egendef_tetthet_Slite", "egendef_tetthet_Binde", ↗
            "egendef_tetthet_Baere", "egendef_tetthet_Forsterkning", "egendef_tetthet_Frostsikring", ↗
            "egendef_tetthet_Frostsikring", "egendef_tetthet_Frostsikring" }; //Frostsikring brukes som erstatningsstreng for ↗
```

```
manglende tettheter på spengstoff og Groft
25 public static readonly string[] OB_MengdeBeskrivelse = { "Beskrivelse_Slite", "Beskrivelse_Binde",
    "Beskrivelse_Baere", "Beskrivelse_Forsterkning", "Beskrivelse_Frostsikring", "Beskrivelse_Sprengstoff",
    "Beskrivelse_Groft" };
26 public static readonly string[] OB_MengdeResultat = { "Mengde_Slite", "Mengde_Binde", "Mengde_Baere",
    "Mengde_Forsterkning", "Mengde_Frostsikring", "Mengde_Sprengstoff", "Mengde_Groft" };
27
28
29 // Fullstending liste over felt (label og TextBox ) i "Transport" Form vinduet.
30 public static readonly string[] OB_TransportAvstandGenerisk = { "AvstandGenerisk_Slite", "AvstandGenerisk_Binde",
    "AvstandGenerisk_Baere", "AvstandGenerisk_Forsterkning", "AvstandGenerisk_Frostsikring" };
31 public static readonly string[] OB_TransportAvstandProsjekttert = { "AvstandProsjekttert_Slite",
    "AvstandProsjekttert_Binde", "AvstandProsjekttert_Baere", "AvstandProsjekttert_Forsterkning",
    "AvstandProsjekttert_Frostsikring" };
32 public static readonly string[] OB_TransportMengde = { "TransportMengde_Slite", "TransportMengde_Binde",
    "TransportMengde_Baere", "TransportMengde_Forsterkning", "TransportMengde_Frostsikring" };
33 public static readonly string[] OB_TransportResultat = { "Resultat_Slite", "Resultat_Binde", "Resultat_Baere",
    "Resultat_Forsterkning", "Resultat_Frostsikring" };
34 public static readonly string[] OB_TransportBeskrivelse = { "Beskrivelse_Slite", "Beskrivelse_Binde",
    "Beskrivelse_Baere", "Beskrivelse_Forsterkning", "Beskrivelse_Frostsikring" };
35
36 // Fullstending liste over felt (label og TextBox ) i "Maskiner" Form vinduet.
37 public static readonly string[] OB_MaskinerNavn = { "Slitelag", "Bindlag", "Bærelag", "Forsterkningslag",
    "Frostsikringslag", "Overbygning", "Underbygning", "Grøft" };
38 public static readonly string[] OB_MaskinerMengde = { "Mengde_Slite", "Mengde_Binde", "Mengde_Baere",
    "Mengde_Forsterkning", "Mengde_Frostsikring", "Mengde_Overbygning", "Mengde_Underbygning", "Mengde_Groft" };
39 public static readonly string[] OB_MaskinerDieselForbrukGenerisk = { "dfg_Slite", "dfg_Binde", "dfg_Baere",
    "dfg_Forsterkning", "dfg_Frostsikring", "dfg_Overbygning", "dfg_Underbygning", "dfg_Groft" };
40 public static readonly string[] OB_MaskinerDieselForbrukProsjekttert = { "dfp_Slite", "dfp_Binde", "dfp_Baere",
    "dfp_Forsterkning", "dfp_Frostsikring", "dfp_Overbygning", "dfp_Underbygning", "dfp_Groft" };
41 public static readonly string[] OB_MaskinerResultat = { "Resultat_Slite", "Resultat_Binde", "Resultat_Baere",
    "Resultat_Forsterkning", "Resultat_Frostsikring", "Resultat_Overbygning", "Resultat_Underbygning",
    "Resultat_Groft" };
42 public static readonly string[] OB_MaskinerBeskrivelse = { "Beskrivelse_Slite", "Beskrivelse_Binde",
    "Beskrivelse_Baere", "Beskrivelse_Forsterkning", "Beskrivelse_Frostsikring", "Beskrivelse_Overbygning",
```

```
        "Beskrivelse_Underbygning", "Beskrivelse_Groft" };
43
44     // Navn på Property Set egenskapene av mengde som blir skrevet inn i DWG filen.
45     //Mengde
46     public static readonly string Mengde_Kubikk = "Mengde Kubikk";
47     public static readonly string Bulk_Densitet = "Bulk Densitet";
48     public static readonly string Material_Beskrivelse = "Material Beskrivelse";
49     public static readonly string Mengde_tonn = "Mengde tonn";
50
51     public static readonly string Mengde_Groft = "Antall meter Grøft";
52     public static readonly string Mengde_Sprengstoff = "Mengde kg Sprengstoff";
53
54     public static readonly string Beskrivelse_Groft = "Kommentar til mengden av Grøft arbeid";
55     public static readonly string Beskrivelse_Sprengstoff = "Kommentar til mengden av Sprengstoff";
56
57     //Transport
58     public static readonly string Transport_Avstand = "Transport Avstand";
59     public static readonly string Transport_Arbeid = "Transport Arbeid";
60     public static readonly string Transport_Beskrivelse = "Transport beskrivelse";
61
62     //Maskiner
63     public static readonly string Maskiner_forbruk = "Diesel forbruk på maskiner";
64     public static readonly string Maskiner_Resultat = "Forventet total forbruk av diesel";
65     public static readonly string Maskiner_Beskrivelse = "Beskrivelse av maskiner";
66
67     // Fullstending liste over felt (label og TextBox ) i "ResultatCO2" Form vinduet.
68     public static readonly string[] OB_Resultat_Navn_tonn = { "Slitelag", "Bindlag", "Bærelag", "Forsterkningslag", "Frostsikringslag", "Sprengstoff" };
69     public static readonly string[] OB_Resultat_Navn_tkm = { "Slitelag", "Bindlag", "Bærelag", "Forsterkningslag", "Frostsikringslag" };
70     public static readonly string[] OB_Resultat_Navn_liter = { "Slitelag", "Bindlag", "Bærelag", "Forsterkningslag", "Frostsikringslag", "Grøft" };
71
72     public static readonly string[] OB_Resultat_Mengde_tonn = { "tonn_Slite", "tonn_Binde", "tonn_Baere", "tonn_Forsterkning", "tonn_Frostsikring", "tonn_Sprengning" };

```

```
73     public static readonly string[] OB_Resultat_Mengde_tkm = { "tkm_Slite", "tkm_Binde", "tkm_Baere", "tkm_Forsterkning",  
    "tkm_Frostsikring" };  
74     public static readonly string[] OB_Resultat_Mengde_liter = { "liter_Slite", "liter_Binde", "liter_Baere",  
    "liter_Forsterkning", "liter_Frostsikring", "liter_Groft" };  
75  
76     public static readonly string[] OB_Resultat_koeff_gen_tonn = { "kkg_tonn_Slite", "kkg_tonn_Binde", "kkg_tonn_Baere",  
    "kkg_tonn_Forsterkning", "kkg_tonn_Frostsikring", "kkg_tonn_Sprengning" };  
77     public static readonly string[] OB_Resultat_koeff_gen_tkm = { "kkg_tkm_Slite", "kkg_tkm_Binde", "kkg_tkm_Baere",  
    "kkg_tkm_Forsterkning", "kkg_tkm_Frostsikring" };  
78     public static readonly string[] OB_Resultat_koeff_gen_liter = { "kkg_liter_Slite", "kkg_liter_Binde",  
    "kkg_liter_Baere", "kkg_liter_Forsterkning", "kkg_liter_Frostsikring", "kkg_liter_Groft" };  
79  
80     public static readonly string[] OB_Resultat_koeff_prosj_tonn = { "kcp_tonn_Slite", "kcp_tonn_Binde",  
    "kcp_tonn_Baere", "kcp_tonn_Forsterkning", "kcp_tonn_Frostsikring", "kcp_tonn_Sprengning" };  
81     public static readonly string[] OB_Resultat_koeff_prosj_tkm = { "kcp_tkm_Slite", "kcp_tkm_Binde", "kcp_tkm_Baere",  
    "kcp_tkm_Forsterkning", "kcp_tkm_Frostsikring" };  
82     public static readonly string[] OB_Resultat_koeff_prosj_liter = { "kcp_liter_Slite", "kcp_liter_Binde",  
    "kcp_liter_Baere", "kcp_liter_Forsterkning", "kcp_liter_Frostsikring", "kcp_liter_Groft" };  
83  
84     public static readonly string[] OB_Resultat_CO2_tonn = { "CO2_tonn_Slite", "CO2_tonn_Binde", "CO2_tonn_Baere",  
    "CO2_tonn_Forsterkning", "CO2_tonn_Frostsikring", "CO2_tonn_Sprengning" };  
85     public static readonly string[] OB_Resultat_CO2_tkm = { "CO2_tkm_Slite", "CO2_tkm_Binde", "CO2_tkm_Baere",  
    "CO2_tkm_Forsterkning", "CO2_tkm_Frostsikring" };  
86     public static readonly string[] OB_Resultat_CO2_liter = { "CO2_liter_Slite", "CO2_liter_Binde", "CO2_liter_Baere",  
    "CO2_liter_Forsterkning", "CO2_liter_Frostsikring", "CO2_liter_Groft" };  
87     // EKSEMPLER  
88     ////// <summary>  
89     ////// Global variable that is constant.  
90     ////// </summary>  
91     //public const string GlobalString = "Important Text";  
92  
93     ////// <summary>  
94     ////// Static value protected by access routine.  
95     ////// </summary>  
96     //static int _globalValue;
```

```
97
98     ///// <summary>
99     ///// Access routine for global variable.
100    ///// </summary>
101    //public static int GlobalValue
102    //{
103    //    get
104    //    {
105    //        return _globalValue;
106    //    }
107    //    set
108    //    {
109    //        _globalValue = value;
110    //    }
111    //}
112
113    ///// <summary>
114    ///// Global static field.
115    ///// </summary>
116    //public static bool GlobalBoolean;
117
118 }
119 }
120
```

```
1 using System;
2 using System.Windows.Forms;
3
4 // AEC libraries
5 using Autodesk.Windows;
6
7 namespace ModellKalkulator
8 {
9     public partial class FormMengde : Form
10    {
11        public FormMengde()
12        {
13            InitializeComponent();
14        }
15
16
17        private void knappOppdater_Click(object sender, EventArgs e)
18        {
19
20            // For loopen går gjennom alle overbyggslagene og beregner antall tonn med masse som er i hvert lag basert på
21            // enten beregnet tall fra 3D modellen, egen definert mengde
22            // samt egen- eller predefinert bulktetthet på massen.
23
24            for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Navn.Length - 1; i++)
25            {
26                // Hent inn Forms felt for Generisk tetthet og beregnet mengde
27                System.Windows.Forms.Label TetthetGeneriskLabel = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
28                    (GlobaleVariabler.OB_MengdeTetthetGenerisk[i], true)[0];
29                System.Windows.Forms.Label MengdeBeregnetLabel = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
30                    (GlobaleVariabler.OB_MengdeBeregnet[i], true)[0];
31
32                // hent inn felt for egendefinert tetthet og mengde
33                System.Windows.Forms.TextBox TetthetEgendefinertTextbox = (System.Windows.Forms.TextBox)this.Controls.Find
34                    (GlobaleVariabler.OB_MengdeTetthetEgendefinert[i], true)[0];
35                System.Windows.Forms.TextBox MengdeEgendefinertTextbox = (System.Windows.Forms.TextBox)this.Controls.Find
```



```
(GlobaleVariabler.OB_MengdeProsjektert[i], true)[0];
32
33 // Hent inn felt
34 System.Windows.Forms.Label MengdeTonnLabel = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
    (GlobaleVariabler.OB_MengdeResultat[i], true)[0];
35
36 double tetthet = double.Parse(TetthetGeneriskLabel.Text.Replace(".", ","));
37 double mengde = double.Parse(MengdeBeregnetLabel.Text.Replace(".", ","));
38
39 if (TetthetEgendefinertTextbox.Text != "")
40 {
41     tetthet = double.Parse(TetthetEgendefinertTextbox.Text.Replace(".", ","));
42 }
43
44 if (MengdeEgendefinertTextbox.Text != "")
45 {
46     mengde = double.Parse(MengdeEgendefinertTextbox.Text.Replace(".", ","));
47 }
48
49 // Hvis unntakstilfelle for beregning på Sprengstoff og Groft
50 if (GlobaleVariabler.OB_Navn[i] == "Sprengstoff" || GlobaleVariabler.OB_Navn[i] == "Grøft")
51 {
52     MengdeTonnLabel.Text = (Math.Round(mengde, 2)).ToString();
53 }
54 else
55 {
56     MengdeTonnLabel.Text = (Math.Round(tetthet * mengde, 2)).ToString();
57 }
58 }
59 }
60
61
62 // Funksjon som sørger for at det er kun tall som blir skrevet inn i tall feltene.
63 private void Tallsjekk_keypress(object sender, KeyPressEventArgs e)
64 {
```

```
65         if (!char.IsControl(e.KeyChar) && !char.IsDigit(e.KeyChar) && (e.KeyChar != '.'))
66         {
67             e.Handled = true;
68         }
69
70         // Tillatt kun en desimal separator
71         if ((e.KeyChar == '.') && ((sender as TextBox).Text.IndexOf('.') > -1))
72         {
73             e.Handled = true;
74         }
75     }
76
77
78     // Avbrytt knappen lukker vinduet
79     private void knappNeste_Click(object sender, EventArgs e)
80     {
81         RibbonButton neste = new RibbonButton();
82         neste.CommandParameter = "TRANSPORT";
83         RibbonCommandHandler tst = new RibbonCommandHandler();
84         tst.Execute(neste);
85         this.Close();
86     }
87
88
89     // Kode som henter ut volumer fra 3D modeller når "Beregn" knappen blir trykket
90     private void Beregn_Click(object sender, EventArgs e)
91     {
92         Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.SendStringToExecute
93             ("BeregnOverbyggningsVolumer ", true, false, false);
94     }
95
96     private void knapp_Lagre_Click(object sender, EventArgs e)
97     {
98         Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.SendStringToExecute
99             ("skriv_propsetMengde ", true, false, false);
```

```
98     }
99
100    private void egendef_tetthet_Filter_TextChanged(object sender, EventArgs e)
101    {
102
103    }
104
105    private void Mengde_textBox_Filter_TextChanged(object sender, EventArgs e)
106    {
107
108    }
109
110    private void hvis_tom_redigering(object sender, EventArgs e)
111    {
112        TextBox tb = sender as TextBox;
113        if (string.IsNullOrEmpty(tb.Text)) {
114            tb.Text = "0.0";
115        }
116    }
117
118    private void label14_Click(object sender, EventArgs e)
119    {
120
121    }
122
123    private void label13_Click(object sender, EventArgs e)
124    {
125
126    }
127
128    private void label15_Click(object sender, EventArgs e)
129    {
130
131    }
132
```

```
133     private void label16_Click(object sender, EventArgs e)
134     {
135
136     }
137
138     private void label17_Click(object sender, EventArgs e)
139     {
140
141     }
142
143     private void label13_Click(object sender, EventArgs e)
144     {
145
146     }
147
148     private void Beskrivelse_Slite_TextChanged(object sender, EventArgs e)
149     {
150
151     }
152
153     private void Beskrivelse_Binde_TextChanged(object sender, EventArgs e)
154     {
155
156     }
157
158     private void Beskrivelse_Baere_TextChanged(object sender, EventArgs e)
159     {
160
161     }
162
163     private void Beskrivelse_Forsterkning_TextChanged(object sender, EventArgs e)
164     {
165
166     }
167
```

```
168     private void Beskrivelse_Frostsikring_TextChanged(object sender, EventArgs e)
169     {
170     }
171 }
172
173     private void Beskrivelse_Filter_TextChanged(object sender, EventArgs e)
174     {
175     }
176 }
177
178     private void knappLukk_Click(object sender, EventArgs e)
179     {
180         this.Close();
181     }
182 }
183 }
184
```

```
1 using Autodesk.Windows;
2 using System;
3 using System.Windows.Forms;
4
5
6
7 namespace ModellKalkulator
8 {
9     public partial class FormTransport : Form
10    {
11        public FormTransport()
12        {
13            InitializeComponent();
14        }
15
16        private void knappOppdater_Click(object sender, EventArgs e)
17        {
18
19            // For loopen går gjennom alle overbyggslagene og beregner antall tonn med masse som er i hvert lag basert på
20            // enten beregnet tall fra 3D modellen, egen definert mengde
21            // samt egen- eller predefinert bulk tetthet på massen.
22
23            for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tkm.Length - 1; i++)
24            {
25                // Hent inn Forms felt for Generisk Transport
26                System.Windows.Forms.Label TransportGeneriskLabel = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
27                (GlobaleVariabler.OB_TransportAvstandGenerisk[i], true)[0];
28                // hent inn felt for egendefinert Transport
29                System.Windows.Forms.TextBox TransportProsjektertTextbox = (System.Windows.Forms.TextBox)
30                this.Controls.Find(GlobaleVariabler.OB_TransportAvstandProsjektert[i], true)[0];
31                // Hent inn Forms felt for Mengde
32                System.Windows.Forms.Label TransportMengdeLabel = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
33                (GlobaleVariabler.OB_TransportMengde[i], true)[0];
34                // Hent inn felt
35                System.Windows.Forms.Label TransportResultatLabel = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
```

```
(GlobaleVariabler.OB_TransportResultat[i], true)[0];
32
33     double TransportKM = double.Parse(TransportGeneriskLabel.Text.Replace(".", ","));
34     double MengdeTONN = double.Parse(TransportMengdeLabel.Text.Replace(".", ","));
35
36     if (TransportProsjektertTextbox.Text != "")
37     {
38         TransportKM = double.Parse(TransportProsjektertTextbox.Text.Replace(".", ","));
39     }
40
41     //Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.Editor.SendMessage ↗
42     ("TransportKM " + GlobaleVariabler.OB_Navn[i] + ": " + TransportKM);
43     //Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.Editor.SendMessage ↗
44     ("MengdeTONN " + GlobaleVariabler.OB_Navn[i] + ": " + MengdeTONN);
45     TransportResultatLabel.Text = (Math.Round(TransportKM * MengdeTONN, 2)).ToString();
46
47     }
48
49
50 // Funksjon som sørger for at det er kun tall som blir skrevet inn i tall feltene.
51 private void Tallsjekk_keypress(object sender, KeyPressEventArgs e)
52 {
53     if (!char.IsControl(e.KeyChar) && !char.IsDigit(e.KeyChar) && (e.KeyChar != '.'))
54     {
55         e.Handled = true;
56     }
57
58     // Tillatt kun en desimal separator
59     if ((e.KeyChar == '.') && ((sender as TextBox).Text.IndexOf('.') > -1))
60     {
61         e.Handled = true;
62     }
63 }
```

```
64
65
66
67     private void knapp_Lagre_Click(object sender, EventArgs e)
68     {
69         Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.SendStringToExecute
70         ("skriv_propsetTransport ", true, false, false);
71     }
72
73     private void knappNeste_Click(object sender, EventArgs e)
74     {
75         RibbonButton neste = new RibbonButton();
76         neste.CommandParameter = "MASKINER";
77         RibbonCommandHandler tst = new RibbonCommandHandler();
78         tst.Execute(neste);
79         this.Close();
80     }
81
82     private void knappForrige_Click(object sender, EventArgs e)
83     {
84         RibbonButton forrige = new RibbonButton();
85         forrige.CommandParameter = "MENGDEN";
86         RibbonCommandHandler tst = new RibbonCommandHandler();
87         tst.Execute(forrige);
88         this.Close();
89     }
90 }
91 }
92
```



```
1 using Autodesk.Windows;
2 using System;
3 using System.Windows.Forms;
4
5 namespace ModellKalkulator
6 {
7     public partial class FormMaskiner : Form
8     {
9         public FormMaskiner()
10        {
11            InitializeComponent();
12        }
13
14        // Funksjon som sørger for at det er kun tall som blir skrevet inn i tall feltene.
15        private void Tallsjekk_keypress(object sender, KeyPressEventArgs e)
16        {
17            if (!char.IsControl(e.KeyChar) && !char.IsDigit(e.KeyChar) && (e.KeyChar != '.'))
18            {
19                e.Handled = true;
20            }
21
22            // Tillatt kun en desimal separator
23            if ((e.KeyChar == '.') && ((sender as TextBox).Text.IndexOf('.') > -1))
24            {
25                e.Handled = true;
26            }
27        }
28    }
29
30    private void knapp_Lagre_Click(object sender, EventArgs e)
31    {
32        Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.SendStringToExecute
33        ("skriv_propsetMaskiner ", true, false, false);
34    }
35
```

```
35     private void knappOppdater_Click(object sender, EventArgs e)
36     {
37
38         // For loopen går gjennom alle overbyggslagene og beregner antall tonn med masse som er i hvert lag basert på
39         // enten beregnet tall fra 3D modellen, egen definert mengde
40         // samt egen- eller predefinert bulk tetthet på massen.
41         for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_MaskinerNavn.Length - 1; i++)
42         {
43             // Hent inn Forms felt for Generisk diesel forbruk på Maskiner
44             System.Windows.Forms.Label MaskinerDieselForbrukGeneriskLabel = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
45                 (GlobaleVariabler.OB_MaskinerDieselForbrukGenerisk[i], true)[0];
46             // hent inn felt for prosjektert forbruk på Maskiner
47             System.Windows.Forms.TextBox MaskinerDieselForbrukProsjektertTextbox = (System.Windows.Forms.TextBox)
48                 this.Controls.Find(GlobaleVariabler.OB_MaskinerDieselForbrukProsjektert[i], true)[0];
49             // Hent inn felt for resultat
50             System.Windows.Forms.Label MaskinerResultatLabel = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
51                 (GlobaleVariabler.OB_MaskinerResultat[i], true)[0];
52             // hent inn felt for Maskiner beskrivelse
53             System.Windows.Forms.TextBox MaskinerBeskrivelseTextbox = (System.Windows.Forms.TextBox)this.Controls.Find
54                 (GlobaleVariabler.OB_MaskinerBeskrivelse[i], true)[0];
55             // Hent inn felt for mengde
56             System.Windows.Forms.Label MaskinerMengdeLabel = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
57                 (GlobaleVariabler.OB_MaskinerMengde[i], true)[0];
58
59             double ForbrukLITERprKUBIKK = double.Parse(MaskinerDieselForbrukGeneriskLabel.Text.Replace(".", ","));
60             double MengdeKUBIKK = double.Parse(MaskinerMengdeLabel.Text.Replace(".", ","));
61
62             if (MaskinerDieselForbrukProsjektertTextbox.Text != "")
63             {
64                 ForbrukLITERprKUBIKK = double.Parse(MaskinerDieselForbrukProsjektertTextbox.Text.Replace(".", ","));
65             }
66             MaskinerResultatLabel.Text = (Math.Round(ForbrukLITERprKUBIKK * MengdeKUBIKK, 2)).ToString();
67         }
68     }
```

```
64     }
65 }
66
67
68 private void knappNeste_Click(object sender, EventArgs e)
69 {
70     RibbonButton neste = new RibbonButton();
71     neste.CommandParameter = "RESULTATERO2";
72     RibbonCommandHandler tst = new RibbonCommandHandler();
73     tst.Execute(neste);
74     this.Close();
75 }
76
77 private void knappForrige_Click(object sender, EventArgs e)
78 {
79     RibbonButton forrige = new RibbonButton();
80     forrige.CommandParameter = "TRANSPORT";
81     RibbonCommandHandler tst = new RibbonCommandHandler();
82     tst.Execute(forrige);
83     this.Close();
84 }
85 }
86 }
87
```

```
1 using Autodesk.Windows;
2 using System;
3 using System.Windows.Forms;
4
5 namespace ModellKalkulator
6 {
7     public partial class FormResultatCO2 : Form
8     {
9         public FormResultatCO2()
10        {
11            InitializeComponent();
12        }
13
14        // Funksjon som sørger for at det er kun tall som blir skrevet inn i tall feltene.
15        private void Tallsjekk_keypress(object sender, KeyPressEventArgs e)
16        {
17            if (!char.IsControl(e.KeyChar) && !char.IsDigit(e.KeyChar) && (e.KeyChar != '.'))
18            {
19                e.Handled = true;
20            }
21
22            // Tillatt kun en desimal separator
23            if ((e.KeyChar == '.') && ((sender as TextBox).Text.IndexOf('.') > -1))
24            {
25                e.Handled = true;
26            }
27        }
28
29        private void knappAvbryt_Click(object sender, EventArgs e)
30        {
31            this.Close();
32        }
33
34        private void knapp_oppdater_Click(object sender, EventArgs e)
35        {
```

```
36 // RESULTAT FOR TONN
37 for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tonn.Length - 1; i++)
38 {
39     System.Windows.Forms.Label tonn = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
40         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Mengde_tonn[i], true)[0];
41     System.Windows.Forms.Label koef_gen = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
42         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_koeff_gen_tonn[i], true)[0];
43     System.Windows.Forms.TextBox koef_prosj = (System.Windows.Forms.TextBox)this.Controls.Find
44         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_koeff_prosj_tonn[i], true)[0];
45     System.Windows.Forms.Label resultat = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
46         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_CO2_tonn[i], true)[0];
47
48     double koef = double.Parse(koef_gen.Text.Replace(".", ","));
49     double mengde = double.Parse(tonn.Text.Replace(".", ","));
50
51     if (koef_prosj.Text != "")
52     {
53         koef = double.Parse(koef_prosj.Text.Replace(".", ","));
54     }
55     resultat.Text = (Math.Round(koef * mengde / 1000, 2)).ToString();
56 }
57
58 // RESULTAT FOR TKM
59 for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tkm.Length - 1; i++)
60 {
61     System.Windows.Forms.Label tkm = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
62         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Mengde_tkm[i], true)[0];
63     System.Windows.Forms.Label koef_gen = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
64         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_koeff_gen_tkm[i], true)[0];
65     System.Windows.Forms.TextBox koef_prosj = (System.Windows.Forms.TextBox)this.Controls.Find
66         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_koeff_prosj_tkm[i], true)[0];
67     System.Windows.Forms.Label resultat = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
68         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_CO2_tkm[i], true)[0];
69
70     double koef = double.Parse(koef_gen.Text.Replace(".", ","));
71     double mengde = double.Parse(tkm.Text.Replace(".", ","));
72
73     if (koef_prosj.Text != "")
74     {
75         koef = double.Parse(koef_prosj.Text.Replace(".", ","));
76     }
77     resultat.Text = (Math.Round(koef * mengde / 1000, 2)).ToString();
78 }
79 }
```

```
63         double koefisient = double.Parse(koeff_gen.Text.Replace(".", ","));
64         double mengde = double.Parse(tkm.Text.Replace(".", ","));
65
66         if (koeff_prosj.Text != "")
67         {
68             koefisient = double.Parse(koeff_prosj.Text.Replace(".", ","));
69         }
70         resultat.Text = (Math.Round(koefisient * mengde / 1000, 2)).ToString();
71
72     }
73
74     // RESULTAT FOR LITER
75     for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_liter.Length - 1; i++)
76     {
77         System.Windows.Forms.Label liter = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
78             (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Mengde_liter[i], true)[0];
79         System.Windows.Forms.Label koeff_gen = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
80             (GlobaleVariabler.OB_Resultat_koeff_gen_liter[i], true)[0];
81         System.Windows.Forms.TextBox koeff_prosj = (System.Windows.Forms.TextBox)this.Controls.Find
82             (GlobaleVariabler.OB_Resultat_koeff_prosj_liter[i], true)[0];
83         System.Windows.Forms.Label resultat = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
84             (GlobaleVariabler.OB_Resultat_CO2_liter[i], true)[0];
85
86         double koefisient = double.Parse(koeff_gen.Text.Replace(".", ","));
87         double mengde = double.Parse(liter.Text.Replace(".", ","));
88
89         if (koeff_prosj.Text != "")
90         {
91             koefisient = double.Parse(koeff_prosj.Text.Replace(".", ","));
92         }
93         resultat.Text = (Math.Round(koefisient * mengde / 1000, 2)).ToString();
94     }
95 }
```

```
94     //Summeriting av resultatet
95     System.Windows.Forms.Label TotaltResultatLabel = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find("Total_Utslipp",
96     true)[0];
97     double TotalResultat = 0.0;
98     for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tonn.Length - 1; i++)
99     {
100         System.Windows.Forms.Label resultat = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
101         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_CO2_tonn[i], true)[0];
102         TotalResultat = TotalResultat + double.Parse(resultat.Text.Replace(".", ","));
103     }
104     for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tkm.Length - 1; i++)
105     {
106         System.Windows.Forms.Label resultat = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
107         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_CO2_tkm[i], true)[0];
108         TotalResultat = TotalResultat + double.Parse(resultat.Text.Replace(".", ","));
109     }
110     for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_liter.Length - 1; i++)
111     {
112         System.Windows.Forms.Label resultat = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
113         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_CO2_liter[i], true)[0];
114         TotalResultat = TotalResultat + double.Parse(resultat.Text.Replace(".", ","));
115     }
116     TotaltResultatLabel.Text = (Math.Round(TotalResultat, 2)).ToString();
117 }
118
119 private void Farge_plot_knapp_Click(object sender, EventArgs e)
120 {
121     Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.SendStringToExecute
122     ("Fargelegging ", true, false, false);
123 }
```

```
124         RibbonButton neste = new RibbonButton();
125         neste.CommandParameter = "RESULTATERENERGI";
126         RibbonCommandHandler tst = new RibbonCommandHandler();
127         tst.Execute(neste);
128         this.Close();
129     }
130
131     private void knappForrige_Click(object sender, EventArgs e)
132     {
133         RibbonButton forrige = new RibbonButton();
134         forrige.CommandParameter = "MASKINER";
135         RibbonCommandHandler tst = new RibbonCommandHandler();
136         tst.Execute(forrige);
137         this.Close();
138     }
139
140     private void knappOK_Click(object sender, EventArgs e)
141     {
142         Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices.Application.DocumentManager.MdiActiveDocument.SendStringToExecute
143             ("skriv_propsetResultatCO2 ", true, false, false);
144     }
145 }
146
```



```

1 using Autodesk.Windows;
2 using System;
3 using System.Windows.Forms;
4
5 namespace ModellKalkulator
6 {
7     public partial class FormResultatEnergi : Form
8     {
9         public FormResultatEnergi()
10        {
11            InitializeComponent();
12        }
13
14        // Funksjon som sørger for at det er kun tall som blir skrevet inn i tall feltene.
15        private void Tallsjekk_keypress(object sender, KeyPressEventArgs e)
16        {
17            if (!char.IsControl(e.KeyChar) && !char.IsDigit(e.KeyChar) && (e.KeyChar != '.'))
18            {
19                e.Handled = true;
20            }
21
22            // Tillatt kun en desimal separator
23            if ((e.KeyChar == '.') && ((sender as TextBox).Text.IndexOf('.') > -1))
24            {
25                e.Handled = true;
26            }
27        }
28
29        private void knappAvbryt_Click(object sender, EventArgs e)
30        {
31            this.Close();
32        }
33
34        private void knapp_oppdater_Click(object sender, EventArgs e)
35        {

```

```

36 // RESULTAT FOR TONN
37 for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tonn.Length - 1; i++)
38 {
39     System.Windows.Forms.Label tonn = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
40         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Mengde_tonn[i], true)[0];
41     System.Windows.Forms.Label koef_gen = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
42         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_koef_gen_tonn[i], true)[0];
43     System.Windows.Forms.TextBox koef_prosj = (System.Windows.Forms.TextBox)this.Controls.Find
44         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_koef_prosj_tonn[i], true)[0];
45     System.Windows.Forms.Label resultat = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
46         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_CO2_tonn[i], true)[0];
47
48     double koef = double.Parse(koef_gen.Text.Replace(".", ","));
49     double mengde = double.Parse(tonn.Text.Replace(".", ","));
50
51     if (koef_prosj.Text != "")
52     {
53         koef = double.Parse(koef_prosj.Text.Replace(".", ","));
54     }
55     resultat.Text = (Math.Round(koef * mengde, 2)).ToString();
56 }
57
58 // RESULTAT FOR TKM
59 for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tkm.Length - 1; i++)
60 {
61     System.Windows.Forms.Label tkm = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
62         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Mengde_tkm[i], true)[0];
63     System.Windows.Forms.Label koef_gen = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
64         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_koef_gen_tkm[i], true)[0];
65     System.Windows.Forms.TextBox koef_prosj = (System.Windows.Forms.TextBox)this.Controls.Find
66         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_koef_prosj_tkm[i], true)[0];
67     System.Windows.Forms.Label resultat = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
68         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_CO2_tkm[i], true)[0];

```

```

63     double koefisient = double.Parse(koeff_gen.Text.Replace(".", ","));
64     double mengde = double.Parse(tkm.Text.Replace(".", ","));
65
66     if (koeff_prosj.Text != "")
67     {
68         koefisient = double.Parse(koeff_prosj.Text.Replace(".", ","));
69     }
70     resultat.Text = (Math.Round(koefisient * mengde, 2)).ToString();
71
72 }
73
74 // RESULTAT FOR LITER
75 for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_liter.Length - 1; i++)
76 {
77     System.Windows.Forms.Label liter = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
78         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Mengde_liter[i], true)[0];
79     System.Windows.Forms.Label koeff_gen = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
80         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_koeff_gen_liter[i], true)[0];
81     System.Windows.Forms.TextBox koeff_prosj = (System.Windows.Forms.TextBox)this.Controls.Find
82         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_koeff_prosj_liter[i], true)[0];
83     System.Windows.Forms.Label resultat = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
84         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_CO2_liter[i], true)[0];
85
86     double koefisient = double.Parse(koeff_gen.Text.Replace(".", ","));
87     double mengde = double.Parse(liter.Text.Replace(".", ","));
88
89     if (koeff_prosj.Text != "")
90     {
91         koefisient = double.Parse(koeff_prosj.Text.Replace(".", ","));
92     }
93     resultat.Text = (Math.Round(koefisient * mengde, 2)).ToString();
94 }

```

```

94     //Summeriting av resultatet
95     System.Windows.Forms.Label TotaltResultatLabel = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find("Total_Utslipp",
96     true)[0];
97     double TotalResultat = 0.0;
98     for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tonn.Length - 1; i++)
99     {
100         System.Windows.Forms.Label resultat = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
101         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_CO2_tonn[i], true)[0];
102         TotalResultat = TotalResultat + double.Parse(resultat.Text.Replace(".", ","));
103     }
104     for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tkm.Length - 1; i++)
105     {
106         System.Windows.Forms.Label resultat = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
107         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_CO2_tkm[i], true)[0];
108         TotalResultat = TotalResultat + double.Parse(resultat.Text.Replace(".", ","));
109     }
110     for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_liter.Length - 1; i++)
111     {
112         System.Windows.Forms.Label resultat = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
113         (GlobaleVariabler.OB_Resultat_CO2_liter[i], true)[0];
114         TotalResultat = TotalResultat + double.Parse(resultat.Text.Replace(".", ","));
115     }
116     TotaltResultatLabel.Text = (Math.Round(TotalResultat, 2)).ToString();
117 }
118
119 private void knappNeste_Click(object sender, EventArgs e)
120 {
121     RibbonButton neste = new RibbonButton();
122     neste.CommandParameter = "RESULTATERKOSTNAD";
123     RibbonCommandHandler tst = new RibbonCommandHandler();
124     tst.Execute(neste);
125     this.Close();
126 }

```

```
125
126     private void knappForrige_Click(object sender, EventArgs e)
127     {
128         RibbonButton forrige = new RibbonButton();
129         forrige.CommandParameter = "RESULTATERC02";
130         RibbonCommandHandler tst = new RibbonCommandHandler();
131         tst.Execute(forrige);
132         this.Close();
133     }
134 }
135 }
136
```

```

1 using Autodesk.Windows;
2 using System;
3 using System.Windows.Forms;
4
5 namespace ModellKalkulator
6 {
7     public partial class FormResultatKostnad : Form
8     {
9         public FormResultatKostnad()
10        {
11            InitializeComponent();
12        }
13        // Funksjon som sørger for at det er kun tall som blir skrevet inn i tall feltene.
14        private void Tallsjekk_keypress(object sender, KeyPressEventArgs e)
15        {
16            if (!char.IsControl(e.KeyChar) && !char.IsDigit(e.KeyChar) && (e.KeyChar != '.'))
17            {
18                e.Handled = true;
19            }
20
21            // Tillatt kun en desimal separator
22            if ((e.KeyChar == '.') && ((sender as TextBox).Text.IndexOf('.') > -1))
23            {
24                e.Handled = true;
25            }
26        }
27
28        private void knappAvbryt_Click(object sender, EventArgs e)
29        {
30            this.Close();
31        }
32
33        private void knapp_oppdater_Click(object sender, EventArgs e)
34        {
35            // RESULTAT FOR TONN

```

```

36     for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tonn.Length - 1; i++)
37     {
38         System.Windows.Forms.Label tonn = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
           (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Mengde_tonn[i], true)[0];
39         System.Windows.Forms.Label koef_gen = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
           (GlobaleVariabler.OB_Resultat_koef_gen_tonn[i], true)[0];
40         System.Windows.Forms.TextBox koef_prosj = (System.Windows.Forms.TextBox)this.Controls.Find
           (GlobaleVariabler.OB_Resultat_koef_prosj_tonn[i], true)[0];
41         System.Windows.Forms.Label resultat = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
           (GlobaleVariabler.OB_Resultat_CO2_tonn[i], true)[0];
42
43         double koefisien = double.Parse(koef_gen.Text.Replace(".", ","));
44         double mengde = double.Parse(tonn.Text.Replace(".", ","));
45
46         if (koef_prosj.Text != "")
47         {
48             koefisien = double.Parse(koef_prosj.Text.Replace(".", ","));
49         }
50         resultat.Text = (Math.Round(koefisien * mengde, 2)).ToString();
51     }
52
53     // RESULTAT FOR TKM
54     for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tkm.Length - 1; i++)
55     {
56         System.Windows.Forms.Label tkm = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
           (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Mengde_tkm[i], true)[0];
57         System.Windows.Forms.Label koef_gen = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
           (GlobaleVariabler.OB_Resultat_koef_gen_tkm[i], true)[0];
58         System.Windows.Forms.TextBox koef_prosj = (System.Windows.Forms.TextBox)this.Controls.Find
           (GlobaleVariabler.OB_Resultat_koef_prosj_tkm[i], true)[0];
59         System.Windows.Forms.Label resultat = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
           (GlobaleVariabler.OB_Resultat_CO2_tkm[i], true)[0];
60
61         double koefisien = double.Parse(koef_gen.Text.Replace(".", ","));

```

```

63         double mengde = double.Parse(tkm.Text.Replace(".", ","));
64
65         if (koeff_prosj.Text != "")
66         {
67             koeffisient = double.Parse(koeff_prosj.Text.Replace(".", ","));
68         }
69         resultat.Text = (Math.Round(koeffisient * mengde, 2)).ToString();
70
71     }
72
73     // RESULTAT FOR LITER
74     for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_liter.Length - 1; i++)
75     {
76         System.Windows.Forms.Label liter = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
77             (GlobaleVariabler.OB_Resultat_Mengde_liter[i], true)[0];
78         System.Windows.Forms.Label koeff_gen = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
79             (GlobaleVariabler.OB_Resultat_koeff_gen_liter[i], true)[0];
80         System.Windows.Forms.TextBox koeff_prosj = (System.Windows.Forms.TextBox)this.Controls.Find
81             (GlobaleVariabler.OB_Resultat_koeff_prosj_liter[i], true)[0];
82         System.Windows.Forms.Label resultat = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
83             (GlobaleVariabler.OB_Resultat_CO2_liter[i], true)[0];
84
85         double koeffisient = double.Parse(koeff_gen.Text.Replace(".", ","));
86         double mengde = double.Parse(liter.Text.Replace(".", ","));
87
88         if (koeff_prosj.Text != "")
89         {
90             koeffisient = double.Parse(koeff_prosj.Text.Replace(".", ","));
91         }
92         resultat.Text = (Math.Round(koeffisient * mengde, 2)).ToString();
93     }
94
95     //Summeriting av resultater

```



```

94     System.Windows.Forms.Label TotaltResultatLabel = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find("Total_Utslipp",
95         true)[0];
96     double TotalResultat = 0.0;
97     for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tonn.Length - 1; i++)
98     {
99         System.Windows.Forms.Label resultat = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
100             (GlobaleVariabler.OB_Resultat_CO2_tonn[i], true)[0];
101         TotalResultat = TotalResultat + double.Parse(resultat.Text.Replace(".", ","));
102     }
103     for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_tkm.Length - 1; i++)
104     {
105         System.Windows.Forms.Label resultat = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
106             (GlobaleVariabler.OB_Resultat_CO2_tkm[i], true)[0];
107         TotalResultat = TotalResultat + double.Parse(resultat.Text.Replace(".", ","));
108     }
109     for (int i = 0; i <= GlobaleVariabler.OB_Resultat_Navn_liter.Length - 1; i++)
110     {
111         System.Windows.Forms.Label resultat = (System.Windows.Forms.Label)this.Controls.Find
112             (GlobaleVariabler.OB_Resultat_CO2_liter[i], true)[0];
113         TotalResultat = TotalResultat + double.Parse(resultat.Text.Replace(".", ","));
114     }
115     TotaltResultatLabel.Text = (Math.Round(TotalResultat, 2)).ToString();
116 }
117
118 private void knappForrige_Click(object sender, EventArgs e)
119 {
120     RibbonButton forrige = new RibbonButton();
121     forrige.CommandParameter = "RESULTATERENERGI";
122     RibbonCommandHandler tst = new RibbonCommandHandler();
123     tst.Execute(forrige);
124     this.Close();
125 }

```

125 }

126

```
1 using System;
2 using System.Windows.Forms;
3
4 namespace ModellKalkulator
5 {
6     public partial class AdvarselOppstart : Form
7     {
8         public AdvarselOppstart()
9         {
10             InitializeComponent();
11         }
12
13         private void knappOK_Click(object sender, EventArgs e)
14         {
15             this.Close();
16         }
17     }
18 }
19
```

VI BYG507 - Forprosjekt til masteroppgaven



CO₂ regnskap for vegbygging

- Faglig grunnlag for utregning av prosjektspesifikt klimagassutslipp basert på 3D-modell



Kjetil Lohne Bakke



Roman Slobodchikov

Veiledere

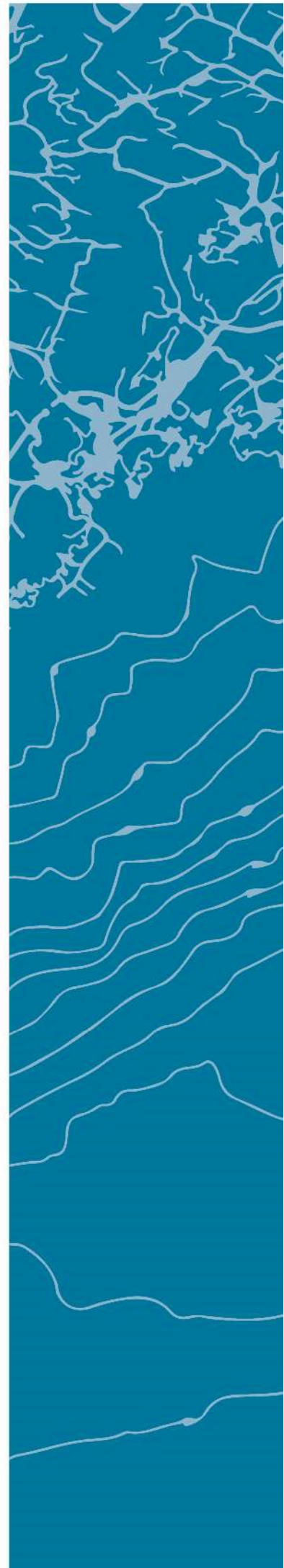
Reyn Joseph O'Born

Paul Ragnar Svennevig

Universitetet i Agder, 2017

Fakultet for teknologi og realfag

Institutt for ingeniørvitenskap



Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.

1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ol style="list-style-type: none"> 1. ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands. 2. ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt. 3. ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt. 4. har alle referansene oppgitt i litteraturlisten. 5. ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse. 	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å betrakte som fusk og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§ 31.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert.	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at Universitetet i Agder vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens retningslinjer for behandling av saker om fusk.	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider.	<input checked="" type="checkbox"/>

Publiseringsavtale

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten (Åndsverkloven. §2).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage Aura og på UiA sine nettsider med forfatter(ne)s godkjenning.

Opgaver som er unntatt offentlighet eller tausehetsbelagt/konfidensiell vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved Universitetet i Agder en vederlagsfri rett til å

gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering: JA NEI

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)? JA NEI

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over? JA NEI

Er oppgaven unntatt offentlighet? JA NEI

(inneholder taushetsbelagt informasjon. Jfr. Offl. §13/Fvl. §13)

Forord

Dette forprosjektet tar for seg fagene landmåling, datamodellering og vegbygging. I tillegg blir det sett på eksisterende metoder for å beregne klimagassutslipp ved vegbygging.

Det blir tatt opp hvordan man utfører landmåling og hvordan klimafotavtrykk blir beregnet i byggebransjen i dag. Det blir beskrevet hvordan en veg er bygget opp og hvilke hensyn man må ta ved prosjektering av veg, samt ulike måter å regne klimafotavtrykket i vegbyggningsprosjekter.

Det faglige innholdet i denne rapporten gir nødvendige forkunnskaper til faget BYG508, Masteroppgave. Det er med hensyn valgt å studere bredt ut i forprosjekt, for å deretter fordype seg grundigere inn mot problemstillingens hovedtema neste semester.

Vi har som studenter tilknytning til fakultetet for teknologi og realfag ved Universitetet i Agder, avdeling Grimstad.

Rapporten er delt inn i 12 kapitler, hvor kapittel 3 baserer seg på undervisning gitt ved Universitetet i Agder, samt en god del selvstudie. Kapittel 4-8 utgjør arbeid, prosjektarbeid og diskusjon basert på fagstoffet gitt i kapittel 3.

Vi vil takke veiledere og faglærere ved Universitetet i Agder for godt samarbeid og faglige bidrag i dette forprosjektet: Reyn Joseph O'Born - Paul Ragnar Svennevig - Ephrem Taddesse.

I tillegg retter vi en takk til Jon Olav Upsal ved Multiconsult for imøtekommenhet og gode råd.

Institutt for ingeniørvitenskap, Universitetet i Agder, 2017

Kjetil Lohne Bakke - Roman Slobodchikov

Summary

Environmental impact in road construction is an important topic in Norwegian Transportation Plan (NTP). To account for this, the Norwegian Construction industry is actively trying to develop tools and standards to construct roads in a more efficient and environmentally friendly way. This preliminary master thesis report describes in depth knowledge acquired by the authors in an array of topics to have the required know-how before starting on the research for the master thesis. The master thesis will cover the topic of calculating environmental impact of a planned road, based on 3D-model created in a BIM-software.

Information about land surveying, Building Information Modelling (BIM), Norwegian road building standards, NTP, Life Cycle Assessment (LCA), Environmental Product Declaration (EPD) and Specific LCA tools developed for road construction and maintenance, can be found in the contents of this report. Each topic covered, gives an explanation on how the specific details tie into the master thesis.

Armed with this knowledge, a tool will be developed to assess environmental impact of a road construction project based on data from a 3D model.

Innholdsfortegnelse

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring.....	I
Publiseringsavtale.....	II
Forord.....	III
Summary	IV
Innholdsfortegnelse	V
Figurliste.....	VII
Tabelliste	VII
Liste over forkortelser	VIII
1 Innledning	1
2 Samfunnsperspektiv.....	2
3 Teori	4
3.1 Datamodellering og landmåling.....	4
3.1.1 BYG 211 - Datamodellering og landmåling.....	4
3.1.2 Pensumliste, prosjektoppgaver og regneøvinger.....	5
3.1.3 Landmåling	5
3.1.4 Datamodellering med BIM	7
3.2 Vegbygging.....	9
3.2.1 BYG219 Vegbygging.....	9
3.2.2 Pensumliste, regneøvinger og prosjektoppgaver.....	9
3.2.3 Vegens oppbygning	10
3.2.4 Underbygning	10
3.2.5 Overbygning	10
3.2.6 Novapoint som modelleringsverktøy.....	11
3.3 Prosesskoder og Norsk Standard	13
3.3.1 Prosesskode 1 og 2	13
3.3.2 NS 3420.....	14
3.3.3 Reguleringsplan	14
3.4 Nasjonal Transportplan.....	15
3.5 Klimaanalyse	17
3.5.1 LCA.....	17

3.5.2	LCA verktøy for analyse av veg.....	20
3.5.3	EPD	24
3.5.4	Mangler ved EPD	25
3.5.5	Ecoinvent	26
3.5.6	OpenLCA.....	26
3.5.7	Greenroads.....	26
3.5.8	Ceequal.....	26
4	Forskerspørsmål.....	27
5	Case/Materialer	28
5.1	Landmåling.....	28
5.2	Datamodellering i Revit	30
5.3	Vegprosjektering i Novapoint og AutoCAD.....	31
5.4	Klimaspørsmål til utbyggere	32
5.4.1	Statens Vegvesen	32
5.4.2	Nye Veier	32
6	Metode.....	33
6.1	Utforming av forprosjektet	33
6.2	Fremdriftsplan.....	34
7	Resultat	35
8	Diskusjon	36
8.1	Dagens utfordringer ved beregning av klimagassutslipp.....	36
8.2	Svakheter i dagens løsninger	37
8.3	Avgrensninger	38
9	Konklusjon.....	39
10	Anbefalinger	41
10.1.1	Nivå 1	41
10.1.2	Nivå 2	41
10.1.3	Nivå 3	42
10.1.4	Nivå 4	42
10.1.5	Nivå 5	42
10.2	Alternativt beregningsgrunnlag	42
10.3	Nødvendig kompetanse	42

11	Referanser	43
12	Vedlegg.....	48

Figurliste

Figur 2.1	Tveit-broa, ferdigstilles i Novosibirsk	2
Figur 2.2	Illustrasjon av BIM design i Autodesk's program, Revit [17].....	3
Figur 3.1	Vegens oppbygning [29, Fig. 4.17].	10
Figur 5.1	Nivelleringskikkert og tverrprofiltegning av masser som må sprenges.	28
Figur 5.2	Totalstasjon og oppmåling av parkeringsplass v/UiA.....	29
Figur 5.3	Optimaliseringsprosjekt i Revit 2018.	30
Figur 5.4	Oversikt over ending i CO ₂ -ekv. Utslipp.	30
Figur 5.5	Prosjektet vegtrasé mellom Nørholm og Molland i Grimstad kommune.....	31
Figur 6.1	Utforming av forprosjekt, mai 2017.	33
Figur 6.2	Oversikt av fremdriftsplan (hentet 20.11.2017).	34
Figur 8.1	Nasjonal transportplan og transportetatene [44].....	36
Figur 8.2:	Statens Vegvesen [97] og Nye Veier [98]	37
Figur 8.3	et utvalg av verktøy gjennomgått i kapittel 3.5.2	38
Figur 10.1	Nivåpyramide.	41
Figur 10.2	Balanse mellom brukervennlighet og nøyaktighet av verktøyet	42

Tabelliste

Tabell 0.1	Liste over forkortelser.....	IX
Tabell 3.1	Oppbygning av Hovedprosessene.	13
Tabell 3.2	Oppbygning av prosesskodene.....	13
Tabell 3.3	Oppsummering av de mest brukte miljøpåvirkningskategorier og tilhørende enheter.	19
Tabell 3.4	Oversikt over LCA modeller for veg.	20
Tabell 3.5	En standard tabell over EPD deklarasjons moduler.....	25

Liste over forkortelser

Forkortelse	Beskrivelse	Kommentar
ADPE	Abiotisk uttømmingspotensial for fossile ressurser	
ADPM	Abiotisk uttømmingspotensial for ikke-fossile ressurser	
AMW	Afwegingsmodel Wegen	
AP	Forsuringspotensiale	
API	Application Programming Interface	
asPECT	Asphalt Pavement Embodied Carbon Tool	
BIM	Building Information Modelling	
BYG211	Datamodellering og landmåling	
BYG214	Arealplanlegging og Vegplanlegging	
BYG219	Vegbygging	
BYG507	Forprosjekt til masteroppgave (bygg)	
BYG508	Masteroppgave (bygg)	
C2H4	Eten	
CAD	Computer Aided Design	
CEREAL	Carbon Road Map for energy efficient pavement maintenance	
CFC-11	Klorfluorkarbon	
CHANGER	Calculator for Harmonised Assessment and Normalisation of Greenhouse-gas Emissions for Roads	
CMS	Carbon Management System	
CO2	Karbondioksid	Klimagass
CTUeco	Comparative Toxic Unit for eco environment	
CTUh	Comparative Toxic Unit for human	
DAK	Dataassistert konstruksjon	
DuboCalc	Sustainable Construction Calculator	
EACC	Environmental Agency Carbon Calculator	
ECORCE	ECO compareur Routes, Construction et Entretien	
EIA	Environmental Impact Assessment	
EKA	Energi och Koldioxid på Asfaltbelägningar	
ELCD	European Life Cycle Database	
EP	Overgjødslings potensiale	
EPD	Environmental Product Declaration	
ETP	Potensiale for giftighet, økosystem	
ETSI	Elinkaareltaan Tarkoituksenmukainen Silta	
EVRF2007	European Vertical Reference Frame 2007	
GNSS	Global Navigation Satellite System	
GPS	Global Positioning System	
GreenDOT	Greenhouse Gas Calculator for State Departments of Transportation	
GWP	Globalt oppvarmingspotensial	
HTPC	Potensiale for giftighet, menneskelig helse (kreft)	
HTPNC	Potensiale for giftighet, menneskelig helse (ikke kreft)	
IRP	Ioniserende strålingspotensial	
KraKK	Krav om Klimakutt i Konkurransegrunnlag	
LCA	Life Cycle Assessment	Livsløpsanalyse på norsk

LEIV	Lavere Energibruk i Vegvesenet	
LICCER	Life Cycle Considerations in EIA on Road infrastructure	
LTP	Landtransformasjonspotensial	
MJ	Mega Joule	
MKI	Miliekostenindikator	Miljøkostindikator på norsk
MPL	Mozilla Public License	
N100	Normal 100	Håndbok fra SSV
N200	Normal 200	Håndbok fra SSV
NN1954	Normal Null 1954	
NN2000	Normal Null 2000	
NS	Norsk Standard	
NTM	Norsk Transverse Mercator	
NTP	Norsk Transportplan	
ODP	Ozon nedbrytnings potensial	
PALATE	Pavement Life-cycle Assessment Tool for Environmental and Economic Effects	
PCR	Product Category Rules	
PM	Particulate Matter	
PMFP	Svevestøv dannelsen potensial	
PO ₄ ³⁻	fosfat	
POCP	Fotokjemisk ozondannelse	
ROAD-RES	ROAD Construction and RESidue Disposal	
Sb	Antimon	
SEVE	Système d'Evaluation des Variantes Environnementales	System for Assessing Environmental Variants
SO ₂	Svoveldioksid	
SVV	Statens Vegvesen	
U-235	Uran-235	
UiA	Universitetet i Agder	
UTM	Universal Transverse Mercator	
V120	Veiledning 120	Håndbok fra SSV
VA	Vann og avløp	
VTT	Valtion teknillinen tutkimuskeskus	Teknisk Forskningscenter på norsk
WLCO2ST	Whole Life Cost Carbon Tool	
ÅDT	Årlig DøgnTrafikk	

Tabell 0.1 Liste over forkortelser

1 Innledning

Klima og miljø er faktorer som stadig får mer oppmerksomhet i dagens samfunn. Nasjonal Transportplan gir retningslinjer og mål for hva som er akseptabelt klimagassutslipp ved bygging av infrastruktur [1]. I tillegg ønsker flere rådgivningsfirmaer, entreprenører og utbyggere å bidra til et grønnere skifte i alle deler av et prosjekt. I Norge er det konkrete tall på hvor man ønsker at utslippsnivået av CO₂-ekvivalenter skal ligge, men det er på nåværende tidspunkt ikke kjent at det brukes metoder/prosedyrer som avdekker utslippstallene på en tilfredsstillende måte.

Jon Olav Upsal i det rådgivende ingeniørfirmaet Multiconsult, har tatt initiativ til å til å utarbeide en oppgave som ser på problematikken rundt CO₂-utslipp ved vegbygging. Vi ønsker å være med på denne utviklingen og finne løsninger som kan brukes i industrien videre.

Vi vil dermed i dette forprosjektet og videre i hovedprosjektet se på følgende problemstilling:

- **Hvordan kan man utvikle en fremgangsmetode for å få frem klimafotavtrykket i et vegbyggingsprosjekt?**

For å få en grunnleggende forståelse av hvordan en veg blir bygget i dag, er det fokusert på fagene BYG211 (Datamodellering og landmåling) og BYG219 (Vegbygging). I tillegg er det utført en litteraturstudie for å undersøke hva som blir gjort i dag med tanke på CO₂-beregning i vegbyggingsprosjekter. Multiconsult er samarbeidspartner og har tilgjengelig kontaktperson i forprosjektet. I hovedprosjektet vil dette endre seg til Sweco, da kontaktpersonen i Multiconsult endrer arbeidsgiver i starten av 2018. Denne informasjon ble gjort kjent for oss i november 2017, så tilpasninger i forskerspørsmålene er utført underveis.

Denne rapporten er utarbeidet for å gi nødvendig kunnskap om hvordan landmåling, datamodellering av veg og bygg, vegoppbygning og klimaanalyser utføres. Dette resulterer i nødvendige forhåndskunnskaper før faget BYG508, Masteroppgave, som starter opp i januar 2018.

2 Samfunnsperspektiv

I Norge er det Klima- og miljødepartementet som har hovedansvaret for å ivareta helheten i regjeringens klima- og miljøpolitikk [2]. Ordet «klima» beskriver gjennomsnittlige værforhold i et gitt område basert på observasjoner som blir statistisk behandlet etter internasjonale retningslinjer [3]. Beskrivelsen av klima forteller oss altså noe om værforhold, deriblant nedbør og temperatur, på et gitt sted. Ordet «miljø» er ifølge Store Norske leksikon: «Betegnelse for de ytre livsvilkår for en organisme, populasjon eller samfunn, og de påvirkninger de blir utsatt for.» [4]. Med andre ord er altså definisjonen på disse uttrykkene tett knyttet sammen og de blir ofte brukt om hverandre i debatten om «Menneskeskapte klimaendringer». I dag er det en stor enighet innen forskning at menneskelig aktivitet påvirker det globale klimaet med stigende temperaturer og mer stokastisk værendring [5]. Selv om ikke alle er overbevist av de presenterte dataene fra hundretalls forskningsartikler [6], er det likevel 170 nasjoner (i skrivende stund) som har gitt sitt ord på å bekjempe menneskeskapte klimaendringer i Parisavtalen [7]. Disse nasjonene anerkjenner at konsekvensene av klimaendringene kan bli alvorlige, både for mennesker og naturen rundt, og at innsats kreves av enkeltindivider og bransjer.

Utslippskutt for enkeltpersoner er ifølge FNs klimapanel relativt enkle: kjør mindre, sykle mer, kjøp og kast mindre mat, spis mindre kjøtt, gjennvinn mer og bygg og bo i energieffektive boliger [8]. Disse endringene er ikke enkle å gjennomføre som enkeltperson uten bidrag fra store og små bedrifter. Byggebransjen uttrykker motivasjon og ønsker å bidra til å «bygge grønt» [9]. Likevel, ifølge forskningsrådets sin gjennomgang av saken i 2015, er ikke miljø en prioritet hos norske ingeniører [10]. Forskeren Vivian Anette Lagesen fra NTNU forteller blant annet at «etter å ha gjort 85 intervjuer, over halvparten dybdeintervjuer med rådgivende ingeniører, fant forskerne lite engasjement for miljøvennlige løsninger». Lagesen konkluderer videre med at «Fordi ingeniørene var svært opptatte av å oppfylle statlige bestemmelser, konkluderer vi med at det er mye å hente i mer ambisiøse standarder og en klar offentlig miljøregulering» [10, s. 1]. Til tross for funnene gjort av Lagesen, er det gjort betydelige miljøbesparende fremskritt av ingeniører i byggebransjen. Et eksempel på dette er en bro utviklet og designet av Per Tveit, Dosent emeritus ved Universitetet i Agder. Tveit-broa, er et innovativ design som er veldig materialbesparende sammenlignet med tilsvarende broløsninger [11]. Nylig forskning viser dessuten til at brodesignet kan ha ytterligere besparelser ved bruk av alternative materialer som limtrebjelke [12]. Broen ble blant annet bygd i stål av russiske ingeniører i Novosibirsk og er en av de 200 broene av samme type som er bygd på Tveits design i over 25 land [13].



Figur 2.1 Tveit-broa, ferdigstilles i Novosibirsk

Det jobbes også aktivt med digitalisering av bygg-, eiendom- og anleggsbransjen [14]. Sweco gjennomførte en grovprosjektering av en vegstrekning på 200 km mellom Støren i Sør-Trøndelag og Otta i Oppland på kun 6 dager, takket være digitale verktøy [15]. Digitale hjelpemidlene vil gi muligheter for raske endringer, testing av forskjellige løsninger og trekke ut nyttig data (ref. vedlegg VIII). Slike digitale løsninger blir gjerne omtalt som BIM. BIM oppgir ikke kun informasjon om dimensjoner, men inneholder i tillegg utfyllende informasjon om materialtyper, produsentdata, forbrukstall m.m. Utfordringen med å benytte BIM til bærekraftig design er å finne pålitelig, oppdatert data om utslipp [16].



Figur 2.2 Illustrasjon av BIM design i Autodesk's program, Revit [17].

Metodikken rundt å sette tall på miljøpåvirkningen og utslipp fra forskjellige produkter er omtalt som LCA. Som resultat av LCA studiet vil man kunne avsløre de store miljøproblemene forårsaket av et produkt og kan dermed sammenligne ulike løsninger og velge det minst miljøfiendtlige alternativet [18].

Arbeid med å knytte LCA data inn i BIM pågår aktivt [19], men ikke alle deler av byggebransjen er like rask med å ta i bruk de nye løsningene. En tett integrasjon mellom miljøberegning og BIM er også ettertraktet i vegprosjekter. Dette er en utfordring vårt forprosjekt og neste års hovedprosjekt skal fokusere på.

3 Teori

Valg av teori i forprosjektet er basert på forkunnskapene til forfatterne av rapporten. Studentene har bachelorgrad i henholdsvis Mekatronikk og Flyteknikk v/UiA, samt tidligere arbeidserfaring som ingeniører. Den faglige bakgrunnen bidrar til kreative løsninger hvor andre elementer enn kun bygghdesign inngår. På grunn av manglende kunnskap rundt programfagene gitt på bachelornivå for bygghdesign, er det hensiktsmessig å skrive om de fagene som vil være relevant for BYG508, Masteroppgave. Dette gjelder fagene datamodellering og landmåling, vegbygging, samt en studie på hva som blir utført av klimaregnskap ved vegbygging i dag.

3.1 Datamodellering og landmåling

Oppmåling av området man skal bygge på danner et viktig grunnlag i et prosjekt. Kunnskap om nøyaktige verdier på arealer, landmasser og koordinater er det man benytter i beregning av økonomi, maskinbehov og arbeidstimer. Det blir med andre ord gjort store investeringer basert på produktet av landmålingsarbeid, som ofte er et kart eller en terrengmodell. Et dårlig utgangspunkt vil da føre til at prosjektet får betydelige overskridelser i opprinnelig estimerte kostnader.

Ettersom landmåling har stor innflytelse på økonomiske konsekvenser og danner et viktig beslutningsgrunnlag i BIM, kan man også trekke paralleller til klimakonsekvenser. På lik linje med at enhver beslutning har økonomiske konsekvenser i form av kostnader, vil beslutningene også ha en påvirkning på mengden av miljøfiendtlige utslipp som kommer ut i atmosfæren. Landmåling, med andre ord, er ikke bare en viktig disiplin å kunne for økonomiske konsekvenser, men også for miljøkonsekvensene.

Datamodellering i BIM gjør det mulig å prosessere store mengder data uten å måtte bruke sekundære programmer for å hente informasjon om produktene i modellen. Det er interessant i forprosjektet å få en oversikt over hvilke muligheter som ligger i programvaren Revit 2018. Deretter kan man vurdere å se på muligheten for å overføre kunnskap fra byggebransjen over til vegsektoren.

3.1.1 BYG 211 - Datamodellering og landmåling

Faget BYG211, Datamodellering og landmåling, inneholder mye av den kompetansen som er nødvendig for å gi grunnkunnskaper til Masteroppgaven som skrives våren 2018. I studenthåndboken har faget følgende innhold og læringsutbytte [20]:

Innhold

- generell instrumentbruk
- oppmåling og utstikning i 3 akseretninger
- tegningsforståelse
- digital produksjon av detaljtegninger
- digital produksjon av bygningsinformasjonsmodell (BIM)
- bygningsinformasjonsmodellens 4. og 5. dimensjon.
- Programvare for dimensjonering av konstruksjoner (byggstudenter)
- Generell innføring i byggetekniske detaljer (fornybar energistudenter)
- Bærekraftig bygningsdesign

Læringsutbytte

Etter fullført emne skal studenten:

- forstår fagets betydning for andre fag i byggstudiet
- kan forklare og formidle prinsipper og instrumentbruk ved oppmåling og utstikningsarbeider.
- kan forstå, forklare og formidle innholdet i tegninger og 3D modeller.
- kan forklare og formidle betydning og bruk av 5D-bygningsinformasjonsmodell (BIM).
- kan foreta beregninger på geometriske data i terreng og modell.
- kan lage 3D modell av en gitt konstruksjon, samt produsere 2D arbeidstegninger i snitt og plan.
- Kan utføre dimensjonere konstruksjoner vha digitale modeller
- Skal kunne forklare hvordan bærekraftig tankegang og design påvirker bygningsdesignet

Fagets innhold passer forprosjektets mål og behov. Fagets fremgang reduserer også behovet for å strukturere egen studieplan som har risiko for å være mangelfull eller feil vektet på de forskjellige fagområdene sammenlignet med fagplanen laget av universitetet. Fagets innhold vil med andre ord være av samme kvalitet som hos andre studenter som tar ingeniørutdanning på byggdesign. For å dokumentere at fagets innhold er behersket, vil den tillærte kunnskapen bli beskrevet videre i de neste underkapitlene.

3.1.2 Pensumliste, prosjektoppgaver og regneøvinger

Mye av undervisningen og regneøvingene kommer fra universitetets kompendium «Landmåling» skrevet av Harald Næser [21]. En kort oppsummering av teori fra hvert kapittel er presentert under. Landmålingsdelen av faget består av teoriundervisning tatt ut fra kompendiets kapitler og feltøvinger der man lærer å benytte utstyr som nivelleringskikkert og totalstasjon, ved å foreta feltøvinger i området rundt UiA Campus Grimstad. I tillegg er det valgfrie regneøvinger på slutten av hvert kapittel i kompendiet. De innleverte rapportene og gjennomførte regneøvingene er lagt inn som vedlegg i denne rapporten for å dokumentere fremgang i faget (se vedlegg I-VII).

3.1.3 Landmåling

Landmåling kan grupperes i tre hovedgrupper; grunnmålinger, detaljmålinger og utsetting. Grunnmålinger er utført i et gitt koordinatsystem for å bestemme punkter i terrenget som det kan måles detaljer fra. Geotekniske grunnlagspunkter kalles for fastmerker eller fastpunkter. Detaljmålinger er innmåling av detaljpunkter for konstruksjon av kart. Dette kan være oppmåling av grensemerker, bygninger og andre terrengdetaljer. Innmåling av punkter med høydebestemmelse for profiltegninger eller masseberegning utføres også med detaljmåling. Utsetting omhandler utsetting av punkter fra en plantegning i forbindelse med anleggsarbeid. Dette kan være ved konstruksjon av veier, broer, tunneler, kraftlinjer, bygninger, rørledninger, kabler m.m. Utsetting brukes også i rekonstruksjon av grenser i forbindelse med at grensemerker ikke lenger er synlige i feltet [21, s. 1].

De første benyttede måleinstrumentene som ble brukt i landmålingsfaget var målebord. Disse bestod av en flat plate festet på et stativ. Oppå platen festet man en kikkert og linjal og benyttet linjalen til å tegne streker på et kart på bordet, mens man hadde kikkerten vendt mot kjente og ukjente punkter [21, s. 2].

Erstatningen for målebord ble teodolitten. Dette apparatet som kom på 1900-tallet bestod av et kikkertrør som kunne dreies om horisontal og vertikal aksene. Begge aksene var inndelt i lesbare vinkler risset inn på en glassplate [21, s. 2].

Tellurometeret kom noen få år etter og var et instrument som baserte seg på avstandsmåling ved hjelp av elektromagnetiske mikrobølger. På grunn av virkemåten var det nødvendig å ha to instrumenter, en sender og mottaker for å kunne måle avstandene [21, s. 2].

På 1970-tallet kom de første avstandsmålere basert på lys. Totalstasjonen ble utviklet i 1978 og kombinerte elektronisk avstandsmåling med elektronisk vinkelavlesning [21, s. 2].

Dagens utstyr kombinerer GPS teknologi med totalstasjon. Man benytter gjerne en stikkstang påmontert reflektor, GPS mottaker og elektronisk målebok. Totalstasjonen kommuniserer med stikkstaven og roterer automatisk for å følge etter landmåleren som bærer staven. Alle måleresultatene overføres ved hjelp av trådløs overføring og gjennomfører alle beregningene og feilutjevningene som er nødvendig for å produsere et godt grunnlag. Landmålingsutstyr blir i tillegg montert på anleggsmaskiner for å sikre rask og nøyaktig utforming av anleggsplassen [21, s. 3].

Grunnleggende beregninger

For å kunne beregne koordinater benyttes vinkler (i gon) og avstander (i meter). Retningsvinkel oppgis med tre desimaler hvor 0^g er nordover og betegnes positiv med klokken. Kapitlet presenterer grunnleggende beregningsmetoder av retningsvinkler, avstander, sinusproporsjoner, arealer av trekkanter, krysningspunkter og beregninger av koordinater ved frioppstilling [21, s. 7–12].

Kart og fastmerker

Kart forekommer i forskjellige varianter med forskjellige krav til nøyaktighet. Kurset har lagt fokus på kommunekart.

Koordinatsystemet på kart peker motsatt enn det man er vant med fra matematikken. X-aksen peker vertikalt (nord), mens Y-aksen peker horisontalt (øst). Høyden måles i z-aksen som høyden over havet. Høyden har referanse fra en halvøy ved Tregde i Mandal kommune. Denne plassen er valgt fordi det er svært liten tidevannsforskjell her. Dette referansemålet blir betegnet som geoiden. [21, s. 14].

Det er vanskelig å fremstille overflaten av en kule på et flatt ark. Dermed er det gjennom tiden utviklet en rekke med kartprojeksjoner som fremstiller kart på flatt papir eller skjerm. Det er varierte bruksområder og ulemper med hver enkel projeksjon. Kartene som benyttes i Norge er fremstilt i UTM-projeksjonen. UTM projeksjonen deler jordas overflate i soner med bredde på 6° . Norge blir dermed delt i tre soner. Vest-Agder til Nord-Trøndelag er sone 32, Nordland og Troms er sone 33 og Finnmark og Finland er sone 35. UTM projeksjonen har en forholdsdifferanse mellom terreng og kart på 0,99961 i Grimstad kommune. Med andre ord er terrenget litt større enn kartet. Dette kan ha en innvirkning på byggeplasser, hvor man benytter NTM projeksjon for å unngå problemet [21, s. 18].

NTM soner og høydesystem er viktig å ha kunnskap om når man skal modellere byggeprosjekter ved hjelp av BIM. Høydesystemet NN2000 muliggjør også bedre utnyttelse av satellittbasert måleteknologi (GPS/GNSS). Referansen må til enhver tid være bedre enn oppmålingsteknologien. Utgangshøyden er hentet fra fundamentalpunktet Normal Amsterdams Peil. Dette fundamentalpunktet er også benyttet i det nye europeiske vertikale datumet EVRF2007. Eksisterende geografisk informasjon som

er høydebestemt i NN1954, eksempelvis byggehøyder, veghøyder og høyder på VA-anlegg, vil bli overført til det nye høydesystemet [22].

Nivellering

Måling av høydeforskjeller mellom punkter i terrenget kan ved enkle byggprosjekter gjennomføres ved hjelp av en nivelleringskikkert. Metoden innebærer å sikte på trådkorset i kikkerten på en vertikalstang med høydemerker for å lese av den relative høyden. Et moderne alternativ for nivelleringskikkert er lasernivellering, hvor apparatet sender ut en laserstråle i et horisontalplan [21, s. 28].

Feltøving 3 som ble utført i faget BYG211 benyttet seg av nivelleringskikkert for å foreta masseberegninger av en fjellknaus som skulle sprenges vekk til fordel av en p-plass (se vedlegg III). Øvingen gir nyttig innblikk i metodikken bak masseberegning for transport til og fra byggeplassen, sprenging og graving.

Totalstasjon

Nivelleringskikkertens formål er å måle vertikale avstander. I mange tilfeller er det også nødvendig å måle både vertikale og horisontale avstander. Til denne oppgaven brukes totalstasjonen. Totalstasjonen er avhengig av instrumentkoordinatene og nordvinkelen for å beregne avstander. Disse verdiene kan beregnes ved hjelp av utmåling til to fastmerker. Når initial dataen er tastet inn er stasjonen i stand til å måle vinkler og avstander til reflekterende prismer og regne ut nøyaktige koordinater til prismenes plassering ved hjelp av geometriberegning [21, s. 37]. Totalstasjonen er et viktig hjelpemiddel i områder hvor satellittbasert posisjonering er begrenset eller utilgjengelig. Eksempler på dette kan være dype daler, skogområder eller oppmålinger inne i tunneler.

3.1.4 Datamodellering med BIM

For å effektivt løse utfordringer i en prosjekteringsfase i et prosjekt kan byggingeniører benytte seg av BIM. Dette gjør det mulig å forandre og optimalisere løsninger gjennom hele designfasen uten å tegne strukturen på nytt hver gang. Moderne BIM-programvarer gjør det mulig å få tak i nødvendig informasjon rask, og man kan sammenlikne løsninger basert på strukturell stabilitet, kostnad og klimapåvirkninger basert på plassering og tilgjengelige ressurser [23].

Revit

Revit er et BIM-verktøy som er utviklet av Autodesk. Programvaren tillater at ulike disipliner kan utføre planlegging, tegning, konstruksjon og administrasjon av bygninger og infrastruktur samtidig. Det inneholder funksjoner for arkitektdesign, VVS, elektro, byggteknikk, og konstruksjon. Sjansen for konstruksjonsfeil reduseres når alle disse disiplinene kan samarbeide på samme plattform. Revit tillater tilkobling med andre programvarer ved å importere og eksportere formater som IFC, DWG og DGN [24].

Det er utført ett større prosjekt i datamodelleringsdelen av BYG211 hvor oppgaven gikk ut på å optimalisere en bygning med tanke på CO₂-ekv. utslipp. Se vedlegg VIII for hele prosjektrapporten.

BuildingSMART

Det er arbeides kontinuerlig med å utvide bruksområdene for BIM. Det er viktig å få et innblikk i hvor langt teknologien er kommet i dag, for å kunne være med i utviklingsprosessen videre.

En interesseorganisasjon som heter BuildingSMART Norge ønsker å effektivisere bygg-, anlegg- og eiendomsnæringen ved å sikre utvikling og implementering av en felles digital plattform. I dag foregår store deler av dokumentasjonsflyten i industrien ved hjelp av utskrifter på papir. Dette er med på å senke effektiviteten i prosessen og dokumentene kan være utdatert allerede før de er utsendt [25].

BuildingSMART Norge bruker et filformat kalt «Industry Foundation Classes» (IFC). IFC gjør det mulig for ulike disipliner å dele dokumentasjon uavhengig av programvare. Kombinasjonen av IFC, «buildingSMART Dataordbok» og buildingSMART Proses» gjør det mulig å bruke et system kalt «åpenBIM». «åpenBIM» tillater de involverte avdelingene i et prosjekt å dele nyeste informasjon og 3D-modeller seg imellom [26].

3.2 Vegbygging

Vegbygging er et sentralt tema i et samferdselsprosjekt. Valgene man tar under planleggingen av en ny veg vil gi innvirkninger på blant annet fremkommelighet, naturinngrep, sikkerhet, økonomi og miljøutslipp. Faget BYG219, Vegbygging, ved Universitet i Agder gir kunnskap om hvilke valg og normer man bør ta hensyn til og følge under prosjektering og dimensjonering av veger.

Det er vesentlig i dette prosjektet, som ser på miljøutslipp innen vegbygging, å vite hvilke friheter man har ved valg av løsninger som er tilpasset forholdene på stedet. Med denne kunnskapen kan man lage samfunnsøkonomiske løsninger som både tar for seg økonomisk kostnad, dimensjonering og miljøutslipp for valgt trasé.

3.2.1 BYG219 Vegbygging

Faget BYG219, gir en grunnleggende forståelse for hvordan veger dimensjoneres i Norge. Vegnormalen, N200 og læreboken i vegteknologi, rapport nr. 626, fra Statens Vegvesen benyttes som faglitteratur. I studiehandboken for BYG219 står det følgende [27]:

Innhold

- Materiallære for vegbygging.
- Geotekniske undersøkelser og beregninger.
- Juridisk og formelt grunnlag for vegplanlegging, vegbygging og terrengbehandling-
- Prosjektering av veger ihht Statens vegvesens håndbøker.
- Digital modellering av veg i terreng

Læringsutbytte

Etter fullført emne skal studenten kunne:

- Forklare og formidle tekniske, miljømessige og økonomiske konsekvenser av vegbygging.
- Analysere enklere problemstillinger knyttet til grunnforhold og fundamentering.
- Prosjektere veger med tilhørende anlegg ihht gjeldende regelverk.
- Utarbeide digitale modeller av alternative trasevalg og vegutforminger.
- Forklare og formidle innhold, styrker og konsekvenser av valgte løsninger.

Dette representerer kunnskapen som er nødvendig for videre arbeid med BYG508, Masteroppgave.

3.2.2 Pensumliste, regneøvinger og prosjektoppgaver

Pensumet i BYG219 er Statens Vegvesens lærebok innen Vegteknologi og vegnormalen innen Vegbygging. I tillegg gis det undervisning fra Trimble's kurshefter i Novapoint [28]. Det er ikke obligatoriske regneøvinger i faget, men frivillige regneøvinger er tilgjengelig i undervisningssammenheng (se vedlegg IX for utførte regneoppgaver). Det er obligatorisk prosjektoppgave i Novapoint med gradert karakter. I tillegg er det obligatoriske gjesteforelesninger, samt en utflukt til Larvik for å inspisere den nye vegstrekningen E18 Bommestad-Sky.

3.2.3 Vegens oppbygning

De første vegnettene i Norge ble bygget tidlig på 1600-tallet mellom Kongsberg og Hokksund for bergverkindustrien. Siden den gang har det vært mange revisjoner av vegnormalen som setter krav til dimensjonering og utforming av vegen. I dag brukes Håndbok N200 fra Statens Vegvesen som normal for blant annet valg av løsninger, valg av materialer, dimensjonering og lagtykkelse i vegkonstruksjonen [29, s. 13–22].

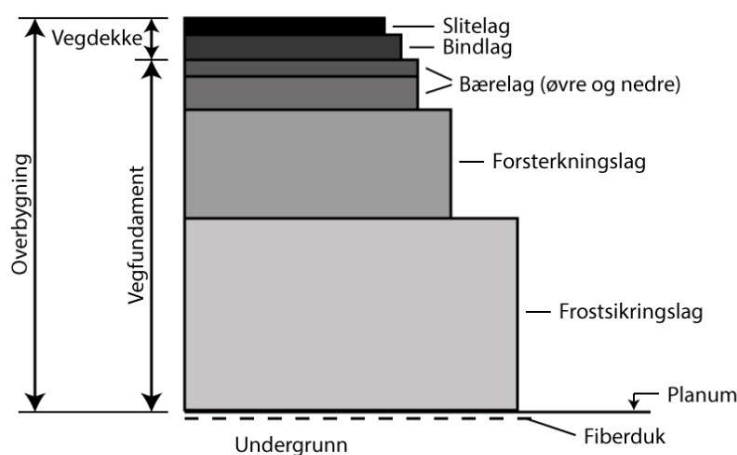
Ved en anbudskonkurranse hvor entreprenører konkurrerer om samme jobb, er det i dag firmaet med laveste pris eller med det mest økonomisk fordelaktige tilbudet¹ som vinner anbudet [29, s. 29].

3.2.4 Underbygning

Ved prosjektering av en ny veg er det viktig å være kjent med grunnforholdene. Dette er avgjørende for å kunne lage en stabil og driftssikker vegstruktur. Underbygningen er den delen av vegbygningen som er under planum. I underbygningen foretas det normalt grunnundersøkelser av en geotekniker for å kunne fastsette hvilken bæreevne og telefarlighet underbygningen har [29, Kap. 3].

3.2.5 Overbygning

Vegoverbygningen er den delen av vegen som er over planum. Overbygningen kan bestå av vegdekke, bærelag, forsterkningslag og frostsikringslag. Vegoverbygning blir i hovedsak dimensjonert etter aksellasten som er tillatt på vegen. Vegen dimensjoneres etter den tiden på året hvor bæreevnen er på det mest kritiske. Dette vil være på våren under opptiningen, hvor mye vann blir frigitt og forårsaker en svekkelse av bærelaget [29, s. 61–69]. Det forventes at en veg skal kunne oppnå en levetid på 40–60 år. I vegnormalen N200, dimensjoneres det for at vegen skal kunne tåle trafikkbelastningen gjennom 20 år. I løpet av denne perioden vil vegdekket bli fornyet på grunn av slitasje, selv om vegen er dimensjonert for 20 år. Vegnormalen N200 gir et anslag på hva som er forventet levetid på vegdekket basert på ÅDT. Det pågår kontinuerlig forskning for å øke levetiden til vegdekket [29, s. 71–72].



Figur 3.1 Vegens oppbygning [29, Fig. 4.17].

¹ Begrepet «mest økonomisk fordelaktige tilbud» vil si at tilbudet inneholder flere parametere. Dette kan både være pris, leveringstid, miljøegenskaper og kvalitet m.fl. [100].

Vegdekke

Vegdekket er det øverste laget i en vegkonstruksjon. Dette laget skal gi trafikantene gode kjøreforhold og tilfredsstillende friksjon under både våte og tørre forhold. I Norge skiller vi mellom myke og stive dekketyper ved fast dekke, som er veg bestående av asfalt eller oljegrus. Myke dekketyper blir brukt der hvor ÅDT < 3000. Disse dekkene har god fleksibilitet ved telehiv, men bidrar lite mot bæreevne. Stive dekketyper kan brukes i alle trafikklasser og skal alltid legges i to lag. Det nederste laget er bindelaget, mens det øverste laget er slitelaget [29, s. 73–74]. Vegnormalen N200 gir dimensjonerende tykkelser for disse lagene basert på ÅDT i åpningsåret [30, s. 224]. SVV bruker to kontraktstyper for vegdekket. Dette er respetbaserte og funksjonsbaserte kontrakter. Den respetbaserte kontrakten gir spesifikke mengder av tilsetningsstoffer i vegdekket, mens funksjonsbaserte kontrakter stiller krav til egenskapene på vegdekket [30, s. 310–313].

Bærelag

Bærelagets oppgave er å overføre påførte laster videre ned til forsterkningslaget uten at materialet i forsterkningslaget blir knust eller deformert. Det finnes en rekke forskjellige materialtyper å velge mellom, som enten beskrives som bundne eller ubudne. Bunde materialer inneholder bitumen som fungerer som et bindemiddel. Bærelaget har en tykkelse fra 9 til 20 cm [29, Fig. 74].

Forsterkningslag

Forsterkningslaget har som hovedoppgave å unngå overbelastning av undergrunnen og drenerer for å hindre vann i de overliggende lagene. Forsterkningslaget består i hovedsak av knuste steinmaterialer i sorteringene kult (22/120, 22/180), pukk (22/90) og samfengt pukk (0/63, 0/90) [29, s. 74–75].

Frostsikringslag

Frostsikringslag er påkrevd dersom grunnen er kvalifisert innenfor telefarlighetsklasse T3 eller T4. Behovet vurderes ved gjennomgang av grunnundersøkelsene og frostsikringslaget bestemmes ut ifra tilgjengelige ressurser og pris [30, s. 217]. Håndbok N200 angir fire typer frostsikringslag. Disse er angitt i anbefalt rekkefølge, sett at kostnaden er lik [30, s. 217]:

1. Sand- og grusmaterialer
2. Knust fjell
3. Lettklinker eller skumglass (granulære frostsikringsmaterialer)
4. Isolasjonsplater av ekstrudert polyester (XPS)

Planum

Det er krav om minimum tverrfall på planum til 3 % uansett dekketype. Dersom det anlegges veg over vannømfintlige og bløte materialer bør tverrfallet økes til 6 %. Det er viktig å se til at det ikke er mulighet for at vann blir liggende ved planum, da dette kan forårsake skade på overbygningen [30, s. 86].

3.2.6 Novapoint som modelleringsverktøy.

I dag utføres prosjekteringen av nye veger ved hjelp av DAK [31, s. 4]. Novapoint er et konstruksjonsverktøy med 21 applikasjonsverktøy, hvor hver applikasjon er tilpasset ønsket formål. Programmet kan brukes i alle deler av et prosjekt ved prosjektering av moderne veger, jernbaner, tunneler, bruer, og vann og avløp [32].

Applikasjonsverktøyet Novapoint Veg, blir i tillegg til Novapoint Basis, brukt i undervisningen i BYG219. I Novapoint Veg har man mulighet til å bruke maler som er basert på lokale standarder og å konstruere veglinje, vegmodell, kryss, analysere volum, siktavstander, sporing av kjøretøy m.fl. I tillegg kan man få frem layout av vegtraséen og rapport basert på parameterne som er lagt inn i modellen [33].

Novapoint Veg består av to utgivelser, Veg Standard og Veg Utvidet. I Veg Standard kan man konstruere alle typer veier, gater og vegkryss. I tillegg kan man tegne veger med komplette skjæringer og fyllinger, samt eksportere stikningsdata. Vegmodellen kan eksporteres til andre 3D-modeller for å utføre konfliktkontroll. Veg Utvidet har tilsvarende egenskaper som Veg Standard, men man har i tillegg muligheter for å utføre siktanalyse, generere tverrfall og breddeutvidelse av vegoverflater basert på nasjonale standarder. Programmet har også mulighet til å generere masseberegninger som er basert på masseprofilene. Novapoint Utvidet er velegnet til vegprosjektering og planlegging [33], og blir benyttet i prosjektering av strekningen Molland-Nørholm som ligger i vedlegg X.

3.3 Prosesskoder og Norsk Standard

Prosesskodene til Statens Vegvesen og Norsk Standard er viktige dokumenter som spesifiserer hvordan en arbeidsoppgave skal utføres. De henter informasjon fra prosjekteringsarbeidet som er utført og gir en samlet mengdebeskrivelse til prosjektet. Prosesskodene og Norsk Standard er to forskjellige metoder for å utføre mengdebeskrivelser i et konkurransegrunnlag. Prosesskode 1 og 2 fra Statens Vegvesen og NS 3420 blir introdusert i dette prosjektet. I hovedprosjekt er det et ønske om å se på muligheten for å sammenkoble data fra disse dokumentene, for deretter å regne ut klimafotavtrykket i et prosjekt.

3.3.1 Prosesskode 1 og 2

Statens Vegvesen håndbok R761, Prosesskode 1, gir en arbeidsbeskrivelse av elementene som inngår i et vegprosjekt. Den dekker anleggsarbeider, drift og vedlikeholdsarbeider. Prosesskoden må brukes i arbeid som utføres for Statens Vegvesen. Dette gjør det enkelt for entreprenørene å prissette et tilbud i en anbudskonkurranse ettersom både krav og omfang vil være likt hver gang [34, s. 7].

Statens Vegvesen håndbok R762, Prosesskode 2, er bygget opp på tilsvarende måte som Prosesskode 1, men omhandler bygging av bruer og kaier [35, s. 7].

Prosesskoden består av totalt 10 hovedprosesser som er rangert fra 0-9. Hver hovedprosess er igjen delt inn i underprosesser hvor hvert undernivå gir en mer detaljert beskrivelse av prosessen. Hovedprosessene 1-7 blir hentet fra Prosesskode 1, mens Hovedprosess 8 blir hentet fra Prosesskode 2. Tabell 3.1 viser hvilke kategorier som tilhører hver hovedprosess [34, s. 7].

Hovedprosess 0	Til internt bruk
Hovedprosess 1	Forbedrende tiltak og generelle kostnader
Hovedprosess 2	Sprengning og masseflytting
Hovedprosess 3	Tunneler
Hovedprosess 4	Grøfter, kummer og rør
Hovedprosess 5	Vegfundament
Hovedprosess 6	Vegdekke
Hovedprosess 7	Vegutstyr og miljøtiltak
Hovedprosess 8	Bruer og kaier
Hovedprosess 9	Til bruk for drift og vedlikehold

Tabell 3.1 Oppbygning av Hovedprosessene.

Underprosessene kan enten være delprodukter av en utførelse, alternative måter å utføre oppdraget på eller en kombinasjon av disse. Prosesskodene er bygget opp på denne måten slik at detaljnivået i kontraktene skal kunne velges fritt i hvert tilfelle. [34, s. 7]. Tabell 3.2 viser et eksempel på hvordan et delprodukt kan bli valgt ut ifra en hovedprosess.

Hovedprosess 7	Vegutstyr og miljøtiltak
Underprosess 75	Kantstein, rekkverk og gjerder
Underprosess 75.1	Kantstein
Underprosess 75.11	Kantstein av naturstein
Underprosess 75.111	Rett kantstein av naturstein

Tabell 3.2 Oppbygning av prosesskodene.

3.3.2 NS 3420

Norsk Standard NS 3420 gir beskrivelser av bygg, anlegg og installasjoner [36, s. 1] og er utarbeidet av bransjen selv i regi av Standard Norge [37]. Den brukes gjerne av byggherrer som i større grad bestiller bygningsarbeider, mer enn kun anleggsarbeider slik som Statens Vegvesen gjør [29, s. 28]. Dette gjelder både for offentlige og private byggherrer, arkitekter, rådgivende ingeniører, entreprenører, takstmenn og advokater [37]. NS 3420 ble først utgitt i 1976 og har vært gjennom en rekke revisjoner etter det. Standarden bygget opp på tilsvarende måte som prosesskodene til Statens Vegvesen, hvor man har hovedposter med tilhørende underposter for mer detaljert beskrivelse av arbeidet som skal utføres. Standarden gir i tillegg informasjon om beregning, oppfølging og kvalitetssikring av bygge- eller anleggsarbeider [36, s. 3].

3.3.3 Reguleringsplan

Reguleringsplan er en detaljert plan som styrer utnyttelse av grunn og bebyggelse i bestemte områder i en kommune [38]. Hensikten med en reguleringsplan er å etablere forslag og avgrensninger rundt arealformål, hensynssoner og bestemmelser på et kommunalt område [39]. Som regel skiller man mellom to typer reguleringsplaner: områderegulering og detaljregulering. Områderegulering utarbeides av kommunen, og beskriver kommunens avgjørelse av områdets formål og avgrensning [40]. Detaljregulering baserer seg på områdereguleringen og beskriver en konkret plan for gjennomføring av tiltak for området. Detaljreguleringsplan må utarbeides av fagkyndige personer [41]. Når en reguleringsplan er vedtatt er den juridisk bindende for det geografiske området planen omtaler [42].

3.4 Nasjonal Transportplan

Nasjonal Transportplan er et dokument som gjenspeiler regjeringens transportpolitikk. Transportetatene gjennomfører utredninger og lager forslag til NTP med bakgrunn i retningslinjer fra Samferdselsdepartementet. NTP viser regjeringens transportpolitikk og revideres hvert fjerde år [43]. Den siste revisjonen som gjelder for perioden 2018-2029 er vedtatt i Stortinget, men trer ikke i kraft før 1. januar 2018 [1]. Det er denne transportplanen som det blir fokusert på i denne oppgaven.

Transportetatene som består av Avinor, Statens Vegvesen, Jernbanedirektoratet og Kystverket jobber sammen for å nå klimamålet. I dag fokuseres det på nullutslippsteknologi, bærekraftig drivstoff og en satsning på kollektivtrafikk, samt gåing og sykling i byområdene. I tillegg anbefaler transportetatene blant annet at man bør redusere utslipp ved bygging, drift og vedlikehold av infrastrukturen. De foreslår at dette kan gjennomføres ved å redusere klimautslippene fra anleggsarbeid, vedlikehold, maskiner og drift av transportinfrastrukturen. [44, s. 11].

I dag kan utbygging av infrastruktur føre til store klimagassutslipp. Utslippene kommer hovedsakelig fra forbrenning av diesel i anleggsmaskiner, fremstilling av materialer og transport. Det langsiktige målet i NTP er å oppnå tilnærmet nullutslipp fra maskiner og å optimalisere materialbruken og prosjektenes utslipp over levetiden. Transportetatene foreslår at utslippene fra bygging av infrastruktur skal reduseres med 40% innen 2030 [44, s. 37], fra utslippsnivået fra 1990 [44, s. 31]. NTP legger med andre ord opp til at trengs et verktøy for å avgjøre klimautslippene i et prosjekt.

Kapittel 4.6 i NTP handler om Samlede virkninger og fordeling av midler. Her blir det presentert at det ikke er mulig å gi et eksakt tall på potensialet for utslippsreduksjoner fordi det er avhengig av hvilke prosjekter som gjennomføres og utformingen av disse. NTP fastsetter at det viktigste grepet for en klimavennlig prioritering er å unngå prosjektene som gir store byggeutslipp og trafikkøkning og heller fokusere på prosjekter som bidrar til størst klimagassreduksjon [44, s. 38].

Det påpekes usikkerhet i CO₂-beregningene hos NTP. Det vil koste 42 mrd. å bygge ut alle vegprosjektene i Norge som fører til en reduksjon av klimagasser fra trafikken. Totalt vil disse utbygningene gi en årlig utslippsreduksjon på om lag 50 000 tonn CO₂ når man ser bort ifra nullutslippskjøretøy og biodrivstoff. Når man ser på hele livssyklusen til vegprosjektene som inkluderer summen av trafikkreduksjon, bygging, drift og vedlikehold vil noen av prosjektene som gir utslippskutt fra trafikken gi en økning i utslippene totalt sett [44, s. 38]. NTP viser til at det er viktig å se på trafikkutslipp og byggeutslipp i sammenheng og at det i større grad blir tatt hensyn til hele livsløpet i prosjektene. Det forventes imidlertid en betydelig reduksjon av utslippene i materialproduksjonen. Dette er fordi produksjon av byggematerialer er regulert i et kvotesystem hvor det settes begrensinger til utslippsnivået [44, s. 39].

De langsiktige planene i NTP som blant annet omhandler motorvegplanen tar for seg potensielle negative konsekvenser ved utbygging av et høyhastighetsvegnett. Her blir det kommentert både økt trafikkmengde og høyere klimagassutslipp som følge av økt gjennomsnittshastighet. I tillegg blir det påpekt potensielle inngrep i naturen og omgivelsene, samt klimagassutslipp i byggefasen [44, s. 124].

Transportetatene har begynt å vektlegge andre kriterier enn pris i større grad ved tildeling av kontrakter. Ved å vektlegge både kvalitet og pris må rådgivere og entreprenører bygge opp kapasitet og kompetanse for å stille sterkt ved en anbudsrunder. Transportetatene jobber fortsatt med videreutvikling og forbedring av kvalifiserings- og tildelingskriterier som omfatter andre kriterier enn

pris ved tildeling av oppdrag [44, s. 133]. I NTP står det at transportetatenes forskningsinnsats bør fokusere på overgang til lav- og nullutslippsteknologi, bærekraftig transportplanlegging og økt kunnskap om tiltak som reduserer klimagassutslippene, samt reduksjon i utslipp fra bygging og drift av samferdselsanlegg [44, s. 136].

3.5 Klimaanalyse

Livsløpsanalyse er en komplisert og omfattende prosess hvor alle definerte påvirkninger inngår. For å få en oversikt over hvilke livsløpsanalyseverktøy som finnes i dag er det utført en studie på dette området. Det er viktig å ha denne informasjon tilgjengelig før starten av neste semester for å utvikle metodene videre, basert på prosjektets ambisjoner om å koble livsløpsanalysen til prosjektspesifikke klimagassutslipp ved hjelp av 3D-modell.

3.5.1 LCA

LCA er en metodikk for å beregne en prosess eller et produkts miljøpåvirkning gjennom hele dens levetid. Det er vanlig å se på hele livsløpet fra utvinning av råvarer, produksjon, bruk/drift og til slutt, avfallshåndtering. Innenfor livsløpsanalysen inngår også transport mellom de ulike fasene [45, s. 19–20]. Livsløpsanalyser brukes for å se på mulige utbedringer og for å kartlegge produktet. Det stilles høyere krav til miljøvennlige produkter, og det pålegges mange industrier å dokumentere miljøpåkjenningene av produktet eller prosessen. Til dette er livsløpsanalyse et godt verktøy [45, s. 20–21]. Standarden ISO 14040 beskriver og gir veiledning for hvordan en LCA analyse skal utføres [45, s. 22]. LCA metodikken deles inn i de fire fasene: definisjon av mål og omfang, innsamling av data, konsekvensutredning og tolkning.

Definisjon av mål og omfang, «Goal and scope definition», svarer på spørsmålene om hva, hvordan og hvorfor analysen skal gjennomføres. Den gir begrensninger og forklaring om hva som skal utelates [45, s. 73–74]. Mål og omfang skal definere en funksjonell enhet, «functional unit», som er den enheten som resultatene skal måles i, for eksempel «1 meter ferdigstilt motorvei gjennom en levetid på 50 år».

Innsamling av data, «Inventory analysis», skal innhente alle prosesser som brukes i analysen. Det er vanlig å lage et flytskjema over alle prosessene for å skaffe seg en oversikt og alle relevante prosesser som inkluderes og beskrives. Det er viktig å legge frem metode for innhenting av data [45, s. 97–98].

Konsekvensutredning, «Impact assessment», fremlegger resultatene fra den innsamlede dataen. Utslippene blir klassifisert i passende påvirkningskategorier som for eksempel forsuring, nedbrytning av ozonlaget, eller effekten på biologisk mangfold [45, s. 129].

Tolkning av resultatene, «interpretation», vil si at man raffinerer resultatene til mindre bolker for å lettere kunne ta beslutninger og konklusjoner. Her kan det komme forslag til endring som kan gjøre produktet eller prosessen mer miljøvennlig [45, s. 175–176].

Typisk blir et produkt vurdert i forhold til sin livssyklus. Denne vurderingen blir delt i forskjellige miljøpåvirkningskategorier. Miljøpåvirkningene varierer med metodikken. Legg merke til at når en utslippskategori blir uttrykt i en enkel enhet, f.eks. CO₂-ekvivalenter, betyr det ikke at kun CO₂-utslipp er vurdert. Påvirkningen fra de ulike kjedene til et produkt er normalisert til en enkel enhet som summeres opp for å gi et tall som kan fortelle om miljøpåvirkningen til produktet i en gitt utslippskategori [46, s. 6].

Noen av de mest typiske kategorier fra ReCiPe-metodikken er:

Globalt oppvarmingspotensial (GWP), referer til endringer i den globale værtilstanden. Værtilstand inkluderer variasjoner i temperatur og nedbør som er forårsaket av økt konsentrasjon av drivhusgasser i atmosfæren. GWP blir ofte kvantifisert i CO₂-ekvivalenter i kg eller tonn [46, s. 3].

Forsuringspotensiale (AP), beskriver en lokal effekt som påvirker ferskt vann, skog og helse hos mennesker. Sur nedbør påvirker dessuten PH verdien i innsjøer. Dette forekommer som regel på grunn av økte SO_2 konsentrasjoner. Surhet i luft blir ofte referert til som økt masse av H^+ ioner [46, s. 3].

Fotokjemisk ozondannelse (POCP), en kategori som kan beskrive to forskjellige påvirkninger. Den første er utslipp fra industri og transport som blir fanget opp nært bakkenivå og vil i sollys være synlig som smogforurensning [46, s. 3]. Smog er, som regel, et symptom på fotokjemisk ozondannelse [47]. Den andre påvirkningen beskriver en prosess der ozon ikke er sluppet ut direkte, men er et biprodukt av flyktige organiske forbindelser (VOC) og Nitrogen oksyder (NO_x). POCP blir beskrevet ved hjelp av kg C_2H_4 -ekvivalenter [46, s. 3].

Ozon nedbrytningspotensial (ODP), referer til skader påført ozonlaget i stratosfæren. Dette laget beskytter oss mot uv-bestråling og denne beskyttelsen kan dermed bli svekket av forurensning på grunn av menneskelig aktivitet. Ozon nedbrytningspotensial blir som regel beskrevet i CFC-11 (klorfluorkarbon, KFK) ekvivalenter [46, s. 4].

Overgjødslingspotensiale (EP), referer til tilførsel av stoffer som nitrogen, kalium og fosfor i områder der det ikke forekommer naturlig. Disse stoffene kan f.eks. renne av fra jordbruk eller som avløpsvann fra et produksjonsanlegg. Det bidrar til økt plante og algeaktivitet som fører til konsekvenser som dårlig lukt, død av fisk mm. Resultatet blir formidlet i form av kg PO_4^{3-} (fosfat) ekvivalenter [46, s. 4].

Abiotisk uttømmingspotensial for ikke-fossile ressurser (ADPM). Uttrykket referer til ressurser som ikke er fornybare, f.eks. jern, o.l. og fornybare abiotiske (ikke levende) ressurser, som vindkraft, vannkraft, o.l. Oftest så referer denne kategorien til bruk av ikke fornybare ressurser eller ressurser som har en fornyelsesperiode på 500 år [48] eller mer. Resultatet blir som regel regnet om til Sb-ekvivalenter [48]. Sb er kjemisk symbol for antimon, et relativt sjeldent stoff med anslått jordskorpeinnhold på 0,2 og 0,5 ppm [49].

Abiotisk uttømmingspotensial for fossile ressurser (ADPE). I denne kategorien prøver man å måle ut energiinnholdet i et karbonbasert mineral (Olje, gass, kull etc.). Energien som er nødvendig for å raffinere og utvinne mineralene er også inkludert. Resultatet blir som regel formidlet i MJ. Produkter som plast og bitumen er også inkludert her [48].

En oppsummering over de mest brukte miljøpåvirkningskategorier, enheter og sikkerhet i resultater er oppsummert i Tabell 3.3. Tabellen oppgir basiskategorier beskrevet i boken utgitt i 2002, «Handbook on LCA» [50]. Oversikten er oppdatert av Dorland i 2016 [51].

Kategori	Forkortelse	Nøkkel-påvirkning	Omfang	Beskyttelsesområde	Enhet	Usikkerhet i resultatet
Globalt oppvarmingspotensial	GWP	Klima endring	Global	Menneskets helse og økosystem	Kg/ tonn CO ₂ ekv.	LAV
Ozon nedbrytnings potensial	ODP	Ozonlag nedbrytning	Global	Menneskets helse og økosystem	Kg CFC-11 ekv.	LAV
Forsuringspotensiale	AP	Sur nedbør	Lokal	Økosystem	Kg SO ₂ ekv.	MODERAT
Overgjødslings potensiale	EP	Algemasse vekst	Lokal	Økosystem	PO43- ekv.	MODERAT
Fotokjemisk ozondannelse	POCP	Smog røyk	Lokal	Menneskets helse og økosystem	Kg C ₂ H ₄ ekv.	MODERAT
Abiotisk uttømmingspotensial for ikke-fossile ressurser	ADPM	Mineral ressurs uttømming	Global	Tilgang til ressurs	Kg Sb ekv.	MODERAT
Abiotisk uttømmingspotensial for fossile ressurser	ADPE	Fossil ressurs uttømming	Global	Tilgang til ressurs	MJ	LAV
Svevestøv dannelsen potensial	PMFP	Pusteproblemer	Lokal	Menneskets helse	Kg PM _{2.5} ekv.	LAV
Potensiale for giftighet, menneskelig helse (kreft)	HTPC	Helseplager/ -problemer	Lokal	Menneskets helse	CTUh	HØY
Potensiale for giftighet, menneskelig helse (ikke kreft)	HTPNC	Helseplager/ -problemer	Lokal	Menneskets helse	CTUh	HØY
Potensiale for giftighet, økosystem	ETP	Skade på økosystemet	Lokal	Økosystem	CTUeco	HØY
Landtransformasjonspotensial	LTP	Brukbarhet av landområde og økosystem skade	Begge	Tilgang til ressurs og økosystem	m ²	MODERAT
Ioniserende strålingspotensial	IRP	Helseplager/ -problemer	Lokal	Menneskets helse	Kg U-235 ekv.	MODERAT

Tabell 3.3 Oppsummering av de mest brukte miljøpåvirkningskategorier og tilhørende enheter.

Utslipp fra et vegprosjekt kan bidra til alle utslippskategoriene som er beskrevet i Tabell 3.3. Det er viktig å være bevisst på de forskjellige utslippskategoriene og hvordan man regner på disse.

3.5.2 LCA verktøy for analyse av veg

For å få en oversikt over hvilke fremskritt som er utført for klimaberegning i vegprosjekter, er det nødvendig å se på tidligere forskningsarbeid og bygge videre på deres erfaringer.

Tabell 3.4 gir en nyttig oversikt over LCA modeller tilgjengelig for utregning av miljøpåvirkning av veg. Tabellen skisserer også i hvilke faser av vegens livsløp disse verktøyene kan benyttes.

	Anvendelige Land	Referanse	Avgjørelse							Bærekraft					
			Tidlig planlegging	Design	Bygging og vedlikehold	Oppfølging	Vei	Tunnel	Bro	Trafikk	GHG (Drivhusgasser)	Energi	Annet	Økonomi	Sosial
LICCER	SE,NO,DK,NL	Brattebø, 2013 #324													
EFFEKT	NO	Hammervold og Sandvik, 2009													
JOULESAVE	EU	Butler, 2010													
AMW	NL	van Leest et al., 2006													
Anavitor	SE,NO,DK,NL	Erlandsson et al., 2007													
asPECT	UK	TRL, 2011													
Carbon Road Map	NL,DK	Spriensma et al., 2014													
CMS	Sco	Collin og Fox, 2010													
DuboCalc	NL	Kluts og Miliutenko, 2012													
ECORSE	FR	Copany et al., 2013													
ETSI BridgeLCA	NO,SE,FI	Hammervold et al., 2009a													
GreenDOT	US	Gallivan et al., 2010													
Meli	FI	Mroueh et al., 2000													
PALATE	US	Horvath, 2004													
Road Model	SE,NO,DK,NL	Stripple, 2001													
ROAD RES	DK	Birgisdóttir, 2005													
SEVE	FR	SEVE, 2010													
TEAM	FR	Schwartzentru ber og Rabier, 2012													
Environmental Agency Carbon Calculator	UK	UK-EA, 2012													
Highway Agency Carbon Calculator	UK	Kerwick-Chrisp, 2009													
WLCO2ST	World Wide	URS, 2012													
CHANGER	IRF	Huang et al., 2012													
Klimakalkyl	SE	Norberg, 2017													
VegLCA	NO	Hammervold et al. 2015													

Tabell 3.4 Oversikt over LCA modeller for veg.

En kort beskrivelse av hvert verktøy nevnt i Tabell 3.4, samt status på verktøyets tilstand i dag er gitt under:

LICCER

Modellen er designet for å gi supplerende informasjon tidlig i planleggingsstadiet for en vegtrasé. Utfordringen er at mye av informasjonen om massemengder, maskiner og utstyr for bygging ikke finnes når avgjørelsen av plasseringer av vegkorridoren skal tas. LICCER gir derfor muligheten til å oppgi til dels kjente data på en strekning og benytte standard designparametere for de ukjente verdiene for å gi et estimert utslippsnivå i et gitt område. Denne informasjonen kan da benyttes til å kunne velge den mest miljøvennlige vegkorridoren ut fra en rekke med valgmuligheter. LICCER er bygd opp i et regneark og baserer seg på en tidligere versjon av EFFEKT modellen.

Dato for siste, kjente oppdatering: Desember, 2013 [52]

EFFEKT

Verktøyet er tiltenkt en kost-nytte og sosial økonomisk analyse av veg. Beregningsmetodikken benyttet i verktøyet baserer seg på Statens Vegvesen Håndbok V712: Konsekvensanalyser. Klimamodulen ble

integrrert i EFFEKT siden versjon 6.4 og metodikken regner ut globale endringer i energiforbruk og klimagassutslipp i vegbyggingsprosjekter. Dette verktøyet er bygd opp i et regneark. [53]

Dato for siste, kjente oppdatering: Februar, 2015

JOULESAVE

Joulesave er utviklet av selskapet Bentley og er testet i samarbeid mellom Tsjekkia, Frankrike, Irland, Portugal og Sverige. Verktøyet skal kunne benyttes rundt hele Europa. Modellen hjelper med valg av vegtrasé og sammenligning mellom alternativene. Verktøyet skal kjøres parallelt med designprogramvaren MXROAD. Verktøyet fikk en omfattende oppdatering i 2010 og tar nå også hensyn til vegslitasje og rullemotstand og ble døpt til Joulesave2. [54]

Dato for siste, kjente oppdatering: Februar, 2010 [55]

AMW

AMW er et nederlandsk verktøy utviklet for å dekke samme behov som beskrevet i EFFEKT OG LICCER. Siste oppdatering i følge produsentens hjemmeside, CROW, er siste versjon av programvaren utgitt 4. Desember 2008.

Dato for siste, kjente oppdatering: Desember, 2008 [56]

Anavitor

Svensk verktøy utviklet i samarbeid med Svenske Miljøinstituttet. Verktøyet kan regne ut miljøpåvirkningen basert på kostnadsanalyse eller en DAK/BIM modell. Verktøyets nettside opplyser at verktøyet blir benyttet blant annet av Skanska Sverige for å regne ut CO₂ utslipp på vegprosjekter.

Dato for siste, kjente oppdatering: November 2017 [57]

asPECT

asPECT er et verktøy som inneholder standard utslippsfaktorer og data for å regne ut drivhusgassutslipp fra asfaltprodukter i Storbritannia. Hensikten er at asfaltprodusentene skal kunne benytte verktøyet for å utarbeide egne miljødeklarasjoner (EPD). [58]

Dato for siste, kjente oppdatering: Desember, 2014 [59]

CEREAL

CEREAL er en samling av data fra flere populære LCA verktøy. Verktøyet er tenkt å bli benyttet i vedlikeholds og rehabiliteringsfasen av veiens livssyklus. Dataene er kalibrert for bruk i Europeiske land som sponset prosjektet: Tyskland, Danmark, Irland, Nederland, Norge, Sverige og Storbritannia. Sammenlignet med asPECT blir verktøyet beskrevet som mer brukervennlig og krever mindre inndata før resultater kan leses ut. Verktøyet baserer seg på regneark. [60]

Dato for siste, kjente oppdatering: April, 2014 [61]

CMS

CMS er utviklet for bruk i Scotland og benytter seg av datasett fra Defra og Universitetet i Bath sin ICE database. CMS skal benyttes under bestemmelse av vegkorridor, bygging og vedlikehold. Grensesnittet består av programmerte knapper og menyfaner brukeren kan navigere gjennom. Rapporten fra 2010, konkluderer med at utvikleren var på utkikk etter investorer for å utvikle konseptet videre [62, s. 29].

Dato for siste, kjente oppdatering: April, 2010 [62]

DuboCalc

DuboCalc er utviklet av Rijkswaterstaat for ingeniører, for å beregne bærekraft og miljøutslipp ved bygging av nye veier. Traséalternativene kan sammenlignes og utslippene blir presentert for brukeren i form av MKI (Miljøkostindikator). Verktøyet er gratis å bruke, men krever registrering av bruker på hjemmesiden for å kunne laste ned installasjonsfilene. [63, s. 18]

Dato for siste, kjente oppdatering: Juli, 2017 [64]

ECORCE

ECORCE er utviklet av Ifsttar i forbindelse med franske forskningsprogrammet, TerDouest. Første versjon av programmet hadde fokus på vegens overbygning og miljøpåvirkningen av massehåndtering. Den andre versjonen som ble utviklet, tillater sammenligning av vegmaterialer som asfalt, bitumen, tilslag, hurtigkalk og sement. Forskjellige vegbyggingsteknikker kan sammenlignes og man kan inkludere antall maskiner som blir benyttet. [65]

Dato for siste, kjente oppdatering: Mai, 2013

ETSI

ETSI BridgeLCA-prosjektet er et samarbeid mellom Norge, Sverige, Danmark og Finland. BridgeLCA skal bidra med å optimalisere bruere ved å ta hele livssyklusen i betraktning. Dette inkluderer funksjon, konstruksjonsteknikk, økonomi, estetikk og reparasjon. [66]

Dato for siste, kjente oppdatering: Mai, 2012

GreenDOT

GreenDOT er et regnearkbasert verktøy som kalkulerer hvor mye CO₂-utslipp Department of Transportations i USA bidrar med. Utslipp fra strøm på motorveiene, vedlikeholdskjøretøy, utstyr stående ved vegbanen og materialer benyttet under byggeperioden er tatt med i beregningene. Geografisk lokasjon og størrelsesomfang av prosjektet tas med i betraktning ved bruk av verktøyet. [67]

Dato for siste, kjente oppdatering: August, 2010

Meli

Verktøyet Meli-LCA er utviklet i Finland ved det Tekniske Forskningscenteret (VTT). Verktøyet er utviklet for å estimere miljøpåvirkningene av vegbygging [60].

Dato for siste, kjente oppdatering: Desember, 2002

PALATE

PALATE er utviklet ved Universitetet i California. Det blir benyttet til å estimere resultater for totalutslipp ved konstruksjon og vedlikehold av veg. Verktøyet benytter historiske data fra 1960 – 1994 for å estimere ton-mil transport på motorvegene i USA. [68]

Dato for siste, kjente oppdatering: Juni, 2006

Road-Model

Road-Model er en datamodell som er bygd opp av små prosessenheter. Enhetene blir brukt for å bygge opp en dynamisk modell for å simulere forskjellige vegnettstrekninger på forskjellig tidspunkt og ved ulike hendelser. Modellen er laget av IVL, svenske miljøforskningsinstitutt [69].

Dato for siste, kjente oppdatering: Mars, 2001

ROAD-RES

ROAD-RES er et dansk verktøy som er utviklet av det tekniske Universitetet i Danmark. Det er ment til å bli benyttet i både bygge- og rivingsfasen. ROAD-RES er programmert i C++ og benytter seg av PARADOX databasen [70]. Grafiske grensesnittet består av tabulerte menyer for navigasjon og oppgir miljøpåvirkninger i forskjellige kategorier [71].

Dato for siste, kjente oppdatering: Juli, 2005

SEVE

SEVE er en programvare laget av et fransk selskap med samme navn. Verktøyet er laget for å kunne sammenligne forskjellige anbudstilbud og løsninger for en vegstrekning, basert på LCA. [72] Programmet ble oppdatert til versjon 3 i september, 2016, men manualen er kun tilgjengelig på fransk. Nettsiden hevder også at programmet blir benyttet av selskapene IDRRIM og bio by Deloitte [73].

Dato for siste, kjente oppdatering: Oktober, 2016

TEAM

TEAM er et franskutviklet program som utfører LCA analyser på tunneler. Artikkelen som omhandler verktøyet er skrevet av Schwartzentrubber og Rabier i 2012 og er sitert av Carolina Liljenström i sitt arbeid på «Life Cycle Assessment in Early Planning of Road Infrastructure Application of The LICER-model» [54]. Verktøyet er vist på PwC sine hjemmesider. Programmet krever ikke installasjon og kan kjøres direkte fra en minnepinne. TEAM benytter seg av ELCD databasen [74]. En demoversjon av TEAM kan lastes ned fra PwC sine hjemmesider. [75]

Dato for siste, kjente oppdatering: Oktober, 2013

EACC

EACC er utviklet av The Environmental Agency i Storbritannia. Verktøyet er basert på et regneark og er ment som et supplerende verktøy for byggherrer som vil redusere CO₂-ekv. utslipp på sine vegprosjekter ved å sammenligne forskjellige løsninger. Sist kjente oppdaterte versjonen er 3.6 [76].

Dato for siste, kjente oppdatering: April, 2014

Highway-Agency-Carbon-Calculator

Highway-Agency-Carbon-Calculator beregner CO₂-ekv. for produksjon av mange forskjellige materialer og transport av disse. Programmet er utviklet i Storbritannia av de engelske vegmyndighetene. Verktøyet er bygd opp i et regneark. Brukermanual og Excel-filen er tilgjengelig for gratis nedlasting på nettet [77].

Dato for siste, kjente oppdatering: September, 2016

WLCO₂ST

Whole Life Cost Carbon Tool er utviklet av URS Corporation (United Research Services). Verktøyet skal evaluere prosjektets økonomiske kostnad og klimafotavtrykk. Forskjellige vedlikeholdsalternativer kan sammenlignes. Grunnlagsdata kommer fra fagvurderte kilder [78].

Dato for siste, kjente oppdatering: Desember, 2012

CHANGER

CHANGER er utviklet av IRF (International Road Federation), første utgave var utgitt i November 2009. Programvaren er utviklet for å beregne utslipp ved alle steg som inngår i vegbygging. CHANGER generer

rapporter som kan eksporteres til formater som Regneark, PDF og HTML. Pr. dags dato er programvarens nettside lagt ned og mye av informasjonen man finner er utdatert [79].

Dato for siste, kjente oppdatering: November, 2015

VegLCA

Verktøyet er basert på prosesskoder i henhold til håndbøkene R761 og R762. Det er laget for at vegplanleggere enkelt kan lage klimabudsjett for sine løsninger i sen planleggingsfase, og gjøre relativt detaljerte analyser av hvilke komponenter og aktiviteter som bidrar mest til utslipp.

Både bygging av veg i dagen, tunnel og bruinfrastruktur dekkes av verktøyet. I tillegg er drift og vedlikehold inkludert.

Det beregnes fotavtrykk innen en rekke ulike kategorier: Klima, eutrofiering, forsuring, fotokjemisk smog og akkumulert energiforbruk. Alt er organisert i et regneark med egne faner for innlegging av data på prosesskodenivå, og faner som presenterer resultatene på en oversiktlig måte. Det er laget et kursopplegg for opplæring i bruk av verktøyet, og det første kurset ble holdt i Stavanger høsten 2016. Verktøyet gjennomgår også en grundig testing hos Statens Vegvesen og er tiltenkt å bli brukt i fremtidige vegprosjekter. Siste offentlige versjon av VegLCA er 1.02, utgitt September 2016. [80]

Dato for siste, kjente oppdatering: September, 2016

EKA

EKA er et svensk verktøy for beregning av CO₂-utslipp på asfalt dekker. Verktøyet er utviklet av Svenske veg myndigheten og er tilpasset til svenske slitte og bærelagtyper. Beregningen blir gjennomført for hele asfaltproduksjonskjeden og er tiltenkt som et hjelpeverktøy i valg slitelag, bærelag, bindemidler, tilsetningsstoffer og tilslag. Verktøyet kan også benyttes til å vurdere og forbedre asfalteringsprosessen [81].

Dato for siste, kjente oppdatering: September, 2016

Klimatkalkyl

Klimatkalkyl er et verktøy utviklet av det svenske trafikkverket. Utslipp fra trafikk, bygging og vedlikehold av vegprosjekter er inkludert. Verktøyet gjennomfører beregninger ved hjelp av klimautslippsfaktorer og benytter seg til dels av Ecoinvent databasen [82, s. 8]. Klimatkalkyl er utviklet som en nettbasert løsning og er tilgjengelig gratis på trafikkverket sine hjemmesider [83].

Dato for siste, kjente oppdatering: Oktober, 2017

3.5.3 EPD

EPD er et standardisert dokument som beskriver produktets miljøpåvirkning basert på LCA metodikken beskrevet i ISO 14040 - 14044. Det er gitte regler for dokumentets utseende og innhold, disse er beskrevet i ISO 14025 (Environmental Labels and Declarations Type III) [84]. Hensikten er at det skal være lett å sammenligne klima- og miljøpåvirkninger fra forskjellige produkter, uavhengig av produsent eller lokasjon [84].

Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner, kjent som EPD-Norge [85, s. 4], er programvareoperatør i Norge. Det betyr at EPD-Norge blant annet er ansvarlig for hvordan EPDer skal utvikles, lagres og publiseres på epd-norge.no. EPD-Norge er også ansvarlig for verifikasjon og gjennomgang av innsendte

EPDer [85, Kap. 2.1.2]. I tillegg er EPD-Norge ansvarlig for å publisere og godkjenne PCRer som er definisjon av spesifikke regler for EPDer som skal dekke spesifikke produktkategorier [85, Kap. 2.2].

Resultatene fra en EPD er kategorisert etter definerte fasemoduler, A1-D. Disse fasene tallfester produktets miljøpåvirkning gjennom forskjellige livsfasesteg og presenteres gjerne i form av en standard tabell, som i Tabell 3.5.

Product stage				Construction installation stage	User stage							End of life stage				Beyond the system boundaries
Råmaterialer	Transport	Tilvirkning	Transport	Konstruksjons/ installasjonsfase	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskiftinger	Renovering	Operasjonell energibruk	Operasjonell vannbruk	Demontering	Transport	Avfallsbehandling	Avfall til sluttbehandling	Gjenbruk/gjenvinning/resirkulering-potensiale
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D

Tabell 3.5 En standard tabell over EPD deklarasjons moduler.

For å lettere kunne beskrive modulene i livsløpet, kan man benytte livsløpet til en lastebil som et eksempel:

1. A1 – A3, beskriver produksjonsstadiet, med utvinning av råmaterialet (A1) som jern, plast o.l. Disse råvarene vil deretter bli transportert et produksjonssted (A2), hvor lastebilens forskjellige deler blir produsert og satt sammen (A3).
2. Deretter blir lastebilen transportert til kunden (A4) og siste klargjøring gjennomført som montering av ekstrautstyr (A5).
3. Når sjåføren benytter seg av lastebilen (B1) er det sannsynlig at bilen vil ha behov for vedlikehold (B2) og jevnlig reparasjon (B3).
4. Det vil dermed bli behov for å skifte ut slidedeler (B4). Lastebilen trenger også drivstoff (B6) og jevnlig vask (B7).
5. Når bilen oppnår en viss alder, vil det være på tide med utskifting til nyere modell. Da vil lastebilen bli levert til en biloppbugger hvor den blir demontert (C1) i deler. Noen av delene vil ende opp hos renovasjonsanlegg (C3), noe havner på en fylling (C4) og noe kan bli gjenbrukt andre steder (D). Alt vil ha behov for transport (C2).

Her vil en EPD markere hvilke moduler som er tatt hensyn til og om studien omfatter Vugge-til-grav eller Vugge-til-port prosess.

3.5.4 Mangler ved EPD

Produktets varighet er ikke beskrevet av EPD. Ikke alle produkter som oppfyller samme funksjon er laget til å kunne vare over like lang tid [46, s. 4]. Dette kan eksemplifiseres ved at et slitelag av asfaltbetong (Ab) som har en bestandighet $\dot{A}DT = 3000$ i 10 år stilles på lik linje med Skjelettasfalt (Ska) som kan tåle trafikkbelastningen i 25 år på samme strekning. En EPD av Ab kan indikere 10 % lavere verdier på miljøpåvirkningen. Om veien har en tiltenkt levetid på 10 år eller mindre er Ab det beste valget. Dersom strekningen skal operere vedlikeholdsfritt i 20 år eller mer, kan det hende at Ska vil være et bedre alternativ.

EPD omfatter kun miljøperspektivet. Egenskaper som brannmotstandsevne, akustikk, termisk, strukturell eller andre byggetekniske krav er ikke tatt hensyn til. Ved å dimensjonere en overbygning kun basert på EPD-sammenligning, risikerer man at nødvendige krav som for eksempel lastekapasitet ikke blir oppfylt.

3.5.5 Ecoinvent

Ecoinvent er en non-profit organisasjon som tilbyr tilgang til en LCI (Life Cycle Inventory) database med samme navn. Organisasjonen ble grunnlagt i 2003 [86] gjennom et samarbeid mellom fire Sveitsiske institusjoner (Eawag, WSL, Empa & PSI, og ETH Zurich [87]) og Sveitsiske føderale kontor [88]. Databasen har til hensikt å hjelpe til med innsamling av data (Inventory analysis) i en LCA studie. Ifølge Ecoinvent sine egne nettsider, inneholder Ecoinvent v3.4 dokumentert prosessdata for flere tusen produkter [89] og er innebygd i en rekke populære LCA verktøy [90]. Ecoinvent er dessuten brukt i samtlige EPDer benyttet i forfatternes prosjektoppgave i datamodellering (Vedlegg VIII).

3.5.6 OpenLCA

OpenLCA er et program laget for å foreta LCA beregninger. Programvaren er utviklet som åpen kildekode og er tilgjengelig under MPL 2.0 lisens. Det betyr i korte trekk at koden til programmet er åpen og tilgjengelig på nettet. Som bruker kan man laste den ned og utføre endringer uten tilleggsvederlag. I forbindelse med programmet har det også blitt utviklet en nettside, OpenLCA Nexus, som gir tilgang til å laste ned gratis og betalte databaser som kan benyttes i OpenLCA programvaren. Prosjektet er utviklet og finansiert av GreenDelta i Berlin. [91]

3.5.7 Greenroads

Greenroads er et foreslått standardisert system for å måle bærekraftige valg tatt i et vegbyggingsprosjekt. Samlet poeng (credits) blir i slutten av prosjektet telt opp og vegen vil få tildelt sertifikat basert på antall poeng opptjent. [92] Systemet er utviklet av en non-profit organisasjon med samme navn og håndterer sertifiseringen av vegprosjekter hovedsakelig i USA. [92] Internasjonale prosjekter har også blitt sertifisert i Canada, Israel, Sør-Afrika, De forente Arabiske Emirater, Taiwan og New Zealand. En komplett oversikt over alle sertifiserte prosjekter kan bli funnet på porteføljesiden til Greenroads [93]. Siste versjon av sertifiseringssystemet, v2, ble utgitt i Juli, 2015 [93].

3.5.8 Ceequal

Ceequal er, på lik linje med Greenroads, et standardisert system som måler et prosjekts bærekraft ved hjelp av poeng. Retningslinjene kan benyttes i alle typer byggeprosjekter da systemet ikke er spisset inn mot bruk på veginfrastruktur. Metodikken baserer seg på prosjektets økonomi for utregning av bærekraft og sosialøkonomisk poengsum. Ceequal har til hensikt å bevisstgjøre byggingeniørene på bærekraftige løsninger [94].

4 Forskerspørsmål

I denne prosjektoppgaven er det viktig å få svar på grunnleggende teori innenfor fagfeltet vegbygging. Det er i tillegg viktig å være oppdatert på hva som er blitt utført av forskning på klimagassutslipp innen vegsektoren tidligere, for å kunne utvikle fagfeltet videre. Det er også ønskelig å se på hva som gjøres i byggebransjen i dag for å se om det er noe lærdom man kan videreføre til vegprosjektering.

Basert på disse uavklarte tankene rundt klimafotavtrykk innenfor vegbygging er det utarbeidet 6 forskerspørsmål med tilhørende underspørsmål, for å gi nødvendig kunnskap til masteroppgaven som skal skrives våren 2018.

1. Hvilke krav stiller Norsk Transportplan (NTP) for klimafotavtrykk i neste revisjon som iverksettes 01.01.2018?
2. Hva blir gjort i dag for å redusere klimagassutslipp hos byggherrene?
 - a. Hva gjør Statens Vegvesen?
 - b. Hva gjør Nye Veier?
3. Hvilke grunnprinsipper må være på plass for å overføre data fra en BIM-modell til et CO₂-regnskap?
 - a. Hvilke verktøy finnes i dag for å regne CO₂-utslipp fra vegkonstruksjoner?
 - b. Hva gjør man dersom man ikke har tilgjengelig beregningsunderlag for klimagassutslipp?
4. Hvordan fungerer landmåling og hvilken betydning kan landmåling ha for CO₂-utslipp innen vegbygning?
5. Hvordan går man frem når man prosjekterer en veg i dag og hva inngår i vegbyggingen?
6. Hvordan tar man hensyn til BIM, bærekraftig tankegang og design i byggebransjen?

5 Case/Materialer

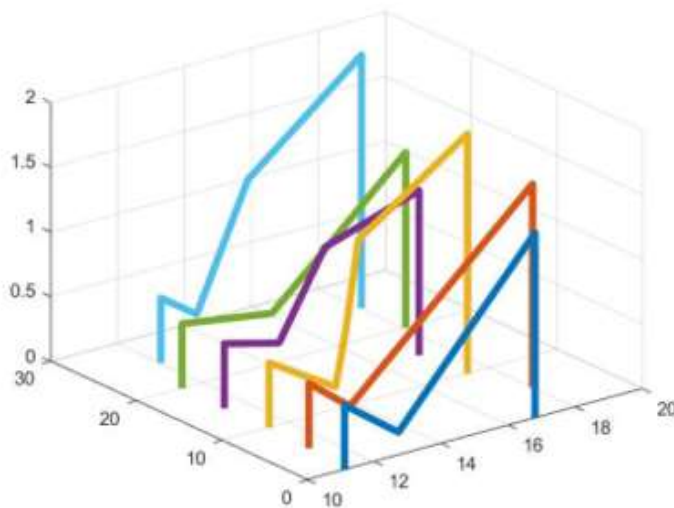
Det er utført flere feltøvinger, teorioppgaver og modelleringsoppgaver i dette forprosjektet. Dette gjort for å få en innføring i hvordan det jobbes ute i feltet, hvordan beregninger utføres og hvilken informasjon som går inn og ut av forskjellige programvarer.

Det er i denne sammenheng utført seks ulike feltøvinger for landmåling, to obligatoriske oppgaver i Revit 2018, hvor den ene oppgaven ser på hvordan man kan optimalisere en bygning basert på CO₂-utslipp. Tre obligatoriske oppgaver er også utført i vegbyggingsfaget, hvor den ene oppgaven går ut på å lage en vegtrasé mellom Nørholm og Molland i Grimstad kommune med programvarene Novapoint 20.05 og AutoCAD 2017. Tilhørende oppgaver og øvinger ligger vedlagt i rapporten.

5.1 Landmåling

I landmålingsfaget er det utført feltøvinger med nivelleringskikkert og totalstasjon. Disse øvelsene er utført for å få en innføring i hvordan tallgrunnlaget til kartutforming og terrengmodeller er utført. Det har i alle øvingene vært fokusert på hvor viktig det er å være nøyaktig i målingene. Dette er på grunn av små avlesningsfeil vil ha store innvirkninger dersom det utføres et polygondrag over store avstander eller feilvurdering av masseberegninger.

En av feltøvingene som ble utført med nivelleringskikkert gikk ut på å utføre masseberegninger (se Figur 5.1). Ved hjelp av denne øvingen ble man oppmerksom på hvor stor innvirkning plassering av trasé har å si for arbeid som må utføres med tanke på rensning av fjell, sprenging, graving, transport av masser og oppbygning av nytt dekke. For fullstendig rapport se vedlegg III.



Figur 5.1 Nivelleringskikkert og tverrprofiltegning av masser som må sprenges.

Det er utført tre feltøvinger med totalstasjon. En av oppgavene gikk ut på å måle opp og ajourføre parkeringsplassen mellom Universitet i Agder og studentboligen Echo. Det var en oppgave som krevde en god del utregning for å finne eksakt posisjon til totalstasjonen. Det ble brukt to fastmerker (A og B i Figur 5.2) for å beregne plasseringen til totalstasjonen (F i Figur 5.2). Når dette var utført, kunne man lese av nøyaktig posisjon av tomten ved hjelp av totalstasjonen og et prisme. Figur 5.2 viser ferdig oppmålt og ajourført parkeringsplass. For fullstendig rapport se vedlegg V.



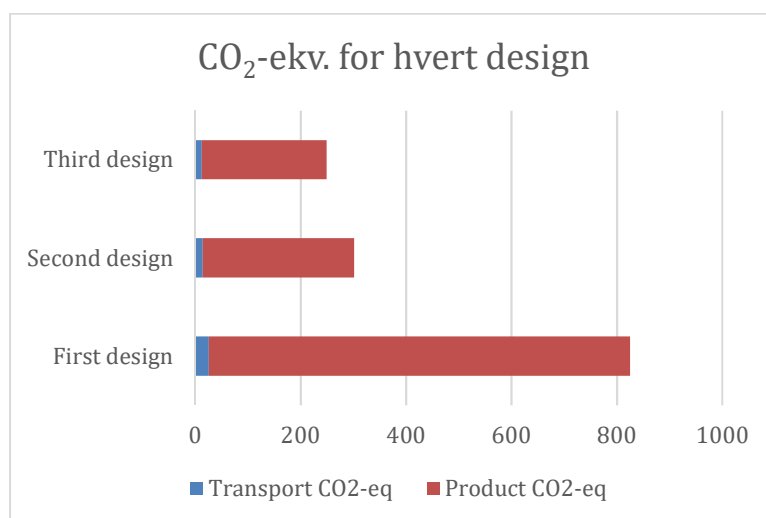
Figur 5.2 Totalstasjon og oppmåling av parkeringsplass v/UiA.

5.2 Datamodellering i Revit

Det er utført to større prosjekt i Revit 2018. Dette er for å få en kjennskap til programvaren og en bevisstgjøring på hvilken effekt materialvalg har på klimagassutslipp. Figur 5.3 viser resultatet av det siste prosjektet som ble utført. Til venstre ser man en bygning som er konstruert på en kontroversiell måte, mens bygningen til høyre er optimalisert med tanke på klimagassutslipp. Det ble utført 2 optimaliseringssekvenser og den største reduksjon av CO₂-ekv. var ved å endre betongdekke i hver etasje med HD400, betongelement. Resultatene for antall CO₂-ekv. for hvert design vises i Figur 5.4. Excel ble brukt for å utføre klimagassberegningene. Dette er ikke en optimal arbeidsprosess, da informasjon lett kan forsvinne eller mistolkes ved overføring av data. I tillegg vil ikke Excel-arket oppdateres automatisk ved endringer i strukturen, noe som igjen kan føre til feil i klimagassregnskapet. Det er utviklet en applikasjonen til Revit for å beregne klimafotavtrykket basert på modellert modell [19]. Applikasjonen som heter «Tally» henter materialmengdene i modellen og beregner CO₂-utslipp basert på databasen GaBi og 78 produktspesifikke EPDer [95]. Applikasjonen er den første i sitt slag og er basert på kilder fra USA [19]. For fullstendig rapport se vedlegg VIII.



Figur 5.3 Optimaliseringsprosjekt i Revit 2018.



Figur 5.4 Oversikt over ending i CO₂-ekv. Utslipp.

5.3 Vegprosjektering i Novapoint og AutoCAD

Vegbygningsfaget, BYG219, har inneholdt en rekke regneøvinger og tre praktiske oppgaver som omhandler modellering i Novapoint 20.05 og AutoCAD 2017, samt tilhørende beregningsoppgaver.

En vegstrekning mellom Nørholm og Molland i Grimstad kommune er prosjektert og utarbeidet med bakgrunn i tillært kunnskap fra faget (se Figur 5.5). Det har vært viktig å lage en vegtrasé hvor horisontalkurvaturen, vertikalkurvaturen, grøfter, skjæring, fylling, vegoppbygning, terrengetilpasning og massebalansen er tatt høyde for. I tillegg har det vært krav til vegstandard, breddeutvidelse, tilpasning av eksisterende veg og siktkurver. For å tilfredsstille disse kravene er Statens Vegvesens Håndbok N100, N200 og V120 brukt som oppslagsverk. Det har vært lærerikt å se hvilke hensyn man må ta ved utarbeidelse av en vegstrekning. Ved utplassering av vegtraséen er det mange faktorer som spiller inn. Dette kan blant annet være materialkvaliteten på undergrunnen, vernede områder i terrenget, kryssing av elv, tilpassing i forhold til eksisterende boligområder og hvordan man best mulig får utnyttet materialene i nærheten. Dette har også en direkte innvirkning på klimafotavtrykket for vegstrekningen. Dersom det lages en veg hvor massebalansen er tilnærmet perfekt og hvor grunnforholdene er gode, vil det gi et vesentlig bedre klimafotavtrykk, enn hvis grunnforholdene hadde vært av dårlig kvalitet.

I dette prosjektet ble det ikke tatt hensyn til hvilke klimapåvirkninger etableringen av vegen vil medføre. I kapittel 8, blir det diskutert mulige løsninger for å inkludere klimagassutslipp i prosjektfasen.

For fullstendig rapport av vegprosjekteringen se vedlegg X.



Figur 5.5 Prosjektert vegtrasé mellom Nørholm og Molland i Grimstad kommune.

5.4 Klimaspørsmål til utbyggere

Det er utført spørreundersøkelser hos Statens Vegvesen og Nye Veier for å få en oversikt over hva byggherrene gjør i dag med tanke på klimafotavtrykket ved vegbygging.

5.4.1 Statens Vegvesen

Karl Sigurd Fredriksen er ansatt i en 20% stilling som Universitetslektor ved UiA og er prosjektleder i KraKK-prosjektet til Statens Vegvesen.

Han forteller at et forskningsprosjekt kalt LEIV, ble gjennomført i samarbeid mellom SVV og flere universiteter i Norge. En del av resultatet av prosjektet førte frem til ETSI-prosjektet som var et samarbeid mellom Norge, Finland og Sverige. For å tilpasse ETSI-prosjektet til norske forhold ble VegLCA utviklet. VegLCA tar for seg veg i dagen, bruer, tunneler og trafikkmengde. Disse er alle basert på Statens Vegvesens prosesskoder R761 og R762. VegLCA blir på nåværende tidspunkt videreutviklet av stipendiat Reyn O'Born ved Universitetet i Agder. KraKK-prosjektet viser at klimagassutslippene har steget med cirka 2 millioner tonn fra 1990 og frem til i dag. Dette er stikk i strid med målet i Nasjonal Transportplan som viser til 40% reduksjon i CO₂-utslipp innen 2030. Prosjektet indikerer at de store bidragsyterne til CO₂-utslipp er diesel fra anleggsmaskiner, betong, stål og asfalt. KraKK skal levere konkrete forslag til kontrakter, prosesskoder, maler, håndbøker, rettleidere, opplæring og kursing.

Statens Vegvesen vil i nær fremtid stille krav til at all betong som blir benyttet i vegbygging minimum tilfredsstiller kravene til lavkarbon klasse C (ref. Fabeco publ. 37). De ønsker også å sette en maksimumsgrense for CO₂-utslipp i sine anleggsprosjekter, hvor de som kan vise til bedre verdier blir belønnet vha. en bonusordning. EPD brukes som grunnlag både for CO₂-beregningene og i kravssammenheng.

5.4.2 Nye Veier

Tomas Ramse Andersen er HMSK-rådgiver i Nye Veier. Han jobber med klima- og miljøspekteret og er med på å utforme normer for hva som er akseptabelt klimagassutslipp og miljøpåvirkning i vegprosjektene.

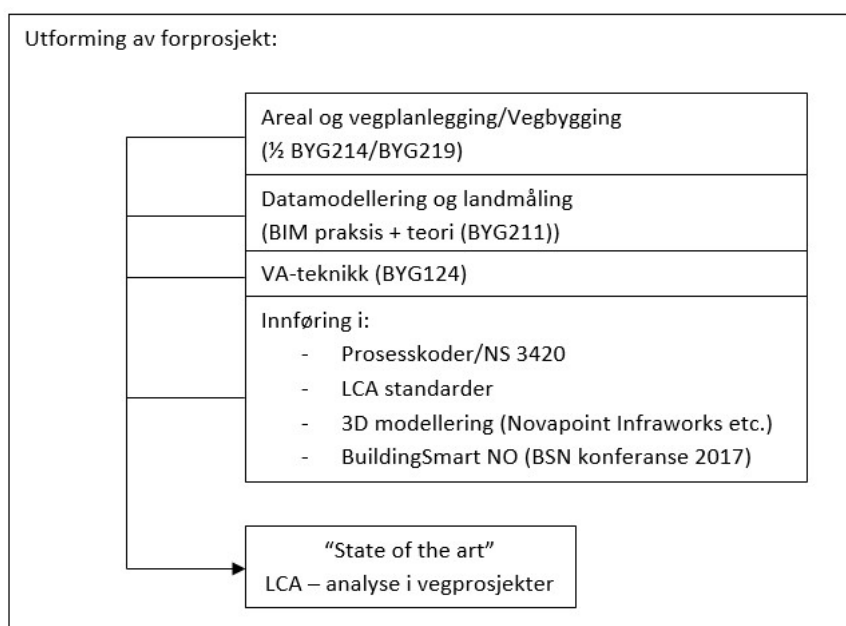
Nye Veier samarbeider med NIRAS om å utvikle et system for å danne beregningsgrunnlag for klimagassutslipp ved vegbygging. Dagens status er at det benyttes generiske data fra Ecoinvent. Dagens system er ikke på nederste detaljnivå, men gir et godt estimat av forventet utslipp i prosjektene. I tillegg til NIRAS, jobber Asplan Viak med modeller for å beregne klimagassutslipp i vegbyggingsprosjekter. Nye Veier har i tillegg god dialog med EPD Norge om utarbeidelse og katalogisering av utslipp på komponentnivå. Retningslinjene til Nye Veier skiller seg Statens Vegvesen ved at man gir større spillerom til rådgivende firma og entreprenører med å komme med løsninger, inkludert materialvalg og reguleringsløsninger.

Nye Veiers krav til klimagassreduksjon er i første omgang at rådgivende firma og entreprenører skal redusere utslippene i byggeprosessen med en gitt prosentandel i fra et anslag som Nye Veier presenterer på forhånd og legger ved kontraktgrunnlaget. Det blir laget et CO₂-regnskap på dagens prosjekter basert på generiske data fra Ecoinvent sine databaser, samt erfaringsbaserte tall. Det er gjenstår fremdeles en god del arbeid før vi har et tilfredsstillende system for beregning av CO₂-utslipp. Nye Veier ønsker at rådgivende firma og entreprenører i større grad er med på denne utviklingen og det jobbes internt i Nye Veier med BIM-modeller for å få til en grafisk løsning.

6 Metode

6.1 Utforming av forprosjektet

Det er benyttet ulike metoder for å innhente informasjon i dette prosjektet. I mai 2017 ble det laget i en strategiplan for forprosjektet i samarbeid med UiA, hvor valg av emner og metode ble utarbeidet. Den første skissen av forprosjektet som ble utarbeidet er vist i Figur 6.1. Denne skissen viser, med noen få unntak og tilleggselementer, innholdet i forprosjektet.



Figur 6.1 Utforming av forprosjekt, mai 2017.

Det ble tidlig klart at det var nødvendig med kunnskap innen vegplanlegging (BYG214) og vegbygging (BYG219). Det var også et ønske med kunnskap innen datamodellering og landmål (BYG211). Det ble avklart at de nevnte fagene kunne innarbeides i forprosjektet fordi fagområdene blir undervist på studieretningen Byggdesign ved UiA. Ved å velge denne fremgangsmetoden er nødvendig kunnskap allerede innarbeidet i universitetets studiehandbok. VA-teknikk (BYG124) er et emne det var ønskelig å ha med i forprosjektet, da vann og avløp er et relevant fagområde til vegbygging. Dette emne måtte utgå på grunn av tidsrammen i forprosjektet og størrelsen på de andre fagene.

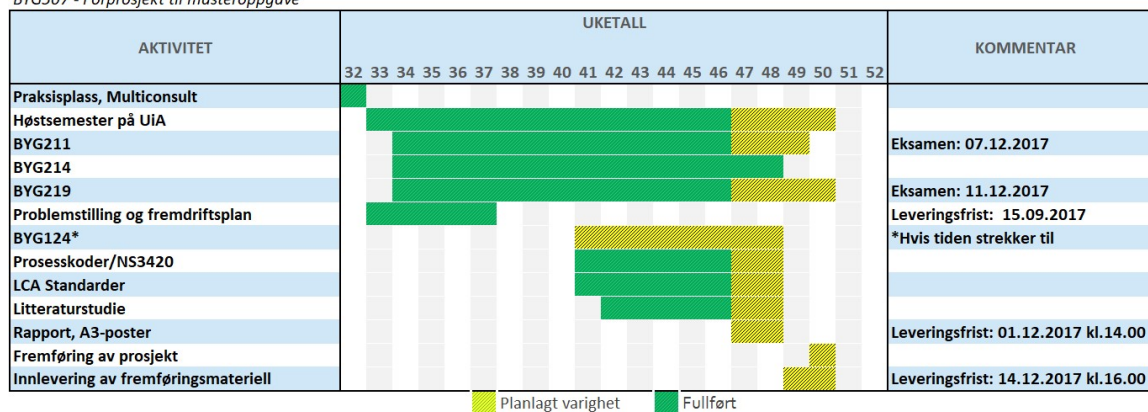
For å være forberedt på arbeidsmetodikken i bransjen, ble det satt av tid til å utføre en selvstudie på Statens Vegvesens Prosesskoder og NS 3420. Det ble også satt av tid for å utføre en selvstudie på LCA, hvor man både repeterte faget livsløpsanalyse av konstruksjoner (BYG404) og studerte hvilke metoder som blir brukt for å regne ut klimafotavtrykk ved bygging av veg i dag.

Multiconsult som er oppdragsgiver i forprosjektet har gitt fri tilgang til kontorlokaler og uke 32 ble satt av til oppstartsuke på Rige i Kristiansand. Underveis i prosjektet har Jon Olav Upsal, kontaktperson hos Multiconsult, vært tilgjengelig for spørsmål og møter. På grunn av fagprogrammet som er valgt i forprosjektet har det ikke vært behov for mye veiledning fra han dette semesteret.

6.2 Fremdriftsplan

Det ble utarbeidet en fremdriftsplan i starten av prosjektet. Denne er vist i Figur 6.2. Fremdriftsplanen har gitt god progresjon gjennom hele forprosjektet. Flere av selvstudiene har vært inkludert i fagene BYG211 og BYG219, så planen er ikke fulgt konsekvent uke til uke. Det ble ikke tid til å gå inn på faget BYG124 i dette forprosjektet.

BYG507 - Forprosjekt til masteroppgave



Figur 6.2 Oversikt av fremdriftsplan (hentet 20.11.2017).

7 Resultat

Det har vært fokusert på å tilegne seg tilfredsstillende kunnskap for å starte på faget BYG508, Masteroppgave. Dette er blitt utført ved å ta fagene BYG211 (Datamodellering og landmåling) og BYG219 (Vegbygging), samt selvstudie på den delen av faget BYG214 (Arealplanlegging og Vegplanlegging) som handler om vegplanlegging. I tillegg er det utført selvstudier som utdyper disse fagene med tanke på klimagassutslipp ved bygging.

I faget BYG211 har det vært fokusert på praktiske oppgaver i landmåling, datamodellering i Revit 2018 og dimensjonering i SAP2000. På denne måten er læringsutbyttet som er beskrevet i kapittel 3.1.1 dekket på en tilfredsstillende måte. Faget har gitt innsikt i hvor viktig det er å være nøyaktig når man utfører landmåling og konsekvensene av å gjøre feil. Det har også gitt innsikt i programvaren Revit 2018. Det å vite bruksområdene til et BIM-program er nyttig for å se om man kan dra paralleller til vegprosjektering. I tillegg har det blitt utført et større prosjekt i Revit 2018 hvor formålet var å redusere klimagassutslippene ved bygging basert på et begrenset utvalg av materialer. Dette viste seg å være mer komplisert enn nødvendig. Klimagassregnskapet ble utført i et separat dokument i Excel, noe som fort kan føre til feil i større prosjekter.

Faget BYG219 har gitt nødvendig kunnskap innen vegens oppbygning, ved hjelp av teoretisk undervisning i kombinasjon med praktiske modelleringsoppgaver i Novapoint 20.05 og AutoCAD 2017. Dette har resultert i en oppnåelse av læringsutbyttet som er beskrevet i kapittel 3.2.1. Det har vært viktig å lære seg hvilke friheter man har ved dimensjonering av vegbanen. I tillegg har det vært stort fokus på gjenbruk av utsprengt masse for å redusere transportmengden. En avsluttende vegprosjekteringsoppgave har gitt god innsikt i hvordan en veg blir prosjektert i dag ved hjelp av datamodellering.

En omfattende litteraturstudie har blitt gjennomført på LCA verktøy i Vegbygging og vedlikehold. Erfaringer og nyttig data kan trekkes ut av disse verktøyene under utvikling av en løsning for klimaberegning ved hjelp av BIM modell.

I tillegg til den faglige tyngden som er opparbeidet dette semesteret, er det knyttet gode forbindelser mellom ulike disipliner ved UiA, SVV, Nye Veier og rådgivningsbransjen. Dette er forbindelser som blir viktige å ha ved utarbeidelse av faget BYG508 for å kunne jobbe mot et resultat som kan bli til nytte for flere instanser i bransjen. SVV og Nye Veier har som utbyggere gitt innspill på hvilke klimakrav som vil gis i nær fremtid. Dette både motiverer og engasjerer til å utarbeide en løsning hvor man benytter informasjon fra vegprosjekteringen til å lage en visuell 3D-modell hvor klimapåvirkningen på hver komponent er indikert.

8 Diskusjon

Jon Olav Upsal fra Multiconsult har fremmet et ønske om en løsning hvor man kan beregne klimafotavtrykk av et vegprosjekt basert på en 3D-modell. Det vil si at alle prosessene som inngår i et konkurransegrunnlag bør kunne identifiseres og påført klimafotavtrykk avdekkes. Denne oppgaven er omfattende og krever god forståelse for hvordan CO₂-beregninger utføres, hvordan man prosjekterer i Novapoint, hvilke friheter man har for valg av vegtrasé og hvilke muligheter som finnes i ny teknologi.

Etter å ha fått kunnskap i fagene landmåling, datamodellering, vegbygging, retningslinjer for beregning av klimagassutslipp og innsikt i et utvalg verktøy for å beregne CO₂-utslipp for vegbygging i dag, gir det et godt grunnlag for videre arbeid. Det er tydelig at det eksisterer gode løsninger for beregning av klimagassutslipp, men samtlige av disse har ikke tilstrekkelig fokus på bruk av digitaliserte BIM løsninger. Det er med andre ord viktig å ha en bred kunnskap og oversikt over de nevnte fagene og eksisterende forskningsarbeid, for å kunne utvikle et verktøy som etterkommer krav og ønsker gitt av oppdragsgiver.

8.1 Dagens utfordringer ved beregning av klimagassutslipp

I gjennomgangen av NTP og den foreslåtte klimastrategien, kommer det frem at transportetatene foreslår at utslippene fra bygging av infrastruktur skal reduseres med 40 prosent innen 2030 [1, s. 37]. Utfordringen med målet transportetatene foreslår, er at det ikke finnes et solid og pålitelig grunnlag for å regne ut utslipp fra bygging av infrastruktur [96, s. 31]. Det er ikke tydelig hvordan utslippet fra bygging av infrastruktur blir beregnet i dag og om reduksjonsmål av disse innen 2030 er realistisk. I NTP foreligger det ikke beregninger av byggeutslipp for samtlige prosjekter gjennomført av transportetatene, men i vedlegget «Grunnlag for klimastrategi» [96, s. 17] omtales det blant annet at «Byggeutslippet omfatter bruk av drivstoff, sprengstoff, stål, betong, asfalt, m.m. Utslippet er beregnet til i om lag 2,4 millioner tonn CO₂-ekvivalenter. Av dette utgjør direkte utslipp (hovedsakelig dieselforbruk) inntil 40 prosent for vegprosjektene og 10 – 15 prosent for jernbaneprosjektene». Med andre ord, basert på tidligere livsløpsanalyser, er det konkludert med at vegbygging har en av de største utslippene sammenlignet med andre infrastrukturprosjekter i Norge. Det stiller vegprosjekter som et klart satsningsområde for utvikling av LCA basert verktøy, som kan benyttes av vegingeniører for å nå det ambisiøse målet om en reduksjon av klimagassutslipp innen 2030.



Figur 8.1 Nasjonal transportplan og transportetatene [44]

Ved en anbudskonkurranse hvor entreprenører konkurrerer om samme jobb, er det i dag firmaet med laveste pris eller med det mest økonomisk fordelaktige tilbudet som vinner anbudet [29, s. 29]. Materialene som inngår i vegtraséen er basert på normaler i SVV håndbøker og angitt i konkurransegrunnlaget. Fordelen med dette, er at et godt utslippsestimat kan beregnes basert på første utkast av vegmodellen. Likevel kan standardiserte vegnormaler by på utfordringer for et bærekraftig design, da det er lite spillerom som er tillat med bruk av alternative løsninger. Her er det mulig at Nye Veier har et fortrinn over SVV. De ønsker å være mindre bundet av vegnormalene og gi større spillerom til rådgivende firma og entreprenører, som for tur kan komme med innovative reguleringsløsninger og materialvalg.

SVV kan benytte seg av to kontraktstyper for at vegen skal tilfredsstillte gitte krav. Dette er resept- og funksjonsbaserte krav. Fra et LCA perspektiv er det de funksjonsbaserte kravene som er mest fordelaktige, da entreprenøren selv kan velge materialer basert på erfaring og kompetanse. I en uformell spørsmålsrunde med en av SVVs ansatte, kom det frem at funksjonsrelaterte krav blir benyttet i større grad enn tidligere.

I intervjuene av de statlige byggherrene, Nye Veier og SVV, kommer det tydelig frem at forskjellige strategier blir benyttet for å analysere klimagassutslippene ved vegbygging og hvordan disse kan reduseres. Det er positivt at det arbeides med å gjennomføre NTPs klimamål, men det oppleves en motvilje for samarbeid om å finne den ideelle løsningen. For å realisere klimamålene vil det være en fordel å dele og sammenligne kunnskap, erfaringer og miljødata på tvers av prosjekter i Norge.



Figur 8.2: Statens Vegvesen [97] og Nye Veier [98]

Ut ifra de LCA verktøyene gjennomgått i kapittel 3.5.2, finnes det en rekke gode løsninger som kan benyttes. For eksempel: VegLCA, LICCER og Klimatkalkyl står frem som lett tilgjengelige og godt dokumenterte løsninger for å kunne beregne klimagassutslipp av et norsk vegprosjekt. Utfordringen med bruken av verktøyene er tiden det tar for en vegingeniør å beherske disse. Dessuten kan ikke absolutt nøyaktighet i resultatene garanteres [46, s. 4]. På grunn av krevende opplæring og få insentiver, har det vært lite interesse fra entreprenørene å investere i dette.

8.2 Svakheter i dagens løsninger

Klimakravene som er gitt i NTP, samt det økonomiske presset som ligger på entreprenørene, skaper behov for et mer brukervennlig LCA verktøy. Dagens vegstrekninger blir som oftest prosjektert digitalt ved hjelp av BIM programvare [15]. Utfordringer med flere av de presenterte LCA verktøyene er at de krever manuell oppdatering ved endringer i BIM modellen. Når en stor mengde med informasjon må manuelt tastes inn i et regneark etter at større endringer er gjennomført i BIM, vil dette være tidkrevende. En kobling mellom BIM og LCA er nødvendig for at resultatene fra klimagassregnskapet blir oppdatert automatisk i samsvar med modellen. Utbedring i prosjektets klimautslipp kan

dokumenteres gjennom en sammenligningsanalyse mellom nåværende og foregående design. Dette vil også hjelpe vegingeniøren i å bygge en intuitiv erfaring når det kommer til bærekraftig design i vegbygging.

En annen ulempe som kommer tydelig frem i gjennomgangen, er at mange av løsningene er utdaterte. Enkelte verktøy mangler tilgang til dokumentasjon og kan kun leses om i vitenskapelige publikasjoner. Nettsiden til CHANGER, for eksempel, er lagt ned og nettdomene er kjøpt opp av en matblogg. Verktøy som har en nettside tilgjengelig, som ETSI-prosjektet, har ikke vært oppdatert siden 2012. Utfordringen som går igjen hos mange LCA verktøy er oppfølging og vedlikehold av programvare og grunnlagsdata. Det er viktig å vise brukeren at utvikleren har satsingsvilje til å kontinuerlig utvikle konseptet og holde grunnlagsdata oppdatert.



Figur 8.3 et utvalg av verktøy gjennomgått i kapittel 3.5.2

8.3 Avgrensninger

Denne rapporten har fokus på bygging av nye vegprosjekter, men som det påpekes i NTP [96, s. 31] er det også viktig å sette utslippene fra byggeperioden i sammenheng med trafikk og driftsutslipp av vegstrekningen. Gjennom hele livsløpet til prosjekter med stor andel av broer, tunneler eller mye masseflytting, vil byggefasen være den største bidragsyteren til utslipp [44, s. 39]. Ved å redusere antall bakker og svinger vil utslippene fra trafikk minke, noe som vil bidra til et mer miljøvennlig trasevalg enn om utslipp kun fra byggefasen hadde vært tatt hensyn til [44, s. 39]. Nullutslippskjøretøy, som elbil, kan muligens oppheve denne vinningen, samt at lett fremkommelighet og redusert reisetid kan bidra til en større økning i trafikkmengde [99]. Disse faktorene vil ikke bli tatt hensyn til i neste års masteroppgave.

9 Konklusjon

I starten av forprosjektet ble det utarbeidet 6 forskerspørsmål som det er jobbet med i denne rapporten. For å gi en oversiktlig og kort besvarelse, er svarene kommentert under hvert spørsmål.

1. Hvilke krav stiller Norsk Transportplan (NTP) for klimafotavtrykk i neste revisjon som iverksettes 01.01.2018?

Dette er omtalt i kapittel 3.4, NTP foreslår en reduksjon i klimagassutslipp fra bygging av infrastruktur skal reduseres med 40% innen 2030. I tillegg foreslås det en reduksjon av klimagassutslipp på 50% innen drift og vedlikehold.

2. Hva blir gjort i dag for å redusere klimagassutslipp hos byggherrene?

a. Hva gjør Statens Vegvesen?

Statens Vegvesen vil i nær fremtid stille krav til at all betong som blir benyttet i vegbygging minimum tilfredsstiller kravene til lavkarbon klasse C. De ønsker også å sette en maksimumsgrense for CO₂-utslipp i sine anleggsprosjekter, hvor de som kan vise til bedre verdier blir belønnet vha. en bonusordning. EPD brukes som grunnlag både for CO₂-beregningene og i kravssammenheng.

b. Hva gjør Nye Veier?

Nye Veiers krav til klimagassreduksjon er i første omgang at rådgivende firma og entreprenører skal redusere utslippene i byggeprosessen med en gitt prosentandel i fra et anslag som Nye Veier presenterer på forhånd og legger ved kontraktgrunnlaget. Det blir laget et CO₂-regnskap på dagens prosjekter basert på generiske data fra Ecoinvent sine databaser, samt erfaringsbaserte tall.

3. Hvilke grunnprinsipper må være på plass for å overføre data fra en BIM-modell til et CO₂-regnskap?

Kunnskap innen landmåling, vegbygging, datamodellering og LCA er nødvendig for å overføre data fra en BIM-modell til et CO₂-regnskap. Kjennskap til tidligere forskningsarbeid viser til hvordan lignende utfordringer er løst av andre. Kjennskap til når man kan bruke alternativt beregningsgrunnlag er nødvendig.

a. Hvilke verktøy finnes i dag for å regne CO₂-utslipp fra vegkonstruksjoner?

Det finnes en rekke verktøy for å regne ut CO₂-utslipp fra vegkonstruksjoner. Disse er beskrevet i kapittel 3.5.2. Etter en gjennomgang av programmene kan det se ut til at *VegLCA*, *Klymakakyl*, *Anavitor* og *DuboCalc* er de verktøyene som fortsatt blir vedlikeholdt og er oppdatert pr dags dato.

b. Hva gjør man dersom man ikke har tilgjengelig beregningsunderlag for klimagassutslipp?

Dersom det ikke er mulig å finne en passende EPD for gitt materiale vil man måtte ta i bruk data fra en tilgjengelige LCI databaser. Ecoinvent, OpenLCA Nexus og GaBi databaser er alternativer som kan gi tilstrekkelig beregningsunderlag.

4. Hvordan fungerer landmåling og hvilken betydning kan landmåling ha for CO₂-utslipp innen vegbygning?

Landmåling i dag foregår ved bruk av GPS utstyr med kombinasjon av en totalstasjon der GPS signaler ikke har tilstrekkelig god kvalitet. Kvaliteten av målingene har stor innflytelse på resultater av mengdeberegninger og danner et viktig beslutningsgrunnlag for BIM. Landmåling har dermed innflytelse over input data som danner grunnlag for miljøkonsekvensanalyse.

5. Hvordan går man frem når man prosjekterer en veg i dag og hva inngår i vegbyggingen?

Store deler av vegbygging i Norge i dag skjer på bakgrunn av standardene laget av Statens Vegvesen. Prosjektering av strekninger benytter seg i stor grad av digitale hjelpemidler som Novapoint og AutoCAD. Overgangen til fullstendig digital prosjektering er ikke fullført, men industrien jobber aktivt med å forbedre løsningene.

6. Hvordan tar man hensyn til BIM, bærekraftig tankegang og design i byggebransjen?

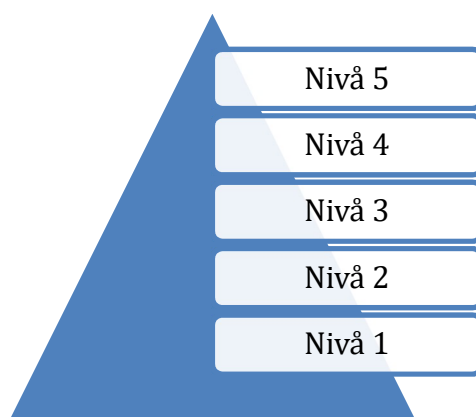
Moderne BIM-programvarer gjør det mulig å få tak i informasjon raskt, og man kan sammenligne løsninger basert på strukturell stabilitet, kostnad og klimapåvirkninger. Dette gjør prosjekteringen enklere og mer tidsbesparende. I byggebransjen fokuseres det på løsninger som gir materialreduksjon, samtidig som funksjonen er ivaretatt. Dette fører til en bærekraftig tankegang hos en byggingeniør.

Gjennom dette forprosjektet er det sett på kunnskapen som er nødvendig for å starte arbeidet med å utarbeide en fremgangsmetode for å beregne klimafotavtrykket i et vegbyggingsprosjekt. Dette innebærer kunnskap om landmåling, datamodellering, vegbygging og eksisterende LCA verktøy. Denne kunnskapen danner en solid grunnpilar for videre arbeid på hovedprosjektet, BYG508.

10 Anbefalinger

I kapittel 3.5.2 ble det presentert en rekke løsninger for hvordan utfordringen med å konvertere vegmodell til LCA ble gjennomført i forskjellige studier. Fokuset til det kommende hovedprosjektet vil være å knytte LCA analysene tett mot BIM modellen av vegen. Målet er å lage et brukervennlig verktøy som kan benyttes av norske vegingeniører. Her vil det være viktig å trekke inn kunnskap og erfaringer gjort i de siterte studiene og testing av forskjellige konsepter bør være en del av hovedprosjektet. For å kunne oppnå dette, er det utarbeidet en arbeidsplan på hvordan utviklingen av verktøyet i hovedprosjektet kan foregå.

Arbeidsplanen er organisert i pyramideform, der hvert steg bygger på de foregående. Da oppgaven er utfordrende og stor i omfang, vil en slik arbeidsmetode by på en rekke fordeler. Hovedoppgaven blir brutt ned i mindre delutfordringer, disse vil kunne bli sortert i en prioritetsrekkefølge. Deloppgavene vil deretter kunne sorteres i delmål og innfris innen gitte frister i fremdriftsplanen.



Figur 10.1 Nivåpyramide.

10.1.1 Nivå 1

I startfasen vil det være hensiktsmessig å benytte vegstrekningen prosjektert i BYG219, Vedlegg X. Det kan være behov for endringer i Novapointmodellen. Dette kan være ekstra komponenter som blant annet autovern, belysning og avløpsrør. Da nivå 1 er et viktig fundament for videre arbeid i prosjektet, vil det være hensiktsmessig å bruke tid på å avgjøre hvordan man kan knytte inn prosesskoder og LCI (Life Cycle Inventory). Det bør også avgjøres hvilken database skal danne grunnlag for LCI i studiet.

Grunnleggende beregninger kommer til å bli foretatt i et regneark. Nøkkeldata fra Novapoint vil bli eksportert til en Excel-fil. Deretter vil et separat regneark hvor LCA beregningene foregår importere nøkkeldataen. Dette er i samsvar med studie gjennomført i vedlegg VIII.

10.1.2 Nivå 2

I denne fasen bør man legge til en funksjon slik at Excel kan lese ut masseberegningsresultatene når disse er oppdatert av Novapoint. Her kan man undersøke resultatforskjeller basert på alternative databaser. Prosesskoder bør knyttes inn her om ikke allerede gjennomført i Nivå 1, eventuelt så bør man begrunne hvorfor dette ikke kan/ bør gjøres.

10.1.3 Nivå 3

Når man har foretatt en studie over utslipp av vegkorridoren, vil det være hensiktsmessig å utvikle konseptet videre. En programmert erstatning for regneark kan bli kodet. En avgjørelse for programmeringsspråk bør undersøkes. Dette vil være en balanse mellom enkelhet i programmeringsspråket og hvor funksjonsrik programmet kommer til å være til slutt (f.eks. kobling direkte med Novapoint vil kreve mange arbeidstimer). Til å begynne med, kan det være hensiktsmessig at nøkkeldataen fra Novapoint blir tatt inn i form av et regneark på dette nivået.

10.1.4 Nivå 4

I Nivå 4 vil LCA-programmet lese av resultatene direkte fra Novapoint via API (Application Programming Interface), hvis mulig. Det betyr at LCA-programmet vil i utgangspunktet kunne kommunisere med Novapoint/AutoCAD for å hente ut nødvendig nøkkeldata. Dette foregår uten at brukeren trenger å ta et mellomsteg og eksportere nøkkeldata til Excel.

10.1.5 Nivå 5

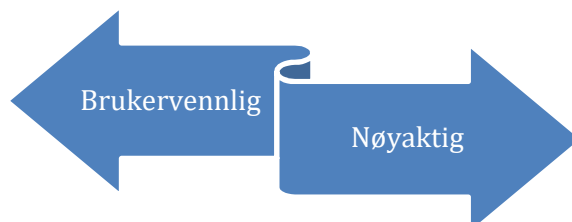
Her vil det være aktuelt å se på muligheter til konvertere programmet til en Novapoint modul, slik at funksjonaliteten er tilgjengelig direkte fra Novapoint menyen.

10.2 Alternativt beregningsgrunnlag

Allerede i Nivå 2 vil det være aktuelt å undersøke forskjellige alternativer for beregningsgrunnlag. Noe grunnlagsdata er allerede tilgjengelig via EPDer publisert av EPD-Norge, men disse dekker ikke alle behov. Her vil det være nyttig å studere hva som har vært benyttet i tidligere studier under kapittel 3.5.2. I tillegg vil det være nyttig med et dypere innblikk i Ecoinvent (3.5.5) og OpenLCA (3.5.6) Nexus databaser.

10.3 Nødvendig kompetanse

Brukervennligheten til programmet vil avhenge av hvilke krav som stilles til ingeniøren. Dersom brukeren har god kompetanse innenfor temaet kan programmet lages allsidig og åpent, slik at ingeniøren kan endre på parametere og innstillinger for å best tilpasse sin studie. Dersom programmet skal være enkelt og intuitivt å bruke vil det kreve mer nedlåst brukergrensesnitt hvor minimalt av input forventes av brukeren. Som resultat kan det bli utfordrende å gjennomføre utslippsberegninger med stor nøyaktighet. En balanse må med andre ord oppnås mellom nøyaktighet og brukervennlighet.



Figur 10.2 Balanse mellom brukervennlighet og nøyaktighet av verktøyet

11 Referanser

- [1] N. Transportplan, «Nasjonale transportplaner», 2017. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.ntp.dep.no/Nasjonale+transportplaner/2018-2029>. [Åpnet: 03-okt-2017].
- [2] regjeringen.no, «Klima og miljø», jun. 2006.
- [3] Miljølære.no, «Hva er egentlig vær og klima?» [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.miljolare.no/aktiviteter/land/natur/ln16/fagstoff/verogklima.php>. [Åpnet: 18-nov-2017].
- [4] «miljø – biologi – Store norske leksikon». [Online]. Tilgjengelig på: https://snl.no/milj%C3%B8_-_biologi. [Åpnet: 18-nov-2017].
- [5] NASA, «Climate change: How do we know?» [Online]. Tilgjengelig på: <https://climate.nasa.gov/evidence/>. [Åpnet: 09-nov-2017].
- [6] J. Calfas, «Donald Trump Disbands Climate Change Panel | Time», 2017. [Online]. Tilgjengelig på: <http://time.com/4908162/donald-trump-climate-change-panel/>. [Åpnet: 18-nov-2017].
- [7] United Nations Framework Convention on Climate Change, «Paris Agreement - Status of Ratification», 2017. [Online]. Tilgjengelig på: http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485. [Åpnet: 15-nov-2017].
- [8] «Klima | Miljøstatus». [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.miljostatus.no/tema/klima/>. [Åpnet: 18-nov-2017].
- [9] Multiconsult, «Stort miljøengasjement i byggebransjen», 2014. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.multiconsult.no/stort-miljoengasjement-i-byggebransjen/>. [Åpnet: 11-feb-2017].
- [10] Forskningsrådet, «Fakta fra MILJØ 2015», 2015.
- [11] P. Tveit, D. Emeritus, og N.- Grimstad, «About the network arch», nr. January, s. 26–30, 2010.
- [12] R. O’Born, K. Vertes, G. Pytten, L. Hortemo, og A. Brændhagen, «Life cycle assessment of an optimized network arch highway bridge utilizing timber», i *Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields*, 2017, s. 2209–2214.
- [13] PER-IVAR NIKOLAISEN, «Putin hyller norsk bruteknologi». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.tu.no/artikler/putin-hyller-norsk-bruteknologi/232570>.
- [14] BuildingSMART, «BuildingSMART», 2017. .
- [15] M. G. GARATHUN, «Slik prosjekterte ingeniørene 200 kilometer vei på seks dager - Tu.no». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.tu.no/artikler/slik-prosjekterte-ingeniørene-200-kilometer-vei-pa-seks-dager/358673>. [Åpnet: 19-nov-2017].
- [16] S. Pelsmakers, «BIM and its potential to support sustainable building», 2013. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-and-its-potential-to-support-sustainable-building>.
- [17] Autodesk, «Revit Family | BIM Software | Autodesk». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.autodesk.com/products/revit-family/overview>. [Åpnet: 21-nov-2017].
- [18] «What is LCA? - RIVM». [Online]. Tilgjengelig på: http://www.rivm.nl/en/Topics/L/Life_Cycle_Assessment_LCA/What_is_LCA. [Åpnet: 19-nov-2017].
- [19] A. H. Mohammad Najjar, Karoline Figueiredo, Mariana Palumbo, «Integration of BIM and LCA: Evaluating the environmental impacts of building materials at an early stage of designing a

- typical office building», *J. Build. Eng.*, bd. 14, s. 115–126, nov. 2017.
- [20] Universitetet i Agder, «BYG-211 Lanmåling Studiehåndbok», 2017. .
- [21] H. Næser, «Landmåling», 2017.
- [22] Kartverket, «Nytt høydesystem NN2000». .
- [23] S. Suomi, *BIM changing how we work*. Skanska suomi, 2011.
- [24] Autodesk, «Revit-serien | BIM-programvare | Autodesk», 2017. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.autodesk.no/products/revit-family/overview>. [Åpnet: 23-nov-2017].
- [25] BuildingSMART, «BuildingSMART», 2017. [Online]. Tilgjengelig på: <https://buildingsmart.no/bs-norge>. [Åpnet: 09-nov-2017].
- [26] «buildingSMART Datamodell | buildingSMART». [Online]. Tilgjengelig på: <https://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-datamodell>. [Åpnet: 09-nov-2017].
- [27] U. i Agder, «BYG219, Vegbygging», 2017. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.uia.no/studieplaner/topic/BYG219-G>. [Åpnet: 22-sep-2017].
- [28] Trimble, «KOMME I GANG MED NOVAPPOINT», 2017. [Online]. Tilgjengelig på: <http://help.novapoint.com/doku.php?id=no:tutorials:start>. [Åpnet: 11-okt-2017].
- [29] Statens Vegvesen, «Lærebok Vegteknologi», 2016.
- [30] Statens Vegvesen, *Vegbygging, Håndbok N200*. 2014.
- [31] Statens Vegvesen, «PROF», 2005.
- [32] Trimble, «Novapoint | Novapoint & Quadri |», 2017. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.novapoint.no/produkter/novapoint>. [Åpnet: 17-nov-2017].
- [33] Trimble, «Novapoint Veg | Novapoint & Quadri |», 2017. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.novapoint.no/produkter/novapoint/novapoint-veg>. [Åpnet: 17-nov-2017].
- [34] S. vegvesen, *Håndbok R761 Prosesskode 1 - Standard beskrivelse for vegkontrakter*. 2015.
- [35] S. Vegvesen, *Håndbok R762 Prosesskode 2 - Standard beskrivelse for bruer og kaier*. 2015.
- [36] Standard Norge, «NS 3420-0:2017», 2017.
- [37] Standard Norge, «NS 3420 info», Lysaker, 2017.
- [38] Miljøverndepartementet, «Reguleringsplan», feb. 2011.
- [39] Miljøverndepartementet, «Reguleringsplan - Utarbeiding av reguleringsplaner etter plan- og bygningsloven», 2011.
- [40] Miljøverndepartementet, «2.6 Områderegulering», nov. 2010.
- [41] Miljøverndepartementet, «2.7 Detaljregulering», nov. 2010.
- [42] C. Guldvik, «Hva er en reguleringsplan? - Namsos kommune», 2016. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.namsos.kommune.no/hva-er-en-reguleringsplan.5860371-372156.html>. [Åpnet: 28-nov-2017].
- [43] Nasjonal transportplan, «Hva er Natsjonal transportplan?», 2017. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.ntp.dep.no/Nasjonale+transportplaner>. [Åpnet: 03-okt-2017].
- [44] Statens Vegvesen, Avinor, Kystverket, Jernbaneverket, «Nasjonal transportplan», 2016.
- [45] H. Baumann og A.-M. Tillman, *The hitch hiker's guide to LCA: an orientation in life cycle assessment methodology and application*. .

- [46] USG, «LCA (Life Cycle Assessment)».
- [47] R. G. D. M. E. J. S.M.Saunders, «Photochemical ozone creation potentials for a large number of reactive hydrocarbons under European conditions», *Atmos. Environ.*, bd. 30, nr. 2, s. 181–199, jan. 1996.
- [48] Ministire van Verkeer en Waterstaat, «Abiotic resource depletion in LCA Improving characterisation factors for abiotic resource depletion as recommended in the new Dutch LCA Handbook», 2002.
- [49] U. National Minerals Information Center, «Mineral Commodity Summaries 2016», 2011.
- [50] J. B. Guinée, *Handbook on life cycle assessment : operational guide to the ISO standards*. Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [51] V. R. Dorland, «References CML-IA is a database that contains characterisation factors for life cycle impact assessment (LCIA)», bd. 1, nr. 3, s. 92–807, 2016.
- [52] J. Potting *mfl.*, «Life cycle considerations in EIA of road invrastructure (LICCER) Final Report», nr. 6, 2013.
- [53] A. Straume og D. Bertelsen, «Dokumentasjon av beregningsmoduler i EFFEKT 6.6», nr. Report 358, s. 170, 2015.
- [54] C. Liljenström, «Life Cycle Assessment in Early Planning of Road Infrastructure Application of The LICCER-model».
- [55] «Energy Conservation in Road Pavement Design, Maintenance and Utilisation ECRPD», 2010.
- [56] A. J. Van Leest, S. B. Van Hartkamp, og J. P. R. Meijer, «Decision support model for road pavements based on whole life costing, life cycle assessment and multi-criteria analysis».
- [57] «Använda Anavitor». [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.anavitor.se/en-us/anvandaanavitor.aspx>. [Åpnet: 15-nov-2017].
- [58] M. Wayman og B. Cordell, «PUBLISHED PROJECT REPORT PPR574 (version 4 . 0) Further guidance on the calculation of whole life cycle greenhouse gas emissions generated by asphalt Part of the asphalt Pavement Embodied Carbon Tool (asPECT) Prepared for : Project Ref »:, bd. 574, 2014.
- [59] Transport Research Laboratory, «asPECT», 2014. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.sustainabilityofhighways.org.uk/>. [Åpnet: 16-sep-2017].
- [60] I. L. Al-Qadi, H. Ozer, og J. T. Harvey, *Pavement life cycle assessment : proceedings of the Symposium on Life-Cycle Assessment of Pavements (Pavement LCA 2017), April 12-13, 2017, Champaign, Illinois, USA.* .
- [61] R. Spriensma, C. van Gurp, og M. R. Larsen, «CEREAL Carbon Road Map for energy efficient pavement maintenance», apr. 2014.
- [62] H. Collin, T. Scotland, og J. Fox, «CARBON MEASUREMENT AND MANAGEMENT FOR TRANSPORT INFRASTRUCTURE».
- [63] Sbrcur. BouwKwaliteit, «Assessment of the Environmental Performances of Constructions and Civil Engineering Works, Updated Version 2015 2 Index». 2015.
- [64] «Dubo Calc Portal». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.dubocalc.nl/en>. [Åpnet: 16-nov-2017].
- [65] Adrien Capony Bogdan Muresan Michel Dauvergne Jean-Claude Auriol Valéry Ferber Agnès Jullien, «Monitoring and environmental modeling of earthwork impacts: A road construction

- case study», *Resour. Conserv. Recycl.*, bd. 74, s. 124–133, mai 2013.
- [66] «ETSI Project». [Online]. Tilgjengelig på: <http://etsi.aalto.fi/>. [Åpnet: 16-nov-2017].
- [67] F. Gallivan, J. Ang-Olson, A. Papsen, og M. Venner, «GREENHOUSE GAS MITIGATION MEASURES FOR TRANSPORTATION CONSTRUCTION, MAINTENANCE, AND OPERATIONS ACTIVITIES», 2010.
- [68] U. S. Cristiano Facanha og A. Horvath, «Environmental Assessment of Freight Transportation in the», *Int J LCA*, bd. 11, nr. 114, s. 229–239, 2006.
- [69] H. Stripple, «Life Cycle Assessment of Road A Pilot Study for Inventory Analysis».
- [70] «What Is Paradox Database», 2016. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.dbtalks.com/article/what-is-paradox-database2/>. [Åpnet: 17-nov-2017].
- [71] H. Birgisdóttir, «Institute of Environment & Resources Life cycle assessment model for road construction and use of residues from waste incineration», 2005.
- [72] «Assessment System for Ecological Technical Alternatives (SEVE) User's guidebook», 2010.
- [73] «SEVE». [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.seve-tp.com/Security/UserLogin.aspx?ReturnUrl=%2Fdefault.aspx>. [Åpnet: 17-nov-2017].
- [74] Ecobilan, «TEAM™ 5.2 - Life Cycle Assessment (LCA) software». [Online]. Tilgjengelig på: <https://ecobilan.pwc.fr/en/boite-a-outils/team.html>. [Åpnet: 21-nov-2017].
- [75] ecobilan, «TEAM™ 5 - LCA Software - Download». [Online]. Tilgjengelig på: <https://ecobilan.pwc.fr/en/team/team-demo.html>. [Åpnet: 21-nov-2017].
- [76] Charles Jensen, «Environment Agency carbon calculator tool | Institution of Civil Engineers», 2015. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.ice.org.uk/knowledge-and-resources/best-practice/environment-agency-carbon-calculator-tool>. [Åpnet: 17-nov-2017].
- [77] «Carbon emissions calculation tool: Highways England - GOV.UK». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.gov.uk/government/publications/carbon-tool>. [Åpnet: 17-nov-2017].
- [78] URS, «Innovating for a Sustainable Future Our Approach to Sustainable Development», s. 16, 2012.
- [79] S. Swaroopa Kar, A. Behl, A. Shukla, og P. K. Jain, «Estimation of Carbon Footprints of Bituminous Road Construction Process», *J. Civ. Environ. Eng.*, bd. 5, nr. 6, nov. 2016.
- [80] NPRA, «Dokumentasjonsrapport, VegLCA v1.02», 2016.
- [81] Kristina Martinsson, «EKA (Energi och Koldioxid på Asfaltbeläggningar)». 2014.
- [82] S. T. John Norberg, «Användarhandledning Klimatkalkyl version 5.0». 2017.
- [83] trafikverket (Sverige), «Klimatkalkyler - Klimatkalkyl». [Online]. Tilgjengelig på: <http://webapp.trafikverket.se/Klimatkalkyl/Klimatkalkyler>. [Åpnet: 28-nov-2017].
- [84] EPD-norge, «Hva er EPD?» [Online]. Tilgjengelig på: <http://epd-norge.no/hva-er-en-epd/>.
- [85] EPD-Norge, «Det norske EPD-programmet Programoperatør», 2014.
- [86] ecoinvent, «History – ecoinvent». [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.ecoinvent.org/about/history/history.html>. [Åpnet: 20-nov-2017].
- [87] ETH Zürich, «ETH Domain | ETH Zurich». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.ethz.ch/en/the-eth-zurich/organisation/eth-domain.html>. [Åpnet: 20-nov-2017].
- [88] ecoinvent, «Organisation – ecoinvent». [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.ecoinvent.org/about/organisation/organisation.html>. [Åpnet: 20-nov-2017].

- [89] ecoinvent, «ecoinvent 3.4 – ecoinvent». [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.ecoinvent.org/database/ecoinvent-34/ecoinvent-34.html>. [Åpnet: 20-nov-2017].
- [90] ecoinvent, «Resellers – ecoinvent». [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.ecoinvent.org/partners/resellers/resellers.html>. [Åpnet: 20-nov-2017].
- [91] GreenDelta, «openLCA.org | openLCA is a free, professional Life Cycle Assessment (LCA) and footprint software with a broad range of features and many available databases, created by GreenDelta since 2006». [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.openlca.org/>. [Åpnet: 25-nov-2017].
- [92] «Greenroads.org». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.greenroads.org/>. [Åpnet: 17-nov-2017].
- [93] «Featured Projects | Greenroads Rating System». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.greenroads.org/portfolio>. [Åpnet: 17-nov-2017].
- [94] B. C. J. Moore, «An Introduction to CEEQUAL», s. 3–13.
- [95] ChooseTally, «Tally | Support | FAQ». [Online]. Tilgjengelig på: <http://choosetally.com/faq/>. [Åpnet: 25-nov-2017].
- [96] S. Avinor, Jernbaneverket, Kystverket, «Grunnlag for klimastrategi», 2016.
- [97] «Statens vegvesens logo | Statens vegvesen». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.vegvesen.no/om+statens+vegvesen/om+organisasjonen/Visuell+profil/Logo>. [Åpnet: 30-nov-2017].
- [98] «Velkommen - Nye Veier AS». [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.nyeveier.no/>. [Åpnet: 30-nov-2017].
- [99] Ø. Tveit, «Elbilfordeler gjør trafikkstyring vanskelig - Samferdsel». [Online]. Tilgjengelig på: <https://samferdsel.toi.no/miljo/elbilfordeler-gjor-trafikkstyring-vanskelig-article33076-158.html>. [Åpnet: 30-nov-2017].
- [100] Innkjøpskontoret, «Hvorfor Er Det Økonomiske Mest Fordelaktig?», 2015. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.innkjopskontoret.no/hvorfor-er-det-okonomiske-mest-fordelaktig/>. [Åpnet: 11-okt-2017].

12 Vedlegg

- I BYG211 – Landmåling – Feltøving 1
- II BYG211 – Landmåling – Feltøving 2
- III BYG211 – Landmåling – Feltøving 3
- IV BYG211 – Landmåling – Feltøving 4
- V BYG211 – Landmåling – Feltøving 5
- VI BYG211 – Landmåling – Feltøving 6
- VII BYG211 – Landmåling – Regneoppgaver
- VIII BYG211 – Datamodellering – Prosjektoppgave
- IX BYG219 – Vegbygging – Regneoppgaver
- X BYG219 – Vegbygging – Prosjektoppgave

I BYG211 – Landmåling – Feltøving 1

22.08.2017

BYG211

Feltøvelse 1 – Kontroll av
nivellerkikkert



Av: Roman Slobodchikov og Kjetil Lohne Bakke

Feltøvelse 1 – Kontroll av nivellerkikkert

Utstysliste:

- Nivellerkikkert
- Nivellerstang
- Målebånd
- Instrumentstativ
- Kritt
- Skrivesaker
- Kalkulator

Fremgangsmåte:

Vi startet med å måle opp 40 meter på en rett linje, og markerte endepunktene som A og B, (midtpunktet ble også markert). Plasserte deretter ut instrumentstativet i midtpunktet og grovjusterte stativet slik at topplaten var mest mulig horisontal. Så plasserte vi nivellerkikkerten oppå instrumentstativet og finjusterte den i henhold til dåselibellene på kikkerten.

Nivellerstangen ble deretter plassert i punkt A og gitt høyde ble lest av med nivellerkikkerten. Deretter ble kikkerten rotert 200 gon, for å måle ut høyden på nivellerstangen i punkt B (se tabell 1 for målte verdier under *Resultater*).

Så plasserte vi nivellerstangen med nivellerkikkerten ca. 2 meter bak punkt B. Der leste vi av «sann høyde» fra punkt B, før vi leste av ny høyde i punkt A (se tabell 2 for målte verdier under *Resultater*).

Resultater:

Tabellene under viser målte verdier fra feltøvelsen. Avlesningene ble kontrollert av alle deltakerne på gruppen (notater fra feltøvelsen ligger vedlagt i oppgaven).

Tabell 1

Punkt A måles til A_1	1.315 meter
Punkt B måles til B_1	1.548 meter
Differanse mellom A_1 og B_1	- 0.233 meter

Tabell 2

Sann høyde i punkt B_2	1.457 meter
A_2 (beregnet) = Differanse mellom A_1 og $B_1 + B_2$	1.224 meter
A_2 målt med nivellerkikkerten	1.224 meter
Avvik	0.000 meter

Konklusjon:

Våre resultater var meget gode (0.000 meter i avvik, mot tillatte 0.002 meter på 40 meters avstand). Dette kan være et resultat av god kvalitet på utstyret, godt vær og gode instruksjoner fra lab-personalet.

BYG211 - LANDMÅLING

Feltøvelse 1 – Kontroll av nivellerkikkert

Fremgangsmåte:

Plasser et stativ (i en gulvramme hvis nødvendig) midt mellom to punkter A og B. Punktene skal være minst 30 m fra hverandre, og det må være minst 2 m plass bak det ene. (Ref.: fig 4.10 i kompendiet.) Nivellerkikkerten monteres på stativet og horisonteres.

Høydene over pkt. A og B registreres. *Husk tre desimaler! Det kreves millimeternøyaktighet!*

Pkt. A måles til $A_1 : 1.315$ m

- Pkt. B $B_1 : 1.548$ m

$= \Delta h$ $= 0.233$ m

Kikkerten, m/fot og ramme, flyttes så **bak** pkt. B (ca. 2m), fremdeles på linje med punktene, og horisonteres igjen. Registrer ny høyde til pkt. B, som blir "sann høyde":

$B_2 = 1.457$ m

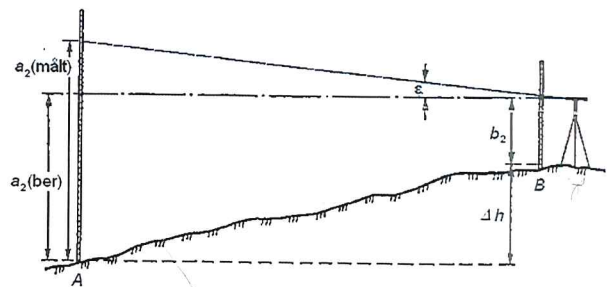
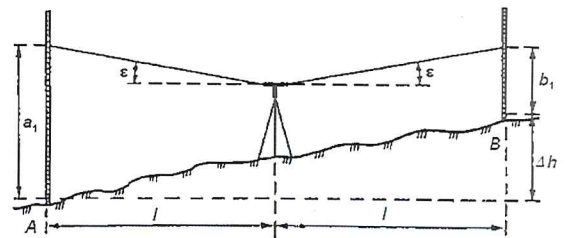
Pkt. A skal nå, hvis kikkerten er riktig, ha en høyde på:

A_2 (beregnet) $= \Delta h + B_2 = 1.224$ m

Registrere så, med kikkerten, ny høyde i pkt. A til å være:

A_2 (målt) = 1.224 m

Avvik: A_2 (beregnet) $- A_2$ (målt) = 0 m



Hvis avviket er positivt skal kikkerten justeres opp det aktuelle antall mm med kikkerten i posisjon B og siktet mot punkt A. Er avviket negativt skal kikkerten justeres ned tilsvarende. **Du skal altså skru trådkorset slik at du leser av A_2 (beregnet) når kikkerten står ved B.**

*Kontroller til slutt at kikkerten er i orden ved å gjennomføre hele målingen en gang til!
Maks. feil er 2 mm hvis avstanden fra A til B er 40 m. Er avstanden 60 m er toleransen 3 mm.*

Rapport:

Det skal leveres inn én gruppevis rapport fra øvingen. Rapportens innhold: **GRUPPENUMMER**, navn på de som var med og målte, formål (skisse), fremgangsmåte/metode, resultat, konklusjon, kommentarer til eventuelle feil og avvik (hva/hvor/hvorfor...etc.), utstyrliste.

Innleveringsfrist: En uke fra øvingsdag

II BYG211 – Landmåling – Feltøving 2

29.08.2017

BYG211

Feltøvelse 2 – Nivellement



Av: Roman Slobodchikov og Kjetil Lohne Bakke

Utstysliste:

- Nivellerkikkert
- Nivellerstang
- Målebånd
- Instrumentstativ
- Kritt
- Skrivesaker
- Kalkulator

Fremgangsmåte:

Vi starter øvelsen med å gjennomføre kontroll av nivellerings kikkert, slik det ble gjort i feltøvelse 1. Resultater for kontrollen blir presentert i Tabell 1 og 2, under resultater.

I denne øvelsen gjennomførte vi måling 6. Målingen startet fra et kjent punkt i garasjeporten på bygglabben (40.600 m.o.h.) og endte opp ved foten av tårnet. Strekningen ble delt opp i 3 punkter for målingen frem til tårnet og 2 punkter på tilbakeveien. Resultatene ble deretter sammenlignet og beregning av høydegap ble gjennomført for å korrigere høyden ved foten til tårnet.

Resultater:

Tabellene under viser målte verdier fra kontroll av nivelleringskikkerten.

Tabell 1

Punkt A måles til A_1	1.050 meter
Punkt B måles til B_1	0.941 meter
Differanse mellom A_1 og B_1	0.109 meter

Tabell 2

Sann høyde i punkt B_2	1.422 meter
A_2 (beregnet) = Differanse mellom A_1 og $B_1 + B_2$	1.531 meter
A_2 målt med nivelleringskikkerten	1.532 meter
Avvik	0.001 meter

Tabell 3



BYG211 – Datamodellering og LANDMÅLING Landmåling Øving 2 - Nivellement

Arbeid: Oppgave 6, måler		Utført: Kjetil og Roman					Dato: 29.08.2017		
nr. 2		Vær: Overskyet, lite vind, ca. 17 grader					Side 1 av 1		
Punkt nr.	Siktavstand	Avlesning			Høyder		Endelig punkthøyde	Kommentar	
		BS	MS	FS	Instr.	Punkt			Feilutjevning
1	38,700	0,818				40,600		40,600	Kjent mål
	55,400			0,895					
2	36,800	1,245				40,523			
	30,300			4,089					
3	29,400	0,888				37,679			
	18,500			1,478					
Sum	209,100	2,951		6,462		37,089	0,001	37,090	Bestemmes
Høydeforskjell		-3,511							
4	20,100	4,169							
	44,000			0,720		40,538			
5	56,000	0,940							
	39,500			0,879		40,599	0,001	40,600	Kjent mål
Sum	159,600	5,109		1,599					
Høydeforskjell		3,510							

$$\Delta Hm1 = \Sigma BS - \Sigma FS = 2,951 - 6,462 = -3,511$$

$$\Delta Hm2 = \Sigma BS - \Sigma FS = 5,109 - 1,599 = 3,510$$

$$fh = |\Delta Hm1| - |\Delta Hm2| = |-3,511| - |3,510| = 0,001$$

$$fh, \text{ tillatt} \leq 0,015m * \sqrt{D} = 0,015m * \sqrt{0,2091 + 0,1596} = 0,009$$

$$\text{Vektfaktor} = \frac{fh}{D} = \frac{0,001}{0,2091 + 0,1596} = 2,712 * 10^{-3}$$

$$\text{Feilutjevning} = \text{Vektfaktor} * D1 = 2,712 * 10^{-3} * 0,2091 = 0,000567 = 0,001$$

Konklusjon:

Vårt målte høydegap er under $fh, \text{tillatt}$ og vi kan dermed konkludere med at resultatet er veldig nært virkeligheten. Vi kan dermed konkludere med at høyden til foten av tårnet er 37,090 m.o.h.

Feilkilder:

- Små bevegelser og forskyvinger på nivåer stangen
- Ikke en god sikring av nivåerkikkert stativet
- Unøyaktig kalibrering nivåerkikkert

III BYG211 – Landmåling – Feltøving 3

05.09.2017

BYG211

Feltøvelse 3 – Masseberegning



Av: Roman Slobodchikov og Kjetil Lohne Bakke

Utstørsliste:

- Nivellerkikkert
- Nivellerstang
- Målebånd
- Instrumentstativ
- Kritt
- Skrivesaker
- Kalkulator

Fremgangsmåte:

Vi starter øvelsen med å gjennomføre kontroll av nivellerings kikkert, slik det ble gjort i feltøvelse 1. Resultater for kontrollen blir presentert i Tabell 1 og 2, under resultater.

I denne øvelsen gjennomførte vi Feltøvelse E. Målingen startet med å nivellere seg fra et kjent punkt i garasjeporten på bygglabben (40.600 m.o.h.) til et punkt i nærheten av parkeringsanlegget (se Tabell 3). Dette ble vårt utgangspunkt for målingene. Deretter startet vi med å måle opp vårt tildelte feltområde. Vi lagde merker for hver 5. meter til vi nådde 25 meter. Vi målte dermed senterlinjen og kurvaturen i terrenget frem til 6 meter fra senterlinjen (veikanten). Dette førte til tallene som er vist under resultater i Tabell 4. Ved hjelp av disse målingene hadde vi nok data til å lage plan og lengdeprofiltegninger (Figur 1). Vi lagde i tillegg tverrprofiltegninger som vist i Figur 2. Ved hjelp av tverrprofiltegningene beregnet vi antall kubikkmeter sprengt masse vi kan forvente fra Feltøvelse E (vist i Tabell 5 og 6).

Vi har i tillegg verifisert håndberegningene våre ved hjelp av matlab. Hele koden er å finne i Attachment 1.

Resultater:

Tabellene under viser målte verdier fra kontroll av nivellerings kikkert. Avlesningene ble kontrollert av alle deltakerne på gruppen (notater fra feltøvelsen ligger vedlagt i oppgaven).

Tabell 1

Punkt A måles til A_1	1.110 meter
Punkt B måles til B_1	0.998 meter
Differanse mellom A_1 og B_1	0.112 meter

Tabell 2

Sann høyde i punkt B_2	1.537 meter
A_2 (beregnet) = Differanse mellom A_1 og B_1 + B_2	1.649 meter
A_2 målt med nivellerkikkerten	1.650 meter
Avvik	0.001 meter

Tabell 3



BYG211 – Datamodellering og LANDMÅLING

Landmåling Øving 2 - Nivellement

Arbeid: Masseberegning		Utført: Kjetil Lohne Bakke og Roman Slobodchikov					Dato: 05.09.2017		
Instrument: Nivellerkikkert		Vær: Yr, ca, 15 grader					Side: 1 av: 4		
Punkt nr.	Siktavst	Avlesning			Høyder			Endelig punkthøyde	Kommentar
		BS (+)	MS (-)	FS (-)	Instr	Punkt	Feilutjevning		
1	93,7	3,328			43,928			40,6	
	9,3			1,209	42,719				
2	4,5	2,104			44,823				
Sum	107,5	5,432		1,209				44,823	Beregnet kikkerthøyde

Tabell 4



MÅLEPROTOKOLL TVERRPROFILERING

Ark 1

Arbeid: Masseberegning		Utført: Kjetil Lohne Bakke og Roman Slobodchikov			Dato: 05.09.2017	
Instrument: Nivellerkikkert		Vær: Yr, ca, 15 grader			Side: 2 av: 4	

Kommentar	Venstre side		CL		Høyre side	
	Utmål	Avlesning	Pel nr Kt : +BS :	Utmål	Avlesning	Kommentar
			44,823			
P0	0		2,493			
			42,330			
	1,6	2,815	42,008			
	6	1,561	43,262			
P5	0		2,652			
			42,171			
	1,6	2,915	41,908			
	6	1,578	43,245			
P10	0		2,864			
			41,959			
	1,6	3,189	41,634			
	1,7	2,755	42,068			
	1,8	2,101	42,722			
	6	1,512	43,311			
P15	0		3,094			
			41,729			
	1,6	3,204	41,619			
	1,8	2,561	42,262			
	6	2,319	42,504			
P20	0		3,363			
			41,460			
	0,5	3,472	41,351			
	6	2,508	42,315			
P25	0		3,652			
			41,171			
	0,6	3,852	40,971			
	1,8	2,919	41,904			
	6	2,194	42,629			

Tabell 5



MÅLEPROTOKOLL MASSEBEREGNING

Ark 2

Arbeid: Masseberegning				Utført: Kjetil Lohne Bakke og Roman Slobodchikov				Dato: 05.09.2017					
Instrument: Nivellerkikkert				Vær: Yr, ca, 15 grader				Side: 3 av: 4					
Pel nr	SPRENGNING				GRAVING				FYLLING				Pel nr
	m ²	m ²	L	m ³	m ²	m ²	L	m ³	m ²	m ²	L	m ³	
P0	4,084												
P5	4,084	4,084	5	20,420									
P10	7,214	5,649	5	28,245									
P15	5,701	6,4575	5	32,288									
P20	5,024	5,3625	5	26,813									
P25	7,862	6,443	5	32,215									

Tabell 6

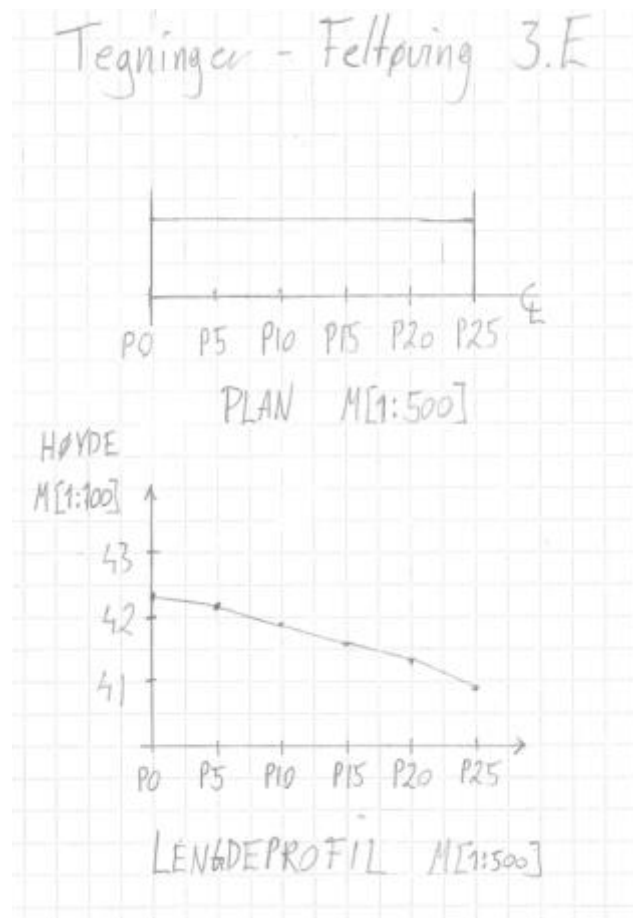


MÅLEPROTOKOLL MASSEOVERSIKT

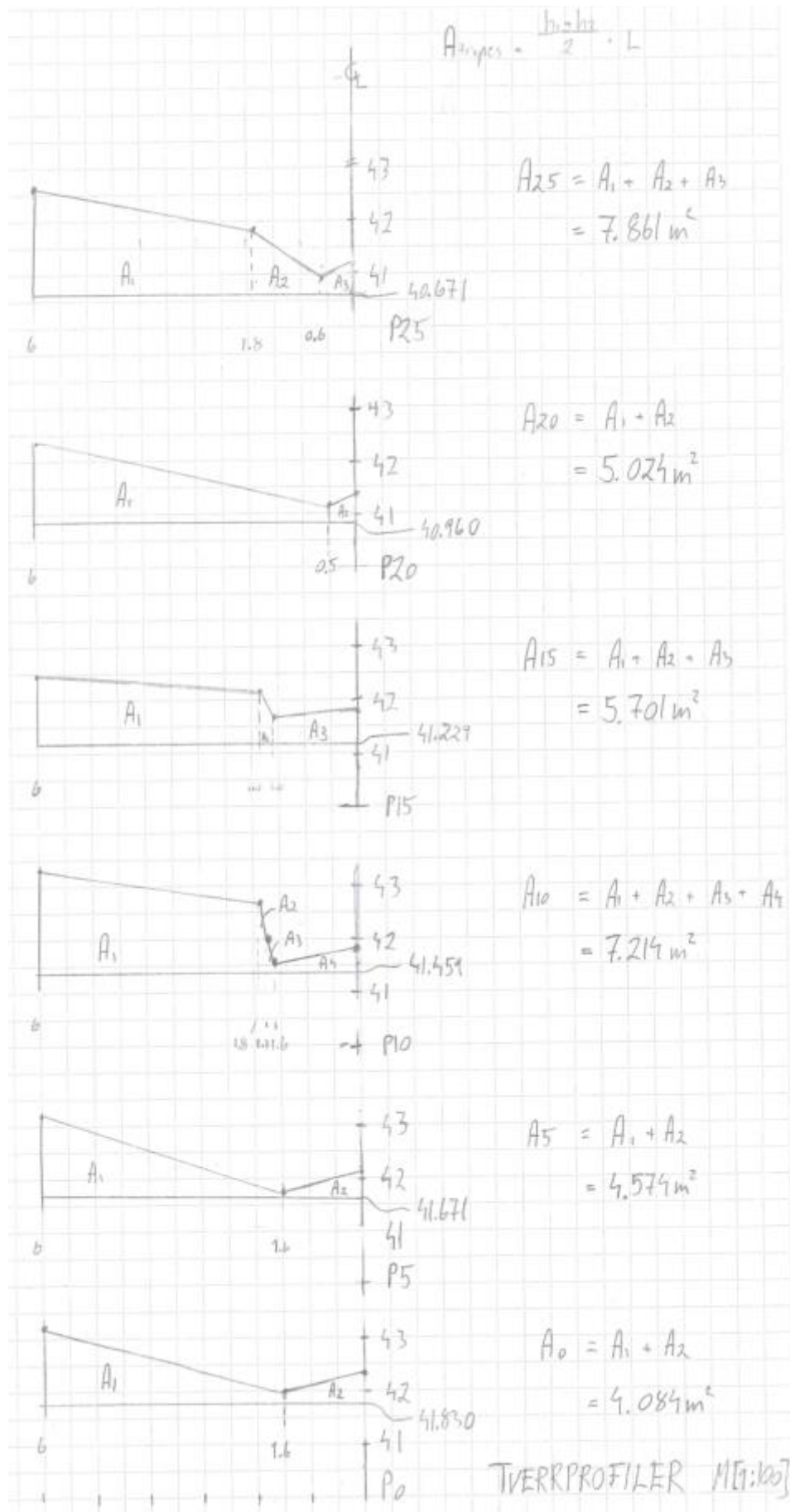
Ark 3

Arbeid: Masseberegning				Utført: Kjetil Lohne Bakke og Roman Slobodchikov				Dato: 05.09.2017			
Instrument: Nivellerkikkert				Vær: Yr, ca, 15 grader				Side: 4 av: 4			
Pel nr	SPRENGNING			GRAVING			FYLLING			Masse- balanse m ³	Oversk masse m ³
	Profil m ³	Utvidelse (1,5)	m ³	Profil m ³	Utvidelse (1,3)	m ³	Profil m ³	Utvidelse (1,2)	m ³		
P0											
	20,420	1,5	30,630							30,630	
P5											
	28,245	1,5	42,368							72,998	
P10											
	32,288	1,5	48,431							121,429	
P15											
	26,813	1,5	40,219							161,648	
P20											
	32,215	1,5	48,323							209,970	
P25											

Figur 1



Figur 2



Konklusjon:

Vi har beregnet at det vil sprengning av Felt E vil være en massebalanse på 210m³ stein.

Feilkilder:

- Små bevegelser og forskyvinger på niveller stangen
- Ikke en god sikring av niveller kikkert stativet
- Unøyaktig kalibrering niveller kikkert

Contents

- [Input data](#)
- [Kalkulere arealer](#)

```
clear all
close all

%NB Alle vinklene i gon!
```

Input data

```
Perp = 76; %gon
KikertH = 44.823; % m

P0 = KikertH-[2.493, 2.815, 1.561];
P0_dist = [2.552-2.434, 2.882-2.749, 1.651-1.477]*100;
P0_gon = [98, 95 93];

P5 = KikertH-[2.652, 2.915, 1.578];
P5_dist = [2.725-2.580, 2.983-2.828, 1.672-1.400]*100;
%P5_gon = [119, 116, 108]; % orig
P5_gon = [119, 116, 130]; % korrigert

P10 = KikertH-[2.864, 3.189, 2.755, 2.101, 1.512];
P10_dist = [2.952-2.773, 3.282-3.083, 2.853-2.656, 2.201-2.002, 1.623-1.401]*100;
P10_gon = [132, 129, 127, 126, 119];

P15 = KikertH-[3.094, 3.204, 2.561, 2.319];
P15_dist =[3.205-2.982, 3.320-3.089, 2.681-2.442, 2.450-2.195]*100;
P15_gon = [142, 138, 135, 129];

P20 = KikertH-[3.363, 3.472, 2.508];
P20_dist = [3.499-3.232, 3.609-3.340, 2.660-2.353]*100; % original
% P20_gon = [148, 141, 148]; % original
P20_gon = [148, 141, 136]; % korrigert

P25 = KikertH-[3.652, 3.852, 2.919, 2.194];
% P25_dist = [3.810-3.496, 4.200-3.696, 3.08-2.758, 2.362-2.026]*100; % Opprinnelig data
P25_dist = [3.810-3.496, 31.8/100, 3.08-2.758, 2.362-2.026]*100; % Korrigerte tall 2 fordi
avstanden kan ikke være 50 m
P25_gon = [151, 149, 146, 140];
```

Kalkulere arealer

```
% X avstander inn
P0_X = vinkelrettavstand(P0_dist, Perp, P0_gon);
P5_X = vinkelrettavstand(P5_dist, Perp, P5_gon);
P10_X = vinkelrettavstand(P10_dist, Perp, P10_gon);
P15_X = vinkelrettavstand(P15_dist, Perp, P15_gon);
P20_X = vinkelrettavstand(P20_dist, Perp, P20_gon);
P25_X = vinkelrettavstand(P25_dist, Perp, P25_gon);

% Plot profil
```



```

Y = [0, 5, 10, 15, 20, 25]; %m i bredden

% plot 2D plot av 2D areal seksjonen
%plot(paddingX(P5_X),paddingHoyde(P5)-(P5(1)-0.5)); grid on

% Area P0
A0 = trapz(paddingX(P0_X),paddingHoyde(P0)-(P0(1)-0.5));
A5 = trapz(paddingX(P5_X),paddingHoyde(P5)-(P5(1)-0.5));
A10 = trapz(paddingX(P10_X),paddingHoyde(P10)-(P10(1)-0.5));
A15 = trapz(paddingX(P15_X),paddingHoyde(P15)-(P15(1)-0.5));
A20 = trapz(paddingX(P20_X),paddingHoyde(P20)-(P20(1)-0.5));
A25 = trapz(paddingX(P25_X),paddingHoyde(P25)-(P25(1)-0.5));

Volume = ((A0+A5)+(A5+10)+(A10+A15)+(A15+A20)+(A20+A25))/2*5;

XX0 = paddingX(P0_X);
XX5 = paddingX(P5_X);
XX10 = paddingX(P10_X);
XX15 = paddingX(P15_X);
XX20 = paddingX(P20_X);
XX25 = paddingX(P25_X);

YY0(1:length(XX0)) = 0;
YY5(1:length(XX5)) = 5;
YY10(1:length(XX10)) = 10;
YY15(1:length(XX15)) = 15;
YY20(1:length(XX20)) = 20;
YY25(1:length(XX25)) = 25;

ZZ0 = paddingHoyde(P0)-(P0(1)-0.5);
ZZ5 = paddingHoyde(P5)-(P5(1)-0.5);
ZZ10 = paddingHoyde(P10)-(P10(1)-0.5);
ZZ15 = paddingHoyde(P15)-(P15(1)-0.5);
ZZ20 = paddingHoyde(P20)-(P20(1)-0.5);
ZZ25 = paddingHoyde(P25)-(P25(1)-0.5);

plot3(XX0,YY0,ZZ0,'linewidth',4); hold on
plot3(XX5,YY5,ZZ5,'linewidth',4); hold on
plot3(XX10,YY10,ZZ10,'linewidth',4); hold on
plot3(XX15,YY15,ZZ15,'linewidth',4); hold on
plot3(XX20,YY20,ZZ20,'linewidth',4); hold on
plot3(XX25,YY25,ZZ25,'linewidth',4); hold on
grid on
%ang1 = Perp vinkelen
%ang2 = målt vinkel
%dist = målt siktavstand i m
function X = vinkelrettavstand(dist, angl, ang2)

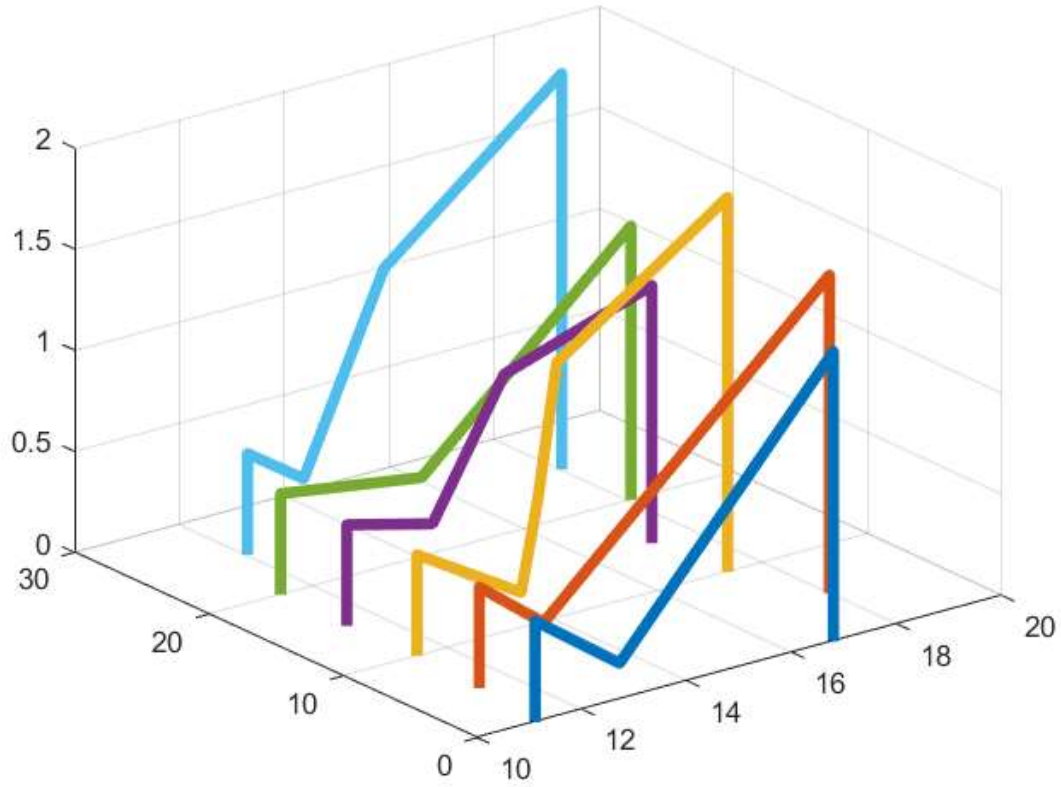
v1 = angl*2*pi/400;
    for z=1:length(dist)

        v2 = ang2(z)*2*pi/400;
        X(z) = dist(z)*cos(v2-v1);
    end
end

function Z = paddingHoyde(P)

```

```
Z = [P(1)-0.5, P, P(1)-0.5];  
end  
  
function Y = paddingX(PX)  
Y = [PX(1), PX, PX(end)];  
end
```



IV BYG211 – Landmåling – Feltøving 4

18.09.2017

BYG211

Feltøvelse 4 – Bli kjent med totalstasjonen



Av: Roman Slobodchikov og Kjetil Lohne Bakke

Utstyrliste:

- Instrumentstativ
- Totalstasjon
- Prisme
- Skrivesaker
- Trefot

Fremgangsmåte:

Vi startet øvelsen med å plassere utstyret på tilfeldig valgte plasser. Etterpå startet vi med å finne sann nord ved hjelp av kompasset på mobiltelefonen (dette ble utgangspunktet for alle målingene) og skrev inn nord/sørkoordinater i totalstasjonen. Dette ble gjort slik at vi fikk direkte plassering på prismene. Så målte vi avstander, vinkler, og koordinater til alle fire prismene (se Resultater).

Resultater:

Tabell 1 under viser målingene vi utførte foran inngangspartiet til bygg-labben.

Tabell 1

GRUPPENR. Master INSTRUMENT TRIMBLE Stå punkt LAB

Sikt av s.:

Punkter	Målinger				Beregnet koordinater		
	Horisontal		Vertikal		N	E	Z
	Avstand	Vinkel	Avstand	Vinkel			
A	5,802	44,9503	-0,883	110,4174	6465976.615	475192.865	39.117
B	9,601	101,3024	-1,095	107,7247	6465972,003	475198,699	38.905
C	18,984	217,0222	-0,224	101,0021	6465953,891	475164,084	39.776
D	11,014	311,7920	0,013	100,3609	6465974,227	475178,274	40.013

Beregning:

Instrumentkoordinater :

N : 6465972,7

Ø : 475189,1

Z : 40,000m

$$x_A = x_n + D_{n-A} \cdot \cos \phi_{n-A}$$

$$y_A = y_n + D_{n-A} \cdot \sin \phi_{n-A}$$

Punkt A :

$$N_A = 6465972,7 + 5,802 \cdot \cos 44,9503 = \underline{\underline{6465977,1}}$$

$$\phi_A = 475189,1 + 5,802 \cdot \sin 44,9503 = \underline{\underline{475192,9}}$$

$$Z = Z_{IH} + \Delta H = 40,000 - 0,883 = \underline{\underline{39,117}}$$

Konklusjon:

Vi har gjort oss kjent med totalstasjonen Trimble M3. Det er et instrument med mange valg og muligheter, men samtidig enkel å bruke til denne oppgaven. Vi ser ut i fra utregningene våre at vi har et avvik på nord-koordinaten. Dette er mest på grunn av feil inntasting av koordinater på totalstasjonen.

Feilkilder:

- Unøyaktig oppmåling av totalstasjonen (nord/øst-retning)
- Unøyaktig nivellering av totalstasjonen (z-retning)

V BYG211 – Landmåling – Feltøving 5

20.09.2017

BYG211

Feltøvelse 5 – Innmåling og ajourføring
av kart



Av: Roman Slobodchikov og Kjetil Lohne Bakke

Utstysliste:

- 2 x Instrumentstativ med trefot
- 1 x Totalstasjon
- 2 x Prismer
- Skrivesaker

Fremgangsmåte:

Vi startet øvelsen med å plassere det ene instrumentstativet rett over punkt B, fastmerket 3-4.3749. (Her kan man bruke totalstasjonen for å forsikre seg om at man har fått sentrert instrumentstativet riktig). Deretter plasserte vi det ene prismet i instrumentstativet og plasserte det andre instrumentstativet med totalstasjonen på en tilfeldig plass på parkeringsplassen (frioppstilling). Ved utplassering av totalstasjonen i frioppstilling er det viktig å ha sikt til 2 fastmerker og til alle punktene som skal måles opp, hvis mulig.

Så målte vi ut avstanden til punkt B (fastmerket 3-4.3749) og nullstilte vinkelen på totalstasjonen. Deretter roterte vi totalstasjonen mot punkt A (fastmerket 3-4.3757) og plasserte et prisme sentrert over punktet. Nå målte vi brytningsvinkelen mellom punkt A og B og avstanden til punkt A.

Når dette var utført hadde vi nok informasjon til å regne ut koordinatene til totalstasjonen og til å finne hvilken retning som er nord (se Formel 1 under *Beregninger* for detaljert fremgangsmetode). Disse verdiene ble tastet inn i totalstasjonen før vi startet å måle opp parkeringsplassen. Ved oppmåling av parkeringsplassen brukte vi et prisme på teleskopstang for å reflektere signalet fra totalstasjonen. Siden vi allerede visst koordinatene til totalstasjonen og nordretningen, fikk vi opp koordinatene til de oppmålte punktene direkte på totalstasjonen. Vi målte opp alle hjørnene, inkludert innkjørsel (z-retning ble neglisjert i denne oppgaven).

Ved oppmåling av J-bygget på UiA brukte vi instrumentplasseringen fra oppmåling av parkeringsplassen som utgangspunkt. Deretter plasserte vi et instrumentstativ med påmontert prisme på gang og sykkelstien utenfor bygglabben. Her var det igjen viktig å finne en plassering som gjorde at vi fikk tatt flest mulig målinger i en og samme posisjon for å slippe unødvendig mange forflytninger og potensielle feilkilder. Ved og utføre polygondrag fant vi koordinatene og sann nordretning til den nye posisjonen. *(Her er det viktig å legge til at vi ved en feiltagelse tok ned instrumentstativet fra parkeringsplassen før vi målte ut nordvinkelen. Dette førte til at J-bygget ble rotert som vist under resultater! I en reel utmåling måtte vi selvsagt ha beregnet ut koordinatene og nordverdien til instrumentstativet på nytt. For å «kompensere» for feilen vi gjorde ved polygondraget til instrumentposisjon G har vi tatt med arealberegninger av parkeringsplassen og J-bygget under Resultater.)*

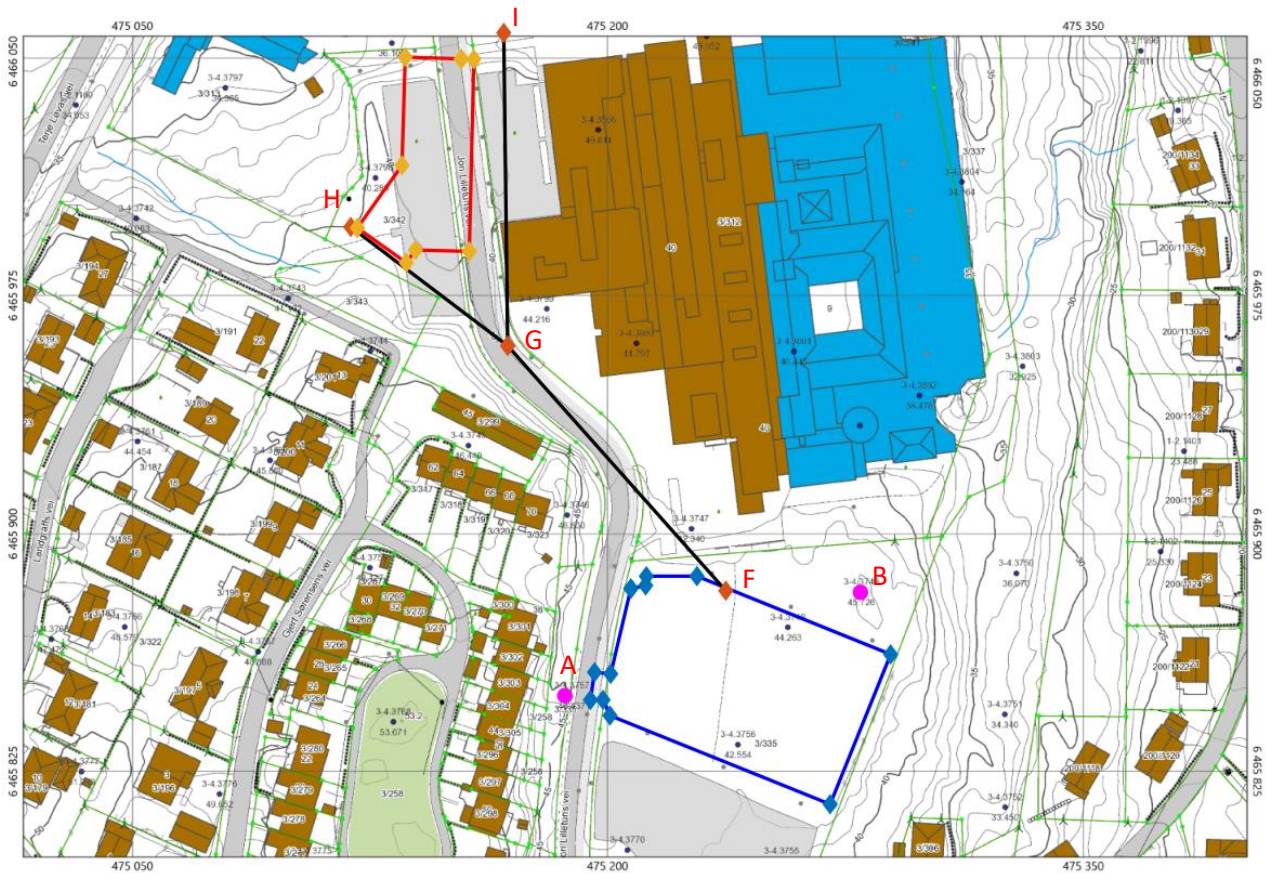
Nå kunne vi, ved hjelp av samme fremgangsmetode som nevnt over, måle opp grunnflaten til J-bygget. Vi måtte utføre to ytterligere forflytninger for å kunne måle ut vest/nordsiden av bygget. (Nordsiden fikk vi i utgangspunktet målt ut fra de to første posisjonene, men på grunn av en liten vinkelendring på nordsiden av bygget måtte vi flytte oss en tredje gang).

Alle koordinatene for både parkeringsplassen og J-bygget kan sees under *Resultater* som punkter og *Beregninger* som tallverdier.

For feltskisser og Mathlab-skript se vedlegg.

Resultater:

Kartet under viser omrisset av den nye parkeringsplassen (blå) og J-bygget (rødt), samt polygondraget (sort).



Areal av parkeringsplass:

$$A_{\text{parkering}} = \underline{\underline{4126,160m^2}}$$

Areal av J-bygget:

$$A_{\text{J-bygget}} = \underline{\underline{1540,758m^2}}$$

Beregning:

For å finne instrumentposisjonen og sann nordretning gjøres følgende beregninger:

Formel 1

Koordinater punkt B (3 – 4.3749):

$N : 6465881,638$

$\emptyset : 475279,950$

$Z : 45,782m$

Koordinater punkt A (3 – 4.3757):

$N : 6465848,970$

$\emptyset : 475186,567$

$Z : 46,493m$

$\phi_{A-F} :$

$$R = \frac{f}{\sin F} = \frac{98,932}{\sin 162,100^{\circ}} = \underline{176,417}$$

$$R = \frac{a}{\sin A} \Rightarrow A = \sin^{-1} \left(\frac{42,841}{176,417} \right) = \underline{15,616^{\circ}}$$

$$\phi_{A-B} = \tan^{-1} \left(\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{279,95 - 186,567}{881,638 - 848,97} \right) = \underline{78,576}$$

$$\phi_{A-F} = \phi_{A-B} - \angle FAB = 78,576^{\circ} - 15,616^{\circ} = \underline{\underline{62,960^{\circ}}}$$

$$x_A = x_n + D_{n-A} \cdot \cos \phi_{A-F}$$

$$y_A = y_n + D_{n-A} \cdot \sin \phi_{A-F}$$

Instrument Posisjon (F):

$$N_F = 6465848,970 + 60,677 \cdot \cos 62,960^{\circ} = \underline{\underline{6465882,315}}$$

$$\emptyset_F = 475186,567 + 60,677 \cdot \sin 62,960^{\circ} = \underline{\underline{475237,260}}$$

Nordretning :

$$\phi_{F-A} = 200^{\circ} + \phi_{A-F} = 200^{\circ} + 62,960^{\circ} = \underline{\underline{262,960^{\circ}}}$$

For å måle ut instrumentposisjon G på sørsiden av J-bygget gjøres følgende beregninger:

Formel 2

Instrument Posisjon (F) :

$$N_F = 6465882,315$$

$$\emptyset_F = 475237,260$$

Instrument Posisjon (G) :

$$N_G = \underline{\underline{6465959,758}}$$

$$\emptyset_G = \underline{\underline{475168,383}}$$

Nordretning :

$$\phi_{G-F} = 353,723^g - 200^g = \underline{\underline{153,723^g}}$$

For å måle ut instrumentposisjon H vestsiden av J-bygget gjøres følgende beregninger:

Formel 3

Instrument Posisjon (G) :

$$N_G = 6465959,758$$

$$\emptyset_G = 475168,383$$

Instrument Posisjon (H) :

$$N_H = \underline{\underline{6465997,317}}$$

$$\emptyset_H = \underline{\underline{475118,836}}$$

Nordretning :

$$\phi_{H-G} = 341,293^g - 200^g = \underline{\underline{141,293^g}}$$

For å måle ut instrumentposisjon I nordsiden av J-bygget gjøres følgende beregninger:

Formel 4

Instrument Posisjon (G) :

$$N_G = 6465959,758$$

$$\emptyset_G = 475168,383$$

Instrument Posisjon (I) :

$$N_I = \underline{\underline{6466058,692}}$$

$$\emptyset_I = \underline{\underline{475167,143}}$$

Nordretning :

$$\phi_{I-G} = 399,202^g - 200^g = \underline{\underline{199,202^g}}$$

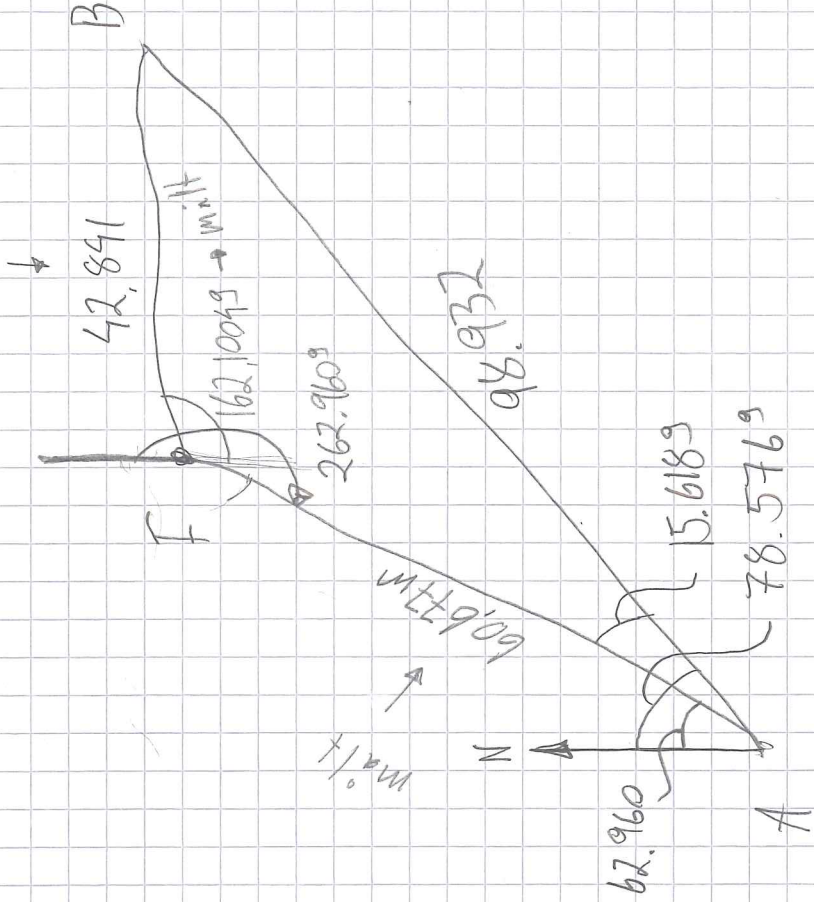
Konklusjon:

Vi fikk målt både den nye parkeringsplassen og J-bygget på UiA Campus Grimstad ved hjelp av frioppstilling og fastmerkene 3-4.3749 og 3-4.3757. Ved å regne ut koordinatene til totalstasjonen får man direkte koordinatene til de oppmålte punktene.

Feilkilder:

- Unøyaktig oppmåling av fastmerkene
- Unøyaktig oppmåling av hjørnene på parkeringsplassen og J-bygget.
- Tatt ned instrumentstativet FØR polygondraget mellom F og G var ferdigstilt.

Maling Fellingung 5



$$\begin{aligned}
 IP = NF &= NA + DA \cdot F \cdot \cos DAF && 67,960 \\
 &= 6165848,970 + 60,677 \cdot \cos \quad && = 6165882,315
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EF &= EA + DA \cdot F \cdot \sin DAF \\
 &= 475186,567 + 60,677 \cdot \sin 62,960 = 475237,260
 \end{aligned}$$

N = 814.802

E = 475270.212

N = 842.848

E = 475200.674

N = 847.813

E = 475198.486

N = 847.774

E = 475199.506

N = 856.550

E = 475195.808

N = 855.992

E = 475200.903

N = 6465883.

002

E = 475207.272

N = 6465883.972

E = 475211.954

N = 886.903

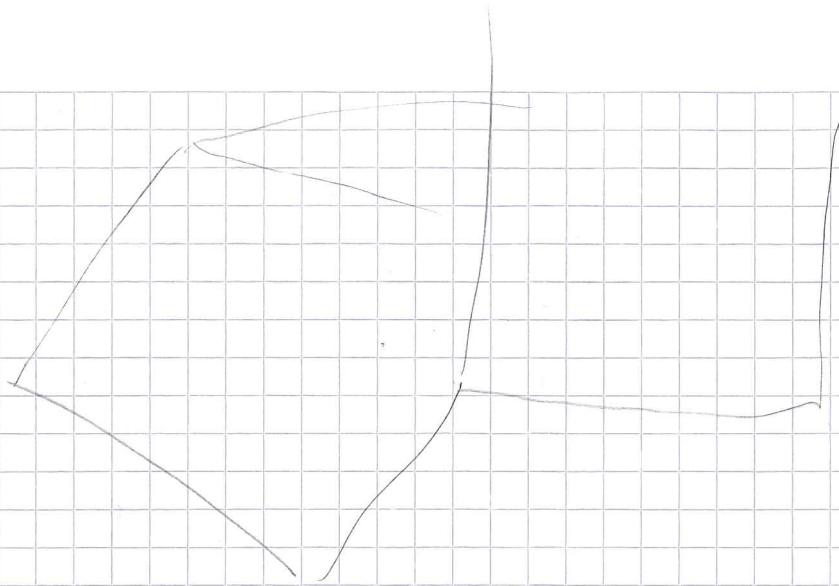
E = 475212.174

N = 862.193

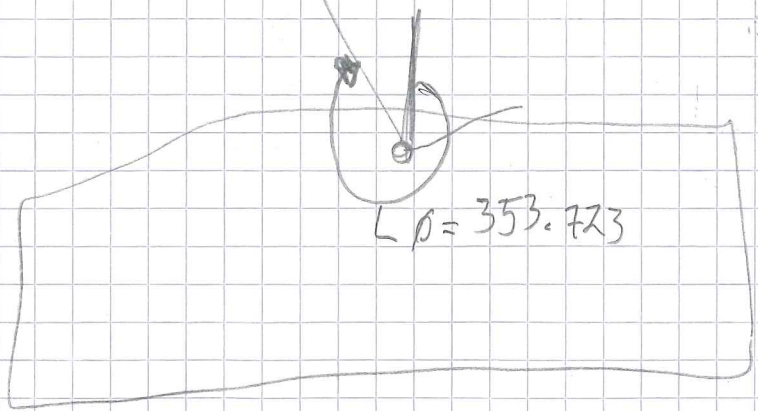
E = 475289.317

N = 886.919

E = 475228.149



$\theta = 353.723 - 200^\circ = 153.723$
 $N = 6465959.758$
 $E = 475168.383$



$\angle \theta = 353.723$

N: 6466058, 692
E: 475167, 143

N: 6466050, 995
E: 475136, 008

N: 6466050, 455
E: 475153, 687

N: 6466051, 060
E: 475136, 040

N: 050, 386
E: 475153, 766

N: 050, 311
E: 157, 696

21
N: 6466016, 898
E: 475138, 002

N: 6465997, 025
E: 475120, 912

6465

N: 990, 010
E: 139, 255

N: 6465997, 317
E: 475118, 836

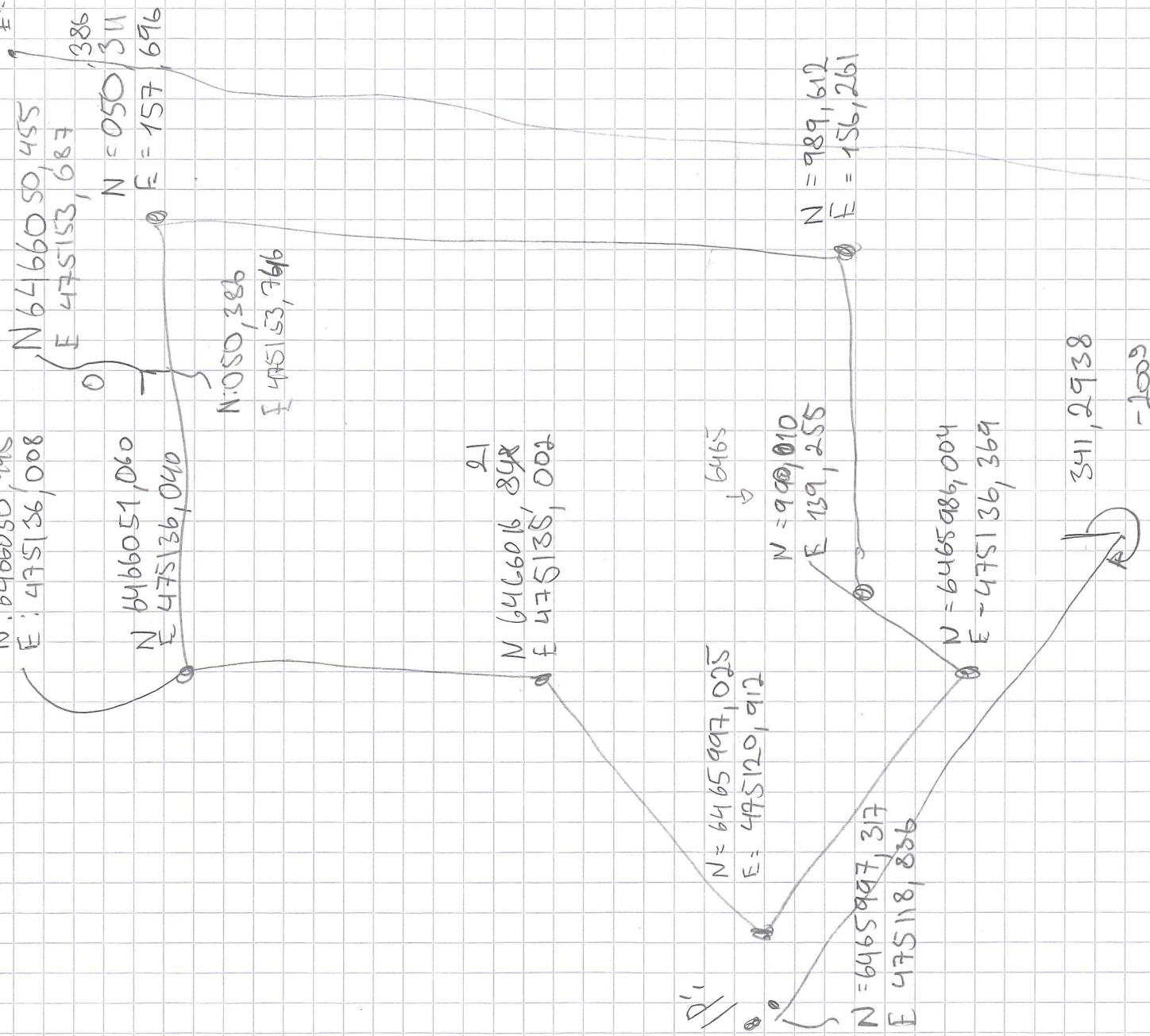
N: 6465986, 004
E: 475136, 369

N: 989, 612
E: 156, 261

341, 2938
-2009

141, 2938

IP =
399, 2020



```
clear all
close all
```

Koordinater

```
Kjent punkter
```

```
%3-4.3757
```

```
 $e^{\pi i} + 1 = 0$ 
```

```
 $e^{\pi i} + 1 = 0$ 
```

```
P_A = [6465848.970, 475186.567];
```

```
%3-4.3749
```

```
P_B = [6465881.638, 475279.950];
```

```
%P-plass koordinater
```

```
%Kommentarene gjelder punkter slik dem er tegnet på arket, ikke med sann
```

```
%nord opp!
```

```
P1 = [6465883.002, 475207.292];
```

```
P2 = [6465883.972, 475211.954];
```

```
P3 = [6465886.903, 475212.174];
```

```
P4 = [6465886.919, 475228.149]; %Bunn høyre
```

```
P5 = [6465862.193, 475289.317]; %Bunn venstre
```

```
P6 = [6465814.802, 475270.212]; %Topp venstre
```

```
P7 = [6465842.848, 475200.674]; %Topp høyre
```

```
P8 = [6465847.813, 475198.486]; %Start innkjørsel
```

```
P9 = [6465847.774, 475194.506]; %Innkjørsel ved fortau
```

```
P10 = [6465856.550, 475195.808]; %Innkjørsel ved fortau
```

```
P11 = [6465855.992, 475200.903]; %Slutt innkjørsel
```

```
% Tegne P-plass firkanten
```

```
Pplass = [P1; P2; P3; P4; P5; P6; P7; P8; P9; P10; P11; P1];
```

```
OrigPos = [6465882.315, 475237.260]; % Første punkt hvor totalstasjonen ble satt opp (også kalt punkt F på tegningen)
```

```
%Polydrag 1
```

```
PD1 = [6465959.758, 475168.383];
```

```
%Polydrag 2
```

```
PD2 = [6465997.317, 475118.836];
```

```
%Polydrag 3
```

```
PD3 = [6465959.758, 475168.383];
```

```

%Polydrag 4
PD4 = [6466058.692, 475167.143];

% Tegne polydragene
Polydragene = [OrigPos; PD1; PD2; PD3; PD4];

% MIL Bygget
% Kommentarene sett fra tegningen

M1 = [6465997.025, 475120.912]; % yttre hjørnet av trekanten på
    bygget. Ytterste punktet til venstre
M2 = [6465986.004, 475136.369];
M3 = [6465990.010, 475139.255];
M4 = [6465989.612, 475156.261]; %Hjørne i høyre bunn
M5 = [(6466050.386+6466050.311)/2, 475157.696]; % Hjørne i høyre topp.
    Korrigerer for feil i målingen
M6 = [6466050.386, 475153.746];
M7 = [6466050.455, 475153.687]; %10 cm hjørnet
M8 = [(6466050.995+6466051.060)/2, (475136.008+475136.040)/2]; %
    Hjørne topp venstre. Korreksjon for avvikk ved polydrag kontroll
M9 = [6466016.821, 475135.002]; %Hørne i midten venstre, starten av
    trekanten

%Tegne MIL Bygget

MIL = [M1; M2; M3; M4; M5; M6; M7; M8; M9; M1];

%La oss plote dette

% plot(Pplass(:,2),Pplass(:,1), 'b-'); hold on
% scatter(Pplass(:,2),Pplass(:,1),20,'filled', 'd'); hold on
%
% plot(Polydragene(:,2),Polydragene(:,1), 'k-'); hold on
% scatter(Polydragene(:,2),Polydragene(:,1),20,'filled', 'd'); hold on
%
% plot(MIL(:,2),MIL(:,1), 'r-'); hold on
% scatter(MIL(:,2),MIL(:,1),20,'filled', 'd'); hold on
%
% scatter(P_A(1,2), P_A(1,1),10 , 'filled', 'g'); hold on
% scatter(P_B(1,2), P_B(1,1),10, 'filled', 'g'); hold off
% grid on

% Dette over var kun plot av koordinatene, vi vil gjerne plote det på
    et
% bilde!

%Factorer
X = 93.383/1102; % meter/ pixel
Y = 32.668/385; % meter/ pixel

```

```

syms xx yy
eqn1 = 3192 - xx*1/X == 0;
eqn2 = 2142 - yy*1/Y == 0;
x_dist = solve(eqn1,xx);
y_dist = solve(eqn2,yy);

% Koordinatene i virkelige verden for pixel 0,0
Pixel_0_koor = [6465881.637-y_dist, 475279.950-x_dist];

```

Konverterer koordinater til pixel plasseringer slik at vi kan plote det

direkte på bilde

```

for z=1:length(Pplass)
    pixel_pplass(z,1) = (Pplass(z,1)-Pixel_0_koor(1,1))/Y;
    pixel_pplass(z,2) = (Pplass(z,2)-Pixel_0_koor(1,2))/X;
end

for z=1:length(MIL)
    pixel_MIL(z,1) = (MIL(z,1)-Pixel_0_koor(1,1))/Y;
    pixel_MIL(z,2) = (MIL(z,2)-Pixel_0_koor(1,2))/X;
end

for z=1:length(Polydragene)
    pixel_Polydragene(z,1) = (Polydragene(z,1)-Pixel_0_koor(1,1))/Y;
    pixel_Polydragene(z,2) = (Polydragene(z,2)-Pixel_0_koor(1,2))/X;
end

pixel_P_A(1,1) = (P_A(1,1)-Pixel_0_koor(1,1))/Y;
pixel_P_A(1,2) = (P_A(1,2)-Pixel_0_koor(1,2))/X;

pixel_P_B(1,1) = (P_B(1,1)-Pixel_0_koor(1,1))/Y;
pixel_P_B(1,2) = (P_B(1,2)-Pixel_0_koor(1,2))/X;

clf
rgb = imread('Kart.png');
imshow(rgb)
hold on

plot(pixel_pplass(:,2),4285-pixel_pplass(:,1), 'b-', 'LineWidth',0.5);
    hold on
scatter(pixel_pplass(:,2),4285-pixel_pplass(:,1),0.5,'filled', 'd');
    hold on

plot(pixel_Polydragene(:,2),4285-
pixel_Polydragene(:,1), 'k-', 'LineWidth',0.5); hold on

```

```

scatter(pixel_Polydragene(:,2),4285-
pixel_Polydragene(:,1),0.5,'filled', 'd'); hold on
%
plot(pixel_MIL(:,2),4285-pixel_MIL(:,1), 'r-', 'LineWidth',0.5);
hold on
scatter(pixel_MIL(:,2),4285-pixel_MIL(:,1),0.5,'filled', 'd'); hold on
%
scatter(pixel_P_A(1,2), 4285-pixel_P_A(1,1),0.5 , 'filled', 'm');
hold on
scatter(pixel_P_B(1,2), 4285-pixel_P_B(1,1),0.5,'filled', 'm');
hold off
grid on

```

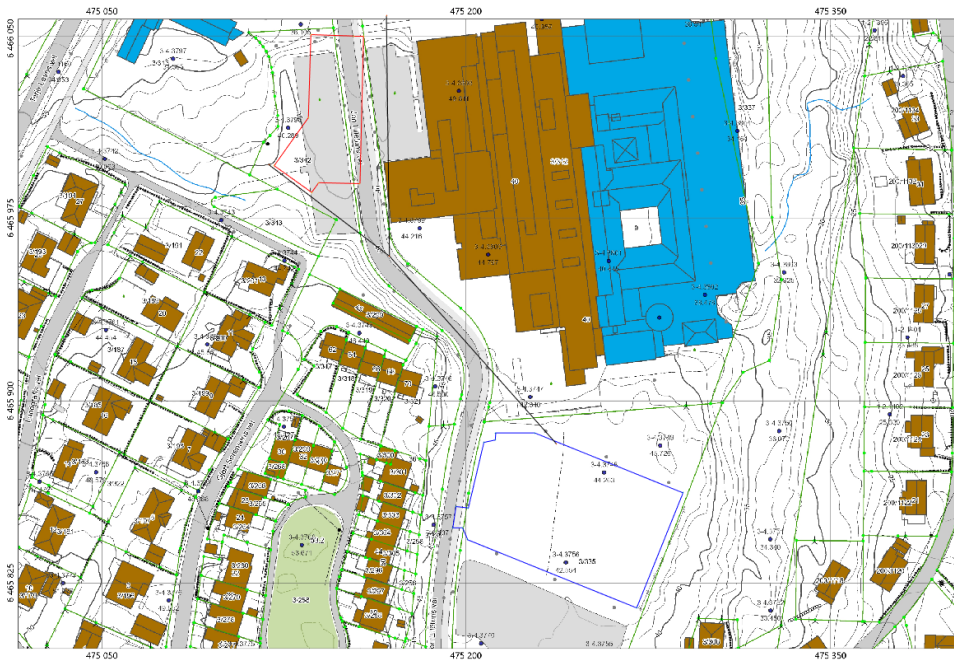
%%Lag en pen PDF ut av plotet

```

h=gcf;
set(h,'PaperOrientation','landscape');
set(h,'PaperUnits','normalized');
set(h,'PaperPosition',[0 0 1 1]);
print(gcf, '-dpdf', 'vedlegg1.pdf');

```

*Warning: Image is too big to fit on screen;
displaying at 25%*



Published with MATLAB® R2017a

VI BYG211 – Landmåling – Feltøving 6

27.09.2017

BYG211

Feltøvelse 6 – Utstikking av boligtomter



Av: Roman Slobodchikov og Kjetil Lohne Bakke

Utstyrsliste:

- 1 x Instrumentstativ med trefot
- 1 x Totalstasjon
- 3 x Prismer
- 4 x Stikkstaver
- 1 x Målebånd
- Skrivesaker

Fremgangsmåte:

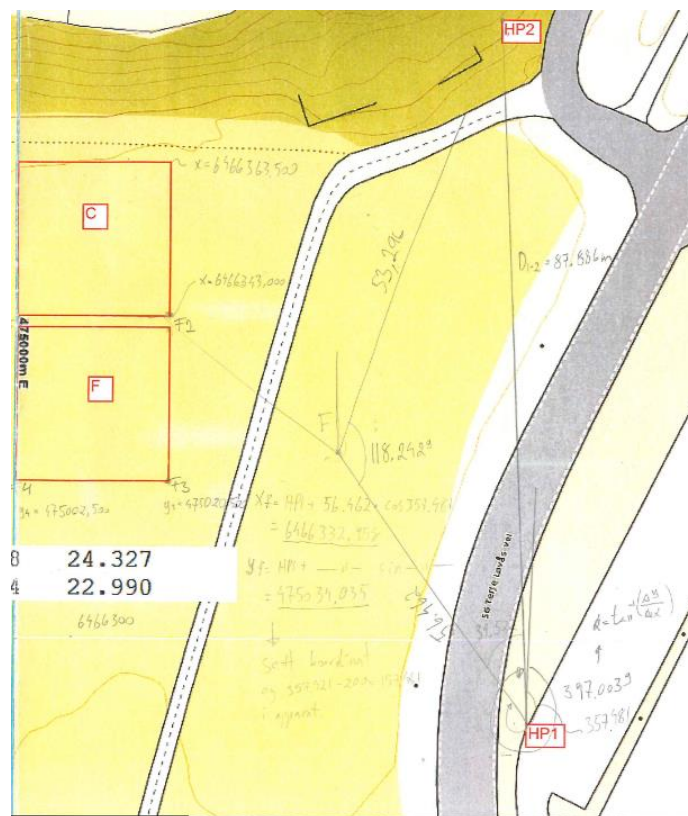
Vi startet øvelsen med å plassere instrumentstativet på et vilkårlig punkt på grus p-plassen. Vi utplasserte prismer på fastmerkene HP1 og HP2 og målte ut avstander og brytningsvinkelen mellom disse. Målte verdier kan leses av på Figur 1 under *Resultater*.

Når dette var utført hadde vi nok informasjon til å regne ut koordinatene til totalstasjonen og til å finne hvilken retning som er nord (se Formel 1 under *Beregninger* for detaljert fremgangsmetode). Disse verdiene ble tastet inn i totalstasjonen før vi startet å måle opp boligtomtene.

Vi har på forhånd regnet ut koordinatene til hjørnepunktene på tomten C og kunne dermed regne ut avstand og horisontalvinkel til disse punktene fra totalstasjonens posisjon. Disse verdiene er gitt i utfylt skjema på Figur 2 under *Resultater*. Vi har i tillegg målt diagonalene mellom hjørnene J-H og I-K kontroll av avviket.

Resultater:

Kartet under viser oppmålingen av boligtomt C. Skjemaet i Figur 2 viser avstand og retning fra totalstasjonen til tomten C.



Figur 1

Skjemma

$$x_2 = x_1 + D_{1-2} \cos \phi_{1-2}$$

$$y_2 = y_1 + D_{1-2} \sin \phi_{1-2}$$

Frioppstilling

Totalstasjon Koordinater	Øst (y)	Nord (x)
	475037.035	6466332.958

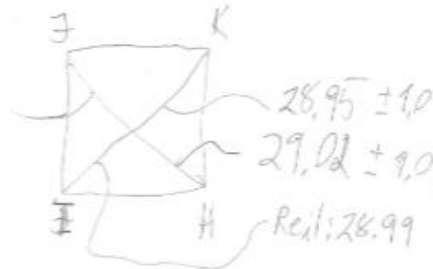


$$D_{1-2} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

$$\phi_{1-2} = \tan^{-1} \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right) = \tan^{-1} \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

hjørne punkt	Øst (y)	Nord (x)	avstand	retningsvinkel	Kontrollmåling målt avstand (med målebånd)
H	475020,500	6466343,000	16,853	350,636°	16,86
I	475000,000	6466343,000	35,486	318,265	35,48
J	475000,000	6466363,500	45,730	346,560	45,72
K	475020,500	6466363,500	33,407	373,473	33,41

Leses fra kartet



Figur 2

Beregning:

For å finne instrumentposisjonen og sann nordretning gjøres følgende beregninger:

Formel 1

Koordinater punkt HP1:

$N : 6466288,644$

$\emptyset : 475069,024$

$Z : 22,990$

Koordinater punkt HP2:

$N : 6466376,433$

$\emptyset : 475064,888$

$Z : 24,327$

$\phi_{A-F} :$

$$R = \frac{f}{\sin F} = \frac{87,886}{\sin 118,242^{\circ}} = \underline{91,623}$$

$$R = \frac{a}{\sin A} \Rightarrow A = \sin^{-1} \left(\frac{53,296}{91,623} \right) = \underline{39,522^{\circ}}$$

$$\phi_{HP1-HP2} = \tan^{-1} \left(\frac{y_{HP2} - y_{HP1}}{x_{HP2} - x_{HP1}} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{64,888 - 69,024}{376,433 - 288,644} \right) + 400^{\circ} = \underline{397,003}$$

$$\phi_{HP1-F} = \phi_{HP1-HP2} - \angle FAB = 397,003^{\circ} - 39,522^{\circ} = \underline{\underline{357,481^{\circ}}}$$

$$x_A = x_n + D_{n-A} \cdot \cos \phi_{A-F}$$

$$y_A = y_n + D_{n-A} \cdot \sin \phi_{A-F}$$

Instrument Posisjon (F):

$$N_F = 6466288,644 + 56,462 \cdot \cos 357,481^{\circ} = \underline{\underline{6466332,958}}$$

$$\emptyset_F = 475069,024 + 56,462 \cdot \sin 357,481^{\circ} = \underline{\underline{475034,035}}$$

Nordretning :

$$\phi_{F-HP1} = \phi_{HP1-F} - 200^{\circ} = 357,481^{\circ} - 200^{\circ} = \underline{\underline{157,481^{\circ}}}$$

Koordinat beregning for hjørnene H, I, J og K.

Formel 2

$$D_{F-H} = \sqrt{(34,035 - 20,500)^2 + (332,958 - 343,000)^2} = 16,853\text{m}$$

$$D_{F-I} = \sqrt{(34,035 - 0,000)^2 + (332,958 - 343,000)^2} = 35,486\text{m}$$

$$D_{F-J} = \sqrt{(34,035 - 0,000)^2 + (332,958 - 363,500)^2} = 45,730\text{m}$$

$$D_{F-K} = \sqrt{(34,035 - 20,500)^2 + (332,958 - 363,500)^2} = 33,407\text{m}$$

$$\phi_{F-H} = \tan^{-1} \left(\frac{34,035 - 20,500}{332,958 - 343,000} \right) = 340,636^\circ$$

$$\phi_{F-I} = \tan^{-1} \left(\frac{34,035 - 0,000}{332,958 - 343,000} \right) = 318,265^\circ$$

$$\phi_{F-J} = \tan^{-1} \left(\frac{34,035 - 0,000}{332,958 - 363,500} \right) = 346,560^\circ$$

$$\phi_{F-K} = \tan^{-1} \left(\frac{34,035 - 20,500}{332,958 - 363,500} \right) = 373,443^\circ$$

Konklusjon:

Vi fikk målt ut tomenten C ved hjelp av fastmerkene TP1 og TP2. Ved å bruke fri oppstillingen kunne vi beregne totalstasjonens koordinater og nordretningen.

Feilkilder:

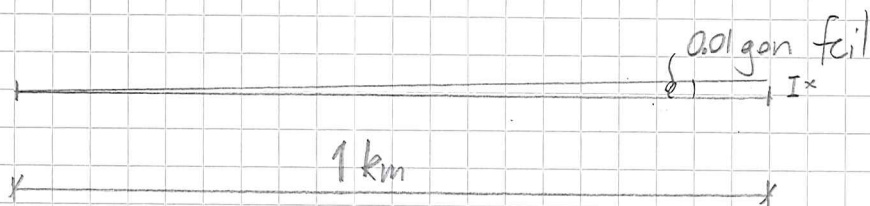
- Unøyaktig oppmåling av fastmerkene
- Unøyaktig stikking av hjørnene på tomten C.

VII BYG211 – Landmåling – Regneoppgaver

Landmåling

1.5 Oppgaver, Innledning

1.1)



$$\sin \alpha = \frac{x}{1 \text{ km}} \Rightarrow x = \sin 0.01^{\circ} \cdot 1000 \text{ m} = \underline{\underline{0.157 \text{ m}}}$$

1.2) $\cos \nu = -0.360$

$$\nu = \cos^{-1} -0.360 = \underline{\underline{123.445^{\circ}}}$$

$$\sin 123.445^{\circ} = \underline{\underline{0.93295}}$$

$$\tan 123.445^{\circ} = \underline{\underline{-2.5915}}$$

$$\cos \nu = 0.360$$

$$\nu = \cos^{-1} 0.360 = 76.555^{\circ} + 200^{\circ} = \underline{\underline{276.555^{\circ}}}$$

$$\sin 276.555^{\circ} = \underline{\underline{-0.93295}}$$

$$\tan 276.555^{\circ} = \underline{\underline{2.5915}}$$

1.3) $\sin \nu = 0.933$

$$\nu = \underline{\underline{76.564^{\circ}}} \quad \cos \nu = \underline{\underline{0.35988^{\circ}}} \quad \tan \nu = \underline{\underline{2.59256^{\circ}}}$$

$$\nu = -76.564^{\circ} + 200^{\circ} = \underline{\underline{123.436^{\circ}}}$$

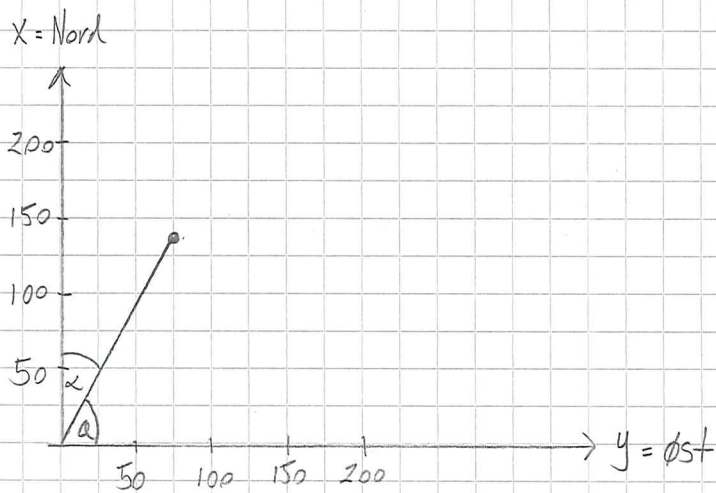
$$\cos \nu = \underline{\underline{-0.35988^{\circ}}} \quad \tan \nu = \underline{\underline{-2.59256^{\circ}}}$$

$$1.4) \alpha = 68.5^\circ$$

$$Gon = 68.5^\circ \cdot \frac{400^g}{360^\circ} = \underline{\underline{76.111^g}}$$

$$Radinner = 68.5^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ} = \underline{\underline{1.1956 \text{ rad}}}$$

1.5)



$$\tan \alpha = \frac{140 \text{ m}}{70 \text{ m}} \Rightarrow \alpha = \tan^{-1} \frac{140 \text{ m}}{70 \text{ m}} = \underline{\underline{70.483^g}}$$

$$\alpha = 100^g - 70.483^g = \underline{\underline{29.517}}$$

$$1.6) \cos A = 0.6 \quad 0 < A < 400 \text{ gon}$$

$$A = \cos^{-1} 0.6 = \underline{\underline{59.033^g}}$$

$$A = 200^g + \cos^{-1} -0.6 = \underline{\underline{140.967^g}}$$

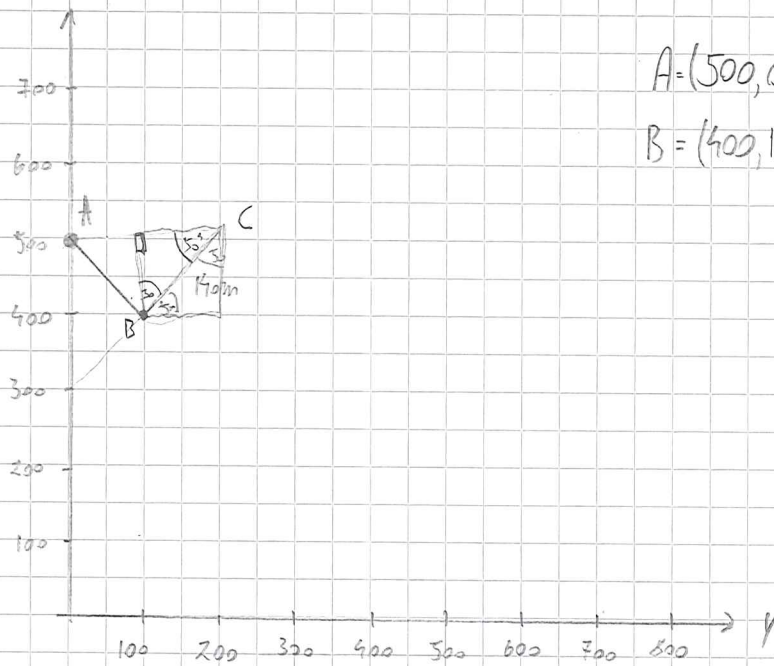
$$1.7) A > 150^g \quad \tan A = -1$$

$$A = \tan^{-1} (-1) = -50^g$$

$$A = -50^g + 400^g = \underline{\underline{350^g}}$$

2.7 Oppgaver, grunnleggende beregninger

2.1)



$$A = (500, 0)$$

$$B = (400, 100)$$

Finne C:

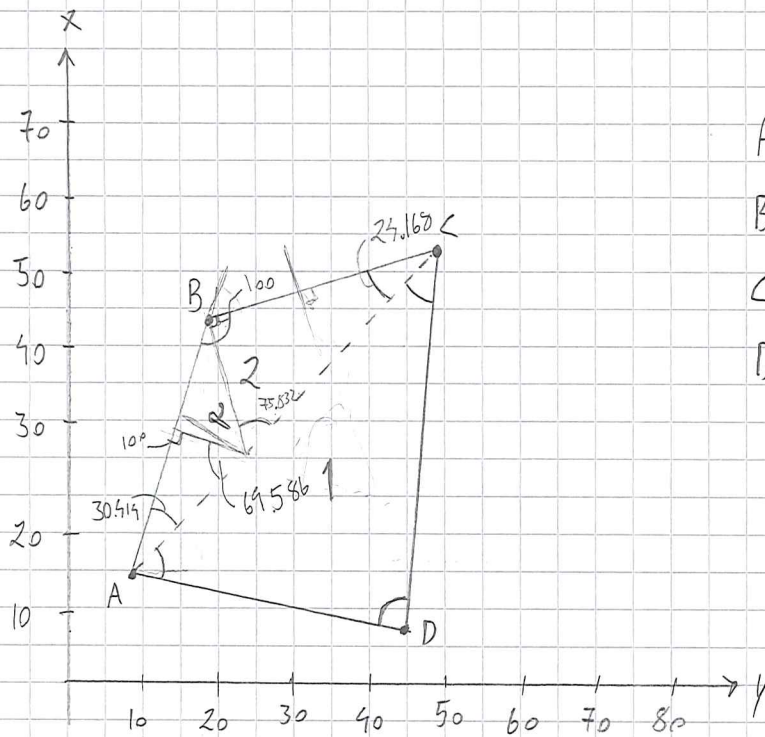
$$\varphi = 50^\circ$$

$$L_{BC} = 140 \text{ m}$$

$$x_C = 400 \text{ m} + \sin 50^\circ \cdot 140 \text{ m} = \underline{\underline{498,995 \text{ m}}}$$

$$y_C = 100 \text{ m} + \cos 50^\circ \cdot 140 \text{ m} = \underline{\underline{198,995 \text{ m}}}$$

22)



$$A : (14,685, 8,831)$$

$$B : (43,001, 17,021)$$

$$C : (58,308, 50,239)$$

$$D : (8,440, 44,320)$$

$$L_{AB} = \sqrt{(17,021\text{m} - 8,831\text{m})^2 + (43,001\text{m} - 14,685\text{m})^2} = \underline{\underline{29,477\text{m}}}$$

$$L_{BC} = \sqrt{(50,239\text{m} - 17,021\text{m})^2 + (58,308\text{m} - 43,001\text{m})^2} = \underline{\underline{36,571\text{m}}}$$

$$L_{CD} = \sqrt{(44,320\text{m} - 50,239\text{m})^2 + (8,440\text{m} - 58,308\text{m})^2} = \underline{\underline{50,217\text{m}}}$$

$$L_{DA} = \sqrt{(44,320\text{m} - 8,831\text{m})^2 + (8,440\text{m} - 14,685\text{m})^2} = \underline{\underline{36,039\text{m}}}$$

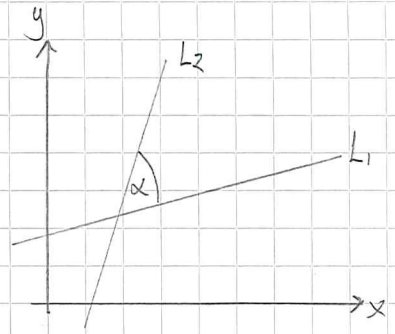
$$L_{AC} = \sqrt{(50,239\text{m} - 8,831\text{m})^2 + (58,308\text{m} - 14,685\text{m})^2} = \underline{\underline{60,143\text{m}}}$$

2.3) Vinklene i trekantene:

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{k_2 - k_1}{1 + k_2 \cdot k_1}$$

$$L_1: y = k_1 \cdot x + b_1$$

$$L_2: y = k_2 \cdot x + b_2$$



$\angle CAD$:

$$k_2 = \frac{58.308 - 14.685}{50.234 - 8.831} = \underline{1.0536}$$

$$k_1 = \frac{14.685 - 8.440}{8.831 - 44.320} = \underline{-0.17597}$$

$$\angle CAD = \tan^{-1} \left(\frac{1.0536 - (-0.17597)}{1 + 1.0536 \cdot (-0.17597)} \right) = \underline{62.750^\circ}$$

$\angle ADC$:

$$k_2 = \underline{-0.17597}$$

$$k_1 = \frac{58.308 - 8.440}{50.234 - 44.320} = \underline{8.4322}$$

$$\angle ADC = \tan^{-1} \left(\frac{-0.17597 - 8.4322}{1 + (-0.17597) \cdot 8.4322} \right) = \underline{96.426^\circ}$$

$\angle DCA$:

$$200^\circ - 62.750^\circ - 96.426^\circ = \underline{40.824^\circ}$$

$\angle BAC$:

$$k_2 = \frac{43.001 - 14.685}{17.021 - 8.831} = \underline{3.4573}$$

$$k_1 = \underline{1.0536}$$

$$\angle BAC = \tan^{-1} \left(\frac{3.4573 - 1.0536}{1 + (3.4573 \cdot 1.0536)} \right) = \underline{30.419^\circ}$$

$\angle CBA :$

+ 12.505 - y
- 10.753 - x

$$k_2 = \frac{14.685 - 43.001}{8.831 - 17.021} = \underline{3.4574}$$

$$k_1 = \frac{58.308 - 43.001}{50.234 - 17.021} = \underline{0.9609}$$

$$\angle CBA = 200^\circ - \tan^{-1} \left(\frac{3.4574 - 0.9609}{1 + (3.4574 \cdot 0.9609)} \right) = \underline{\underline{145.418^\circ}}$$

$\angle ACB :$

$$\angle ACB = 200^\circ - 145.418^\circ - 30.417^\circ = \underline{\underline{24.165^\circ}}$$

2.4) Areal av ABC:

$$A = \sqrt{\frac{s}{2} \left(\frac{s}{2} - a \right) \left(\frac{s}{2} - b \right) \left(\frac{s}{2} - c \right)}$$

$$s = a + b + c$$

$$= 29.477\text{m} + 36.571\text{m} + 60.143\text{m} = 126.191\text{m}$$

$$A_1 = \sqrt{\frac{126.191\text{m}}{2} \left(\frac{126.191\text{m}}{2} - 29.477\text{m} \right) \left(\frac{126.191\text{m}}{2} - 36.571\text{m} \right) \left(\frac{126.191\text{m}}{2} - 60.143\text{m} \right)}$$

$$= \underline{\underline{407.574\text{m}^2}}$$

Areal av ACD:

$$s = 60.143\text{m} + 36.034\text{m} + 50.217\text{m} = 146.394\text{m}$$

$$A_2 = \sqrt{\frac{146.394\text{m}}{2} \left(\frac{146.394\text{m}}{2} - 60.143\text{m} \right) \left(\frac{146.394\text{m}}{2} - 36.034\text{m} \right) \left(\frac{146.394\text{m}}{2} - 50.217\text{m} \right)}$$

$$= \underline{\underline{903.335\text{m}^2}}$$

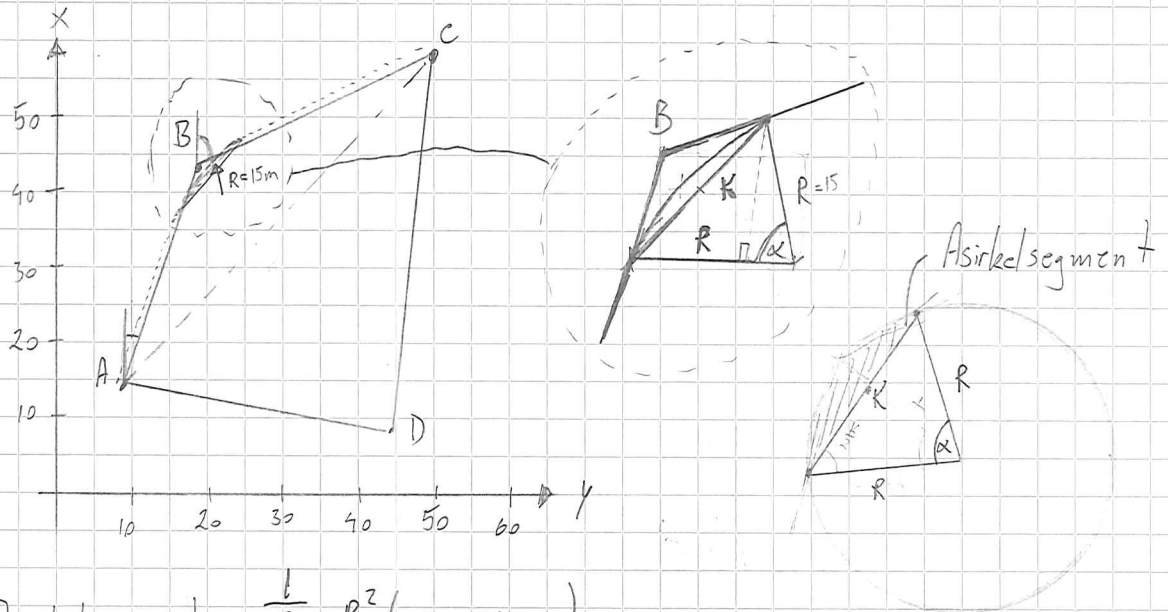
$$2.5) A = A_1 + A_2 = 407.574\text{m}^2 + 903.335\text{m}^2 = \underline{\underline{1310.909\text{m}^2}}$$

2.6) Se figur for geometri til linjen AC

Vinkelen blir dermed:

$$\alpha = 200^\circ - 75.832^\circ - 69.586^\circ = \underline{54.582^\circ}$$

2.7)



$$\text{Asirkelsegment} = \frac{1}{2} \cdot R^2 (\alpha - \sin \alpha)$$

$$\alpha = 2 \sin^{-1} \left(\frac{K}{2R} \right)$$

$$\alpha = 54.582^\circ \quad \text{fra 2.6}$$

$$= 54.582^\circ \cdot \frac{2\pi}{400^\circ} = \underline{0.8574 \text{ rad}}$$

$$\text{Asirkelsegment} = \frac{1}{2} \cdot 15\text{m}^2 (0.8574 \text{ rad} - \sin(0.8574 \text{ rad})) = \underline{11.391 \text{ m}^2}$$

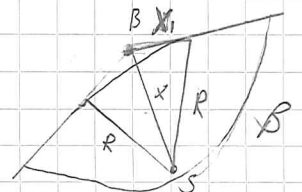
$$\cos \alpha = \frac{h-s}{hgn}$$

$$hgn \cdot \cos \alpha = h-s$$

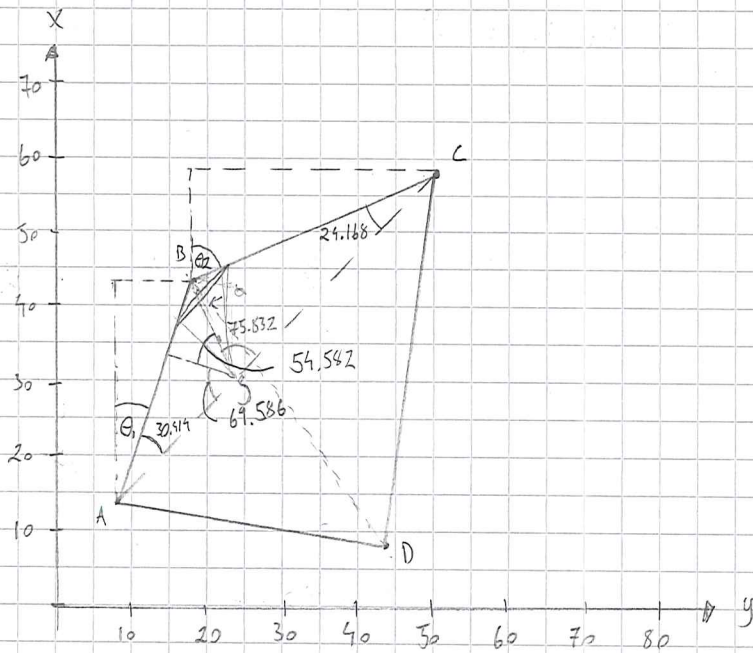
2.8) Koordinater til sirkelens sentrum:

$$\beta = \angle CBA = 145.418^\circ$$

$$x = \frac{R}{\sin(\frac{1}{2}\beta)} = \frac{15\text{m}}{\sin(\frac{1}{2} \cdot 145.418^\circ)} = 16.492 \text{ m}$$



2.8)



$$\theta_1: \tan \theta_1 = \frac{17.021 - 8.831}{43.001 - 14.685} = \frac{8.190}{28.316}$$

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{8.190}{28.316} \right) = \underline{17.924^\circ}$$

$$\theta_2: \tan \theta_2 = \frac{50.234 - 17.021}{58.304 - 43.001} = \frac{33.213}{15.307}$$

$$\theta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{33.213}{15.307} \right) = \underline{72.507^\circ}$$

$$\theta_{A-B} = 17.924^\circ \quad \Rightarrow \quad \theta_{B-A} = 217.924^\circ$$

$$\theta_{B-C} = 72.507^\circ$$

$$\theta_{BS} = \frac{1}{2} (\theta_{B-A} + \theta_{B-C}) = \frac{1}{2} (217.924^\circ + 72.507^\circ) = 145.216^\circ$$

$$\frac{\beta}{2} = 145.216^\circ - 72.507^\circ = 72.709^\circ$$

$$X = \frac{R}{\sin(\frac{1}{2}\beta)} = \frac{15\text{m}}{\sin(72.709^\circ)} = \underline{16.492\text{m}}$$

$$X_s = X_B + X \cdot \cos \theta_{B-S} = 43.001 + 16.492 \cdot \cos 145.216^\circ = \underline{32.248}$$

$$Y_s = Y_B + X \cdot \sin \theta_{B-S} = 17.021 + 16.492 \cdot \sin 145.216^\circ = \underline{29.525}$$

2.9) Lengden av linjestykket K:

$$\tan \alpha = \frac{h_2}{h_1}$$

$$\cos \alpha = \frac{h_1}{\text{hyp}}$$

$$\sin\left(\frac{1}{2} \cdot \alpha\right) = \frac{\frac{K}{2}}{R}$$

$$\downarrow K = 2 \cdot R \cdot \sin\left(\frac{1}{2} \cdot \alpha\right) = 2 \cdot 15 \text{ m} \cdot \sin\left(\frac{1}{2} \cdot 54.582^\circ\right) = \underline{\underline{12.470 \text{ m}}}$$

$$x_1 = \tan\left(\frac{1}{2} \cdot \alpha\right) \cdot \frac{K}{2}$$

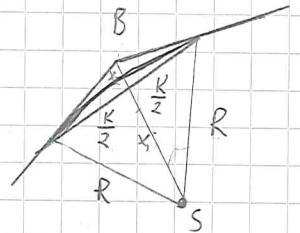
$$= \tan\left(\frac{1}{2} \cdot 54.582^\circ\right) \cdot \frac{1}{2} \cdot 12.470 \text{ m} = 13.642 \text{ m}$$

$$x_2 = L_{B-S} - x_1 = 16.492 \text{ m} - 13.642 \text{ m} = 2.85 \text{ m}$$

$$A_{\text{utenfor } \frac{K}{2}} = g \cdot h \cdot \frac{1}{2} = \frac{K}{2} \cdot x_2 \cdot \frac{1}{2}$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 12.470 \text{ m} \cdot 2.85 \text{ m} = \underline{\underline{8.885 \text{ m}^2}}$$

$$A_{\text{utenfor } K} = 2 \cdot 8.885 \text{ m}^2 = \underline{\underline{17.770 \text{ m}^2}}$$



2.10) $A_{\text{total}} = A_{ABC} + A_{ACD} - (A_{\text{utenfor } K} - A_{\text{silke}})$

$$= 407.574 + 903.335 - (17.770 - 11.391)$$

$$= \underline{\underline{1304.53 \text{ m}^2}}$$

2.11) Koordinatet til kryssningspunktet mellom linjene AC og BD:

$$D_{12} = \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} = \frac{58.308 - 14.685}{50.234 - 8.831} = 1.054$$

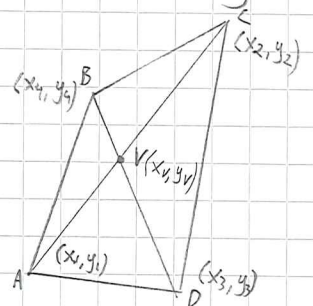
$$D_{34} = \frac{x_4 - x_3}{y_4 - y_3} = \frac{43.001 - 8.440}{17.021 - 44.320} = -1.266$$

$$x_V = x_1 + (y_V - y_1) \cdot D_{12}$$

$$y_V = \frac{x_4 - x_1 + D_{12} \cdot y_1 - D_{34} \cdot y_4}{D_{12} - D_{34}} = \frac{43.001 - 14.685 + 1.054 \cdot 8.831 - (-1.266 \cdot 17.021)}{1.054 - (-1.266)}$$

$$= \underline{\underline{25.505}}$$

$$x_V = 14.685 + (25.505 - 8.831) \cdot 1.054 = \underline{\underline{32.259}}$$



2.12) Beregn koordinatene til punktet P:

$$L_{BP} = 2.85 \text{ m}$$

$$\angle CBP = \frac{1}{2} \cdot 145.418^\circ = 72.709^\circ$$

$$\theta_{BP} = \theta_{BS} = 145.216^\circ$$

$$\alpha = 200^\circ - 145.216^\circ = 54.784^\circ$$

$$x_1 = \cos \alpha \cdot L_{BP} = \cos 54.784^\circ \cdot 2.85 \text{ m}$$

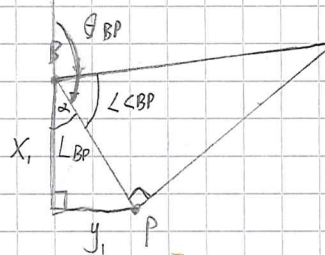
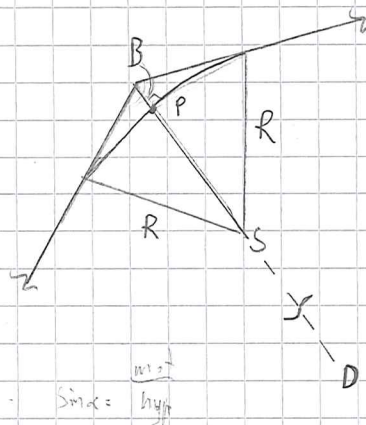
$$= 1.858 \text{ m} \quad \approx 0.994$$

$$y_1 = \sin \alpha \cdot L_{BP} = \sin 54.784^\circ \cdot 2.85 \text{ m}$$

$$= 2.161 \text{ m} \quad \approx 1.195$$

$$X_P = X_B - x_1 = 43.001 - 1.858 = \underline{\underline{41.143}}$$

$$Y_P = Y_B + y_1 = 17.021 + 2.161 = \underline{\underline{19.182}}$$



$$x = 41.806$$

$$y = 17.965$$

3.7. Oppgaver Kart og Fastmerker

3.1) Målestokken varierer i en UTM-sone fordi den runde kloden blir projeksert på et sylinderformet ark.

Ved å kutte ut målestokken være riktig, mens den vil gå utover med en faktor ved polområdet.

3.2) Markollen 19A, 4638 Kristiansand, har koordinatene

$$\left. \begin{array}{l} N: 6445675 \\ E: 444933 \end{array} \right\} \text{EU89, UTM-sone 32}$$

3.3) Høydeprofil laget på kartverket.no

3.4) Grimstad Fastmerke

$$N: 6467367591$$

$$6467367591$$

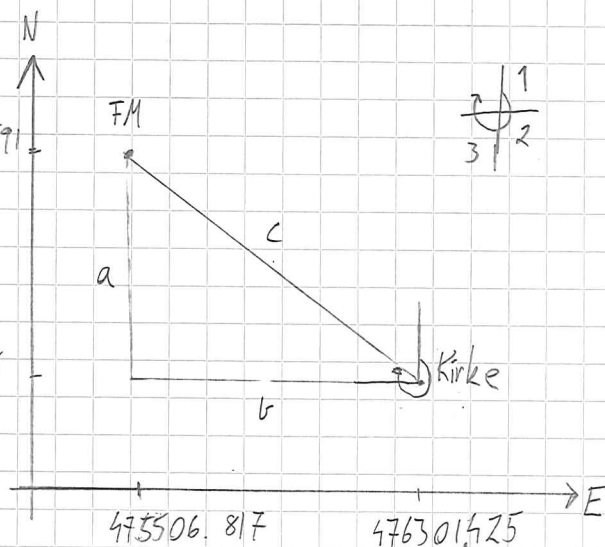
$$E: 475506.817$$

Grimstad kirke

$$N: 6466992698$$

$$6466992698$$

$$E: 476301.425$$



Avstand mellom Fastmerket og Grimstad kirke:

$$c = \sqrt{a^2 + b^2} = \underline{\underline{878.605 \text{ meter}}}$$

Retningsvinkelen fra Grimstad kirke til Grimstad fastmerke:

$$\alpha = 300^\circ + \tan^{-1} \frac{a}{b} = 300^\circ + 28.064^\circ = \underline{\underline{328.064^\circ}}$$

3.5) Afstand og retningsvinkel for Brimstad kirke til Brimstad fastpunkt med N610 - koordinater.

Brimstad fastmerke:

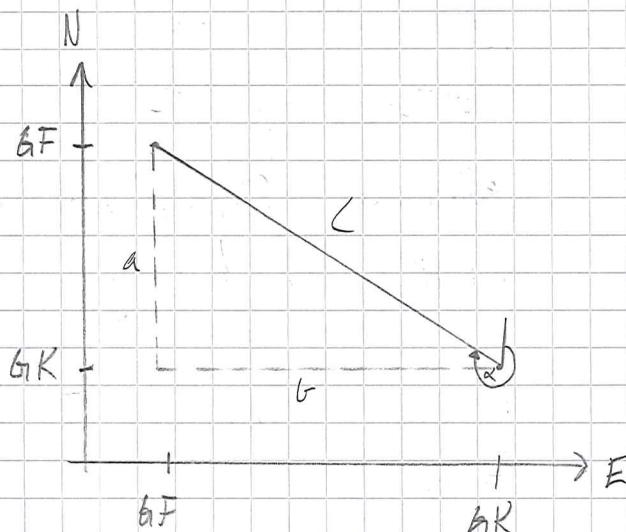
N: 38512985

E: 11505922

Brimstad kirke:

N: 38145195

E: 12304216



Afstand:

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} = 878.944 \text{ m}$$

Retningsvinkel

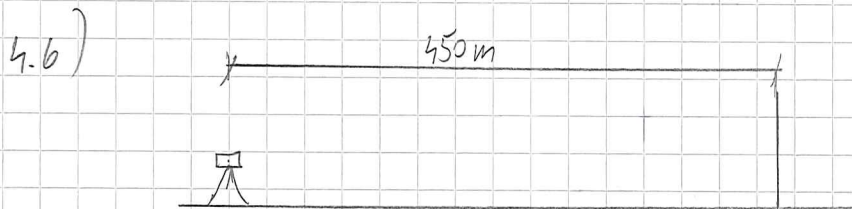
$$\alpha = 3009 + \tan^{-1} \frac{a}{b} = 327.4859$$

Sjekk:

$$8.78.944 \text{ m} \cdot 0.99961 = 878.601 \Rightarrow \text{OK}$$

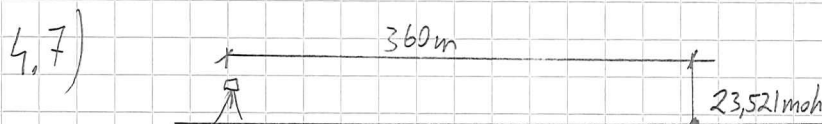
4.10, Oppgaver, Nivellering

- 4.1) Et trådkors brukes til å lese av høyder på nivellerstanga. Det kan også brukes til å måle avstander ((opp - ned) · 100)
- 4.2) Libellene brukes til å få kikkerten i vater.
- 4.3) Prøvelakse vil si at trådkorset og bilde er i samme fokus.
- 4.4) Pæddel brukes som underlag til nivellerstanga dersom man har et ulent og løst underlag.
- 4.5) Avstander måles ved å ta dverste distanse-tråd - nederste distanse-tråd og multiplisere svaret med 100 (eller annen oppgitt faktor for instrumentet).



Fra 1982 gjelder følgende grenseverdi:

$$f_{h, till. H} \leq 0.015 \text{ m} \cdot \sqrt{x} = 0.015 \text{ m} \cdot \sqrt{0.450} = 0.010 \text{ m}$$



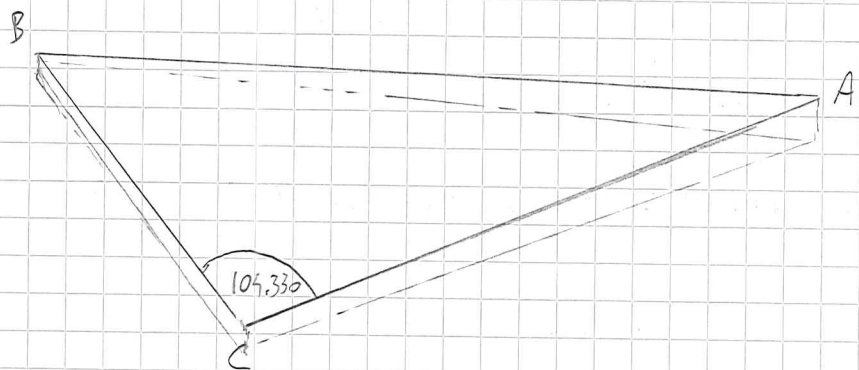
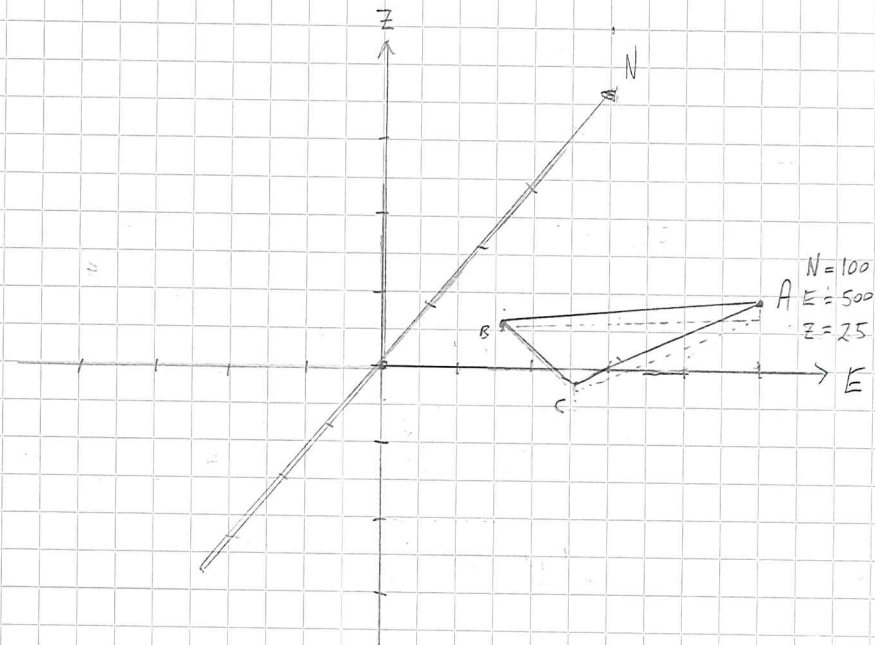
Korrekt nivå inkl. jordkrumning og lysbrytning:

$$23.521 \text{ moh} - \Delta H = 23.521 \text{ moh} - 0.064 \cdot 0.360^2 = \underline{\underline{23.513 \text{ moh}}}$$

Kap. 5, Oppgaver, Utstyr for trigonometriske målinger

- 5.1) En treføtt brukes som støtte til apparatet på toppen.
- 5.2) En stikkestang brukes ved trigonometriske målinger hvor man måler horisontalvinkler og horisontalavstander.
- 5.3) Senitvinkel tar utgangspunkt i vertikalaksen (rett opp) og går med klokke til ønsket punkt.
- 5.4) En teodolitt er et kikketrør som kan dreies om to akser. Begge aksene er fysisk inndelt i målesbare vinkler, markert som riss i glassplater.
- 5.5) Ved satellittmålinger trenger man en basestasjon for å ha kontroll på målefeilene, siden vi tar utgangspunkt i et kjent punkt.
- 5.6) GPS-systemet kan gi oss en nøyaktighet på 5 cm horisontalt og 8 cm vertikalt 95% av tiden innenfor CPOS-tjenestens dekningsområde.
- 5.7) GLONASS brukes for å øke antall satellitter i basestasjonen. Dette øker nøyaktigheten på målingene.
- 5.8) $45^\circ = 50^\circ$

6.1

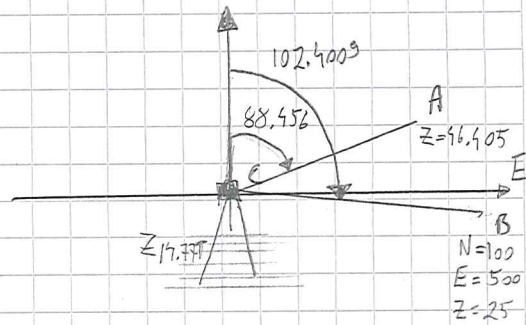
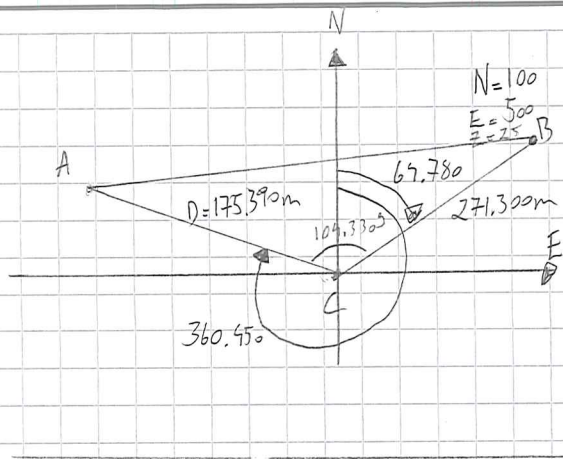


Kjent merke A: $N = 100$, $E = 500$, $Z = 25$

Måteprotokoll:

Stasjon	Stasjon tilsikt	Brytningsvinkel	Hor. avstand	Vert avstand
A	B			
	C			
B	A			
	C			
C	A			
	B			

6.1)



$$Z_C = 25 + 271.300 \cdot \cos 102.4 = \underline{14.775 \text{ m}}$$

$$Z_A = 25 + 175.390 \cdot \cos 88.456 = \underline{46.405 \text{ m}}$$

$$D_{C-B} = \sqrt{271.300^2 - (25 - 14.775)^2} = \underline{271.107 \text{ m}}$$

$$D_{C-A} = \sqrt{175.390^2 - (46.405 - 14.775)^2} = \underline{172.514 \text{ m}}$$

$$N_C = 100 - 271.107 \cdot \cos 67.78^\circ = \underline{-42.451 \text{ m}}$$

$$E_C = 500 - 271.107 \cdot \sin 67.78^\circ = \underline{269.334 \text{ m}}$$

$$N_A = -42.451 + 172.514 \cdot \cos 360.45^\circ = \underline{97.829 \text{ m}}$$

$$E_A = 269.334 + 172.514 \cdot \sin 360.45^\circ = \underline{168.922 \text{ m}}$$

6.2) Hellsats:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Hor. vinkel} = 288^\circ \\ \text{Senit vinkel} = 88^\circ \end{array} \right\} \text{kikkertstilling 1}$$

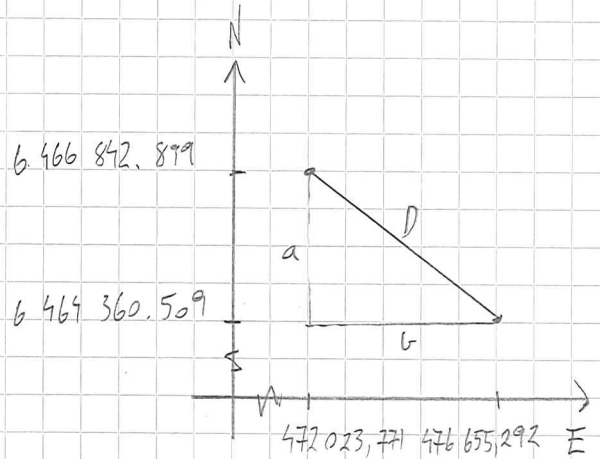
$$\left. \begin{array}{l} \text{Hor. vinkel} = 288 - 200 = 88 \\ \text{Senit vinkel} = 200 - 88 = 112^\circ \end{array} \right\} \text{kikkertstilling 2}$$

6.3) UTM - koordinater:

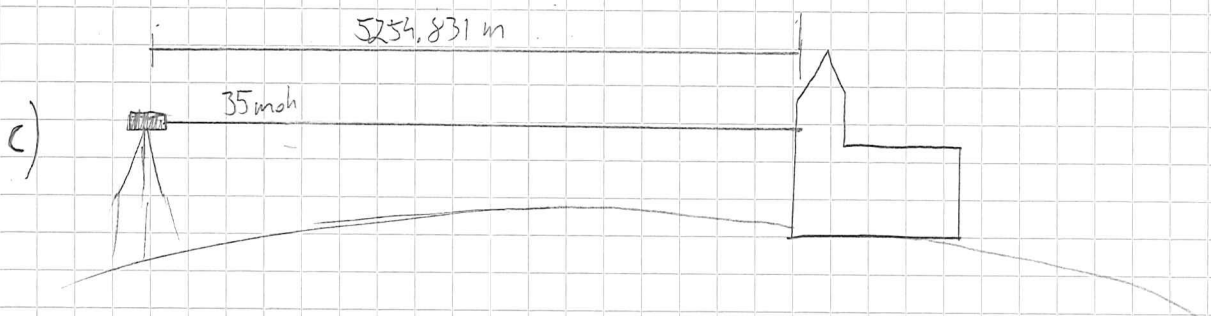
Malaya ytre: (6464 360,509 476 655,292) 26.8 moh

Landvik kirke: (6466 842,898 472 023,771) 11.2 moh

a) $D = \sqrt{a^2 + b^2}$
 $= \underline{5254.831 \text{ m}}$

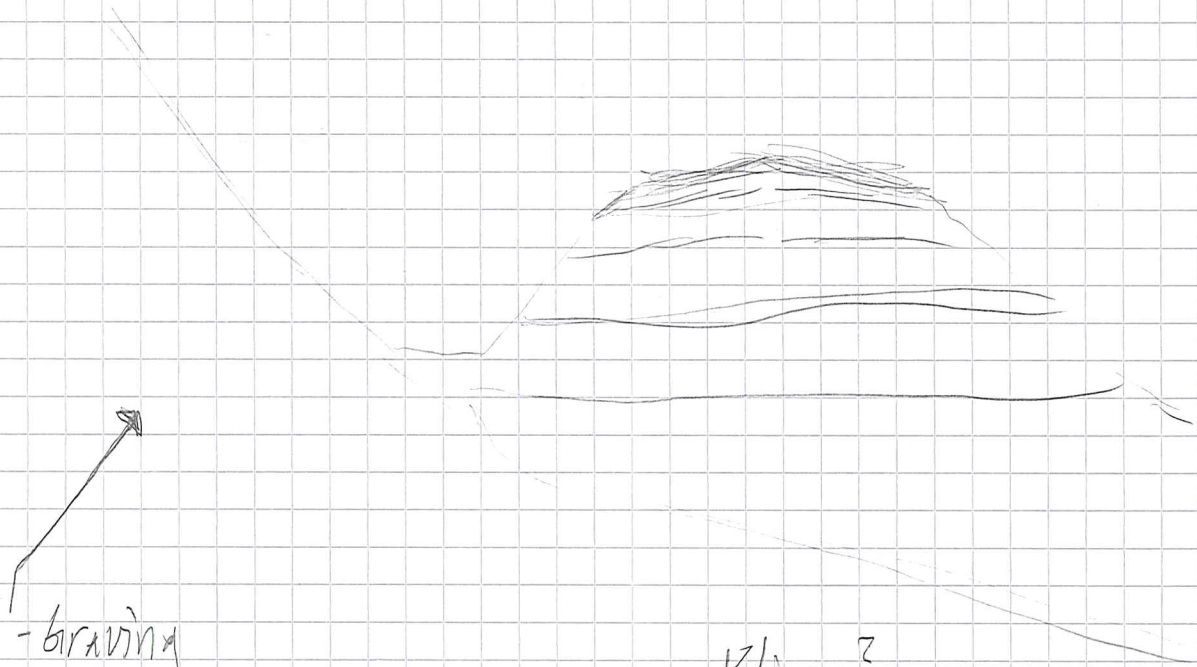
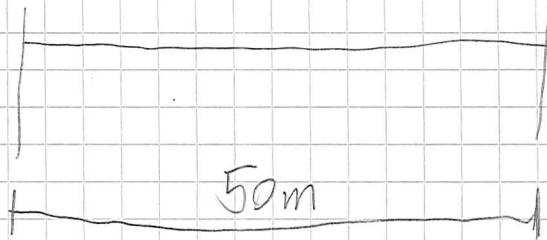


b) Fysisk avstand = $5254.831 \text{ m} \cdot \frac{1}{0.99963} = \underline{5256.776 \text{ m}}$



$$\Delta H = I - R = \frac{L^2}{D} - 0.18 \cdot \frac{L^2}{D} = \frac{5254.831^2}{12.74 \cdot 10^6} - 0.18 \cdot \frac{5254.831^2}{12.74 \cdot 10^6}$$

$$H = H_0 + \Delta H = 35 \text{ moh} + 1.777 = \underline{36.777 \text{ moh}}$$



- graving
- Sprengning
- graving
- Tikkning av masse
- graving
- Valsing
- Asfalttering

Klima?

Kaldt klima → mer underbygging etc
 Varmt klima → Lite tete

Underbygging?

Morene

Myr

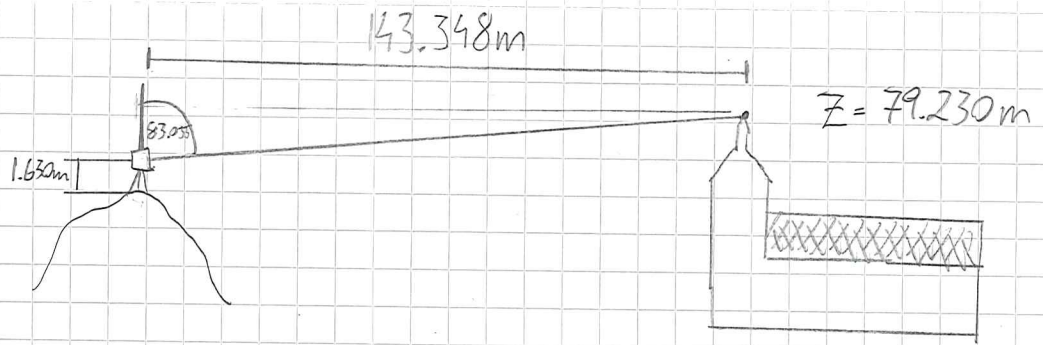
Grus

Leire

Fjell

T1 + T7?

6.4)



$$\Delta H = 143.348 \text{ m} \cdot \frac{1}{\tan 83.055^\circ} = 39.085 \text{ m}$$

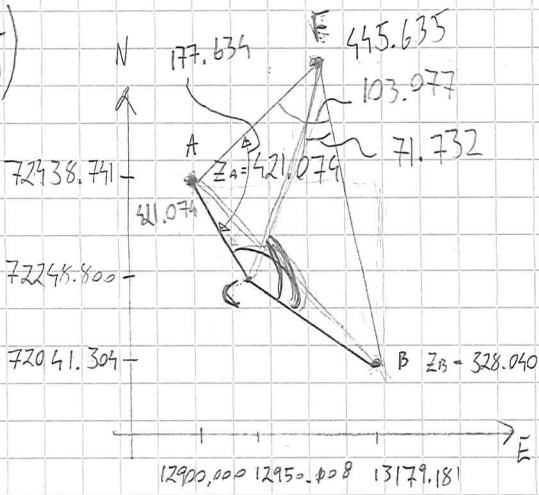
$$H_f = Z - \Delta H - IH = 79.230 \text{ m} - 39.085 \text{ m} - 1.630 \text{ m} = \underline{\underline{38.515 \text{ m}}}$$

6.5)

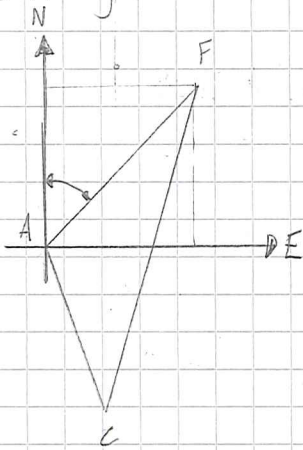
Neste side ...

6.5)

By → Norden

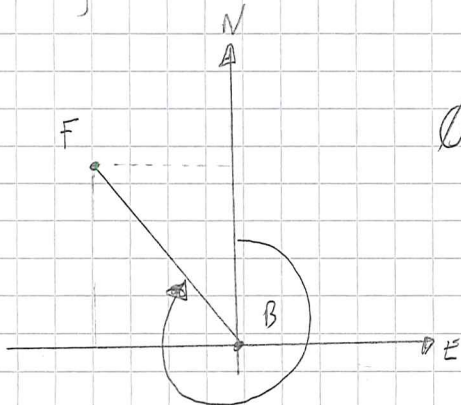


a) Retningsvinkel ϕ_{A-F} :



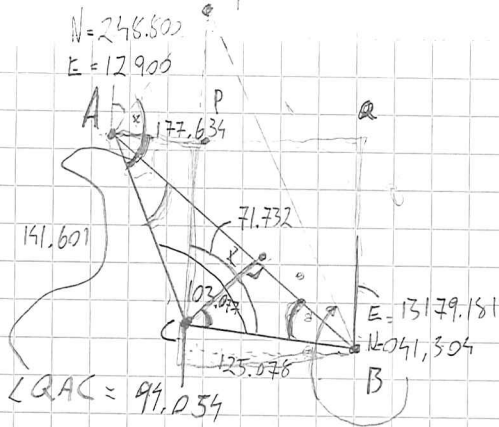
$$\phi_{A-F} = \tan^{-1} \left(\frac{12950.108 - 12900.000}{72438.741 - 72248.8} \right) = \underline{\underline{16.420^\circ}}$$

Retningsvinkel ϕ_{B-F} :



$$\phi_{B-F} = 300^\circ + \tan^{-1} \left(\frac{72438.741 - 72041.304}{13179.181 - 12950.108} \right) = \underline{\underline{366.713^\circ}}$$

b)



$$A = (72248.800, 12900.000)$$

$$F = (72438.741, 12950.108)$$

$$\angle FAP = \tan^{-1} \left(\frac{72438.741 - 72248.800}{12950.108 - 12900.000} \right) = 83.580^\circ$$

$$B = (72041.304, 13179.181)$$

$$\angle QAB = \tan^{-1} \left(\frac{72248.800 - 72041.304}{13179.181 - 12900.000} \right) = 40.690^\circ$$

$$\angle BAC = 177.634^\circ - 83.580^\circ - 40.690^\circ = \underline{53.364^\circ}$$

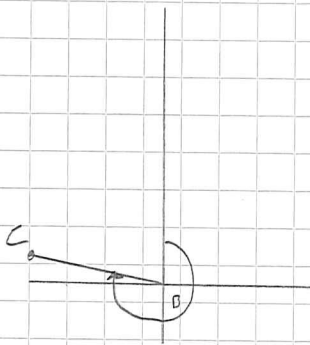
$$\sin \angle BAC = \frac{LK}{141.601} \Rightarrow LK = 141.601 \cdot \sin 53.364^\circ = 105.276 \text{ m}$$

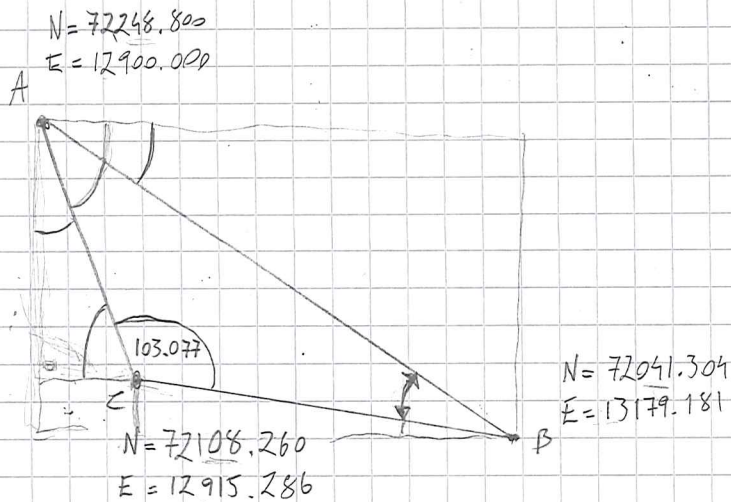
$$\sin \angle CBR = \frac{LK}{125.078} \Rightarrow \angle CBR = \sin^{-1} \left(\frac{102.249}{125.078} \right) = \underline{63.687^\circ}$$

⇓

$$43.55^\circ$$

$$C = N = A = (\sin 99.054) \cdot 141.601 =$$





$$\angle BAC = -\tan^{-1} \left(\frac{72248.8 - 72041.304}{13179.181 - 12900.000} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{12915.286 - 12900.000}{72248.8 - 72108.260} \right) + 100$$

$$= 52.413^\circ$$

$$\angle CBA = \tan^{-1} \left(\frac{72248.8 - 72041.304}{13179.181 - 12900.000} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{72108.260 - 72041.304}{13179.181 - 12915.286} \right)$$

$$= 29.871$$

~~$$\frac{60 - x}{110.8 - 71.6} = \frac{90 - 60}{88.4 - 110.8}$$~~

~~$$x = \frac{90}{88.4} \cdot (110.8 - 71.6) + 60 = 99.910$$~~

$$\frac{x - 90}{60 - 90} = \frac{71.6 - 88.4}{88.4 - 110.8}$$

⇓

x =

$$x = 110.8 + \frac{71.6 - 110.8}{110.8 - 88.4} (90 - 60)$$

$$= 110.8 +$$

$$= 60 +$$



$$\frac{x - 110.8}{88.4 - 110.8} = \frac{71.6 - 60}{90 - 60}$$

$$x = \frac{71.6 - 60}{90 - 60} \cdot (88.4 - 110.8) + 110.8 = 10.2,1$$

Feil i oppgave 061 løsning.

17

BYG211 BIM & Sustainability

Exam Project, Autumn 2017



Kjetil Lohne Bakke



Roman Slobodchikov

University of Agder, 2017

Department of Engineering Sciences



Obligatory individual/Group statement

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.

1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none"> - ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands. - ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt. - ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt. - har alle referansene oppgitt i litteraturlisten. - ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse. 	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å betrakte som fusk og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§ 31.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert.	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at Universitetet i Agder vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens retningslinjer for behandling av saker om fusk.	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider.	<input checked="" type="checkbox"/>

Publishing agreement

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten (Åndsverkloven. §2).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage Aura og på UiA sine nettsider med forfatter(ne)s godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller tausehetsbelagt/konfidensiell vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved Universitetet i Agder en vederlagsfri rett til å

gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

JA NEI

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?

JA NEI

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

JA NEI

Er oppgaven unntatt offentlighet?

JA NEI

(inneholder taushetsbelagt informasjon. Jfr. Offl. §13/Fvl. §13)

Summary

The main goal of this report is to determine how sustainable design and selection of material change the global warming potential (GWP) impact during the construction phase of a building. To answer this, a case study of a simple load bearing structure designed in Revit was made and optimized by use of dimensioning tables and EPDs provided by EPD-Norge. Selection of materials is found to have a high impact on resulted GWP of the construction. The most CO₂-eq. intensive materials are Steel products (1.236 kg CO₂-eq. pr. kg), followed by concrete (0.325 kg CO₂-eq. pr. kg). By utilizing solutions like hollow core and Leca blocks and reducing use of steel (by 89.4%) and concrete (by 68.2%) the structure could achieve a reduction in CO₂-eq. emission of up to 69.8%. Transportation of components to site had negligible contribution (between 3.2% and 5.0% of total construction emission) given that production facilities are located near the construction site.

Content

Obligatory individual/Group statement.....	i
Publishing agreement.....	ii
Summary	iii
Content.....	iv
List of figures	vi
List of tables	vi
1 Introduction.....	1
2 Social perspective.....	2
3 Theory.....	3
3.1 BIM	3
3.1.1 Revit.....	3
3.1.2 BuildingSMART	3
3.2 Environmental assessment.....	3
3.2.1 Sustainability	3
3.2.2 LCA.....	3
3.2.3 EPD	4
4 Research question	5
5 Case	6
6 Method.....	7
6.1 Sources	7
6.2 Engineering.....	7
6.2.1 Sketch	7
6.2.2 Revit.....	8
6.2.3 Excel.....	9
7 Results	10
7.1 Unoptimized building (first design)	10
7.2 First design alteration (second design)	11
7.3 Final optimized design (third design)	12
8 Discussion	13
8.1 Material emissions	13
8.2 Transport emissions	14

8.3 Importance of functional units in comparisons 14

8.4 Thoughts on analysis with Revit and Excel as tools..... 15

9 Conclusion 16

10 Recommendation 17

11 References..... 18

12 Appendix..... 20

List of figures

Figure 2.1 Bridge concept from Per Tveit, built in Novisibirsk, Russia.....	2
Figure 2.2 Contribution of primary energy demand for the manufacture of the materials needed in the construction of 1 m ² [11].....	2
Figure 3.1 Table of EPD declaration modules.	4
Figure 5.1 Sketches given in the assignment.	6
Figure 6.1 Sketches of the unoptimized building.....	7
Figure 6.2 Unoptimized building.	8
Figure 6.3 Hollow core elements added to the model.....	8
Figure 6.4 LECA blocks added to the model.....	9
Figure 7.1 Ton CO ₂ -eq. for the unoptimized building.	10
Figure 7.2 Pie chart of CO ₂ -eq. for unoptimized building.	10
Figure 7.3 Ton CO ₂ -eq. for the optimized building.....	11
Figure 7.4 Pie chart of CO ₂ -eq. for optimized building.....	11
Figure 7.5 Ton CO ₂ -eq. for the optimized building.....	12
Figure 7.6 Pie chart of CO ₂ -eq. for optimized building.....	12
Figure 8.1 Column diagrams of kg CO ₂ -eq. pr kg and m ³ material.....	13
Figure 8.2 Total CO ₂ -eq. emissions for the three building designs	14
Figure 8.3 kg CO ₂ -eq emissions for 1 m ² of wall.....	15

List of tables

Table 8.1 kg CO ₂ -eq. pr kg and m ³ of material.	13
--	----

1 Introduction

Environment is a widely discussed topic. As many as 170 countries [1] have pledged to reduce emissions and the Norwegian construction industry is committed [2] to contribute to Norway's emission goals. In age of global economy, a product can travel several times around the globe: raw materials extracted in Africa, processed and assembled in Asia before being shipped to a customer in Europe [3]. A recent example of such major construction project in Norway is Hålogalandsbrua, a suspension bridge constructed in Narvik [4]. Load bearing cables imported from Japan, assembled in China with the tower and carriageway. Hanging rods are Swiss made, while cable ends are forged in Turkey and cable fixture is produced in Vietnam. Ordering parts from all over the globe makes sense from an economic stand point and with regards to component availability. The environmental perspective however is not as clear. Emission contributions from production of different types of materials, transport distance, component lifespan and maintenance all contribute to GWP. Choosing the best solution from an environmental standpoint is a challenge.

Scientists research and develop materials that are tougher, cheaper, and more environmentally friendly. As an example, University of Agder have researched Ultra High Performance Concrete (UHPC) for several years. The material consist of a high amount of cement compared to normal concrete, but it leads to slimmer constructions and longer life span, which can have an positive effect on the environment in the long run compared to regular concrete products [5].

In a project, the material chosen has a direct influence on the environment. This report gives an insight on how the environmental impact changes when using different materials during construction. The function and requirements of the building should be the same independent of the material chosen.

To investigate this topic further, the following issue need to be discussed and answered:

- How can sustainable design and selection of material change the GWP impact during the construction phase of a building?

2 Social perspective

The global climate has changed throughout history, but the current situation is not comparable with other cycles due to human activity [6]. A clear correlation can be seen between human resource consumption and increase in global temperature [7]. The ever-increasing population needs housing, transport, energy and food, challenging engineers to utilize resources more efficiently than ever before [8]. For Civil engineers this translates to smarter ways to take advantage of material properties and implement new designs into buildings and infrastructure. One such example is Per Tveits (Professor emeritus, UiA) Arch bridge, built by Russians engineers in Novosibirsk (Figure 2.1) [9]. Tveits bridge is a great example of smart construction and material utilization using less steel than equivalent designs [10]. Material savings is part of a sustainable design Civil engineers must consider during planning.



Figure 2.1 Bridge concept from Per Tveit, built in Novosibirsk, Russia.

A balance between material design and materials environmental impact is a challenge. Construction materials have different energy demand as shown in Figure 2.2. This must be considered with respect to an efficient and sustainable design.

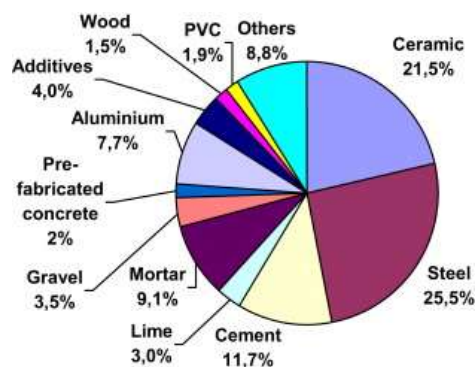


Figure 2.2 Contribution of primary energy demand for the manufacture of the materials needed in the construction of 1 m² [11].

The manufacture, transport and installation in a construction made of materials such as steel, concrete and glass require a large quantity of energy. This is despite materials being cheap compared to total building cost during its life span [12].

The Norwegian building industry is starting to take important steps with implementation of digital tools like Building Information Modelling (BIM), Environmental Product Declaration (EPD), and relevant education and training of Civil engineers. However, Norwegian Civil engineers do not prioritize environmental impact [13].

3 Theory

3.1 BIM

To efficiently solve many challenges during a construction project a civil engineer may create a Building Information Model (BIM), making changes and optimizing solutions during the design phase. Modern BIM-software allows quick access to necessary information, allowing to compare solutions on structural stability, total economic cost and environmental impact based on location and resources available [14].

3.1.1 Revit

Revit is a BIM software made by Autodesk. The software allows for multidiscipline design during planning, drawing, construction and managing of buildings and infrastructure. The risk of construction errors can be reduced when architects, engineers, and construction professionals collaborate on the same platform. Revit allows for communication with other software by the opportunity to import and export formats like IFC, DWG and DGN [15].

3.1.2 BuildingSMART

BuildingSMART is a non-profit lobby organization working for the construction industry. The main goal of the organization is to ensure a profitable development and implementation of a common digital platform that will streamline the industry. Today, the industry uses a lot of papers and drawings to communicate across the different departments. This slows down the process and the documents can be outdated already before they are issued [16]. BuildingSMART uses a fileformat called Industry Foundation Classes (IFC). IFC allows all involved disciplines to share information independent of the software. The combination of IFC, “buildingSMART Dataordbok” and “buildingSMART Proses” enables the possibility of using a system called “åpenBIM”. “åpenBIM” allows the departments to share the latest information and 3D-models across all the involved disciplines [17].

3.2 Environmental assessment

3.2.1 Sustainability

Embedded in most definitions of sustainability we find concerns for social equity, economic development and environmental impact [18, p. 1]. The focus of this report is environmental sustainability. In short, this is an idea where current generation does not use up available resources, so future generations may meet their needs [18]. To archive this, tools like Life Cycle Assessment (LCA) may be used, helping to organize, quantitate, assess and communicate a products environmental impact. Which in turn can define a product as sustainable or not.

3.2.2 LCA

One can imagine a product as a series of chains, with input and output of energy during different stages of life. E.g., during production of paper, resources such as water and electricity are consumed. Diesel is used to power the truck to transport it, electricity is consumed by the printer to mark the paper with ink and finally paper is burned to start a fire in a fireplace. LCA is a methodology that is used to assess products (e.g. paper) environmental impact throughout its lifecycle based on these chains of input and output of energy and waste. When these chains are identified and quantified, they can be linked to

functional unit that describes the function of a product [19, p. 23]. This number can then be used to compare different products that fulfil the same function and identify resource intensive parts of product chain and link energy consumption to waste output and climate change[20].

3.2.3 EPD

Environmental Product Declaration (EPD) is a standardized document that describes a products environmental impact based of a LCA analysis. Rules on format and content is specified in ISO 14025 (Environmental Labels and Declarations Type III) [21]. Main results describe seven impact categories [22, p. 19], quantifying products influence on global warming, ozone layer degradation, consumption of abiotic (non-organic) resources to mention a few. These categories are in turn devised into modules A1 – D, that describe different stages of a products lifecycle. This is illustrated in Figure 3.1.

Product stage				Construction installation stage	User stage								End of life stage				Beyond the system boundaries
Raw materials	Transport	Manufacturing	Transport	Construction/ Installation stage	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	De-construction/ demolition	Transport	Waste processing	Disposal	Reuse-Recovery- Recycling-potential	
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	

Figure 3.1 Table of EPD declaration modules.

However, this report will mainly focus on GWP (Global Warming Potential) for modules A1 -A3 of products provided by EPDs. This quantifies a products contribution to global warming during its production stage in terms of comparing it to releasing CO₂-eq. gas into the environment. Energy consumed during extraction of raw materials (A1), transport of these materials to a production facility (A2) and manufacturing (A3) are all accounted for, unless specified otherwise by the EPD [22]. Module A4 covers transport to customer, but will not be utilized in this report. Transport to construction site is instead calculated using table 73, in “Vestlandsforskning - Transport Energi og Miljø” describing CO₂-eq. emitted by diesel trucks with different payload [23, p. 63].

4 Research question

The goal of this project is as mentioned in the introduction, to investigate how design and selection of material changes the GWP during a construction phase of a building. The three scientific questions below will be covered by this report.

1. What impact have the selection of materials on the CO₂-eq. emissions?
2. What influence has the distance between the supplier and the final location on the CO₂-eq. emissions?
3. What possibilities does Revit 2018 have for sustainable design?

5 Case

In this project a case study has been conducted. The case study involves engineering of alternative designs for a building located nearby the University of Agder in Grimstad. The first design will be engineered based on earlier experiences, while the following designs will be optimized with respect to environmental perspective during the construction phase. The building should include a parking garage, three floors of office facilities and apartments at the top floor as shown in Figure 5.1. The design and analysis will only be carried out on the load bearing structure. This excludes the non-concrete materials used in apartment walls. A tower with an elevator shaft and a staircase will be included in all calculations.

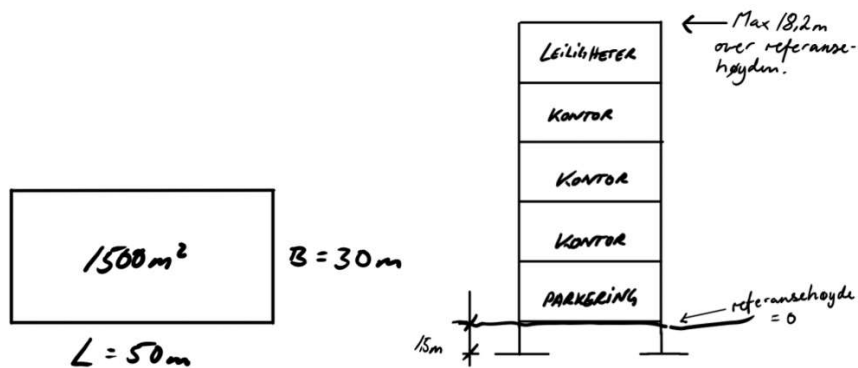


Figure 5.1 Sketches given in the assignment.

The building will be located at the current parking space between the University and the student accommodation, "Echo". The materials and suppliers used for this project are specified in the assignment and will be used to calculate the CO₂-eq. emissions. Environmental Product Declaration (EPD) is used to calculate the environmental impact of all products.

The (first) unoptimized building will be analysed, identifying the biggest contributors of CO₂-eq. This will be taken into consideration when choosing an optimization approach.

6 Method

6.1 Sources

The main source of information in this project is gathered from the internet. Furthermore, previous subjects like BYG405 (*High Performance Material*), BYG406 (*Structural Design of Prestressed Concrete*), BYG404 (*Life-Cycle Assessment of Constructions and optimization of constructions*) and BYG503 (*Construction materials: steel, aluminium and wood*) have given relevant knowledge to carry out and discuss this assignment.

6.2 Engineering

The project started out by reading the assignment and get a good overview on how the project could be performed. A project plan with main targets was carried out and followed throughout the project period.

6.2.1 Sketch

A sketch of the first and unoptimized building was made based on the physical requirements given in the assignment, location and material options. The sketch is illustrated in Figure 6.1.

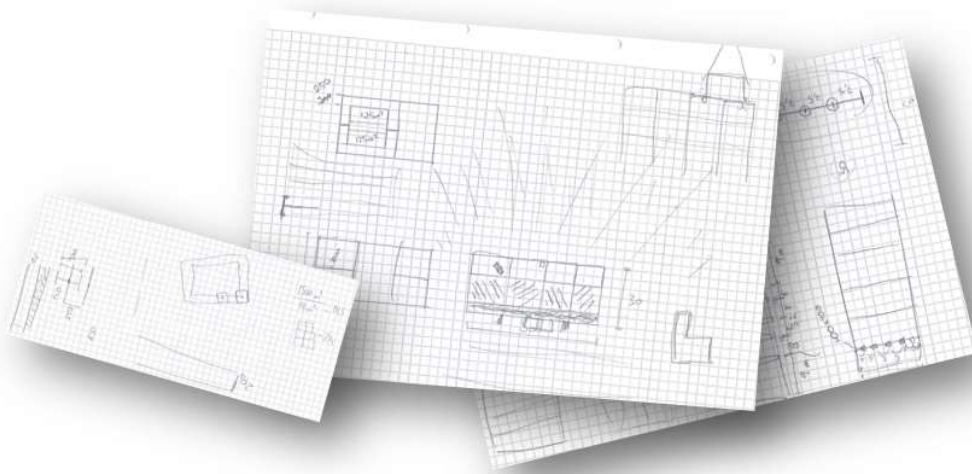


Figure 6.1 Sketches of the unoptimized building.

6.2.2 Revit

The 3D-model was constructed in Revit 2018 based on the sketches. The first 3D-model, shown in Figure 6.2, gives an overview of the unoptimized building. It was based on previous experience where the environmental impact was not taken into consideration.



Figure 6.2 Unoptimized building.

The second building was modified based on the first design. Environmental analysis was conducted and the biggest contributors to GWP were replaced by another material. As shown in Figure 6.3 the steel columns and the cast in place concrete floors are replaced by concrete columns and hollow core elements.



Figure 6.3 Hollow core elements added to the model.

Further investigation revealed a potential of further reducing the environmental impact. The structural wall in the parking area contributed to a relative high amount of CO₂-eq. emissions. By replacing the B30M60 concrete wall with LECA ISO 350 as shown in Figure 6.4, the GWP become even better.



Figure 6.4 LECA blocks added to the model.

6.2.3 Excel

All emissions data was analysed in excel. An excel workbook was made for each building, with individual component data on separate sheets. Mainly EPD values and material quantities exported from Revit were used to calculate absolute emission numbers for all structural components. Emission values for transportation were taken from Table 73 in “Transport, energi og miljø. - Sluttrapport” by Morten Simonsen. These values were found to be more consistent compared with A4 values from sampled EPDs. Transportation is categorized into 3 groups. Trucks with carrying capacity of 1-5 tons, 5-11 tons and 11 tons and above. Calculations in excel assume that concrete was transported by trucks with larger carrying capacity than 11 tons [23, p. 61] and everything else is transported with trucks with carrying capacity between 5-11 tons. Final results are summarized in a separate excel workbook, all excel results can be seen in attachment zip folder submitted with the report.

7 Results

The results shown, compare CO₂-eq. emissions based on changed load carrying components made from different materials.

7.1 Unoptimized building (first design)

The analysis of the unoptimized building revealed that the major contributor to CO₂-eq. emissions was concrete (B30M60) with a total of 598.3-ton CO₂-eq. Followed by steel used in columns and beams with a total of 146.0-ton CO₂-eq.

The total amount was calculated to 825.1-ton CO₂-eq.

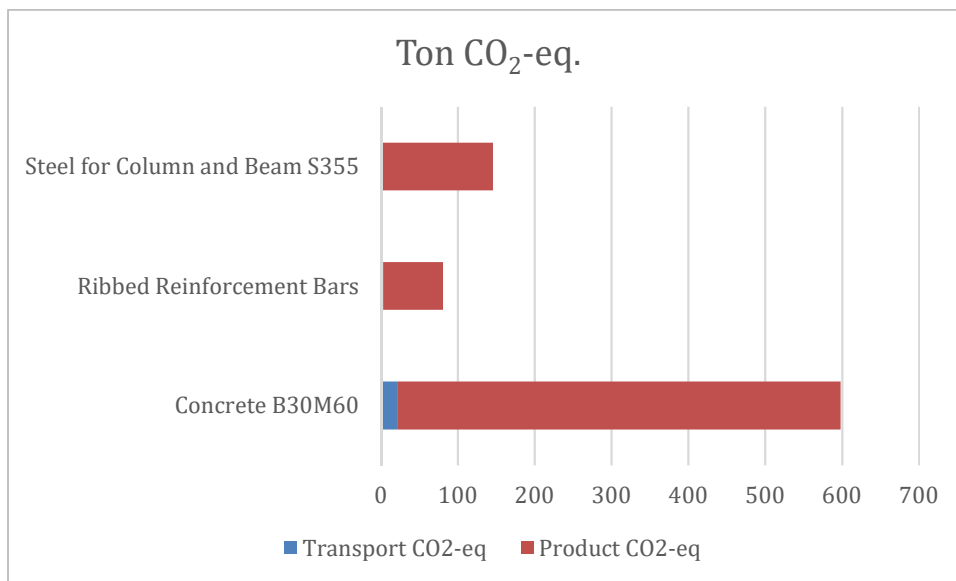


Figure 7.1 Ton CO₂-eq. for the unoptimized building.

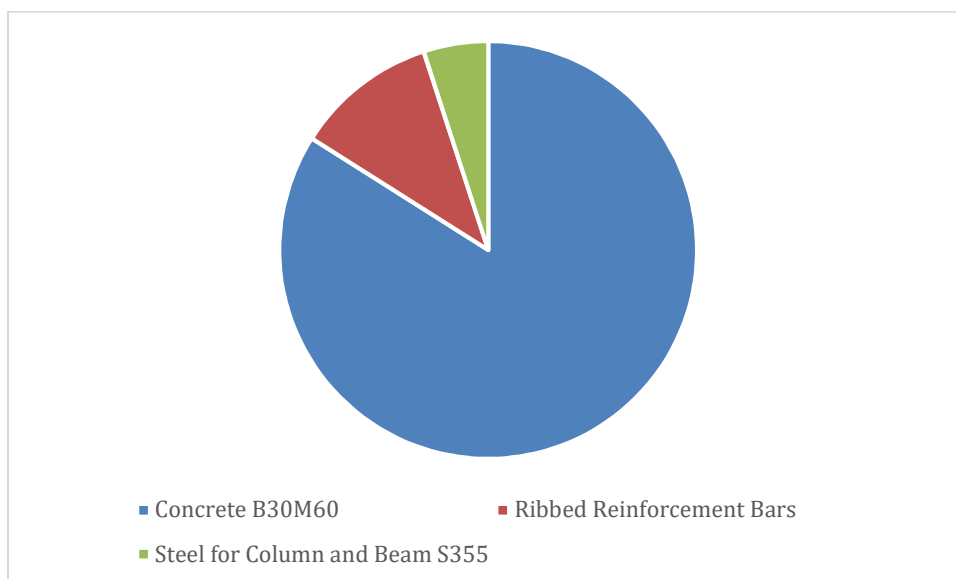


Figure 7.2 Pie chart of CO₂-eq. for unoptimized building.

7.2 First design alteration (second design)

Based on the results from the unoptimized building, the floors at level 2-5 were changed from cast in place concrete to hollow core elements. In addition, the steel in columns and beams were replaced by concrete. The usage of concrete B30M60 is reduced by 58.8% from previous design, but is still the major contributor to CO₂-eq. with a total of 239.7-ton CO₂-eq.

The total amount was calculated to 301.6-ton CO₂-eq. with a total reduction of 63.4 % from original design.

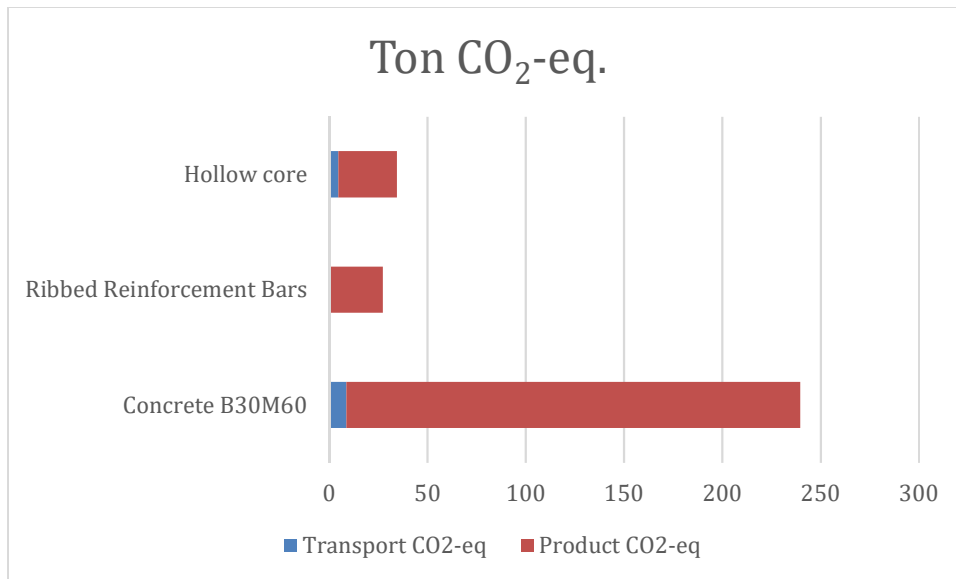


Figure 7.3 Ton CO₂-eq. for the optimized building.

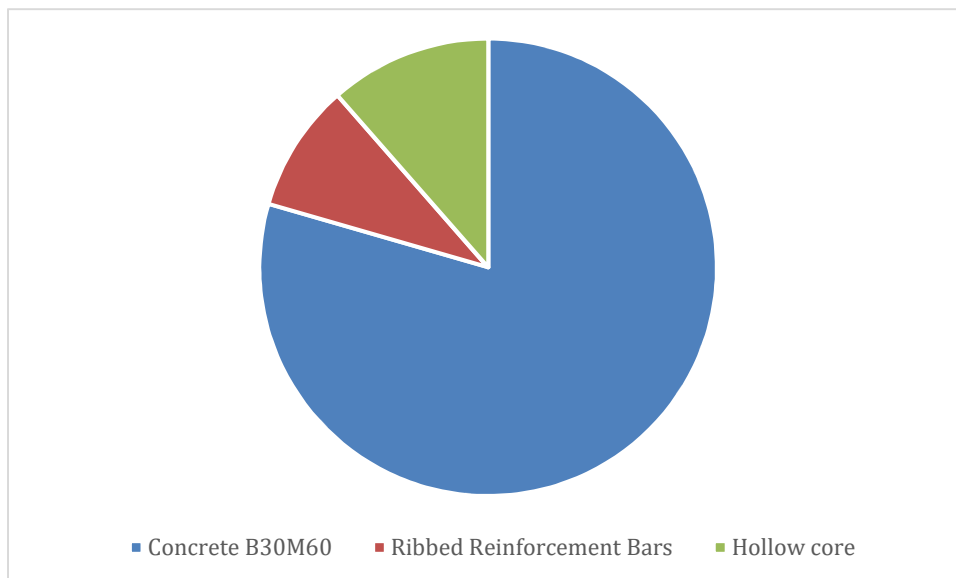


Figure 7.4 Pie chart of CO₂-eq. for optimized building.

7.3 Final optimized design (third design)

Further alterations have been made from design presented in chapter 7.2. At level 1, the structural wall and its foundation were changed from cast in place concrete to LECA blocks. The concrete B30M60 is still a major contributor to emissions, with a total of 190.3-ton CO₂-eq.

The total amount was calculated to 249.4-ton CO₂-eq. with a total reduction of 69.8 % and 17.3 % from original and second designs respectively.

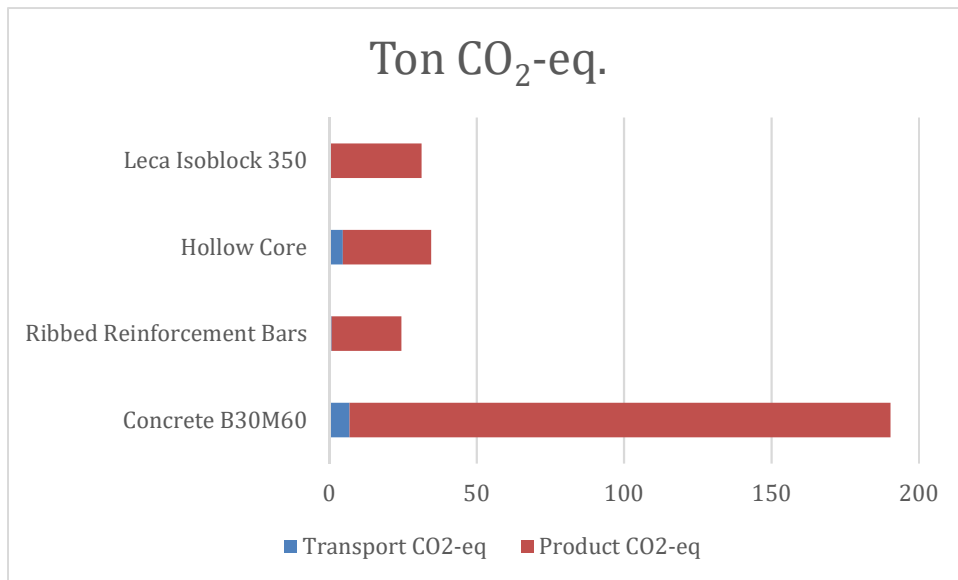


Figure 7.5 Ton CO₂-eq. for the optimized building.

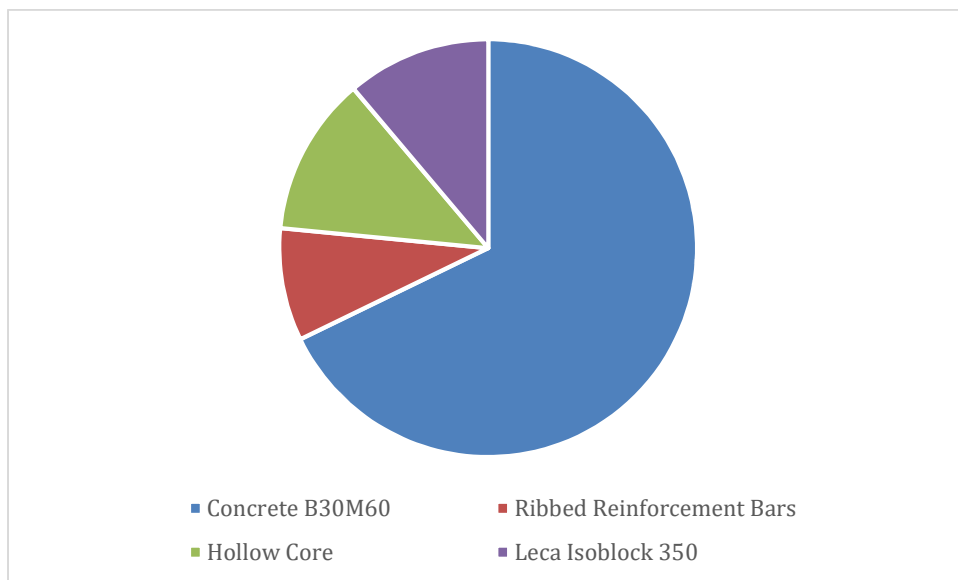


Figure 7.6 Pie chart of CO₂-eq. for optimized building.

8 Discussion

8.1 Material emissions

Before any optimization can take place, it is important to know which materials have least impact on CO₂-eq. emissions. By studying the EPDs for concrete, reinforcement steel, structural steel, Leca isoblocks and hollow cores a table of emissions was made. Table 8.1 shows emissions pr. kg and m³ of materials investigated. Table values are also plotted as column diagrams in Figure 8.1, for easier comparison.

Product	kg CO ₂ -eq pr. kg	CO ₂ -eq pr. m ³
S355 Steel	1.236	9701.030
Reinforcement Steel	0.325	2551.250
Concrete B30M60	0.079	206.397
Leca Blocks	0.283	144.560
Hollow Core (A, recycled steel)	0.101	138.889

Table 8.1 kg CO₂-eq. pr kg and m³ of material.

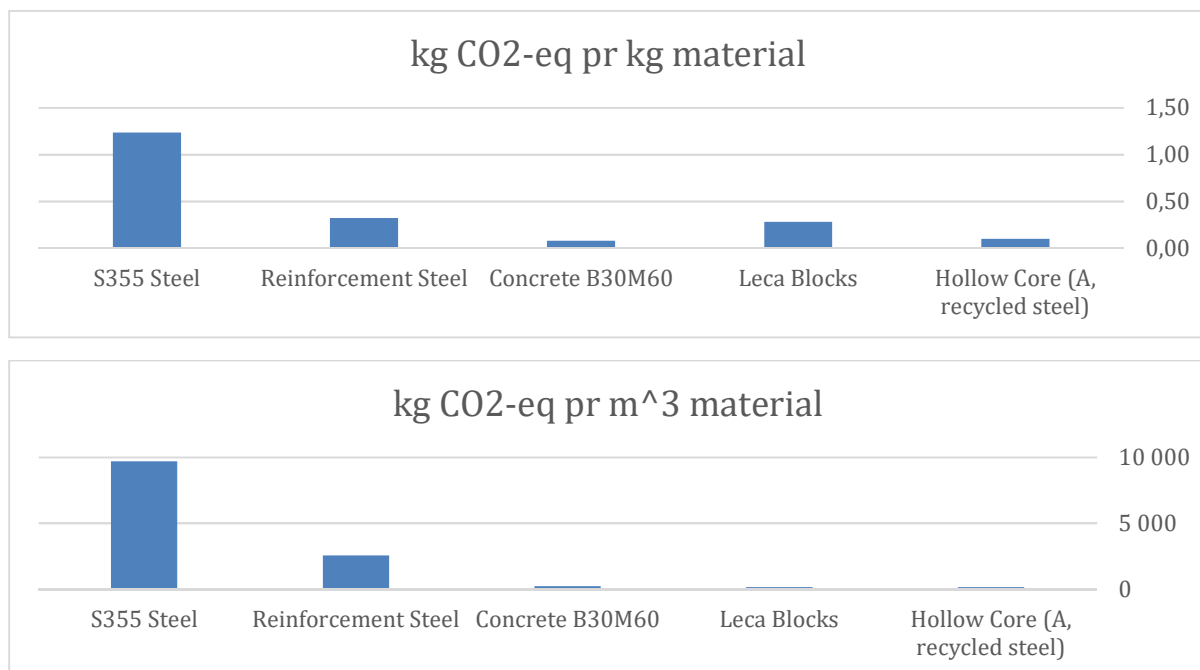


Figure 8.1 Column diagrams of kg CO₂-eq. pr kg and m³ material

Data shows significant environmental impact from steel and concrete, especially structural steel utilized in columns and beams. This suggests that to achieve the most environmentally friendly building solution, the use of steel and concrete components should be minimized and replaced by Hollow Core and Leca isoblock solutions where possible.

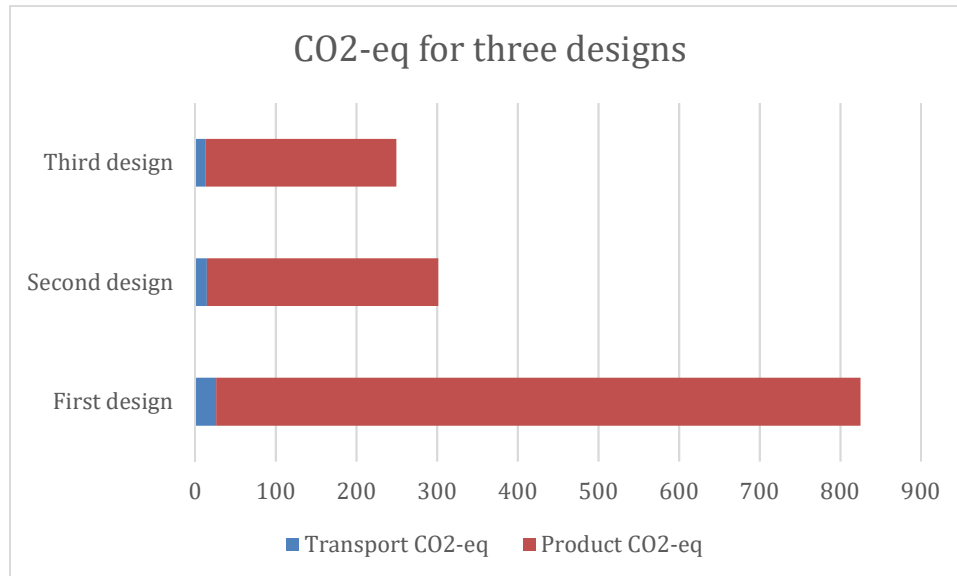


Figure 8.2 Total CO₂-eq. emissions for the three building designs

Total CO₂-eq. emissions for each building are presented in Figure 8.2. It should be noted that concrete is used in large quantities and is therefore the major contributor to CO₂-eq. emissions in all designs. The cast in place concrete floors at level 2 - 5 have therefore been replaced by hollow core elements which in turn allow for longer spans between columns, reducing total amount of material used. However, this analysis does not consider structural carrying capacity of each building solution. Ideally, the steel and concrete solutions should be run through structural analysis in Revit or SAP2000 to get exact dimensioning in accordance to Eurocodes 2 and 3. This project is simplified down to use of dimensioning tables provided with the exercise.

8.2 Transport emissions

Transport emissions are negligibly small compared to component CO₂-eq. output as shown in Figure 8.2. The emissions would probably have larger impact if components were shipped from farther distances (e.g. China or Europe).

8.3 Importance of functional units in comparisons

During the study of EPDs it is clear that smart and standardized solutions like hollow core design and Leca Isoblocks reduce GWP impact of the building. However, numbers in Table 8.1 show that concrete has less CO₂-eq. pr. kg than Leca, but if the two products are compared with a more fitting functional unit, like m² of wall area we see that Leca is a preferable choice. This is shown in Figure 8.3.

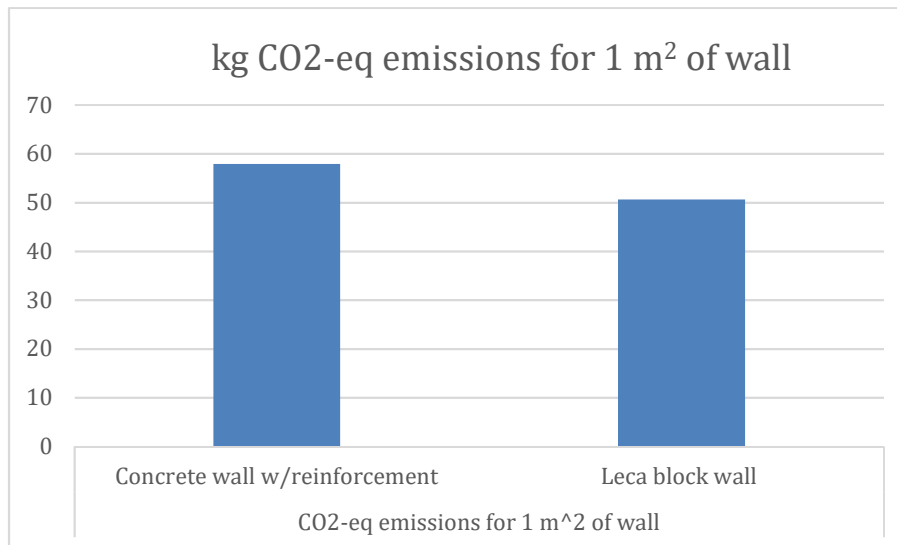


Figure 8.3 kg CO₂-eq emissions for 1 m² of wall.

One might argue however that reinforced concrete wall has a larger carrying capacity than Leca, eliminating need for additional structural columns. Yet, for the purposes of this report, it is enough to show that different choice of design and materials could make a significant impact on a structures GWP.

8.4 Thoughts on analysis with Revit and Excel as tools

Revit as BIM software makes engineering of buildings and implementation of significant changes easy compared to drawing board design. Material data is readily accessible in table format and can be exported and processed in excel. However, a lot is left to be desired. Export and import of emissions data on material could be better automated or be typed in as direct input into material properties settings. Distances between construction site and component manufacturer could be implemented as well, eliminating need for excel altogether. Values would be updated automatically based on changes performed in model, saving expensive engineering hours.

9 Conclusion

As a result, from the investigation described in this report, we see that selection of materials have a high impact on resulted GWP of the construction. Based on experiences gained in this test case it is recommended to schedule time for CO₂-eq. emission evaluation during design phase. This may be combined with economy analysis as well to gain cost and emission optimized solutions.

The transportation emissions are small compared to component CO₂-eq. emissions. Distances between component suppliers and construction site are short and has therefor low influence on CO₂-eq. emissions.

Revit has been a valuable tool for rapid design exploration and combined with excel a good tool for estimating environmental impact. However, this work methodology is not ideal and should be improved upon by Autodesk by performing all calculations done in excel directly in Revit.

10 Recommendation

The following recommendations may be considered for future projects like this:

- Consider an alternative way to structure Excel sheets. Preferably one Excel workbook or sheet can contain EPD data, this will be read by workbooks/sheets where calculations are performed. Data will then only be stored in one place, without duplicates, minimizing time spent on updates when discovering errors.
- Include calculation on roof of the apartments.

The report authors would suggest following alterations for the project to be considered:

- More alternatives for pre-fabricated elements, not just floors, but walls, columns and beams as well. This show potential of CO₂-eq. savings with a completely prefabricated building.
- Include timber as construction material with own dimensioning table.
- Provide EPDs for certain components from a foreign company with a long transport route to see potential negative impact of far travelled components. This may be implemented by limiting the supply of one of the suppliers, so residual must be ordered from far away.
- Combine this project with SAP2000 class to also perform structural analysis of the building.
- Include a defined description of apartment walls and roof.

11 References

- [1] United Nations Framework Convention on Climate Change, “Paris Agreement - Status of Ratification,” 2017. [Online]. Available: http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485. [Accessed: 15-Nov-2017].
- [2] Multiconsult, “Stort miljøengasjement i byggebransjen,” 2014. [Online]. Available: <http://www.multiconsult.no/stort-miljoengasjement-i-byggebransjen/>. [Accessed: 11-Feb-2017].
- [3] E. W. Manufacturing, “What is a Global Manufacturer?,” 2014. [Online]. Available: <http://www.ewmfg.com/faq/what-is-a-global-contract-manufacturer/>.
- [4] E. H. U. Mari Gisvold Garathun, “Landets nest største hengebru monteres som et byggesett med deler fra hele verden.” [Online]. Available: <https://www.tu.no/artikler/landets-nest-storste-hengebru-monteres-som-et-byggesett-med-deler-fra-hele-verden/405371>.
- [5] A. H. Henrik Aas Hansen, Ingrid Lande Larsen, “Betonginnovasjon: Ultrahøyfast betong i brokonstruksjoner,” University of Agder, 2015.
- [6] NASA, “Climate change: How do we know?” [Online]. Available: <https://climate.nasa.gov/evidence/>. [Accessed: 09-Nov-2017].
- [7] J. D. Shakun *et al.*, “Global warming preceded by increasing carbon dioxide concentrations during the last deglaciation,” *Nature*, vol. 484, p. 49, Apr. 2012.
- [8] “Opportunities in a resource constrained world: How business is rising to the challenge,” 2014. [Online]. Available: <https://www.carbontrust.com/resources/reports/advice/opportunities-in-a-resource-constrained-world/>.
- [9] PER-IVAR NIKOLAISEN, “Putin hyller norsk bruteknologi.” [Online]. Available: <https://www.tu.no/artikler/putin-hyller-norsk-brutekologi/232570>.
- [10] P. Tveit, D. Emeritus, and N.- Grimstad, “About the network arch,” no. January, pp. 26–30, 2010.
- [11] A. S. A. Cuchí, G. Wadel, F. Lopez, “Guía de la eficiencia energética para los administradores de fincas,” (1st ed.), *Fund. Gas Nat. Barcelona*, pp. 10–11.
- [12] I. Zabalza Bribián, A. Valero Capilla, and A. Aranda Usón, “Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential,” *Build. Environ.*, vol. 46, no. 5, pp. 1133–1140, 2011.
- [13] Forskningsrådet, “Fakta fra MILJØ 2015,” 2015.
- [14] S. Suomi, *BIM changing how we work*. Skanska suomi, 2011.
- [15] Autodesk, “Revit: Built for BIM,” 2017. [Online]. Available: <https://www.autodesk.com/products/revit-family/overview>.
- [16] BuildingSMART, “BuildingSMART,” 2017. [Online]. Available: <https://buildingsmart.no/bs-norge>. [Accessed: 09-Nov-2017].
- [17] “buildingSMART Datamodell | buildingSMART.” [Online]. Available: <https://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-datamodell>. [Accessed: 09-Nov-2017].

- [18] J. Kuhlman, T. Farrington, "What is sustainability?," *Univ. Alberta. Off. Sustain.*, vol. 2, no. 11, pp. 3436–3448, 2013.
- [19] Johanne Hammervold, "Towards greener road infrastructure : life cycle assessment of case studies and recommendations for impact reductions and planning of road infrastructure," Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, 2014.
- [20] THE GLOBAL DEVELOPMENT RESEARCH CENTER, "Defining Life cycle Assessment." [Online]. Available: <http://www.gdrc.org/uem/lca/lca-define.html>.
- [21] EPD-norge, "Hva er EPD?" [Online]. Available: <http://epd-norge.no/hva-er-en-epd/>.
- [22] EPD-Norge, "Det norske EPD-programmet Programoperatør," 2014.
- [23] M. Simonsen and M. Simonsen, *Transport, energi og miljø.* -, no. 2. 2010.

12 Appendix

- 1. Material takeoff design 1 21
- 2. Material takeoff design 2 22
- 3. Material takeoff design 3 23

3. Material takeoff design 3

www.autodesk.com/nord

100 14750 2307 43 90

Client: [Name], [Address], [City], [Postcode]

Contract: [Name], [Address], [City], [Postcode]

No.: [Number] **Description:** [Text] **Date:** [Date]

KLB & RS

Final optimized design

Materials

Project Number: [Number]

Date: 13.11.2017

Drawn by: KLB

Checked by: RS

S.1

Project Number: [Number]

Date: 13.11.2017

Drawn by: KLB

Checked by: RS

S.1

CAST IN PLACE CONCRETE BOARD			
Material Name	Volume	Weight	Count
Concrete - Cast-in-Place Concrete - BS	209.27 m ³	507 t	14
Form Work - Plywood - 18mm BS	243.24 m ²	141 t	14
Concrete - Cast-in-Place Concrete - BS	119.87 m ³	283 t	8
Concrete - Cast-in-Place Concrete - BS	128.85 m ³	313 t	8
Concrete - Cast-in-Place Concrete - BS	38.78 m ³	94 t	3
Concrete - Cast-in-Place Concrete - BS	405.81 m ³	1000 t	3
Form Work - Plywood - 18mm BS	405.81 m ²	231 t	3
Concrete - Cast-in-Place Concrete - BS	31.08 m ³	77 t	2
Form Work - Plywood - 18mm BS	31.08 m ²	17 t	2
Concrete - Cast-in-Place Concrete - BS	886.27 m ³	2190 t	21

REBAR SCHEDULE			
Rebar and Type	Total Rebar Length	Weight	Count
Rebar B12 - 12 B500C	2770.123 m	289 t	879
Rebar B16 - 16 B500C	1841.881 m	368 t	300
Rebar B20 - 20 B500C	1814.085 m	564 t	145
Rebar B25 - 25 B500C	1814.085 m	976 t	151
Rebar B32 - 32 B500C	1814.085 m	1576 t	151

RC SLAB			
Rebar and Type	Material Volume	Material Weight	Count
Rebar B12 - 12 B500C	2770.123 m	289 t	879
Rebar B16 - 16 B500C	1841.881 m	368 t	300
Rebar B20 - 20 B500C	1814.085 m	564 t	145
Rebar B25 - 25 B500C	1814.085 m	976 t	151
Rebar B32 - 32 B500C	1814.085 m	1576 t	151

LECA RC300			
Rebar and Type	Material Volume	Material Weight	Count
Rebar B12 - 12 B500C	2770.123 m	289 t	879
Rebar B16 - 16 B500C	1841.881 m	368 t	300
Rebar B20 - 20 B500C	1814.085 m	564 t	145
Rebar B25 - 25 B500C	1814.085 m	976 t	151
Rebar B32 - 32 B500C	1814.085 m	1576 t	151

ROOF			
Rebar and Type	Material Volume	Material Weight	Count
Rebar B12 - 12 B500C	2770.123 m	289 t	879
Rebar B16 - 16 B500C	1841.881 m	368 t	300
Rebar B20 - 20 B500C	1814.085 m	564 t	145
Rebar B25 - 25 B500C	1814.085 m	976 t	151
Rebar B32 - 32 B500C	1814.085 m	1576 t	151

IX BYG219 – Vegbygging – Regneoppgaver

BYG 219 Vegbygging

REGNEØVING 1

OPPGAVER KNYTTET TIL VEGNORMAL HB N200 [Håndbok N200 - på nett KLIKK HER](#)

Oppgave 1

Finn største tillatte setningsforskjell over lengden 50 m for en hovedveg/stamveg når:

$$V_{\text{dim}} = 80 \text{ km/t og } \text{ÅDT er } 3000. \text{ Vertikalradius } R_{v \text{ høy}} = 4000 \text{ m.}$$

Hva slags dimensjoneringsklasse kunne passe for denne vegen?

Kontrollér om $R_{v \text{ høy}} > R_{v \text{ min}}$ (fra Hb N100)

Oppgave 2

Fanggrøft: En fjellskjæring på en hovedveg H1 med ÅDT 3750 blir ca 9 m høy.

Skifrihetsplanet faller*) 64° mot vegen.

Finn de nødvendige dimensjonene til en fanggrøft for en slik veg. Hva blir da grøftbunnen?

*) "Fallet" er vinkelen mellom skifrihetsplanet og horisontalplanet

Skifrihet:

Planstruktur i en skifer eller skifer-aktig bergart. Skifer: Bergart som lett lar seg spalte i tynne flak eller skiver, dette pga. av konsentrasjon av mineraler som glimmer og kloritt i bestemte lag.

Oppgave 3

Det skal utføres dypsprengning med ensidig fall. Hovedveg H1 60 km/t, ÅDT = 8.000, ingen G/S. Vegbredder fra Hb. N100. Lukket grøft som i fig 406.4

Hvor dypt under vegnivå (målt fra senterlinje) må det sprenges i **vegggrøfta** ved

- I) Vegen ligger på rettlinje (takfall 3%).
- II) Tverrfall 8% og grøft i innerkurve (laveste side).

Oppgave 4

Samme veg som i oppg. 3.: Vegfylling av leire, 12 m høy i senterlinje.

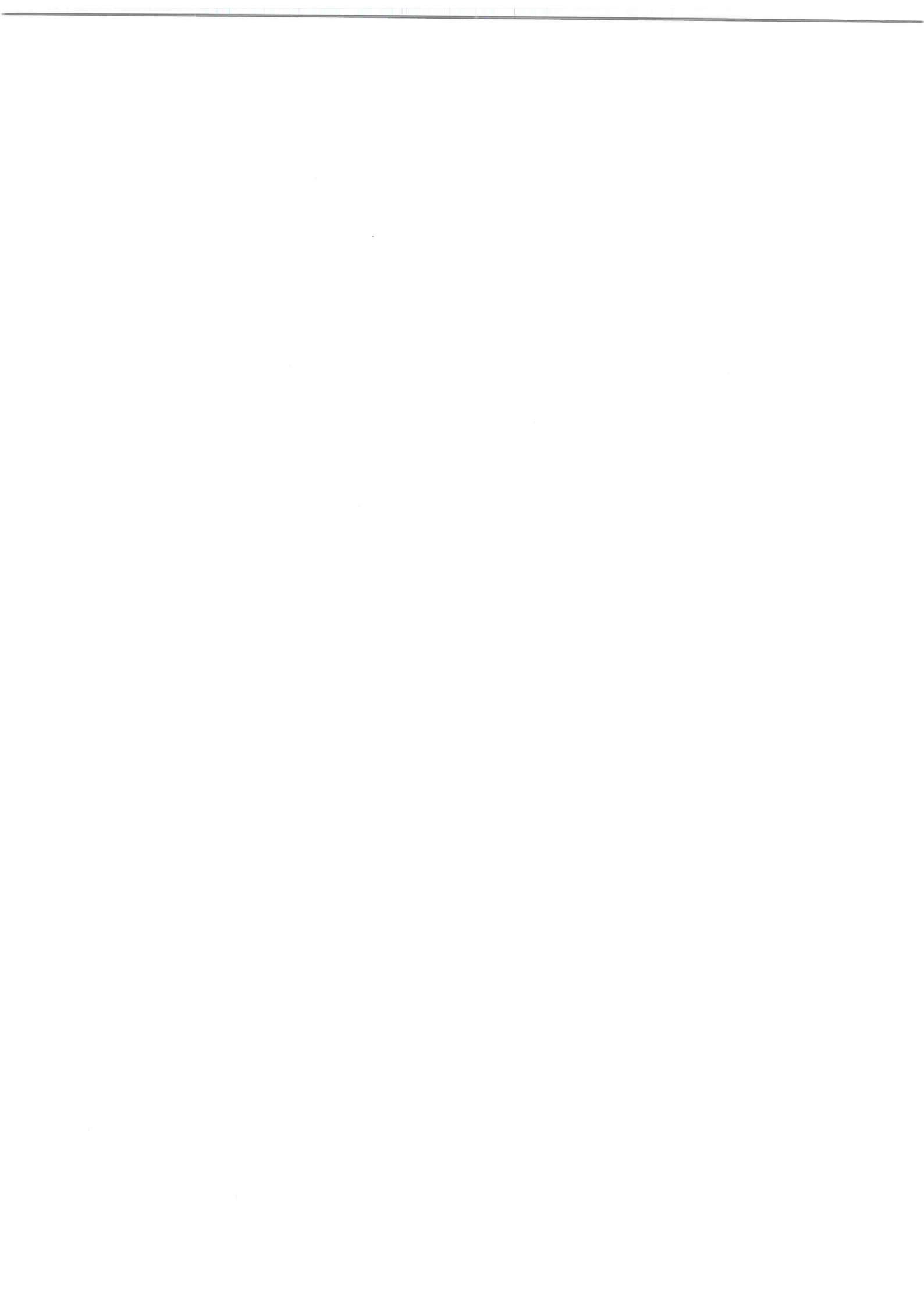
Terrenghelning 1:10 på tvers. Skråningshelningen er avhengig av skråningshøyden (fig.251.2)

Hvor stor totalbredde fra skråningsfot til skråningsfot? Forutsett for enkelhets skyld at den valgte skråningshelning benyttes i hele skråningen fra vegkant til terreng (ikke oppdeling i flere delskråninger)

Oppgave 5

Utlegging av leirfylling (tørr).

Hva trengs av maskinutstyr (type, masse), lagtykkelser, passeringer?



Byg 219, Vegbygging

1) Finn største setningsforskjell: (Δs)

$$L = 50 \text{ m (H)}$$

$$V_{\text{dim}} = 80 \text{ km/h}$$

$$\text{ADT} = 3000$$

$$R_{v,\text{høy}} = 4000 \text{ m}$$

$$\Delta s = \Delta_{\text{tot}} - \Delta R$$

$$= 0.45 \text{ m} - 0.17 \text{ m} = \underline{0.28 \text{ m}}$$

Siden det er Hovedveg/stamveg ville jeg brukt dimensjoneringsklasse H2

Kontroller om $R_{v,\text{høy}} > R_{v,\text{min}}$ (tabell C.2)

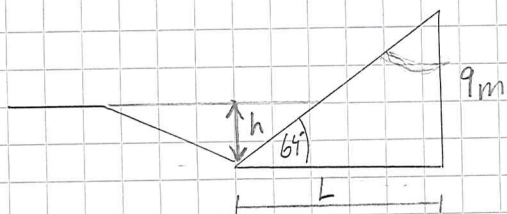
$$R_{v,\text{høy}} = 4000 \text{ m} > R_{v,\text{min}} = 2800 \text{ m}$$

Allt er OK!

2) Fanggrøft: Hovedveg H1, ADT = 3750

Fjellskjæring ca. 9m høy

Skifninghetsplanet faller 64° mot vegen.



$$L = (\tan 64^\circ) \cdot 9 \text{ m} = 18.45 \text{ m}$$

↳ Bergskråning 2:1

Figur 225.4 i N200 gir $h = \underline{0.4 \text{ meter}}$

3) Dynsprengning med ensidig fall.

H1, fart = 60 km/t, ADT = 8000 ingen b/s.

Vegbredde fra Hb. N100

Lukket grøft som i fig. 406.4

Hvor dypt under vegnivå (fra CL) må det sprenges i veggrøfta ved:

i) Vegen ligger i retthjørne (takefall 3%)

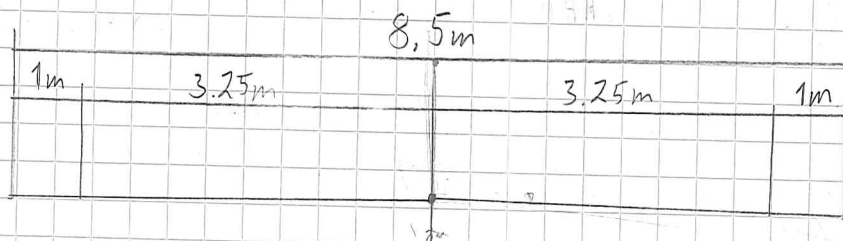
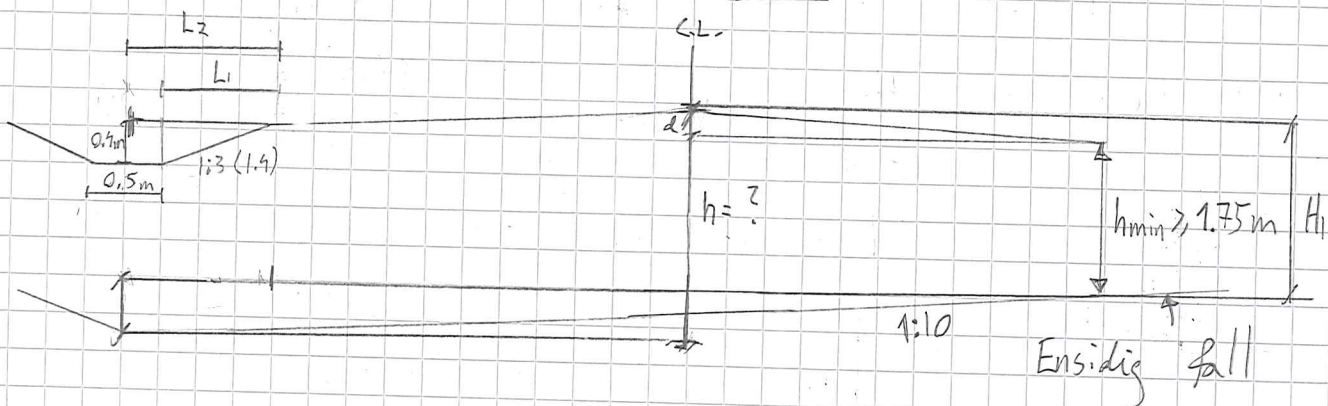


Fig. C.2 N100

Ref. N200 kap. 226.2 minste dynsprengning = 1.75m

$$d = 4.25m \cdot 3\% = 4.25m \cdot \frac{3}{100} = 0.1275m$$

$$H_1 = 1.75m + 0.1275m = \underline{1.8775m}$$



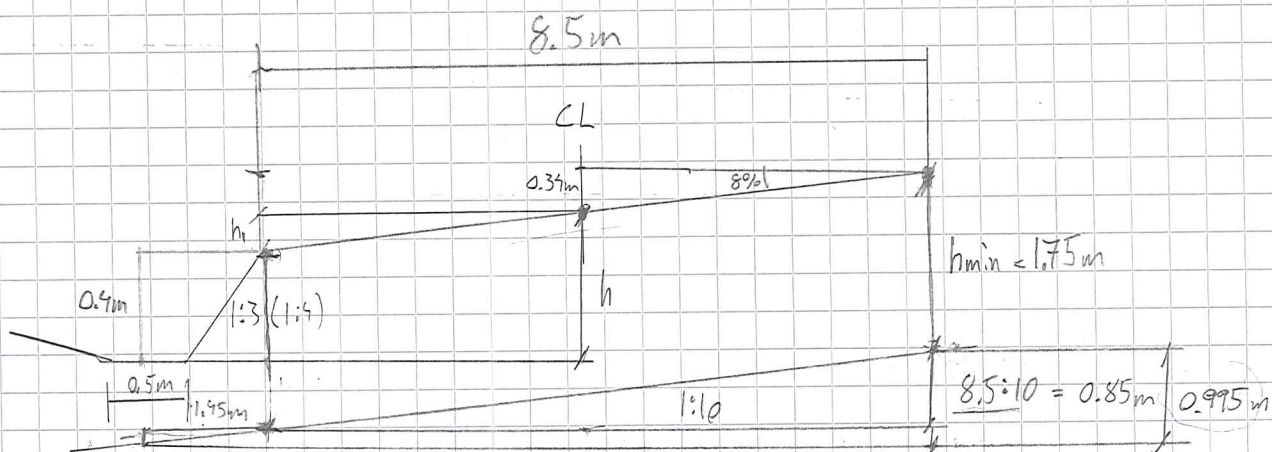
$$L_1 = 0.4m \cdot 3 = 1.2m$$

$$L_2 = L_1 + 0.25m = 1.45m$$

$$h = \left(\frac{8.5m + L_2}{10} \right) + H_1 = \left(\frac{8.5m + 1.45m}{10} \right) + 1.8775m$$

$$= \underline{\underline{2.8725m}}$$

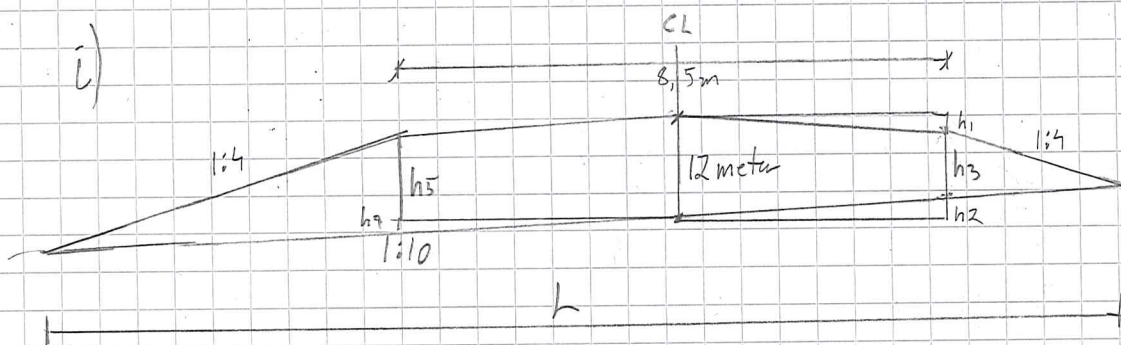
ii) Tverrfall 8% og grøft i innerkurve (laveste sid



$$h = h_{\min} - 0.37 \text{ m} + 0.995 \text{ m} = 1.75 \text{ m} - 0.37 \text{ m} + 0.995 \text{ m} = \underline{\underline{2.405 \text{ m}}}$$

4) Samme veg som oppgave 3. Vegfylling av leire, 12 meter høy i senterlinje.

Terrenghelning 1:10 på tvers. Skråningshelningen er avhengig av skråningshøyden. (fig 251.2).



Profilhøyde > 10 meter \Rightarrow 1:4 skråningshelning

$$h_1 = 4.25 \text{ m} \cdot \frac{3}{100} = 0.1275 \text{ m}$$

$$h_2 = 4.25 \text{ m} : 10 = 0.425 \text{ m}$$

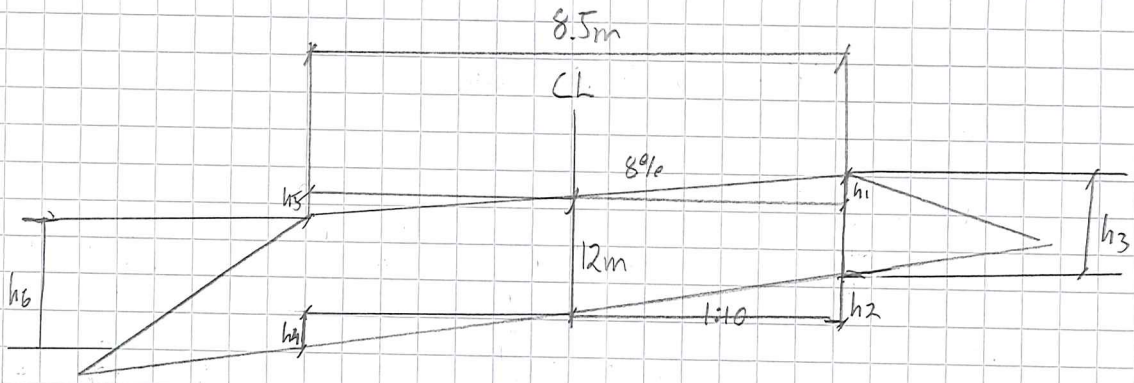
$$h_3 = 12 \text{ m} - 0.1275 \text{ m} - 0.425 \text{ m} = 11.4475 \text{ m} \Rightarrow 1:4$$

$$h_4 = h_2 = 0.425 \text{ m}$$

$$h_5 = 12 \text{ m} + h_4 - h_1 = 12 \text{ m} + 0.425 \text{ m} - 0.1275 \text{ m} = 12.2975 \text{ m} \Rightarrow 1:4$$

$$L = (h_5 + h_3) \cdot 4 + 8.5 \text{ m} = \underline{\underline{103.48 \text{ m}}}$$

ii)



$$h_1 = 4.25 \text{ m} \cdot \frac{8}{100} = 0.34 \text{ m}$$

$$h_2 = 4.25 \text{ m} : 10 = 0.425 \text{ m}$$

$$h_3 = 12 \text{ m} + h_1 - h_2 = 12 \text{ m} + 0.34 \text{ m} - 0.425 \text{ m} = 11.915 \text{ m} \Rightarrow 1:9$$

$$h_4 = h_2 = 0.425 \text{ m}$$

$$h_5 = h_1 = 0.34 \text{ m}$$

$$h_6 = 12 \text{ m} - h_5 + h_4 = 12 \text{ m} + 0.425 \text{ m} - 0.34 \text{ m} = 12.085 \text{ m} \Rightarrow 1:4$$

$$L = 8.5 \text{ m} + (11.915 \text{ m} + 12.085 \text{ m}) \cdot 4 = \underline{\underline{104.5 \text{ m}}}$$

5) Utlegging av Leirfylling (terr).

Beskriv maskinutstyr, lagtykkelse, passeringer.

Dumper / hfullaster \rightarrow 40 tonn \rightarrow lagtykkelse etter komprimering
200 mm \rightarrow 2-4 passeringer.

BYG 219 Vegbygging

REGNEØVING 2

OPPGAVER KNYTTET TIL VEGNORMAL HB N200 [Håndbok N200 - på nett KLIKK HER](#)

Oppgave 1

Ved skjæringer i jord stilles det spesielle krav til utforming av helningen på "traubunnen" på bløte og vannømfintlige materialer. Hva slags krav?

Oppgave 2

Hvilken del av et vektverrsnitt inngår i begrepet "grøftebredde" i kap 406.3? Hvis overbygningstykkelsen er 1,00 m, hva er det minste grøftbredde en kan ha?

Oppgave 3

Graving under grunnvannsnivå kan gi stabilitetsproblemer, særlig i siltige og sandige masser. Hva skjer?

Et tiltak kan være å senke grunnvannet under bygging. Hvordan?

Et annet tiltak kan være å heve vannspeilet i gravegropa høyere enn GV. Hvorfor?

Oppgave 4

Lignende problemer kan oppstå i jordskjæringer både på kort og lang sikt. Hvilke? Skissér tiltak.

Oppgave 5

Dersom veglinja (langs senterlinja) ligger i fjellskjæring som går over i jordskjæring, hva slags problem og tiltak er aktuelle?

Dersom det samme forekommer i tverrprofilet?

Oppgave 6

Det skal bygge bru over ei elv som renner over ei flat elveslette av sand/grus. For å redusere bruspenet, bygges det brukar et stykke ut i elva på begge sider. Det bygges opp en bakfylling av stein ut til brukarene.

Hva slags stabilitetsproblem kan oppstå og hvorfor (spesielt ved stor vannføring)?

Hvilke tiltak kan bedre situasjonen?

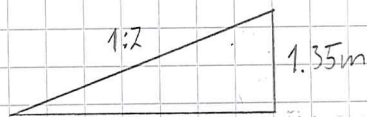


Øving 2

1) Ved skjæring i jord må utformingen av helningen på "brubunnen" på blyte og vannømfintlige materialer være 6% for tverrfallet (N200 s. 86)

2) brofotbredden er avstanden fra veiskuldren til sentrum av grøften.

Overbyggnings tykkelse = 1,00m



$$\text{Grøfte bredde} = 2 \cdot 1.35\text{m} = \underline{2.7\text{m}} \quad (+ 0.25\text{m})?$$

3) Ved graving under grunnvannsnivå vil man oppleve at vannet strømmer til den nygravede grøften, vannstrømmen vil ta med seg siltige og sandlige masser og dermed destabilisere området lokalt rundt grøften.

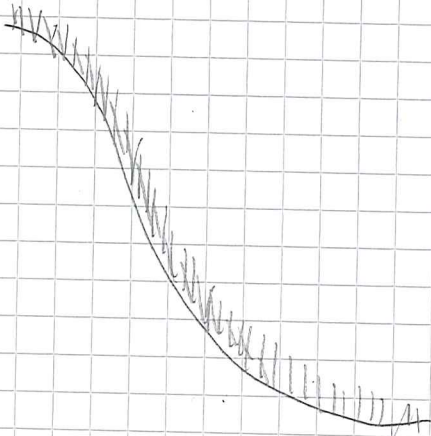
Grunnvannsnivået kan senkes ved hjelp av dreneringsrør eller pumpebrønner (N200 s. 83)
Dette må avklares med lokale miljøvernmyndigheter.

Ved heving av vannspeilet i gravegrøften over bV vil man unngå grunnvannstrykket som igjen stabiliserer grøften.

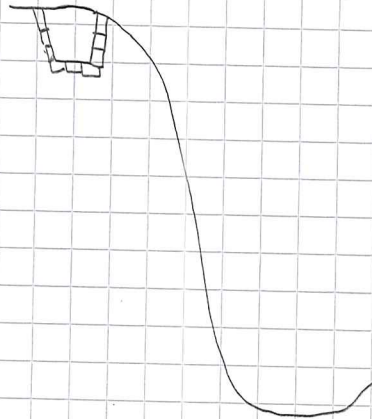
4) I jordskjeringer kan det oppstå overflateerosjon, grunnvannserosjon og overflateglidning (N200 s. 88).

Tiltak for å hindre problemer i jordskjeringer:

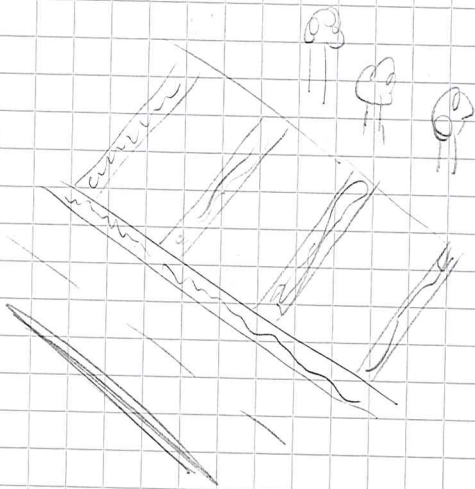
gressdekke



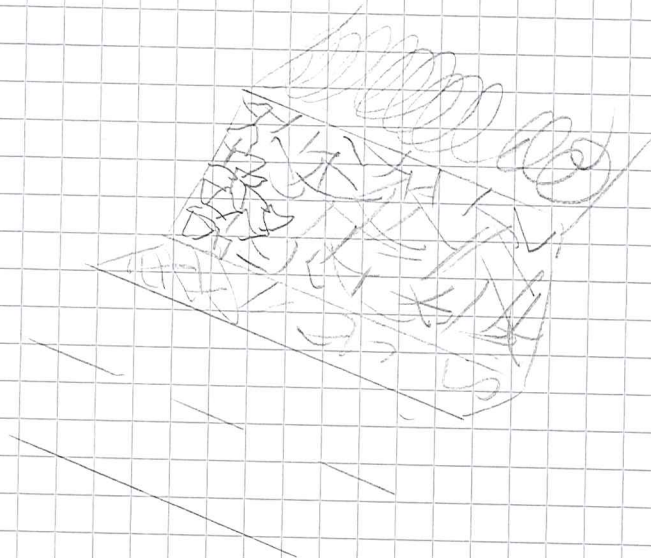
Terrenggrøft



Skråningsdrren



Masserutskifning:



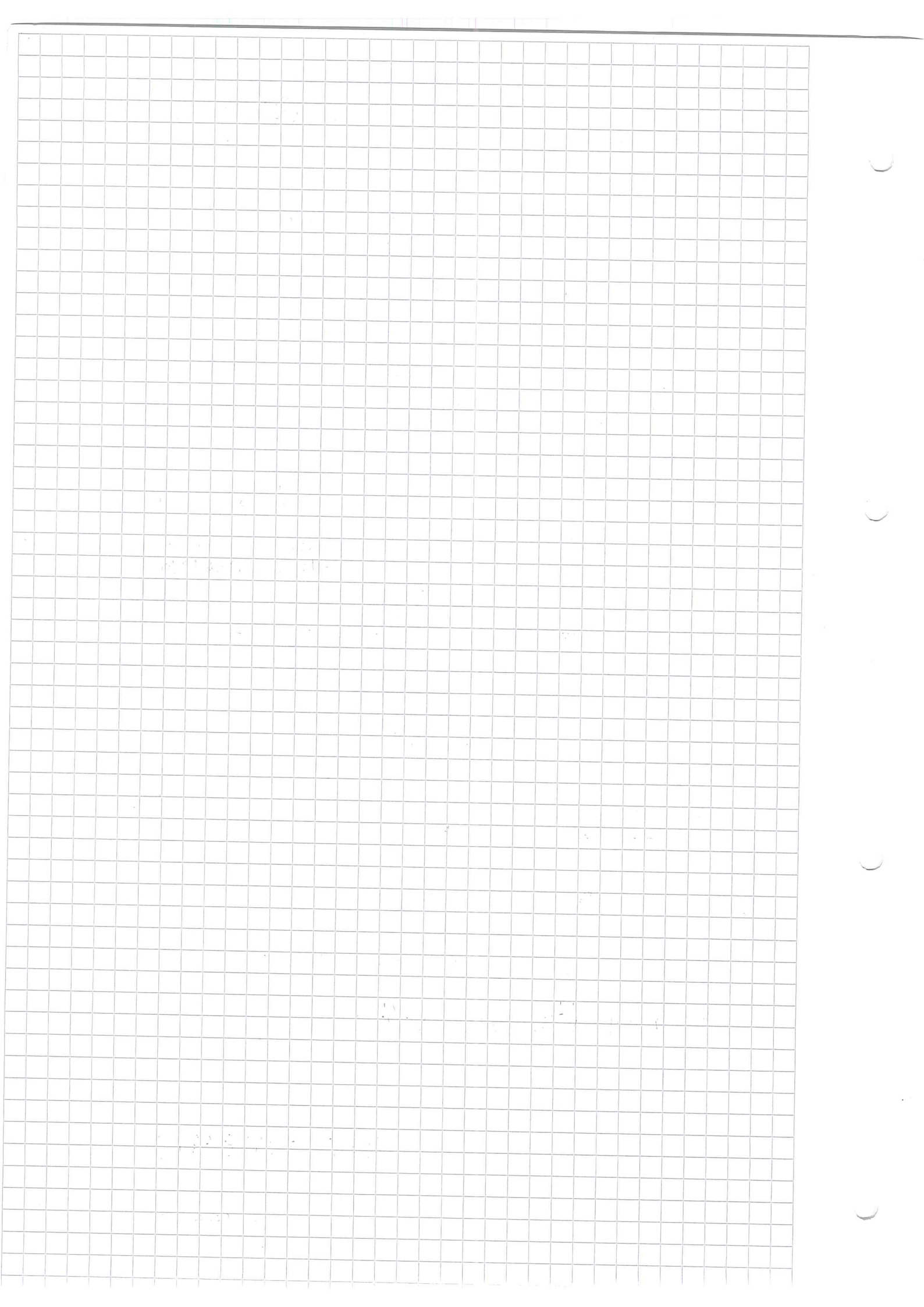
5) Dersom veglinja (langs sentralinjen) ligger i fjellskjæring som går over i jordskjæring vil vi ha utfordringer med utglidning av jordsmonnet ved mye nedbør.

Tiltak mot utglidning kan være drenering og utskifning av masser.

Utglidning i tverrprofiler kan hindres uha mot fylling

6) Ved ethvert inngrep i et elveprofil ved utfylling, graving, bygging av brupitærer, vil det oppstå endringer i strømnings tilstanden som ofte kan forårsake endret erosjonsaktivitet i elveskråningene eller rundt brupitærene.

Tiltak for å bedre situasjonen kan være lengre bruspenn, mer fylling på oppsiden av beken (for å redusere hastigheten på vannet) velge en annen plassering av beken hvor hastigheten på strømmingen er mindre.



BYG219 Vegbygging

REGNEØVING 3

OPPGAVER KNYTTET TIL VEGNORMAL HB N200 [Håndbok N200 - på nett KLIKK HER](#)

Hydraulisk dimensjonering (Kristiansand)

Et mindre ubebygde nedbørfelt grenser opp til hovedvegen i oppg. 1. Lengde fra høyeste (k +160) punkt til laveste (k + 115) er 800 m, og midlere feltbredde er 500 m. Det er ikke åpent vann (innsjø) i feltet. I laveste punkt fanges vannet i en kum, og videreføres i en stikkrenne (overvannsledning) under hovedveg.

- a) Bestem «returperiode» når dette er veg med omkjøringsmuligheter, og overskridelse gir store konsekvenser.
- b) Bestem «tidsfaktor» for avrenningen
- c) Bestem dimensjonerende nedbørsintensitet (l/s.ha) og avrenning (l/s) fra feltet.
- d) Finn en passende ledningsdimensjon for stikkrenna, når du selv velger rørmateriale, fall o.l. fra håndboka.
Kontroller mot anbefalte min.dimensjoner.

Nedbørintensitet fra www.eklima.no for stasjon 39150 KRISTIANSAND – SØMSKLEIVA

Nedbørintensitet - returperiode, uten krav om sammenhengende nedbør



Stasjoner

Stnr	Navn	I drift fra	I drift til	Hoh	Kommune	Fylke	Region
39150	KRISTIANSAND - SØMSKLEIVA	nov 1974		12	KRISTIANSAND	VEST-AGDER	AGDER

*** MELDING ***

Alle måleserier for korttidsnedbør er korte når det gjelder returperioder på 50 år og lengre. Estimert med slike returperioder må derfor benyttes med forsiktighet.

*** MELDING ***

Rapporten inneholder godkjente kvalitetskontrollerte data.

Returperioder(år); Nedbørintensitet(l/s*ha)

39150 KRISTIANSAND - SØMSKLEIVA

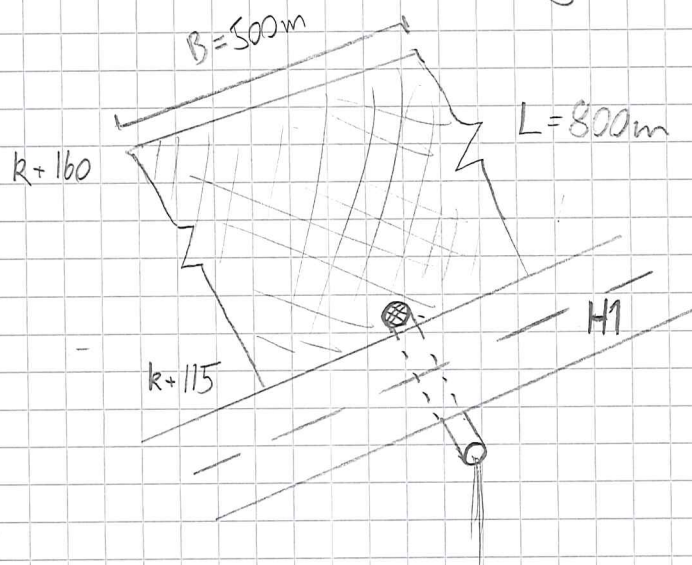
Periode: 1974 - 2002

Antall sesonger: 22

År	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.	720 min.	1440 min.
2	277,6	243,0	214,5	174,9	125,7	104,1	91,2	73,6	59,1	51,3	40,5	34,7	28,2	20,1	13,7	8,7
5	355,6	292,4	258,6	209,4	154,9	132,7	116,2	93,8	78,6	67,2	53,3	45,1	36,7	26,7	18,3	12,1
10	407,3	325,1	287,7	232,2	174,2	151,5	132,8	107,1	91,6	77,8	61,8	52,0	42,4	31,0	21,4	14,3
20	456,9	356,5	315,7	254,1	192,7	169,6	148,8	119,9	104,0	87,9	69,9	58,6	47,8	35,2	24,3	16,5
25	472,6	366,5	324,6	261,1	198,6	175,4	153,8	124,0	107,9	91,1	72,5	60,7	49,5	36,6	25,3	17,2
50	521,1	397,2	352,0	282,5	216,8	193,1	169,4	136,5	120,0	101,0	80,5	67,2	54,8	40,6	28,1	19,3
100	569,2	427,6	379,1	303,7	234,7	210,6	184,8	148,9	132,0	110,8	88,4	73,6	60,1	44,7	31,0	21,4
200	444,4	414,3	363,5	296,9	246,0	228,6	201,3	163,2	145,4	121,8	96,8	80,2	65,7	49,2	34,1	23,6

BYG 219, Vegbygging Øving 3

3a)



Returperiode for veg med omkjøringsmuligheter, og overskridelse vil gi store konsekvenser.

⇓
N200 → Fig. 403.1 → Returperiode 100 år.

b) Tidsfaktor for avrenning (t_c)

$$\begin{aligned} t_c &= 0.6 \cdot L \cdot H^{-0.5} + 3000 \cdot A_{se} \\ &= 0.6 \cdot 800\text{m} \cdot 45\text{m}^{-0.5} + 0 \\ &= \underline{71.6 \text{ min}} \end{aligned}$$

$$H = 160 - 115 = 45\text{m}$$

c) Dimensjonerende nedbørsintensitet ($l/s.hn$) og avrenning (l/s) fra feltet.

Nedbørsintensitet (i):

$$t_c = 71.6 \text{ min}$$

⇓

$$i = \underline{102.1 \text{ l/s.hn}}$$

$$60 \text{ min} = 110.8 \text{ l/s.hn}$$

$$90 \text{ min} = 88.4 \text{ l/s.hn}$$

$$71.6 \text{ min} = \underline{i} \text{ l/s.hn}$$

$$\Rightarrow \bar{i} = 102.1 \text{ l/s.hn}$$

Aurenning (Q):

$$Q = C \cdot \bar{i} \cdot A \cdot K_f$$

Aurenningsfaktor, C:

$$N200 \rightarrow \text{Fig. 405.2} \rightarrow C = 0.5 \quad (\text{Bratte og tette flater})$$

$$C = 0.5 \cdot 1.25 = \underline{0.625}$$

Dimensjonerende nedbørsintensitet, \bar{i} :

$$\bar{i} = \underline{102.1 \text{ l/s}\cdot\text{ha}}$$

Feltareal, A:

$$A = L \cdot b = 800\text{m} \cdot 500\text{m} = 400000 \text{ m}^2 = \underline{40 \text{ ha}}$$

Klimafaktor, K_f :

$$N200 \rightarrow \text{S. 142} \rightarrow K_f = \underline{1.4}$$

$$Q = 0.625 \cdot 102.1 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 40 \text{ ha} \cdot 1.4 = \underline{3573.5 \text{ l/s}}$$

- d) Finn en passende ledningsdimensjon for stikkrenn.
Kontroller mot anbefalte min. dimensjoner.

$$N200 \rightarrow \text{Fig. 405.5} \rightarrow \underline{D = 1600 \text{ mm, utforming C}}$$

Kontroll:

$$Q = 3573.5 \text{ l/s} < D = 1600 \text{ mm} \rightarrow \underline{3628 \text{ l/s}}$$

$$\underline{D = 1600 \text{ mm} > D_{\text{min}} \text{ for } H = 600 \text{ mm}}$$

Velger korrugert stål med min. fall 4‰ og maks fall 20‰

BYG219 Vegbygging

REGNEØVING 4

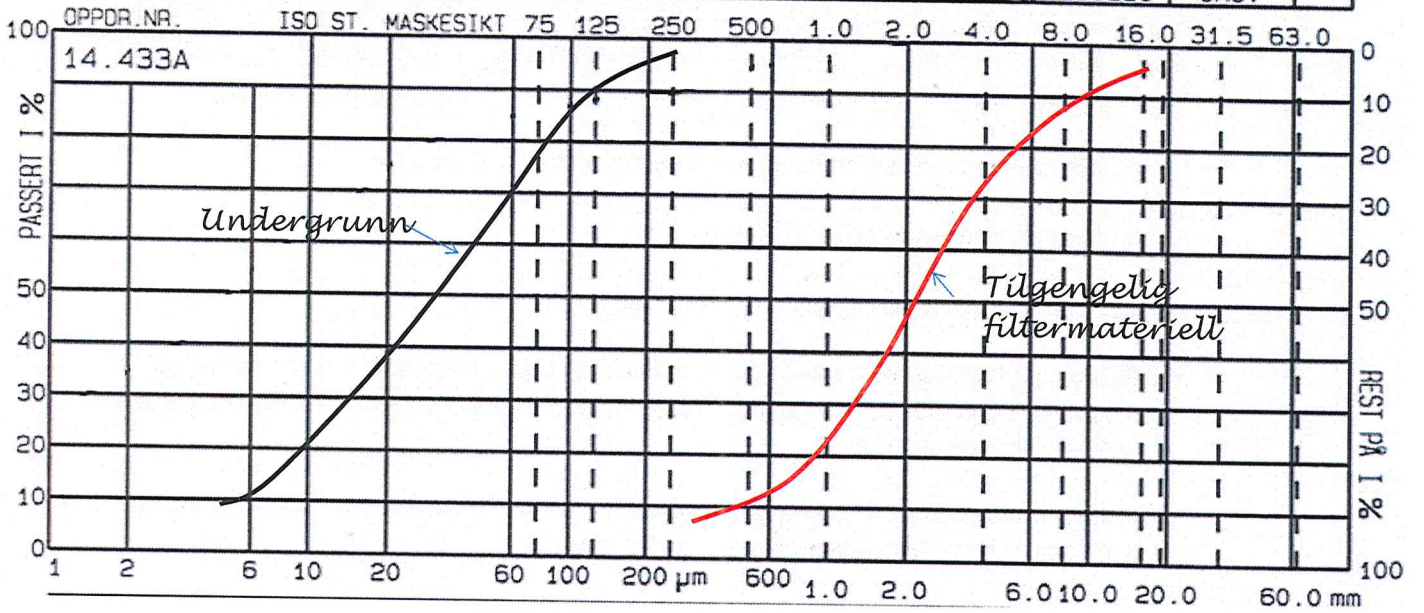
OPPGAVER KNYTTET TIL VEGNORMAL HB N200 [Håndbok N200 - på nett KLIKK HER](#)

DIMENSJONERING AV VEG

1. Det skal dimensjonering en ny Rv 41 i Birkenes kommune i Aust Agder. En parsell på Rv 41 i Birkeland skal legges om. Vegstrekningen som skal bygges, består av to kjørefelt, strekningsvis med forbikjøringsfelt. ÅDT i åpningsåret er 5800. Bruk fig. 510.1 for andre normalverdier. Det skal etableres lukket drenering med drenert tilstand, dvs. frostsikringslaget ligger høyre enn drensledningsdybde. Undergrunnen er siltig leire med $c_u = 55 \text{ kN/m}^2$. Dimensjoneringen omfatter to alternativer, et med ikke telefarlig grus $C_u < 15$ som frostsikringslag og et med isolasjonslag av skumglass.
 - a) Bestem årsmiddeltemperatur og dimensjonerende frostmengde.
 - b) Bestem dimensjonerende trafikkbelastning.
 - c) Bestem tykkelsen på vegdekke og bærelag.
 - d) Beregn nødvendig total overbygningstykkelse, forsterkningslag og frostsikringslag dersom det benyttes ikke telefarlig grus (T1) som frostsikringslag. I forsterkningslaget er det aktuelt å bruke kult.
 - e) Beregn nødvendig overbygningstykkelse, forsterkningslag og frostsikringslag dersom det benyttes isolasjonslag av skumglass.
2. Det skal vurderes behov for å bygge inn et sandfilter mellom overbygning og undergrunn i en vegtracé (se her bort fra filterduk). Forutsett at evt. forsterkningsmateriale har $d_{15} = 22 \text{ mm}$. Vurder behovet for sandfilter og hvilke krav det stilles til filteret (filterkriterier). Er tilgjengelig sand god nok?

Kornfordelingskurver er vedlagt

LEIR	SILT			SAND			GRUS			STEIN
	FIN	MIDDELS	GROV	FIN	MIDDELS	GROV	FIN	MIDDELS	GROV	



Vegbygging Regneøving 4

1) Dimensjonering av veg:

Rv.41 i Birkenes kommune i Aust-Agder skal dimensjoneres.

- 2 kjørefelt, med strekningsvisc forbikjøringsfelt
 - ADT for åpningsåret = 5800
 - Andel tunge kjøretøy = 15%
 - Dimensjoneringsperiode = 20 år
 - Trafikkvekst = 2%
 - Aksellast = 10 tonn
 - Luktet drenering, drenert tilstand
 - Undergrunn er siltig leire med $c_u = 55 \text{ kN/m}^2$
- } Fig. 510.1 (hovedveg?)

- 1) Frostsikring med litt telefarlig grus
- 2) Frostsikring med skumglass.

a) Bestem årsmiddeltemperatur og dimensjonerende frostmengde
Fig. 511.1 gir dim frostmengde ved ADT 1501 - 8000 = F_{10}
og maks tykkelse overbygning = 1.8m

Vedlegg 2 gir årsmiddeltemperatur = 6.5°C
Frostmengde $F_{10} = 9000$

b) Bestem dimensjonerende trafikkbelastning (N):
Vedlegg 4 gir:

$$N = f \cdot \text{ADT} \cdot 365 \cdot \left(\frac{(1.0 + 0.01 \cdot P)^n - 1}{0.01 \cdot P} \right) \cdot C \cdot E$$

$$= 0.5 \cdot 5800 \cdot 0.15 \cdot 365 \left(\frac{(1.0 + 0.01 \cdot 2)^{20} - 1}{0.01 \cdot 2} \right) \cdot 2.4 \cdot 0.424 = 3.93 \cdot 10^6$$

↳ Trafikkgruppe E (Fig. 510.2)

c) Bestem tykkelse på vegdekke og bærelag:

Vegdekke med $\text{ADT} > 5000$ gir stive dekketyper med 4,5 over 3,5 (slitelag over bindeleag) (Fig 512.1)

Total tykkelse vegdekke = 8cm

Bærelag ved bruk av Ag gir 13 cm.

$$\underline{BI = 62 < 8 \cdot 3 + 13 \cdot 3 = 63}$$

d) Beregn nødvendig total overbygningstykkelse, forsterkningslag, og frostsikningslag der som det benyttes ikke telefarlig grus (IT) som frostsikningslag. I forsterkningslaget er det aktuelt å bruke kult.

Korreksjon av frostdybde ved ikke telefarlig grus, drenert (Fig. 511.5)

$$\frac{6.5 - 8}{x - 0.86} = \frac{6 - 8}{0.92 - 0.86} \Rightarrow x = \frac{6.5 - 8}{6 - 8} + 0.86 = \underline{0.905}$$

Overbygningstykkelse = Frostdyl l :

Fig: 511.4 gir $1.5m \cdot 0.905 = \underline{1.4m}$

Forsterkningslag

Siden vi ikke kjenner til graderingsstallet C_u bruker jeg bæreevnegruppe 3 fra Fig 510.3

⇓

Forsterkningslag = 50cm (Fig. 512.2)

$$\text{Frostsikningslag} = 1.4m - 0.08m - 0.13m - 0.5m = \underline{0.69m}$$

Kontroll mot anleggstekniske forhold:

Fig. 512.2 gir IKKE krav til ekstra forsterkningslag for $c_u = 55 \text{ kN/m}^2$

Fig. 511.3 angir minste tykkelse på frostsikringslaget ved $c_u \geq 50 \text{ kN/m}^2 = 50 \text{ cm}$. Vi har 69 cm, så dette er OK!

Kontroll mot styrkeindeks:

Fig. 512.2 gir - ved leire med $c_u = 55 \text{ kN/m}^2$ krav om forsterkningslag = 90 cm og BI = 62

↳ Styrkeindeks = $90 + 62 = 152$

Styrkeindeks vegkonstruksjon = $8 \cdot 3 + 13 \cdot 3 + 50 \cdot 1,1 + 69 \cdot 0,75 = 169,75$

Sjekk: $152 < 169,8 \Rightarrow$ OK!

e) Beregn nødvendig overbygningstykkelser, forsterkningslag og frostsikringslag dersom det benyttes isolasjonslag av skumglass.

Fig. 511.6 gir frostmessig dimensjonering med skumglass:
 $9000 \text{ h}^\circ\text{C} \rightarrow 6,5^\circ\text{C} \rightarrow 0,5 \text{ m} \rightarrow 0,2 \text{ m}$ isolasjonstykkelser

Fig. 510.3 \rightarrow Skumglass har bæreevne = 4. ↳ Fig. 511.3

Forsterkningslag = $70 \text{ cm} \cdot \frac{1}{1,1} = 63,65 \approx 65 \text{ cm}$

Kontroll mot styrkeindeks:

Krav til styrkeindeks = $90 + 62 = 152$ (Fig. 512.2)

Styrkeindeks vegkonstruksjon = $8 \cdot 3 + 13 \cdot 3 + 65 \cdot 1,1 + 20 \cdot 0,9 + 50 \cdot 0,75$

Sjekk: $152 < 190 \Rightarrow$ OK
= 190

2) Vurdering av sandfilter mellom overbygning og undergrunn i en vegtrace
Forsterkningsmaterialet har $d_{15} = 22 \text{ mm}$

Filterkriterium mellom jordarter:

-Et sett av forholdstall mellom kornstørrelse ved bestemte punkter i to kornkurver som må være oppfylt for at materialem ikke skal trenge inn i hverandre, samt at det groveste materialet er drenerende i forhold til det fineste.

Se formler s. 262 i N200

Kriterie 1: $\frac{d_{15, \text{filtermateriale}}}{d_{85, \text{undergrunn}}} \leq 5$

$$\frac{0,7 \text{ mm}}{0,1 \text{ mm}} \leq 5$$

$$7 \leq 5 \Rightarrow \text{FEIL!}$$

Kriterie 2: $\frac{d_{50, \text{filtermateriale}}}{d_{50, \text{undergrunn}}} \leq 25$

$$\frac{2,3 \text{ mm}}{0,03 \text{ mm}} \leq 25$$

$$76,67 \leq 25 \Rightarrow \text{FEIL!}$$

Kriterie 3: $\frac{d_{15, \text{filtermateriale}}}{d_{15, \text{undergrunn}}} \geq 5$

$$\frac{0,7 \text{ mm}}{0,0075 \text{ mm}} \geq 5$$

$$93,33 \geq 5 \Rightarrow \text{Tilgjengelig filtermaterieell har vesentlig bedre drenering}$$

Kriterie 4: Minst 50% av filtermaterialet er større enn 2 mm \Rightarrow OK!

Tilgjængelig sand er IKKE god nok!

Krav til filtersand blir følgende:

$$\text{Kriterie 1: } \frac{d_{15, \text{filtermateriale}}}{d_{85, \text{undergrunn}}} \leq 5$$

$$\frac{d_{15, \text{filtermateriale}}}{0.1 \text{ mm}} \leq 5$$

$$\hookrightarrow d_{15, \text{filtermateriale}} \leq 5 \cdot 0.1 \text{ mm} = 0.5 \text{ mm}$$

$$\text{Kriterie 2: } \frac{d_{50, \text{filtermateriale}}}{d_{50, \text{undergrunn}}} \leq 25$$

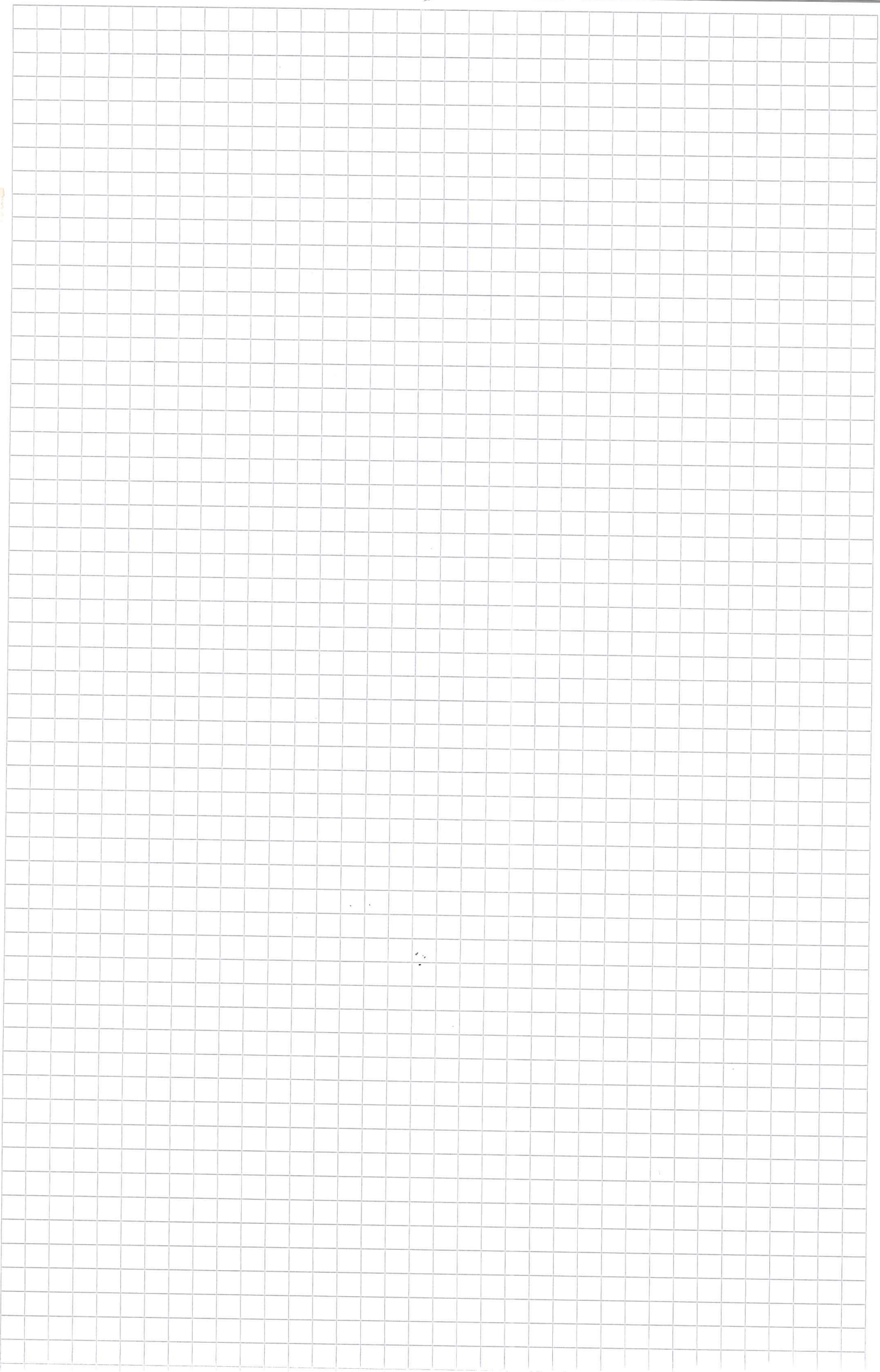
$$\frac{d_{50, \text{filtermateriale}}}{0.03 \text{ mm}} \leq 25$$

$$\hookrightarrow d_{50, \text{filtermateriale}} \leq 25 \cdot 0.03 \text{ mm} = 0.75 \text{ mm}$$

$$\text{Kriterie 3: } \frac{d_{15, \text{filtermateriale}}}{d_{15, \text{undergrunn}}} \geq 5$$

$$\frac{d_{15, \text{filtermateriale}}}{0.0075 \text{ mm}} \geq 5$$

$$\hookrightarrow d_{15, \text{filtermateriale}} \geq 5 \cdot 0.0075 \text{ mm} = 0.0375 \text{ mm}$$



BYG 219 Vegbygging

REGNEØVING 5

Kompaktering

Kompakteringsforsøk av materialer i laboratoriet blir utført etter både Standard Proctor og Modifisert Proctor.

- Forklar kort hva som skiller de to metodene.
- Forklar hvorfor det var nødvendig å utvikle Modifisert Proctor?
- Resultatene fra kompakteringsforsøk av et materiale etter både Standard og Modifisert Proctor er vist i tabellen nedenfor.

Vanninnhold w i %	Våt densitet, ρ kg/dm ³	
	Standard Proctor	Modifisert Proctor
4	-	2,060
6	2,060	2,240
7	2,140	2,290
8	2,200	2,300
9	2,240	2,300
10	2,250	-
12	2,220	2,260

Tegn kurvene for Standard Proctor og Modifisert Proctor i samme diagram.

- Ved hvilke vanninnhold, w, mener du at materialet har sin største styrke når det er kompaktert etter de to metodene?
- En forutsetter at materialet kan legges ut og kompakteres med utstyr med tilsvarende kompakteringsenergi som Modifisert Proctor. En forutsetter at kravet til kompaktering er 95 % Modifisert Proctor. Bestem hvilke grenser vanninnholdet, w, må ligge mellom ved utlegging.



BYG 219 Vegbygging

Øving 5

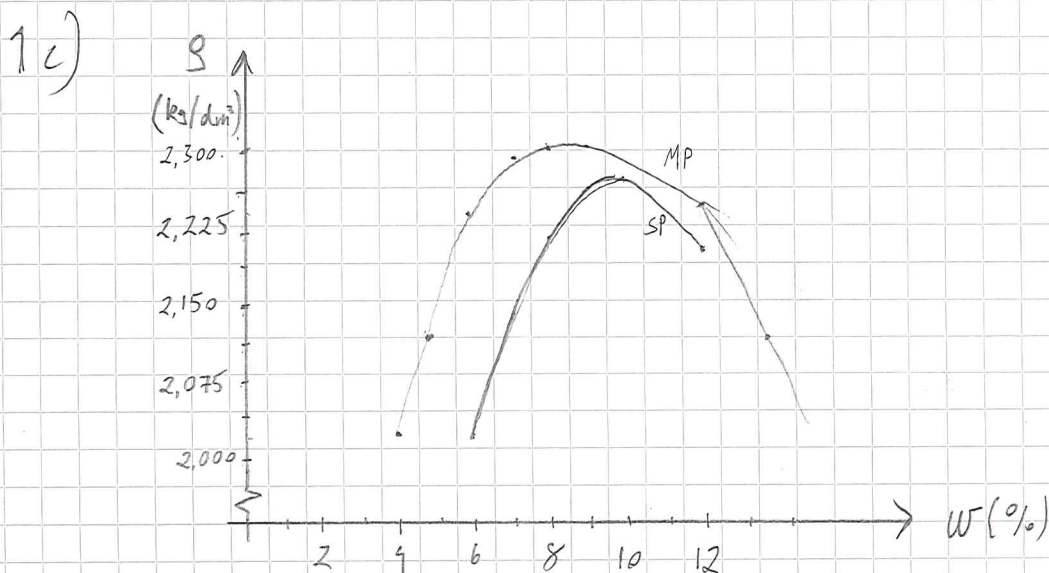
1a) Standard Proctor er en metode for å måle tørtettheten som funksjon av vanninnholdet. Vi finner dermed optimalt vanninnhold for komprimering.

Modifisert Proctor følger samme prinsipp som standard Proctor, men er utviklet for å måle komprimering hvor trafikkbelastning og kontakttrykk er større.

Forhull:

- Vekt på fallodel
- Fallhøyde
- 5 lag (mot 3)

1b) Modifisert Proctor ble utviklet for å kunne måle tørtettheten som funksjon av vanninnhold ved større trafikkbelastning og kontakttrykk.



1d) Ved standard Proctor vil materiale ha sin største styrke ved $w = \underline{10\%}$

Ved modifisert Proctor vil materiale ha sin største styrke ved $w = \underline{8,5\%}$

1e) $K_{rw} : 95\%$ modifisert Proctor.

$$0,95 \cdot 2,300 = 2,185 \text{ kg/dm}^3$$

↓

$$w = 4,7\% - 13,2\%$$

BYG219 Vegbygging

REGNEØVING 6

OPPGAVER KNYTTET TIL VEGNORMAL HB N200 [Håndbok N200 - på nett KLIKK HER](#)

1. Hva er funksjonell- og normert dekkelevetid? Hva er en levetidsfaktor?
2. Skisser en forenklet modell for sammensetning av asfalt, og definer på basis av denne Densitet, Hulrom i steinmateriale og Bitumenfylt hulrom. Hva er kravene til minimum bindemiddelinhold og minimum hulrom ved proporsjonering for Ab11 i slitelag for en veg med ÅDT = 6000?
3. Fig 622.1 gir kravene vegbitumen skal tilfredsstillere etter standardisert testmetoder. Gi en kort beskrivelse av hvordan forsøkene utføres.
4. Forklar kort forskjellen mellom reseptbaserte og funksjonsrelaterte kontrakter knyttet til asfaltdekker.
5. Hva står forkortelsene Ma og Agb for og hva er hovedforskjellen på disse?
6. Testing av funksjonsegenskaper på ferdig utlagt vegdekke er *Wheel Track* og *Syklisk Kryp* for deformasjonsegenskaper, mens *Prallmetoden* for piggdekkslitasje. Forklar kort test metodene og vis kravene i Håndbok N200.



BYG 219 - Vegbygging

Øving 6

1a) Funksjonell dekkulevetid er opptrødende levetid, mens normert dekkulevetid er forventet levetid.

Levetidsfaktor er forholdet mellom funksjonell dekkulevetid og normert dekkulevetid.

2a) Modell for asfalt:

Vekt Volum

	Luft	V_L
m_B	Bindemiddel	V_B
m_{GS}	Grov stein	V_{GS}
m_{FS}	Fin stein	V_{FS}
m_F	Filler	V_F

=>

Forenklet modell

	Luft	V_L
m_B	Bindemiddel	V_B
m_{SS}	Stein	V_{SS}

V

Densitet:

$$\rho = \frac{m_B + m_{SS}}{V}$$

Hulrom i steinmaterialet:

$$H_S = \frac{V_L + V_B}{V} \cdot 100 [\%]$$

Bitumfylt hulrom:

$$H_B = \frac{V_B}{V_L + V_B} \cdot 100 [\%]$$

2G) Krav til minimum bindemiddelinnhold og minimum hulrom ved proporsjonering for AB11 i slitelag for en veg med $\text{ADT} = 6000$:

Figur 632.4 gir følgende:

minste bitumfylte hulrom = 5.8%

minste hulrom innhold = 2.5%

3) Forsøkene til vegbitum utføres etter gitte standarder.

Disse er Penetrasjon, Mykningspunkt, Flammepunkt, Løselighet, Dynamisk viskositet, Kinematisk viskositet, Fraass bruddpunkt, motstand mot oppherding,

- Penetrasjon: Måleparameter for klassifisering av bitumen. Penetrasjonen måles etter en standardisert metode, som den dybde en bestemt nål synker ned i et stoff ved bestemt belastning, temperatur og tid. Nedtrengningen angis med en penetrasjonstall, uttrykt i $\frac{1}{10}$ mm.

- Viskositet, dynamisk: Egenskap ved væske som flyter eller utsettes for flyt. Uttrykker forholdet mellom spenningen og hastighetsgradienten (forandring av hastighet per lengdeenhet).

- Viskositet, kinematisk: Dynamisk viskositet dividert med væskens densitet.

- Mykningspunkt: Måleparameter hos bitumen. Refererer til en standardisert målemetode, og angir den temperaturen hvor en stålkule av bestemt masse gir en viss deformering av et spesifisert bindemiddelsjikt.
- Flammepunkt: Den laveste temperatur en brennbar væske har når dampen fra væsken antennes av åpen flamme. Flammepunkt bestemmes ved en standardisert testmetode, for eksempel Cleveland Open Cup.
- Løselighet: angir i hvor stor grad bindemiddelet løses opp i et organisk løsemiddel.
- Fraass Bruddpunkt: Måleparameter som angir temperaturen der et bindemiddelsjikt på en metallplate vil bryte eller få riss når det bøyes ved spesifiserte forsøksbetingelser. Bruddpunktet gir opplysninger om nedre bruktemperaturområde for bitumøse bindemidler.

- Motstand mot oppherding: Simulerer høy temperatur under blandeprosessen. Flyktige bestanddeler vil fordampe og en del av hydrokarbonene vil oksidere. Virkningene av varme og luft er bestemt av fysiske tester målt før og etter behandling i ovnen.

4) Forskjellen på reseptbaserte og funksjonsrelaterte kontrakter knyttet til asfalt dekker at reseptbaserte dekker man følge en angitt resept, mens funksjonsrelaterte kontrakter man kunne tilfredsstille en angitt funksjon som levetid, friksjon, osv. Se for øvrig fig. 603.1

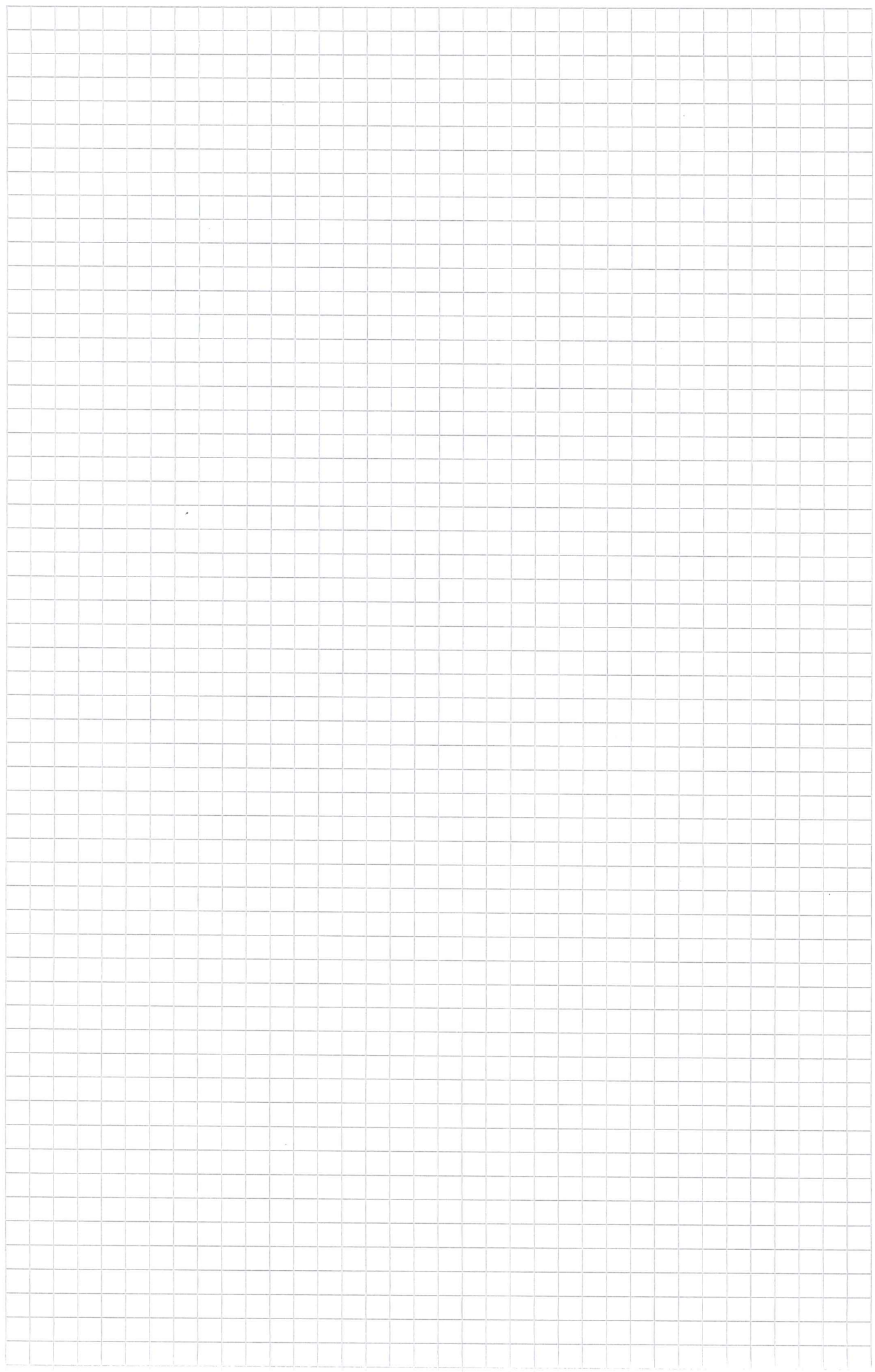
5) M_x = Myk asfalt
 A_{gb} = Asfalt grus betong

Hovedforskjellen er at M_x er laget av myk bitumen, mens A_{gb} bruker vanlig bitumen.

6) Wheel track (s. 313), deformasjonsegenskaper
Prøvene testes i henhold til NS-EN 12697-22, ved 50°C. Analysene skal utføres tidligst 8, senest 30 dager etter utlegging. Kravene i figur 603.2 gjelder for spordybde etter 10 000 sykler (20 000 passeringer). Testene utføres ved å rulle et hjul flere ganger over prøvestykket.

Syklisk kryp (s.314), deformasjonsegenskaper.
Motstand mot permanente deformasjoner
dokumenteres på borkjerner med 150mm
diameter boret ut av det ferdige dekket.
Antall prøver må vurderes i hvert tilfelle
ut fra jobbens størrelse og kompleksitet.
Det skal testes 5 parallelle prøvestykker som
er 60 mm høye. Trykkpulser.
Maks tillatt deformasjon er gitt i fig. 603.3

Prallmetoden (s.314), Piggdekkslitasje
Motstandscene mot piggdekkslitasje kan bestemmes
på borkjerner med 100 mm diameter boret ut
fra ferdig dekke. Hver prøve skal, i henhold til
NS-EN 12697-16, bestå av minst 4 parallelle
prøvestykker. Kuler slås mot prøvestykket.
Kravene er oppgitt i fig 603.4.



X BYG219 – Vegbygging – Prosjektoppgave



Prosjektering av vegstrekningen Molland - Nørholm

- Planlegging av veg med bruk av Novapoint 20.05 og AutoCAD 2017



Kjetil Lohne Bakke

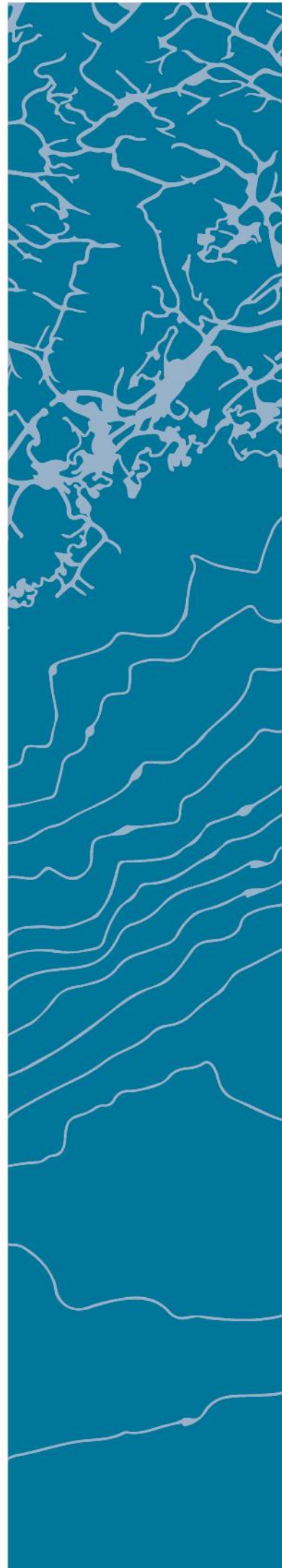


Roman Slobodchikov

Universitetet i Agder, 2017

Fakultet for teknologi og realfag

Institutt for ingeniørvitenskap



Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.

1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none"> - ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands. - ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt. - ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt. - har alle referansene oppgitt i litteraturlisten. - ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse. 	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å betrakte som fusk og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§ 31.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert.	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at Universitetet i Agder vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens retningslinjer for behandling av saker om fusk.	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider.	<input checked="" type="checkbox"/>

Publiseringsavtale

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten (Åndsverkloven. §2).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage Aura og på UiA sine nettsider med forfatter(ne)s godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller tausehetsbelagt/konfidensiell vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved Universitetet i Agder en vederlagsfri rett til å

gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering: JA NEI

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)? JA NEI

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over? JA NEI

Er oppgaven unntatt offentlighet? JA NEI

(inneholder taushetsbelagt informasjon. Jfr. Offl. §13/Fvl. §13)

Innholdsfortegnelse

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring.....	i
Publiseringsavtale.....	ii
Innholdsfortegnelse	iii
Figurliste	v
Formelliste.....	v
1 Innledning.....	1
1.1 Planforutsetninger.....	1
2 Fremgangsmetode.....	2
2.1 Novapoint	2
2.2 Grøftutforming	2
2.2.1 Drenering.....	2
2.2.2 Skjæring mot berg	3
2.2.3 Skråningshelning for skjæring	3
2.2.4 Skråningshelning for vegfyllinger	4
2.3 Linjeføring.....	4
2.3.1 Horisontalkurvatur	4
2.3.2 Vertikalkurvatur.....	5
2.3.3 Stigning	5
2.3.4 Sikt.....	5
3 Beregninger	6
3.1 Dimensjonering av vegoverbygning	6
4 Prosjektering i Novapoint.....	8
4.1 Kjørebane	8
4.2 Sideområde	8
4.3 Overbygning	9
4.4 Tilleggselementer	9
4.5 Breddeutvidelse.....	9
4.6 Overhøyde	10
4.7 Massebalanse og vegtrasé i Novapoint.....	10
5 Tegningsbeskrivelser	13
5.1 Plan-profiltegninger (C-tegning).....	13
5.2 Normalprofiltegninger (F-tegning).....	13
5.3 Tverrprofiltegninger (U-tegning)	13

6	Tegningsgrunnlag for strekningen Molland-Nørholm.....	13
7	Diskusjon	14
8	Konklusjon.....	15
9	Videre arbeid.....	15
10	Referanser	16
11	Vedlegg.....	17

Figurliste

Figur 1 Oversiktskart fra oppgavebeskrivelsen.	1
Figur 2 Grunne overvannsgrøfter og lukket drenering [3, Fig. 406.4].....	3
Figur 3 Redusert skjæringsprofil med tilbakefylling mot berg [3, Fig. 225.2].	3
Figur 4 Største skråningshelning for skjæring [3, Fig. 242.1].	4
Figur 5 Største skråningshelning for vegfyllinger [3, Fig. 251.1]	4
Figur 6 Verdier for kjørebanelen.	8
Figur 7 Verdier for sideområdet.	8
Figur 8 Verdier for overbygningen.	9
Figur 9 Verdier for tilleggselementer.	9
Figur 10 Kontroll av breddeutvidelsene i Novapoint.	9
Figur 11 Verdier for overhøyde.	10
Figur 12 Oversikt av vegtrasé i AutoCAD.....	11
Figur 13 Massebalanse vest for Reddalskanalen.....	11
Figur 14 Massebalanse øst for Reddalskanalen.	11
Figur 15 Linjeføring.....	12
Figur 16 Utforming av skjæring og grøft. Massen blir brukt i fyllingen.....	12
Figur 17 Bru over Reddalskanalen.....	12
Figur 18 Visualisering av ujevn skjæring i Novapoint.....	14
Figur 19: Visualisering av ujevn skjæring etter korleksjon i Novapoint.....	14
Figur 20 Hus som må rives.	15

Formelliste

Formel 1 Dimensjonerin av vegoverbygning.....	6
---	---

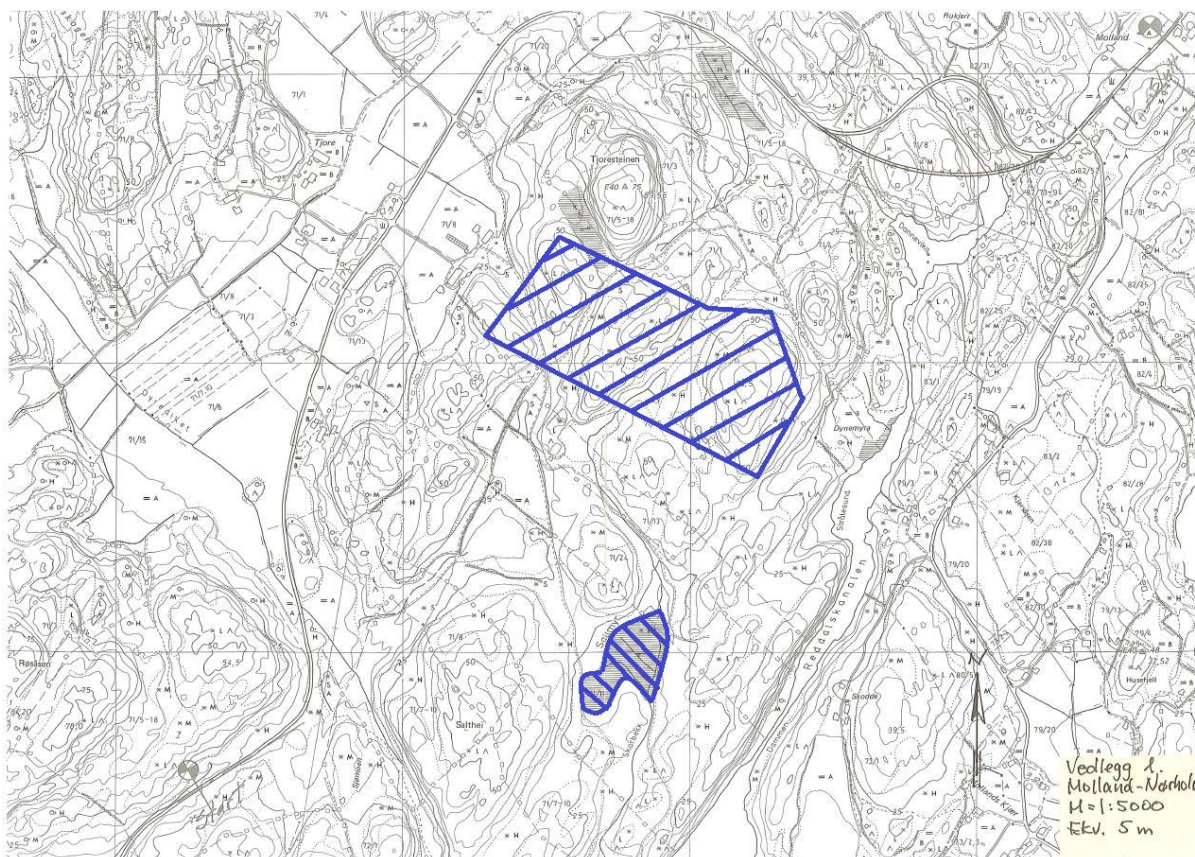
1 Innledning

Prosjektet går ut på å planlegge og konstruere en samleveg klasse Sa2 fra Molland til Nørholm i Grimstad kommune. Terrengmodell med nødvendig tegningsunderlag er blitt tildelt på forhånd. Det skal leveres en oppsummering av planforutsetninger, plan-profiltegninger, normalprofiltegninger og tverrprofiltegninger.

Prosjektrapporten gir informasjon om håndberegninger, valgte løsninger og begrunnelser for disse, tegningsprosessen i Novapoint, tegningsunderlag for vegtraséen, diskusjon, videre arbeid og konklusjon.

1.1 Planforutsetninger.

- Samleveg klasse Sa2.
- Vegnormalen N100 og N200 brukes til å bestemme nødvendige dimensjoner.
- ÅDT (i 2015) – 2450 (tatt fra SVV sitt Vegkart).
- Det er ingen kryss på strekningen.
- Vegen må krysse Reddalskanalen i bru med seilingshøyde minst 10 m.
- Bruk av tunnel skal unngås.
- Unngå konflikt med vernet område (se skravert område i Figur 1).
- Unngå myrområder (se Figur 1).



Figur 1 Oversiktskart fra oppgavebeskrivelsen.

2 Fremgangsmetode

I startfasen av prosjektet ble terrengmodellen importert inn i Novapoint og tilhørende tegningsgrunnlang i AutoCAD. Etter å ha fått et overblikk over kart og terreng er det bestemt hvor vegkorridoren kan plasseres for å oppnå kravene i planforutsetningene. Linjeføringen ble konstruert med hensyn på horisontalkurvatur, vertikalkurvatur, kotehøyder, siktavstand og massebalanse. Horisontalkurvaturen ble laget ved hjelp av vinkelpunkter i AutoCAD. Deretter ble det opprettet sirkelbuer og rette linjer basert på vinkelpunktene. Klotoider ble lagt til i ettertid for å få en riktig overgangskurve slik at krumningen tiltar eller avtar lineært med kurvelengden [1, s. 164]. Vertikalkurvaturen ble tilpasset terrenghøydene og i henhold til bestemmelsene gitt i Statens Vegvesens N100 [1, s. 66–68]. Korreksjoner og rettelser av linjeføringen ble utført gjennom hele prosjektfasen for å tilpasse vegen best mulig til terrenget og for å ha en god massebalanse.

Samlevegen som prosjekteres må følge retningslinjene som er gitt i Statens Vegvesen N100. N100 gjelder for alle offentlige veger og gir generelle rammer for vegens utforming og standard [1, s. 3]. I dette prosjektet skal det lages en samleveg med dimensjoneringsklasse Sa2. Denne dimensjoneringsklassen er utformet for en fartsgrense på 50 km/h og ÅDT > 1500. Sa2 er beregnet for interne vegforbindelser i byer eller vegforbindelser mellom bygder hvor vegen går gjennom bebygde områder. Vegen som prosjekteres har ikke egen gang og sykkelsti, da disse kan benytte vegbanen på lik linje med motorvognene. Det er derfor lagt inn en vegbredde på 5,5 meter og skulder på 0,5 meter på hver side [1, s. 66–68].

2.1 Novapoint

Novapoint er en programvare som i dag brukes til prosjektering av samferdselsprosjekter. Det finnes en rekke muligheter i Novapointserien hvor Novapoint Veg, Novapoint Bru og Novapoint Tunell er tre av i alt 21 underprogrammer. Novapoint er koblet opp mot AutoCAD for tegning av linjeføringer og disse programmene jobber sømløst med samme tegningsmodell under prosjektering [2].

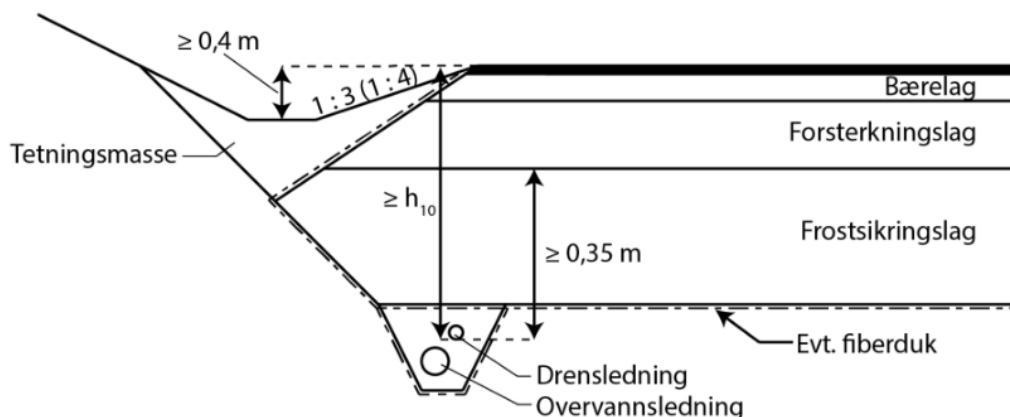
I dette prosjektet brukes Novapoint, samt Vegmodulen i AutoCAD. For å kunne legge inn prosjektspesifikke data i Novapoint, må vi på forhånd vite hvordan vegen skal utformes med tanke på drenering, skjæringer og fyllinger. Det er også viktig å vite noe om trafikkmengde, lokale værforhold og geotekniske forhold før man starter på beregning av vegoverbygningen.

2.2 Grøftutforming

Valg av grøftdimensjonen er avhengig av valgt dreneringstype, skjæring mot berg, skråningsforhold og geotekniske forhold. De fire neste underkapitlene gir en forklaring på valgt løsning og dimensjonering av grøften.

2.2.1 Drenering

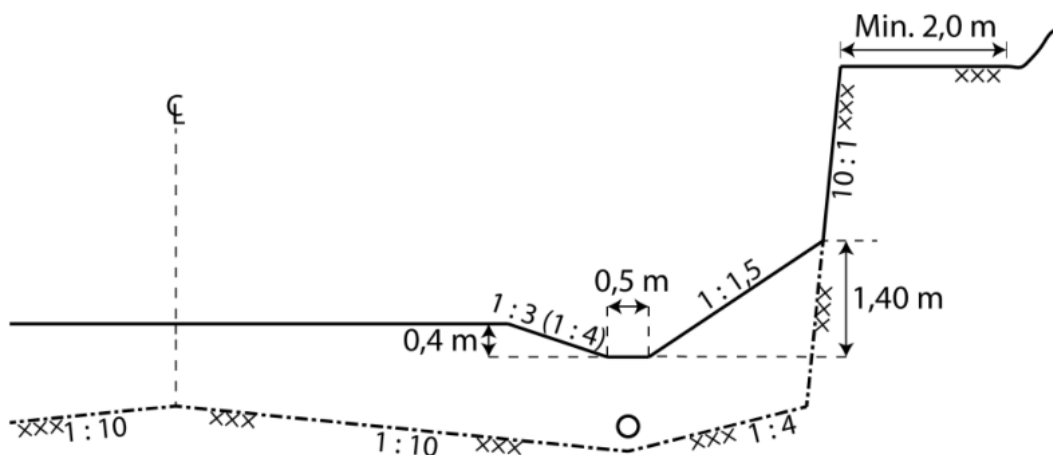
Det er i dette prosjektet valgt å bruke lukket drenering. Denne dreneringsløsningen gir bedre trafiksikkerhet på grunn av slake grøfteskrånninger. Den reduserer også arealinngrepet og gir mindre masseuttak sammenliknet med åpen drenering. Ulempen med lukket drenering er at den har en større kostnad å etablere, sammenliknet med åpen drenering. I prosjektbeskrivelsen er det et krav om at frostsikringslaget skal være drenert, noe som er mulig med lukket drenering. Figur 2 gir en beskrivelse av helningsparameterne som må brukes for lukket drenering.



Figur 2 Grunne overvannsgrøfter og lukket drenering [3, Fig. 406.4]

2.2.2 Skjæring mot berg

Figur 3 gir retningslinjer på hvordan en redusert skjæringsprofil med tilbakefylling mot berg skal dimensjoneres. På grunn av et vernet område som ligger plassert mellom Molland og Nørholm er disse retningslinjene fulgt i dette prosjekt. For å unngå at et eventuelt fjellras havner på veien, er det viktig at tilbakefyllingsmassen som brukes mot fjellsiden har en dempende effekt. Geotekniske undersøkelser må avdekke om fjellveggen og eventuelle jordmasser over fjellveggen må sikres mot nedfall [3, s. 67–69].

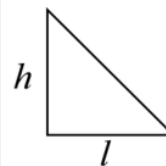


Figur 3 Redusert skjæringsprofil med tilbakefylling mot berg [3, Fig. 225.2].

2.2.3 Skråningshelning for skjæring

Skråningshelningen er avhengig av jordgrunnens stabilitetsegenskaper og erosjonsforhold. Skråningshelningen bør avrundes for å hindre at jordgrunnen sklir ut [3, s. 86]. Undergrunnen består i dette prosjektet av sand/morene (T3). Dette gir en skråningshelling på 1:1,5, som vist i Figur 4.

Grunnforhold	Største skråningshelning (h : l)	
		Spesielle overflatetiltak må planlegges
Stein	1:1,5	1:1,25
Grus	1:2	1:1,5
Sand $C_u \geq 5$	1:2	1:1,5
Finsand/silt		
– tørr	1:3 ¹⁾	1:2 ¹⁾
– lagdelt	1)	1)
– vannmettet		
Leire		
– skjæringsdybde 0-10 m	1:3	1:2 ²⁾
– skjæringsdybde > 10 m	1:3 ²⁾	



- 1) Ved lagdelt og/eller vannmettet finsand/silt bør skråningshelning vurderes spesielt. Profilet skal da vurderes i sammenheng med sikringstiltak.
- 2) Stabilitet mot dyperegående glidninger skal undersøkes.

Figur 4 Største skråningshelning for skjæring [3, Fig. 242.1].

2.2.4 Skråningshelning for vegfyllinger

Fyllingskråningene blir utformet ut fra hvilke materialer som er tilgjengelig. På grunn av mye utsprengt masse i dette prosjektet, er skråningshelningen satt til 1:1,25 som er gitt for stein (se Figur 5). Det er i tillegg utført skråningstilpasninger i vegtraséen for bedre tilpasning til terrenget.

Materialer	Største skråningshelning
Stein	1: 1,25 ¹⁾
Grus	1:1,5
Sand	1:1,5
Finsand/silt	1:2
Leire	Se figur 251.2

- 1) Fylling av sprengt stein kan legges med helning brattere enn 1:1,25. Det forutsettes lagvis utlegging og stein med egnet form og størrelse i skråningsflaten.

Figur 5 Største skråningshelning for vegfyllinger [3, Fig. 251.1]

2.3 Linjeføring

I dette prosjektet er det fokusert på at linjeføringen skal være i henhold til Statens Vegvesens håndbok V120, Premisser for geometrisk utforming av veger. Denne håndboken gir veiledning for geometrisk utforming av veger og forklarer prinsippene for kravene gitt i håndbok N100 [4, s. 7]. V120 er benyttet i dette prosjektet for å få korrekt kurvatur på vegtraséen.

2.3.1 Horisontalkurvatur

Horisontalkurvaturen kan bestå av rett linje, sirkel og klotoider. Det flere mulige kombinasjoner av disse tre typene, men det er regler som må følges for hvert enkelt element.

Rettlinjer er et element som gir god sikt og gode forbikjøringsegenskaper. Ulempen med rettlinjer er det er krevende å bedømme avstand og fart til motgående trafikk og faren for å bli blendet av motgående kjøretøy er større enn i en kurve [4].

Sirkelbuer gir en konstant krumning av vegbanen. Dersom terrenget tillater det, bør sirkelbuene på en vegstreking ha tilnærmet lik radius og sirkellengde [4]. Det er viktig at nabokurvene på en vegstreking er geometrisk riktige. Figur 3.8 i V120 gir en rettledning på hvilke radius som passer sammen.

2.3.2 Vertikalkurvatur

Det stilles krav om vertikalkurveradius > 400 meter i lavbrekk og høybrekk på en Sa2 strekning [1, s. 36]. Vertikalkurveradius i høybrekk er viktig å ta hensyn til, da disse blir dimensjonert ut fra siktkrav ved kjøring i dagslys [4]. Lavbrekkskurver er dimensjonert etter krav til komfort [4]. Klotoider er ikke benyttet i vertikalkurvaturen i dette prosjektet, men kan benyttes som et nyttig verktøy for å forlenge kurveforløpet uten å forskyve veien i høyderetning.

2.3.3 Stigning

For en Sa2-veg stilles det krav til stigning. Denne skal ikke overstige 6% [1, s. 36]. I dette prosjektet har vi en maks stigning på 5,77% og en minimumsstigning på 1,00% for å sikre god avrenning fra vegbanen.

2.3.4 Sikt

Statens Vegvesens håndbok, N100, stiller krav til sikt. Bakgrunnen for disse kravene blir beskrevet i håndbok V120. For en Sa2 vei med 2 kjørefelt stilles det krav til stoppsikt på 45 meter langs hele strekningen [1, s. 36]. Det er foretatt en siktanalyse av vegstrekningen og den tilfredsstillende kravene til stoppsikt. Detaljerte resultater kan sees som vedlegg.

3 Beregninger

3.1 Dimensjonering av vegoverbygning

Formel 1 viser nødvendige beregninger for dimensjonering av vegoverbygningen. Resultatet blir lagt inn i vegmodellen i Novapoint.

Formel 1 Dimensjonering av vegoverbygning

ÅDT : 2450

2 kjørefelt

Lukket drenering

1,5 meter tykk sand / morene (T3)

Litt telefarlig frostsikringsmateriale

Sa2 (fig.510,1):

Tunge kjøretøy = 2%

Dimensjoneringsperiode = 20 år

Trafikkvekst = 2%

Aksellast = 10 tonn

Behov for frostsikring (fig.511,1):

$f_{10} \rightarrow$ maks overbygningshøyde = 1,8 meter

Årsmiddelstemperatur og frostmengder (vedlegg 2):

Årsmiddelstemperatur = 7,1°C

Frostmengde = 6000 h°C

Trafikklast (vedlegg 4):

$$N = f \cdot \text{ÅDT}_T \cdot 365 \cdot \left(\frac{(1,0 + 0,01 \cdot p)^n - 1}{0,01 \cdot p} \right) \cdot C \cdot E$$

$$N = 0,5 \cdot 2450 \cdot 0,1 \cdot 365 \cdot \left(\frac{(1,0 + 0,01 \cdot 2)^{20} - 1}{0,01 \cdot 2} \right) \cdot 2,4 \cdot 0,424 = \underline{\underline{1,106 \cdot 10^6}}$$

\Rightarrow Trafikkgruppe C (fig.512,1)

Bærelag (fig.512,2):

Velger Ag = 11 cm

Dekke (fig.512,1 og fig.510,9):

Velger stivt dekke med 3,5 cm slitelag og 3,0 cm bindelag

BI = 50 < 6,5 cm · 3 + 11 cm · 3 = 52,5 \Rightarrow OK!

Korreksjon av frostdybde ved ikke telefarlig grus, drenert (fig.511,5):

$$\frac{7,1-8}{x-0,89} = \frac{6-8}{0,94-0,89} \Rightarrow x = \frac{7,1-8}{\frac{6-8}{0,94-0,89}} + 0,89 = \underline{\underline{0,9125}}$$

Overbygningstykkelse = frostdybde (fig.511,4):

$$1,2m \cdot 0,9125 = 1,095m$$

Forsterkningslag :

Siden vi ikke kjenner graderingstallet, Cu, bruker vi bæreevnegruppe 5 (fig.510,3 og kapittel 6.3)

Nødvendig tykkelse på forsterkningslag = 70cm (fig.512,2)

$$Pukk = 1,1 \text{ (fig.510,9)}$$

↓

$$\text{Forsterkningslag} = 70cm \cdot \frac{1}{1,1} = 63,6cm \approx \underline{\underline{65cm}}$$

Frostsikringslag :

$$1,095m - 0,065m - 0,11m - 0,65m = \underline{\underline{0,27m}}$$

Kontroll mot anleggstekniske forhold :

Forsterkningslag på grus, sand, morene med bæreevneklassifisering T3 og trafikkgruppe C angir ikke behov for ekstra forsterkningslagstykkelse pga. anleggstekniske forhold (fig.512,2).

Nødvendig tykkelse på nedre frostsikringslag ut fra en undergrunn av leire med grus, sand, morene med bæreevneklassifisering T3 er 30cm.

$$27cm < 30cm \Rightarrow \underline{\underline{30cm}}$$

Kontroll av styrkeindeks :

$$\text{Krav til styrkeindeks er } 70 + 50 = \underline{\underline{130}}$$

$$\text{Styrkeindeks for vegkonstruksjonen er } 52,5 + 65 \cdot 1,1 + 30 \cdot 1,0 = \underline{\underline{154}}$$

$$130 < 154 \Rightarrow \underline{\underline{\text{Kravet til styrkeindeks er OK}}}$$

4 Prosjektering i Novapoint

I Novapoint er det i dette prosjektet opprettet en egen mal for normalprofilen. Dette er gjort for å ha korrekt profildata for vegen som skal bygges. Egenskapene for normalprofilen er plassert under fanen «veg → Oppgave → Innstillinger → normalprofil» i Novapoint.

Dataene som er gitt i Figur 6 - Figur 11 er basert på verdier gitt i Statens Vegvesen N100 og N200. Beregningene som er utført i *Formel 1* gjelder for overbygningen.

4.1 Kjørebane

Bredden på kjørebanelen er i N100 gitt til å være 2,75 meter for Sa2 og ytre skulder skal ha en dimensjon på 0,5 meter. I tillegg skal helning på takfallet være 3% [1, s. 66].

	Bredde	Helling	Høyde	(Flater)
<input type="checkbox"/> Midtdeler				
<input checked="" type="checkbox"/> Kjørebane	Kjørefelt 1: 2.750 m	-0.030 m/m	-0.082 m	(1.1)
<input type="checkbox"/> Tilleggsflater	Kjørefelt 2: [] m	[] m/m	[] m	(1.3)
<input checked="" type="checkbox"/> Sideområde	Kjørefelt 3: [] m	Arv m/m	[] m	(1.5)
<input checked="" type="checkbox"/> Overbygning	Kjørefelt 4: [] m	Arv m/m	[] m	(1.7)
<input checked="" type="checkbox"/> Tilleggsselementer	Ytre skulder 1: 0.500 m	Arv m/m	[] m	(2.1)
	Ytre skulder 2: [] m	[] m/m	[] m	(2.2)
	Grusskulder: [] m	[] m/m	[] m	(2.9)
Sett inn kjørefelt		<input checked="" type="radio"/> Begge sider <input type="radio"/> Rampe venstre <input type="radio"/> Rampe høyre		
Referanseflate for vertikalgeometri		<input checked="" type="radio"/> Venstre kjørefelt (-1.1) <input type="radio"/> Høyre kjørefelt (1.1)		

Figur 6 Verdier for kjørebanelen.

4.2 Sideområde

Sideområdet omfatter design av grøftkantene, samt jord og fjellskjæringene. Verdiene som er gitt i Figur 7 er hentet fra *kapittel 2.2 grøftutforming*.

	Bredde	Helling	Høyde	(Flater)
<input type="checkbox"/> Midtdeler				
<input checked="" type="checkbox"/> Kjørebane				
<input type="checkbox"/> Tilleggsflater				
<input checked="" type="checkbox"/> Sideområde	Grøft			
<input checked="" type="checkbox"/> Overbygning	Grøfteflate 1: 1.200 m	-0.333 m/m	-0.400 m	(4.1)
<input checked="" type="checkbox"/> Tilleggsselementer	Grøfteflate 2: 0.500 m	0.000 m/m	0.000 m	(4.2)
	Grøfteflate 3: 2.100 m	0.667 m/m	1.401 m	(4.3)
	Grøfteflate 4: [] m	[] m/m	[] m	(4.4)
	Fjellskjæring	<input checked="" type="radio"/> Fjellskjæring 1: Til terreng	10.000 m/m	[] m (5.1)
		Fjellskjæring 2: [] m	[] m/m	[] m (5.2)
	Terrassering	<input type="radio"/> Fjellhelling: [] m	[] m/m	[] m (5.1,5.3,...)
		Plan flate: [] m	[] m/m	[] m (5.2,5.4,...)
	Jordskjæring	<input checked="" type="radio"/> Jordskjæring 1: Til terreng	0.667 m/m	[] m (6.1)
		Jordskjæring 2: [] m	[] m/m	[] m (6.2)
	Terrassering	<input type="radio"/> Skrå flate: [] m	[] m/m	[] m (6.1,6.3,...)
		Plan flate: [] m	[] m/m	[] m (6.2,6.4,...)
	Fylling	<input checked="" type="radio"/> Fylling 1: Til terreng	-0.800 m/m	[] m (7.1)
		Fylling 2: [] m	[] m/m	[] m (7.2)
	Terrassering	<input type="radio"/> Skrå flate: [] m	[] m/m	[] m (7.1,7.3,...)

Figur 7 Verdier for sideområdet.

4.3 Overbygning

Overbygningen er av den delen av vegbanen som er plassert over planum. Verdiene i Figur 8 er dimensjonert etter gjeldende grunnforhold, værforhold, trafikkmengde og vegstandard.

	Jord	Kopier ->	Fjellskjæring
<input type="checkbox"/> Midtdeler			
<input checked="" type="checkbox"/> Kjørebane			
<input type="checkbox"/> Tilleggsflater			
<input checked="" type="checkbox"/> Sideområde			
<input checked="" type="checkbox"/> Overbygning			
<input checked="" type="checkbox"/> Tilleggselementer			
Overbygningstype	Jord 1		Fjell 1
Slitelag	0.035 m		0.035 m
Bindlag 1	0.030 m		0.030 m
Bindlag 2	0.000 m		0.000 m
Bærelag 1	0.110 m		0.110 m
Bærelag 2	0.000 m		0.000 m
Forsterkningslag 1	0.650 m		0.650 m
Forsterkningslag 2	0.000 m		0.000 m
Filterlag	0.300 m		0.300 m
Total	1.125 m		1.125 m

Figur 8 Verdier for overbygningen.

4.4 Tilleggselementer

Under tilleggselementer er det lagt inn avrundinger mot terreng og minimumsbredde på fjellhyllene (se Figur 9). Fjellhyllene skal i henhold til Figur 3 være minimum 2 meter brede.

	Venstre	Høyre
<input type="checkbox"/> Midtdeler		
<input checked="" type="checkbox"/> Kjørebane		
<input type="checkbox"/> Tilleggsflater		
<input checked="" type="checkbox"/> Sideområde		
<input checked="" type="checkbox"/> Overbygning		
<input checked="" type="checkbox"/> Tilleggselementer		
<input checked="" type="checkbox"/> Avrunding mot terreng		
Radius	5.000 m	5.000 m
<input checked="" type="checkbox"/> Fjellhylle		
Minimum bredde	2.000 m	2.000 m
Økning		
Grenseverdi høyde		

Figur 9 Verdier for tilleggselementer.

4.5 Breddeutvidelse

Det er viktig å ta hensyn til breddeutvidelse i horisontalkurver dersom kurveradiusen < 500 meter. Dette er fordi sporbredde øker, samtidig som deler av kjøretøyet vil henge utover hjulene. Breddeutvidelsen er avhengig av kjøretøytype og horisontalkurvatur. Novapoint regner ut breddeutvidelsen automatisk som vist i Figur 10, men denne kan sjekkes mot tabell F.2 i N100 [1, s. 157].

	Profil	Bredde
1	593.572	0.000
2	638.809	0.250
3	680.127	0.250
4	725.365	0.000
5	925.933	0.000
6	970.763	0.300
7	1053.402	0.300
8	1098.232	0.000
9	1246.794	0.000
10	1291.297	0.350

Figur 10 Kontroll av breddeutvidelsene i Novapoint.

4.6 Overhøyde

For en Sa2-veg er det krav om overhøyde på 8% ved horisontalkurveradius mindre eller lik 200 meter [1, s. 67]. I dette prosjektet er den største horisontalkurveradiusen 200 meter, noe som fører til at kurvene får en overhøyde på 8%. Novapoint regner overhøyden ut automatisk (se Figur 11), men denne bør sjekkes opp mot Statens Vegvesens håndbok N100 [1, s. 67].

Flatebeskrivelse			
	Profil	Bredde	Helling
1	0.000	2.750	-0.030
2	593.572	2.750	-0.030
3	638.809	2.750	0.080
4	680.127	2.750	0.080
5	725.365	2.750	-0.030
6	950.386	2.750	-0.030
7	970.763	2.750	-0.080
8	1053.402	2.750	-0.080
9	1073.779	2.750	-0.030
10	1246.794	2.750	-0.030
11	1291.298	2.750	0.080
12	1358.012	2.750	0.080
13	1402.516	2.750	-0.030
14	1501.931	2.750	-0.030

Figur 11 Verdier for overhøyde.

4.7 Massebalanse og vegtrasé i Novapoint

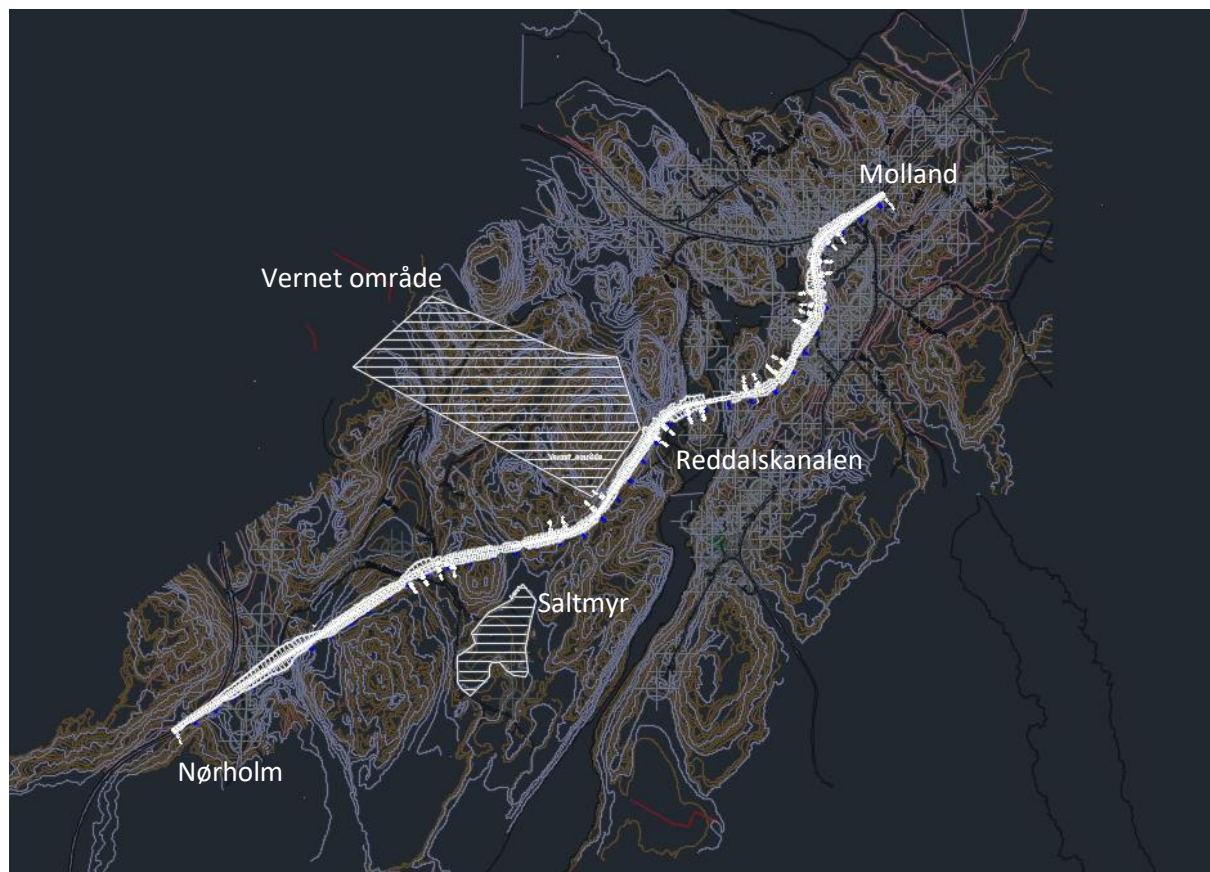
Linjeføringen er utformet med tanke på eksisterende terrengkurvatur, vernet område og boligområder i nærheten. Det er blitt fokusert på å lage en oversiktlig og harmonisk vegtrasé. Traséen er anlagt med tanke på at massebalansen skal være jevnt fordelt på begge sidene av Reddalskanalen. Dette er gjort for å kunne anlegge vegen før bruen er ferdig bygget.

I prosjekteringen er det fokusert på å unngå kontakt med myrområdet «Saltmyr», som er illustrert i Figur 12. Dette er fordi undergrunnen i myrområder må behandles spesielt og ofte vil tiltak være å forsterke grunnen [3, Fig. 510.3].

Det må anlegges en bruforbinding over Reddalskanalen med fri seilingshøyde på 10 meter. Vegen er dermed prosjektert til 11 meter for å gi plass til brukonstruksjonen.

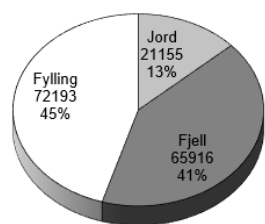
Den nye vegen fører til at det må rives et hus på vestsiden av Reddalskanalen (profilnummer 1350). Selv om dette ikke er et ønskelig resultat ved anlegning av den nye vegen, må dette gjøres for å få best mulig trasé over Reddalskanalen og jevn massebalanse.

På nordsiden av den prosjekterte vegtraséen er det et vernet område. Det er lagt stor vekt på å unngå kontakt med dette området og vegen er derfor plassert i en horisontalkurve rundt området.

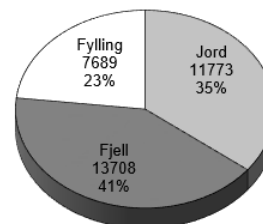


Figur 12 Oversikt av vegtrasé i AutoCAD

Det er beregnet to massebalanser i dette prosjektet. Figur 13 gjelder for vestsiden av Reddalskanalen i profil 0-1400, mens Figur 14 gjelder for østsiden av Reddalskanalen i profil 1460-2071,06. På vestsiden vil det på nåværende tidspunkt være behov for mer fylling enn utsprengt fjell. Dette kan kompenseres med sprengt masse fra østsiden av Reddalskanalen etter at bruene er bygget, eller ved bruk av eksisterende vegforbindelser. I tillegg forventes det at det vil være mer sprengt masse tilgjengelig etter at rørforbindelser og sprengning er utført. Dette bør tas hensyn til ved videre prosjektering.



Figur 13 Massebalanse vest for Reddalskanalen.

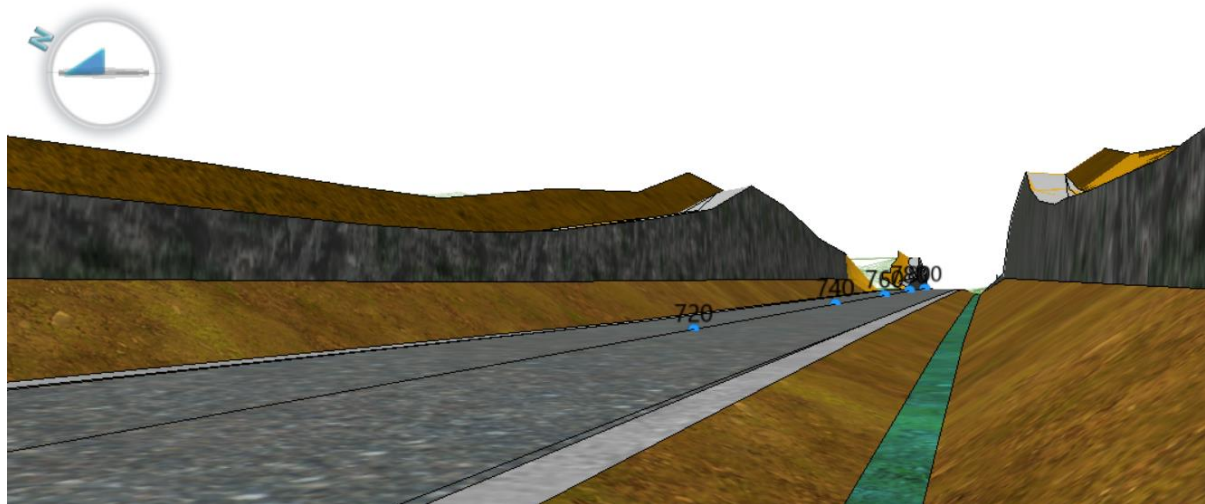


Figur 14 Massebalanse øst for Reddalskanalen.

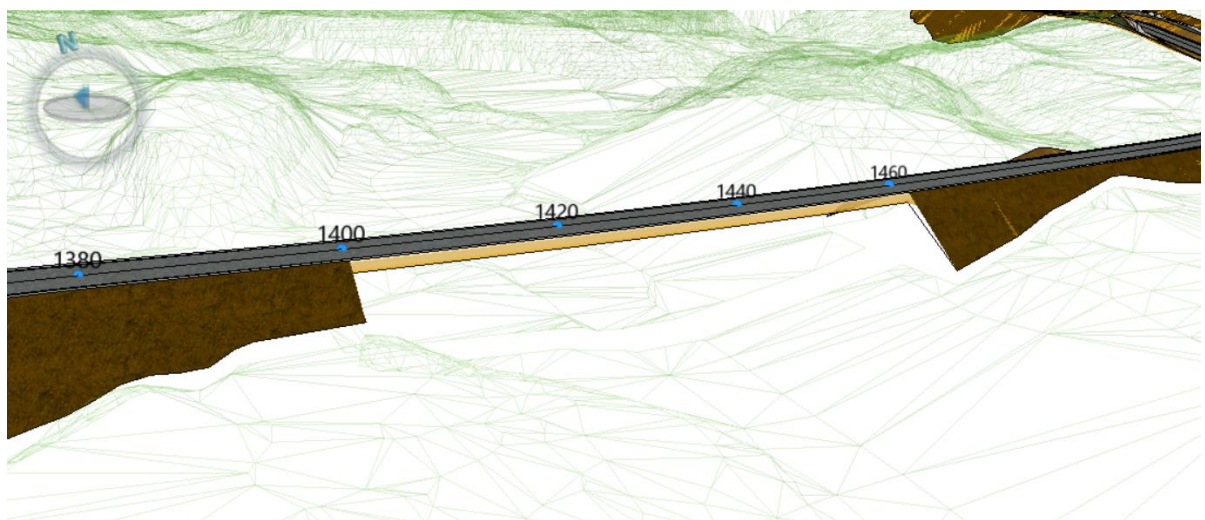
For å gi et inntrykk av hvordan linjeføringen og detaljer av vegen vil bli seende ut, er det lagt inn noen illustrasjoner fra 3D-modellen i Novapoint (se Figur 15 - Figur 17). Illustrasjonene viser deler av linjeføringen, utforming av skjæringer og bruforbindelsen over Reddalskanalen.



Figur 15 Linjeføring.



Figur 16 Utforming av skjæring og grøft. Massen blir brukt i fyllingen.



Figur 17 Bru over Reddalskanalen.

5 Tegningsbeskrivelser

Det skal genereres tre tegningstyper i dette prosjektet; plan-profiltegninger, normalprofiltegninger og tverrprofiltegninger. Statens Vegvesens håndbok R700, Tegningsgrunnlag, gir informasjon om hvordan tegningssettet skal presenteres og skal følges for de tre nevnte tegningene. Nedenfor står det en beskrivelse for hva hver av disse tegningssettene viser og beskriver.

5.1 Plan-profiltegninger (C-tegning)

Plan og profiltegninger er en todelt tegning som viser plantegning i nedre del og profiltegning i øvre del. Det er forskjellige kriterier til tekniske tegninger for reguleringsplaner, og til konkurransegrunnlag og arbeidstegninger.

Plantegningen viser horisontalgeometrien og fremstilles som regel i målestokk 1:1000. Plantegningen skal ha koordinatnett og ekvidistansen er 1 meter (ved målestokk 1:1000). Profiltegningen viser eksisterende terreng i vegens senterlinje. Stigninger angis i prosent og må være i henhold til Statens Vegvesens normal N100. På profiltegningen er det også en rubrikk som gir detaljert informasjon om vegens høyder, tverrfall, breddeutvidelse, horisontalkurvatur og profilnummer [5, s. 23–27].

5.2 Normalprofiltegninger (F-tegning)

Normalprofil og overbygningstegninger er typiske tverrprofiltegninger. De skiller seg fra tverrprofiltegningene (U-tegning) ved at de er mer detaljerte og vises for hver dimensjoneringsklasse som inngår i traséen. Det skilles mellom F-tegning og D-tegning, hvor F-tegningen gjelder for primærveg, mens D-tegning gjelder for sekundærveg. Normalprofiltegningene tegnes vanligvis i målestokk 1:50. Det er forskjellige kriterier til tekniske tegninger for reguleringsplaner, og til konkurransegrunnlag og arbeidstegninger [5, s. 36–45].

5.3 Tverrprofiltegninger (U-tegning)

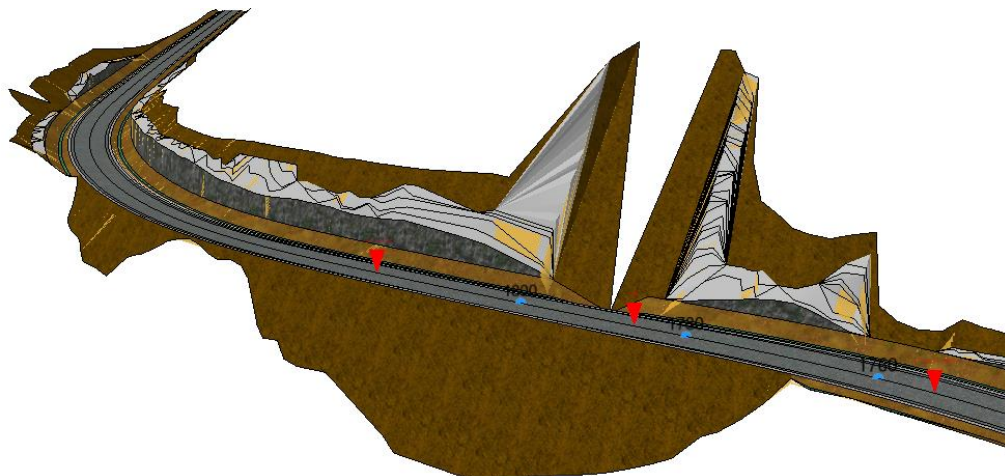
Tverrprofiltegningene tegnes nedenfra og opp på arket og fremstilles vanligvis i målestokk 1:200. Avstandene mellom profilene må være så store at de ikke overlapper hverandre på arket. Profilet tegnes i forhold til kotehøyden som er gjeldene for hver profil. Det er forskjellige kriterier til tekniske tegninger for reguleringsplaner, og til konkurransegrunnlag og arbeidstegninger [5, s. 98–101].

6 Tegningsgrunnlag for strekningen Molland-Nørholm

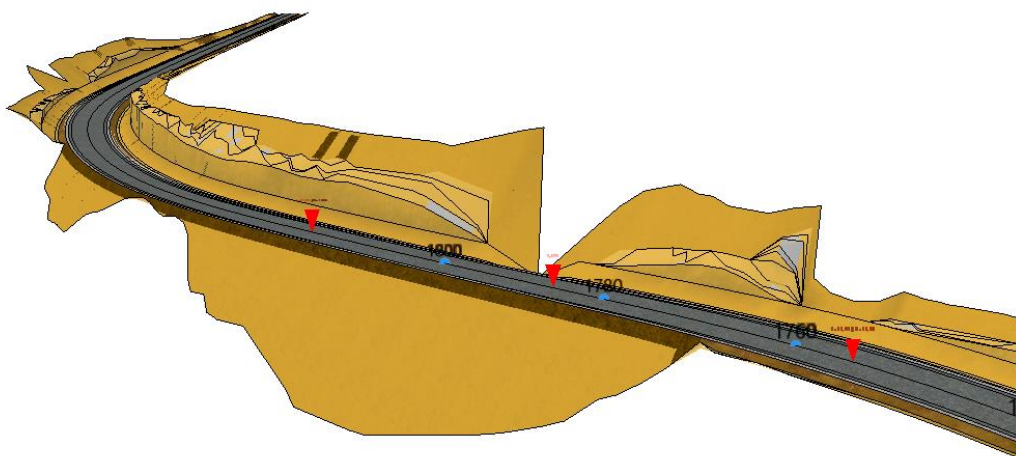
Det er utarbeidet C-tegninger, F-tegninger og U-tegninger i dette prosjektet. Alle disse følger retningslinjene i Statens Vegvesens håndbok R700, Tegningsgrunnlag. Tegningene finnes i tilhørende dokument, Tekniske tegninger.

7 Diskusjon

Ved generering av vegmodellen i Novapoint, forekom det en varierende representasjon av skjæring og fylling som vist på Figur 18.



Figur 18 Visualisering av ujevn skjæring i Novapoint.



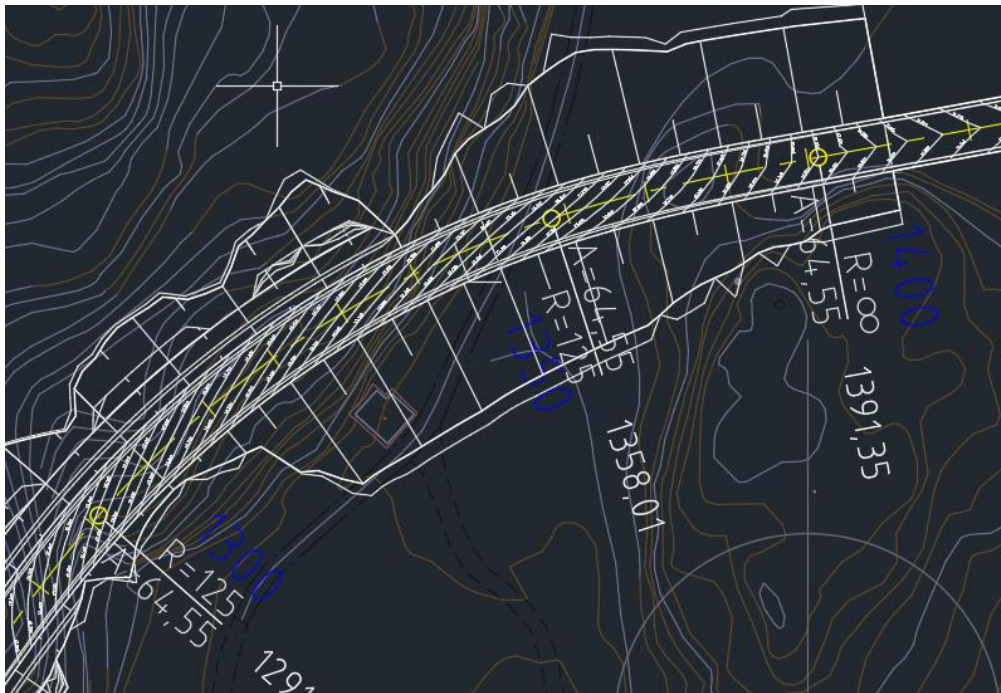
Figur 19: Visualisering av ujevn skjæring etter korreksjon i Novapoint.

Årsaken til denne «feilvisningen» er kurvaturen på fjellet og krav til helning på fylling og skjæring. Feilvisningen har også utløst diverse feilmeldinger i Novapoint. For å korrigere feilene har en brattere helning blitt valgt for utvalgte profilnummer. Komplette oversikt over korreksjonene kan sees i regnearket som ligger vedlagt under *Vedlegg*. Utfordringen ble vist og forklart for oppdragsgiver.

Valget av vegtraséen har som konsekvens ført til rivning av en bolig på profilnummer 1350 (se Figur 20). Denne rivningen er ikke konsekvensutredet, men en mulig løsning kan være bruk av støttemur i fyllingsområdet for å hindre rivning av boligen.

En siktanalyse har blitt gjennomført ved hjelp av Novapoint. Veien oppfylder krav for stoppsikt, men har muligheter for forbedring på møtesikt- og forbikjøringsavstand. Dette gjelder for områdene som har store fjellskjæringer på begge sider av vegen. En potensiell løsning vil være å sprengte vekk ekstra masse på siden av vegen for å forbedre sikt bildet. Det er ikke foretatt vurdering av ekstra mengde med masse som vil forekomme av et slikt inngrep. Basert på visuell inspeksjon av terrengmodellen, vil en

utsprenging av knausen ikke gi betydelig utslag for massebalansen. Det bør likevel iverksettes en vurdering basert på økonomiske forhold og miljø før en avgjørelse blir tatt.



Figur 20 Hus som må rives.

Prosjektering av bruene er ikke gjennomført i dette prosjektet. Masseberegningen er avgrenset til omtrentlig posisjon av brukarene og til vegskuldrene. En vurdering av bruplassering bør gjøres etter en geoteknisk undersøkelse og i samarbeid med bruingeniører.

8 Konklusjon

Det er blitt utarbeidet et prosjekteringsgrunnlag for vegen mellom Molland og Nørholm. Nødvendig dimensjonering av overbygningen er blitt utført og tegninger er blitt utarbeidet. *Kapittel 11*, Videre arbeid, viser til arbeid som gjenstår før prosjektet kan ferdigstilles.

9 Videre arbeid

Det gjenstår en del arbeid før vegen kan prosjekteres ferdig. Det trengs innspill fra andre disipliner og vurdering må gjøres i samspill med dem. Under er det gitt en liste over arbeid som det ikke er tatt hensyn til så langt, men som bør samhandles videre med andre disipliner:

- Ikke tatt hensyn til rekkverk langs veien.
- Bruforbindelsen over Reddalskanalen er kun skissert og ikke dimensjonert.
- Vann og avløps-anlegg må prosjekteres.
- Elektro må prosjekteres. En veg med dimensjoneringsklasse Sa2 bør belyses [1, s. 68].
- Landskapsarkitektur må prosjekteres.
- Skilt må prosjekteres.
- Åpen drenneingsløsning kan vurderes med hensyn på økonomi og miljø.
- Dimensjonering av støttemur for å unngå rivning av hus på profilnummer 1350.

10 Referanser

- [1] Statens Vegvesen, *N100 Veg- og gateutforming*. 2014.
- [2] Trimble, «Novapoint», 2017. [Online]. Tilgjengelig på:
<http://www.novapoint.no/produkter/novapoint>. [Åpnet: 19-okt-2017].
- [3] Statens Vegvesen, *N200 Vegbygging*. 2014.
- [4] Statens Vegvesen, *Premisser for geometrisk utforming av veger*. 2014.
- [5] Statens Vegvesen, *R700 Tegningsgrunnlag*. 2014.

11 Vedlegg

Se vedlagte filer i fronter.



Statens vegvesen

Projektering

Tekniske tegninger

Prosjektering av vegstrekningen Molland – Nørholm

Veg 1

Grimstad

TEKNISKE DATA

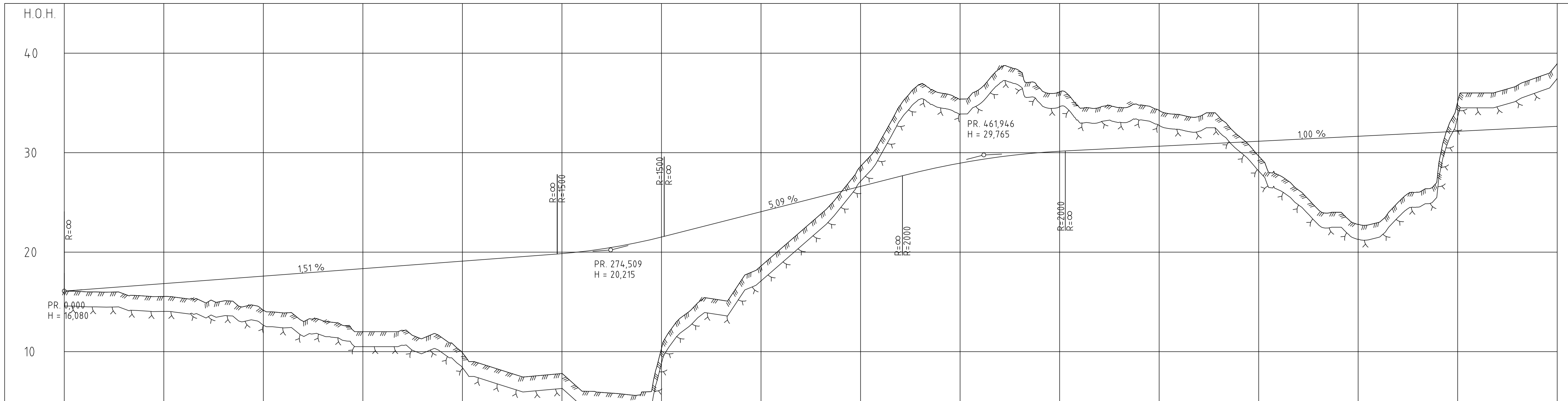
Fra – til profil:	0 – 2071.063
Dimensjoneringsklasse:	Sa2
Fartsgrense:	50 km/t
Trafikkgrunnlag (ÅDT):	2450



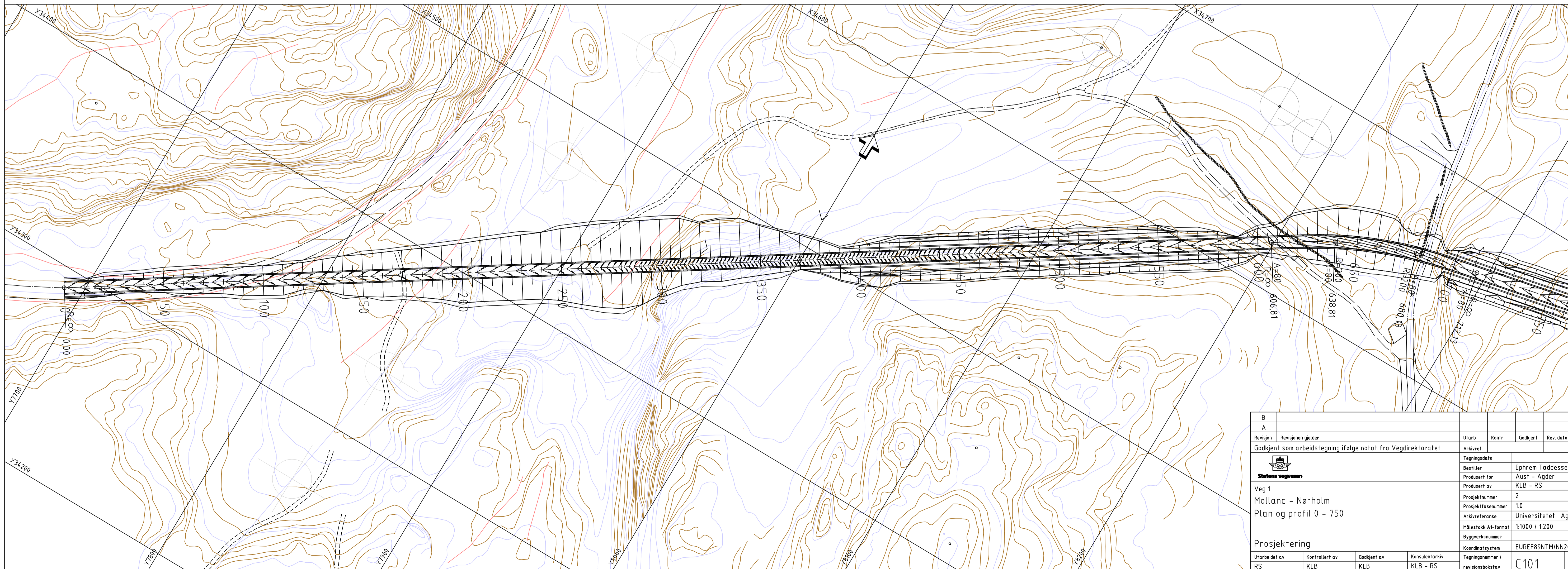
Oppdragsgiver	Universitetet i Agder	Dok nr	1
Oppdragsbetegnelse	Prosjektering av vegstrekningen Molland - Nørholm	Forrige Utgave	
Plannivå/enterprise	Prosjektering	Oppdatert	02.11.2017

TEGNINGSLISTE

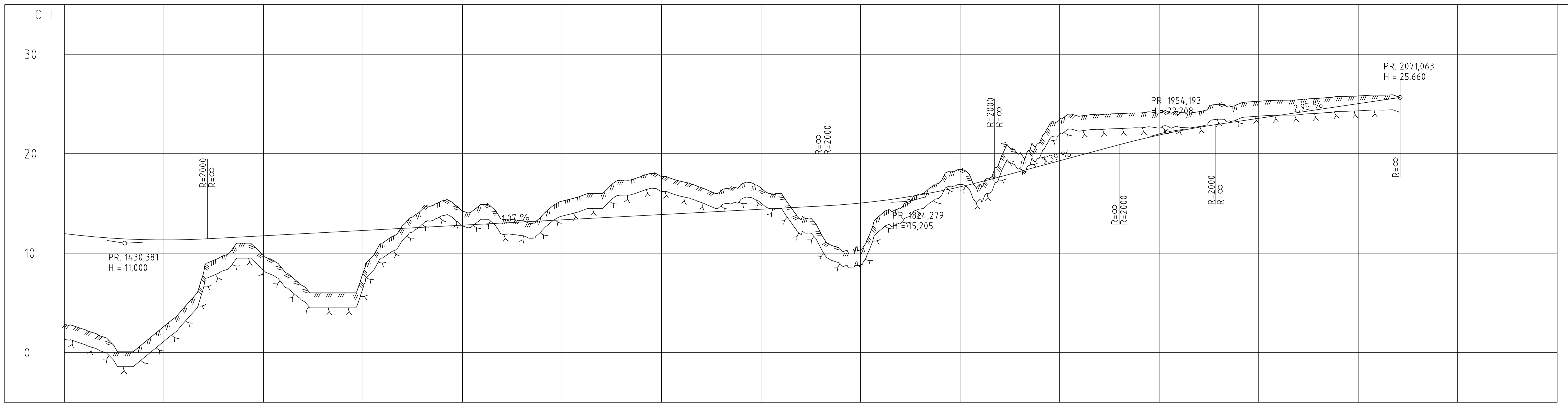
Tegn. Nr	Beskrivelse	Lev	Dato	Anm.	Rev.
A01	Forside	x	02.11.2017		
A02	Tegningsliste	x	02.11.2017		
C101	Plan og profil 0-750	x	02.11.2017		
C102	Plan og profil 700-1450	x	02.11.2017		
C103	Plan og profil 1400-2071,063	x	02.11.2017		
F101	Normalprofil 2-felt	x	02.11.2017		
F102	Normalprofil 2- felt, Overbygning	x	02.11.2017		
U101	Tverrprofiler Profil 0 - 80	x	02.11.2017		
U102	Tverrprofiler Profil 100 - 180	x	02.11.2017		
U103	Tverrprofiler Profil 200 - 240	x	02.11.2017		
U104	Tverrprofiler Profil 260 - 280	x	02.11.2017		
U105	Tverrprofiler Profil 300	x	02.11.2017		
U106	Tverrprofiler Profil 320	x	02.11.2017		
U107	Tverrprofiler Profil 340	x	02.11.2017		
U108	Tverrprofiler Profil 360 - 380	x	02.11.2017		
U109	Tverrprofiler Profil 400 - 420	x	02.11.2017		
U110	Tverrprofiler Profil 440 - 460	x	02.11.2017		
U111	Tverrprofiler Profil 480 - 500	x	02.11.2017		
U112	Tverrprofiler Profil 520 - 540	x	02.11.2017		
U113	Tverrprofiler Profil 560 - 580	x	02.11.2017		
U114	Tverrprofiler Profil 600 - 680	x	02.11.2017		
U115	Tverrprofiler Profil 700 - 740	x	02.11.2017		
U116	Tverrprofiler Profil 760 - 800	x	02.11.2017		
U117	Tverrprofiler Profil 820 - 900	x	02.11.2017		
U118	Tverrprofiler Profil 920 - 940	x	02.11.2017		
U119	Tverrprofiler Profil 960 - 1000	x	02.11.2017		
U120	Tverrprofiler Profil 1020 - 1060	x	02.11.2017		
U121	Tverrprofiler Profil 1080 - 1100	x	02.11.2017		
U122	Tverrprofiler Profil 1120 – 1140	x	02.11.2017		
U123	Tverrprofiler Profil 1160 – 1180	x	02.11.2017		
U124	Tverrprofiler Profil 1200 – 1220	x	02.11.2017		
U125	Tverrprofiler Profil 1240 – 1260	x	02.11.2017		
U126	Tverrprofiler Profil 1280 – 1320	x	02.11.2017		
U127	Tverrprofiler Profil 1340 – 1380	x	02.11.2017		
U128	Tverrprofiler Profil 1400 – 1480	x	02.11.2017		
U129	Tverrprofiler Profil 1500 – 1580	x	02.11.2017		
U130	Tverrprofiler Profil 1600 – 1680	x	02.11.2017		
U131	Tverrprofiler Profil 1700 – 1760	x	02.11.2017		
U132	Tverrprofiler Profil 1780	x	02.11.2017		
U133	Tverrprofiler Profil 1800	x	02.11.2017		
U134	Tverrprofiler Profil 1820	x	02.11.2017		
U135	Tverrprofiler Profil 1840 – 1860	x	02.11.2017		
U136	Tverrprofiler Profil 1880 – 1900	x	02.11.2017		
U137	Tverrprofiler Profil 1920 – 2000	x	02.11.2017		
U138	Tverrprofiler Profil 2020 – 2060	x	02.11.2017		



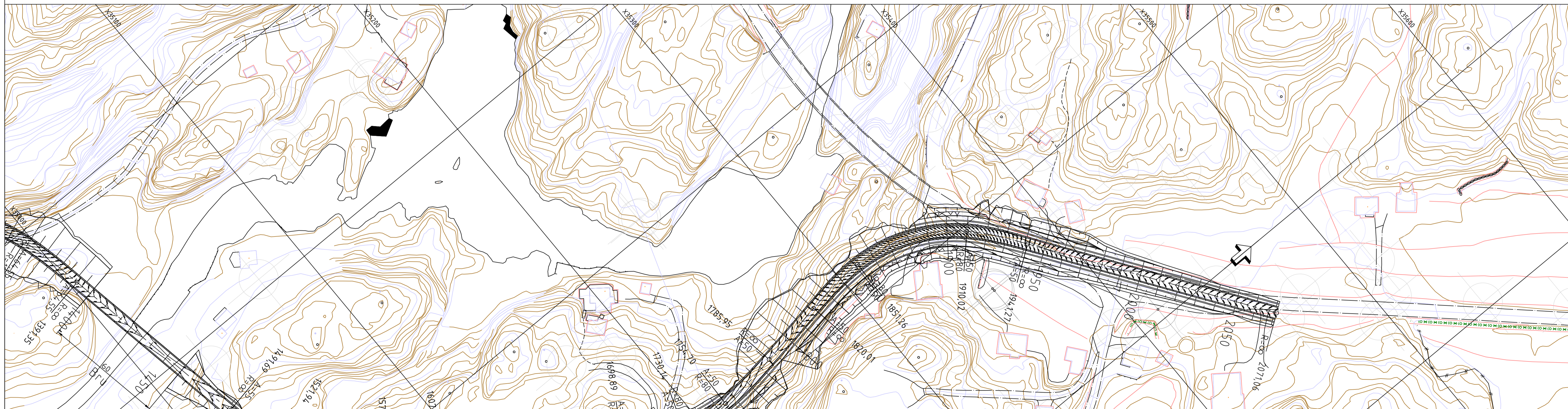
PROFIL NR.	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
HOR.KURV.														
BREDEDEUTV.														
TVERRFALL														
H.kj.b.k.	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
V.kj.b.k.														
PROFIL H.	16.08	16.23	16.38	16.53	16.68	16.83	16.98	17.13	17.29	17.44	17.59	17.74	17.89	18.04
TERRENG H.	16.02	15.98	15.79	15.59	15.54	15.35	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99
OVERBYGN.T.						112CM				112CM				112CM



A		B		Utdr.	Kontr.	Godkjent	Rev. dato
Revisjon	Revisjonen gjelder						
Godkjent som arbeidstegning ifølge notat fra Vegdirektoratet							
		Tegningsdato		Arkivref.		Ephrem Taddesse	
Veg 1		Bestiller		Produkt for		KLB - RS	
Molland - Nørholm		Produert av		Prosjektnummer		2	
Plan og profil 0 - 750		Prosjektfasen		Målestokk A1-format		1:1000 / 1:200	
Prosjektering		Byggesaksnummer		Koordinatsystem		EUREF89NTMNN2000	
Utdr. av	Kontr. av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjonsboksnavn		C101	
RS	KLB	KLB	KLB - RS				

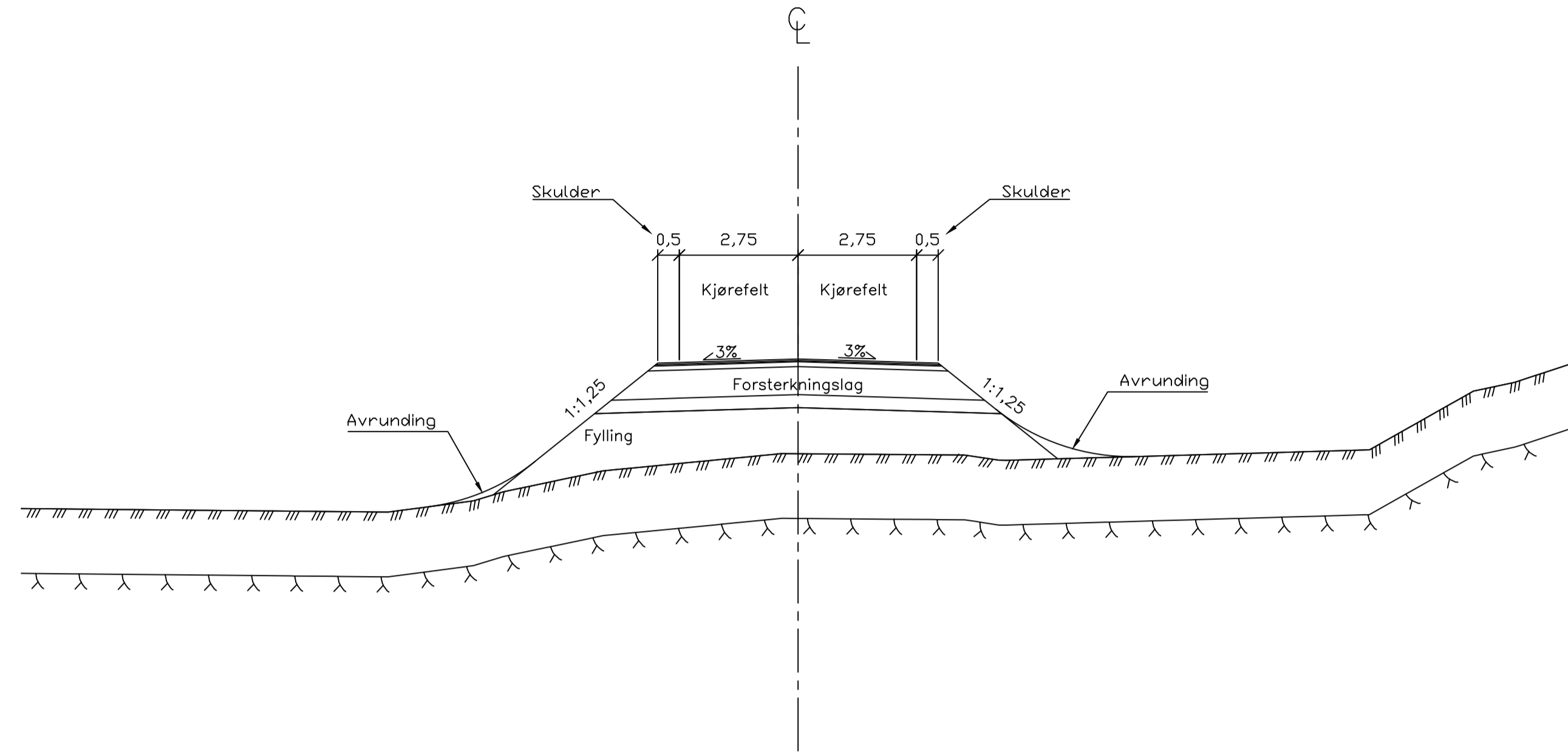


PROFIL NR.	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100
HOR. KURV.	R=∞	A=55	R=100	A=55	R=∞	A=50	R=80	A=50	R=∞	A=50	R=80	A=50	R=∞	
BREDEDEUTV.	0,00m 0,00m		0,40m 0,40m		0,00m 0,00m		0,50m 0,50m		0,00m 0,00m	0,50m 0,50m				
TVERRFALL	H.kj.b.k. 3,0%	3,0%	3,0%	8,0%	8,0%	3,0%	3,0%	8,0%	8,0%	3,0%	3,0%	3,0%	8,0%	0,0%
	V.kj.b.k.													3,0%
PROFIL H.	2,83	11,74	1,54	11,56	0,08	11,43	0,98	11,36	2,63	11,33	4,50	11,35	8,09	11,42
	9,75	11,53	11,00	11,64	9,79	11,74	8,31	11,85	6,70	11,96	6,00	12,06	7,97	12,28
	11,04	12,38	12,79	12,49	14,46	12,60	15,27	12,70	14,25	12,81	14,90	12,92	13,41	13,02
	13,26	13,13	13,78	13,24	15,23	13,34	15,78	13,45	16,00	13,56	17,23	13,67	17,73	13,77
	17,69	13,88	17,21	13,99	16,60	14,09	16,28	14,20	16,92	14,31	16,54	14,41	16,00	14,52
	13,41	14,63	12,06	14,73	10,38	14,86	10,35	15,04	13,83	15,26	14,50	15,54	15,94	15,86
	17,15	16,24	18,40	16,67	16,92	17,14	19,31	17,67	20,05	18,21	21,16	18,75	23,44	19,29
	23,77	19,83	23,92	20,37	24,03	20,90	24,10	21,42	24,09	21,88	24,18	22,29	24,23	22,66
	24,97	22,97	25,01	23,27	25,28	23,56	25,38	23,86	25,42	24,15	25,57	24,45	25,75	24,74
	25,81	25,04	25,89	25,33	25,74	25,66								
OVERBYGN.T.			112CM		112CM		112CM		112CM		112CM		112CM	112CM

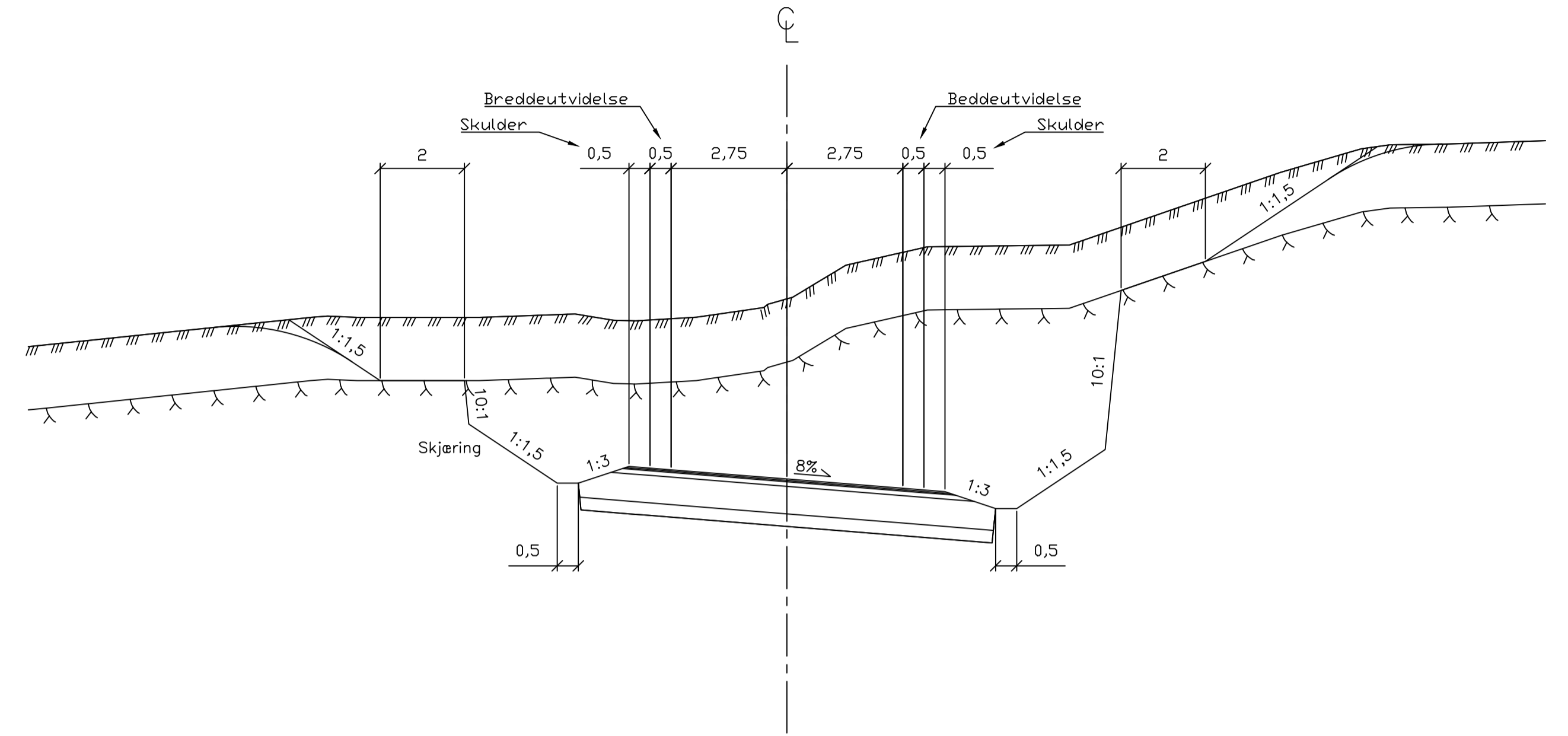


A		B		C		D	
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utlarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato		
Godkjent som arbeidstegning ifølge notat fra Vegdirektoratet						Arkivref.	
Stasjonsvegvesen		Tegningsdato		Ephrem Taddesse			
Veg 1		Bestiller		Aust - Agder			
Molland - Nørholm		Produsert for		KLB - RS			
Plan og profil 1400 - 2071063		Produsert av		2			
Prosjektering		Prosjektnummer		1.0			
Utarbeidet av		Arkivreferanse		Universitetet i Agder			
RS		Byggesnummer		1:1000 / 1:200			
Kontrollert av		Konsulentarkiv		EUREF89NTMNN2000			
KLB		Tegningsnummer / revisjonsbøktav		C103			
Godkjent av							
KLB							

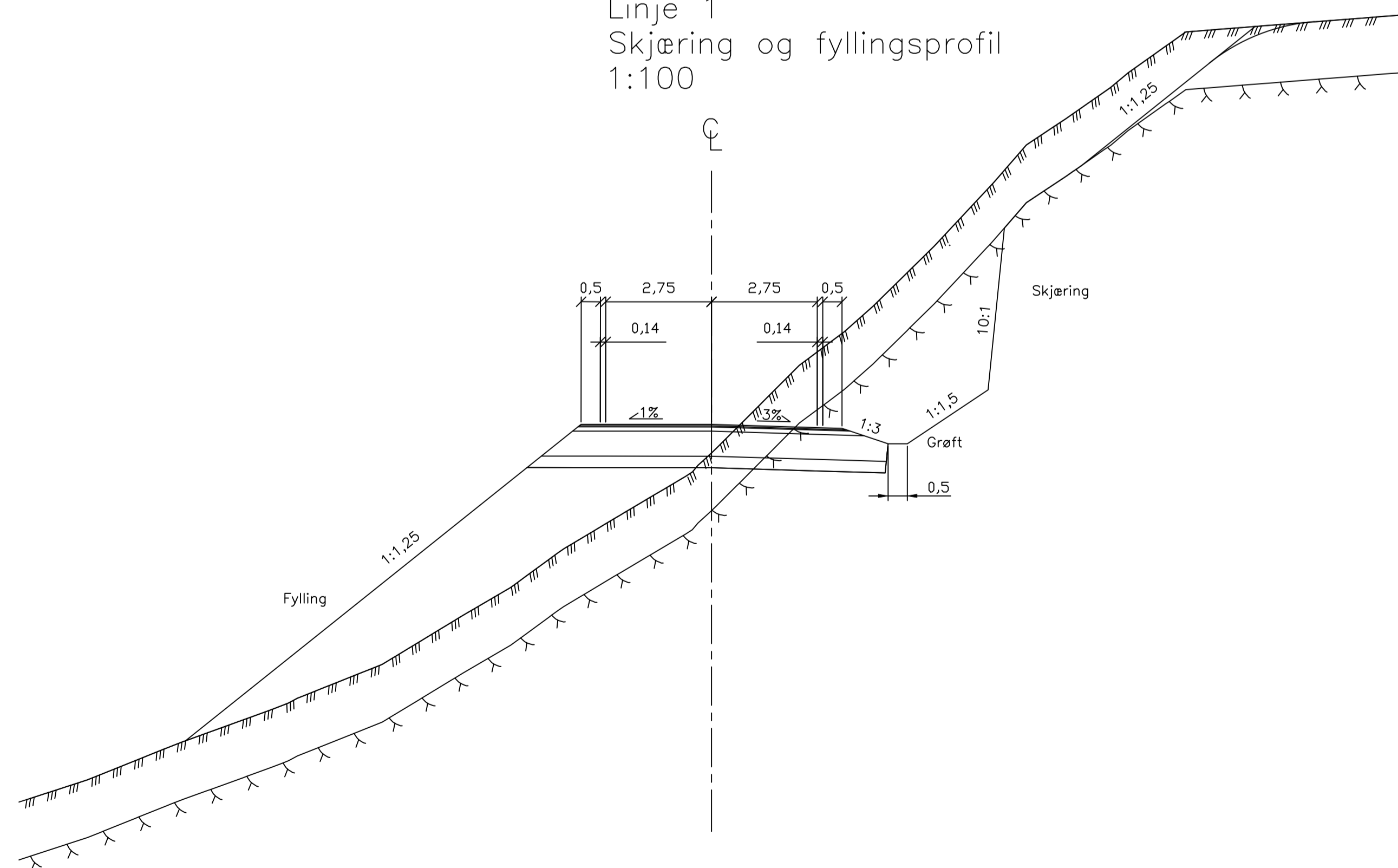
Normalprofil
2-felts veg
Linje 1
Fyllingsprofil
1:100



Normalprofil
2-felts veg
Linje 1
Skjæring med tverrfall
1:100

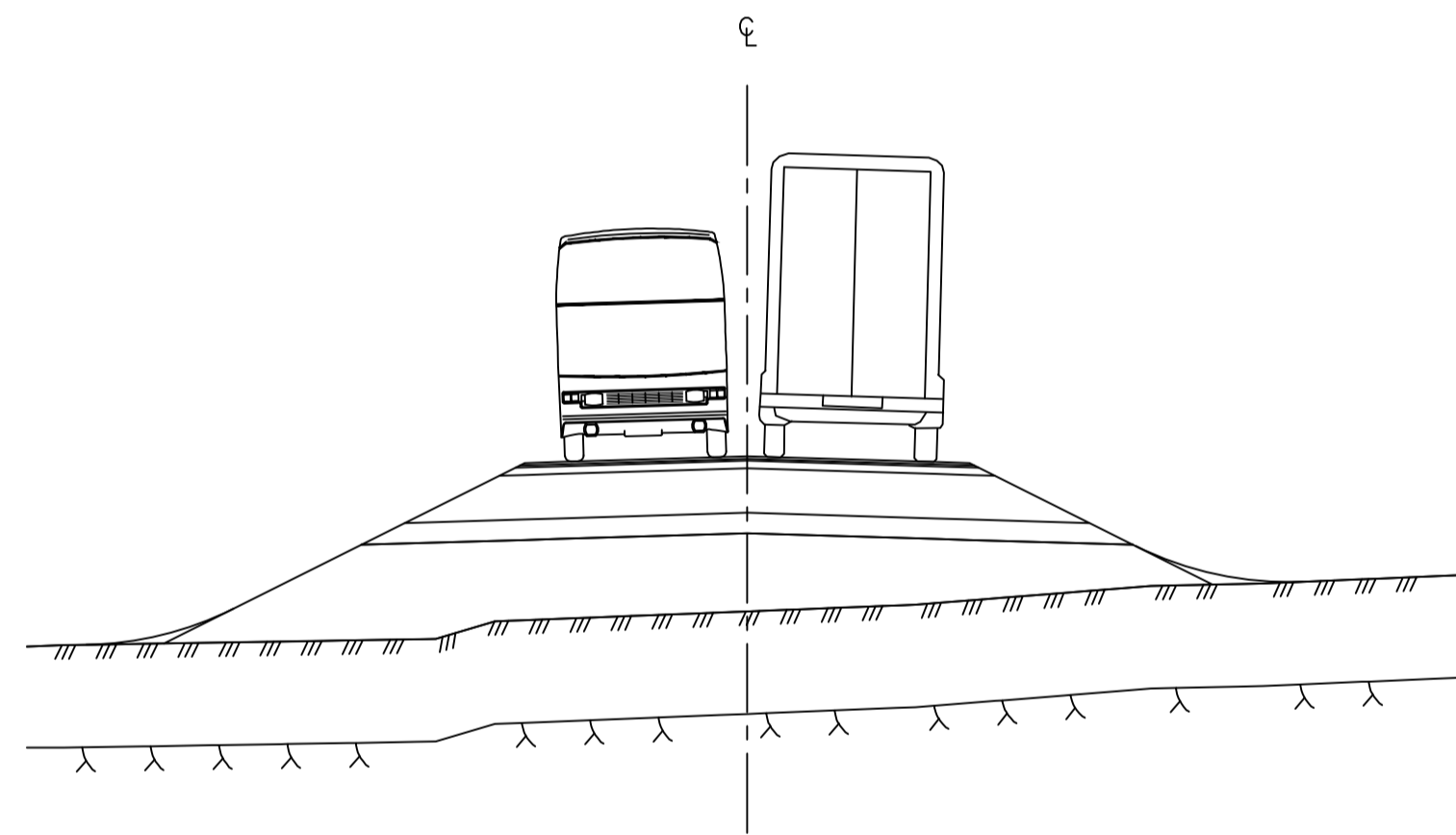


Normalprofil
2-felts veg
Linje 1
Skjæring og fyllingsprofil
1:100



B					
A					
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
Godkjent som arbeidstegning ifølge notat fra Vegdirektoratet		Arkivref.			
<p>Veg 1 Molland - Nørholm Normalprofil 2-felt</p>		Tegningsdato	Ephrem Taddese		
		Bestiller	Aust - Agder		
		Prosjektforfatter	KLB - RS		
		Prosjektnummer	2		
		Prosjektfasenummer	1.0		
Arkivreferanse	Universitetet i Agder				
Målestokk A1-format	Som vist				
Byggeværksnummer					
Prosjektering	Koordinatsystem	EUREF89NTM/INN2000			
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjonsbokstav	F 101
KLB	RS	RS	KLB - RS		

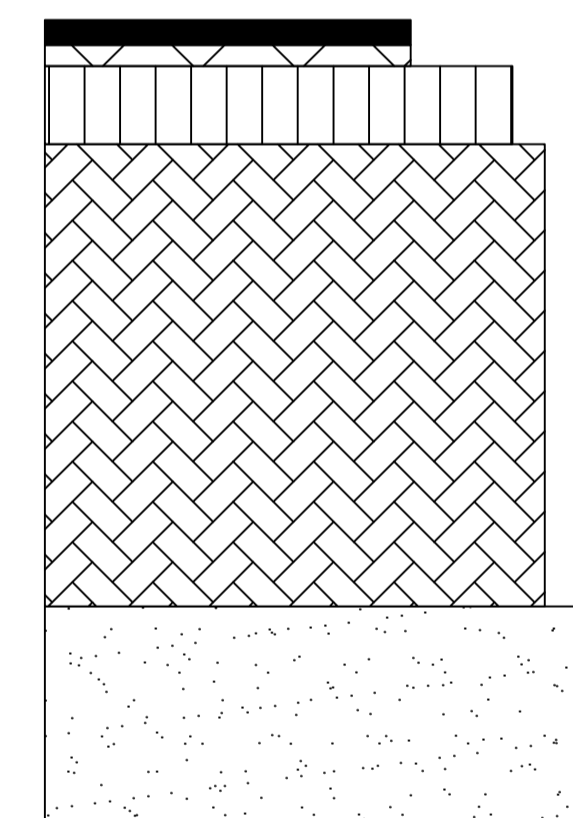
Normalprofil
2-felts veg
Linje 1
Møtende trafikk
1:100



Molland - Nørholm
1:10

- 35 mm
- 65 mm
- 175 mm


- 825 mm
- 1125 mm

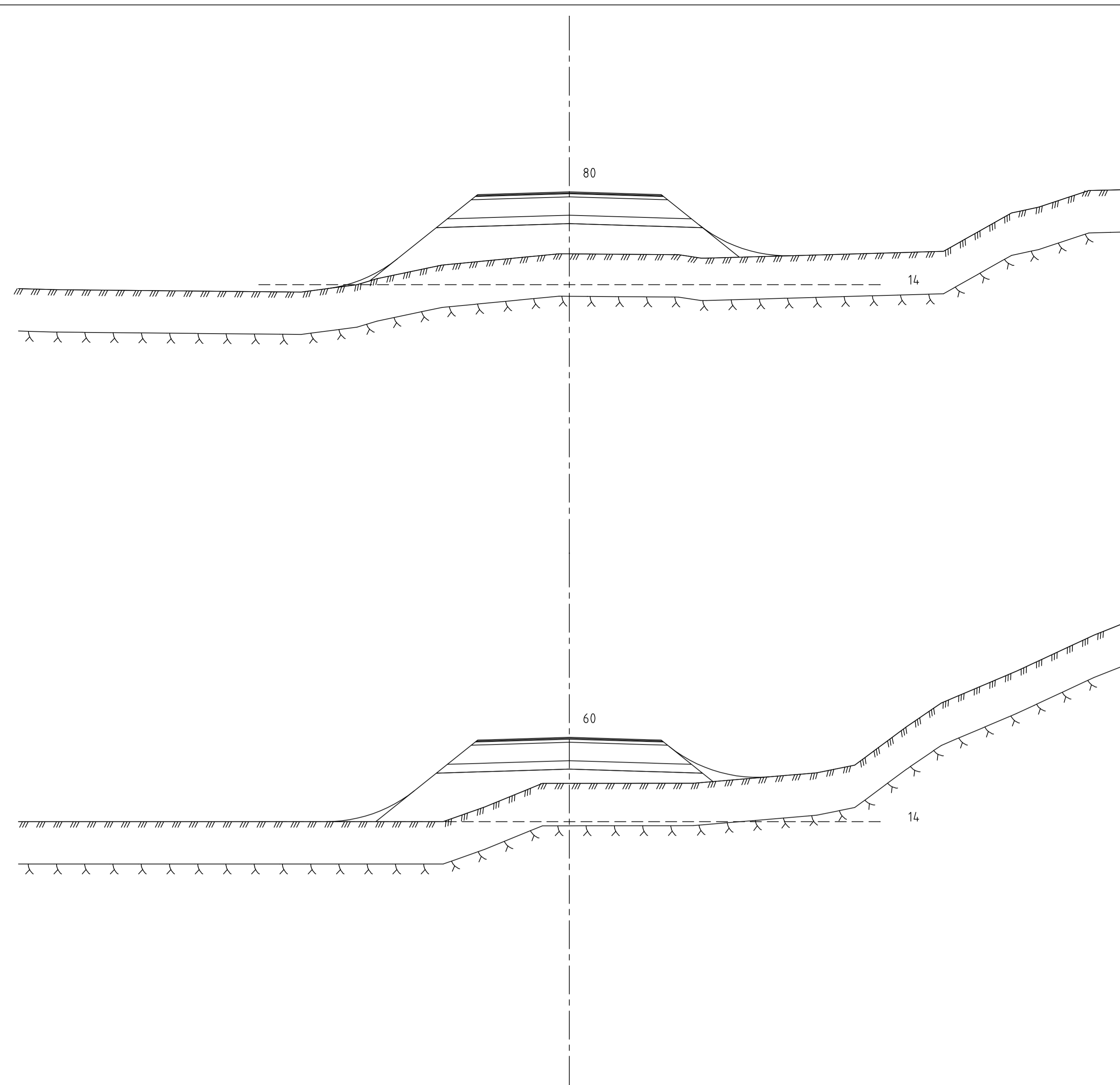
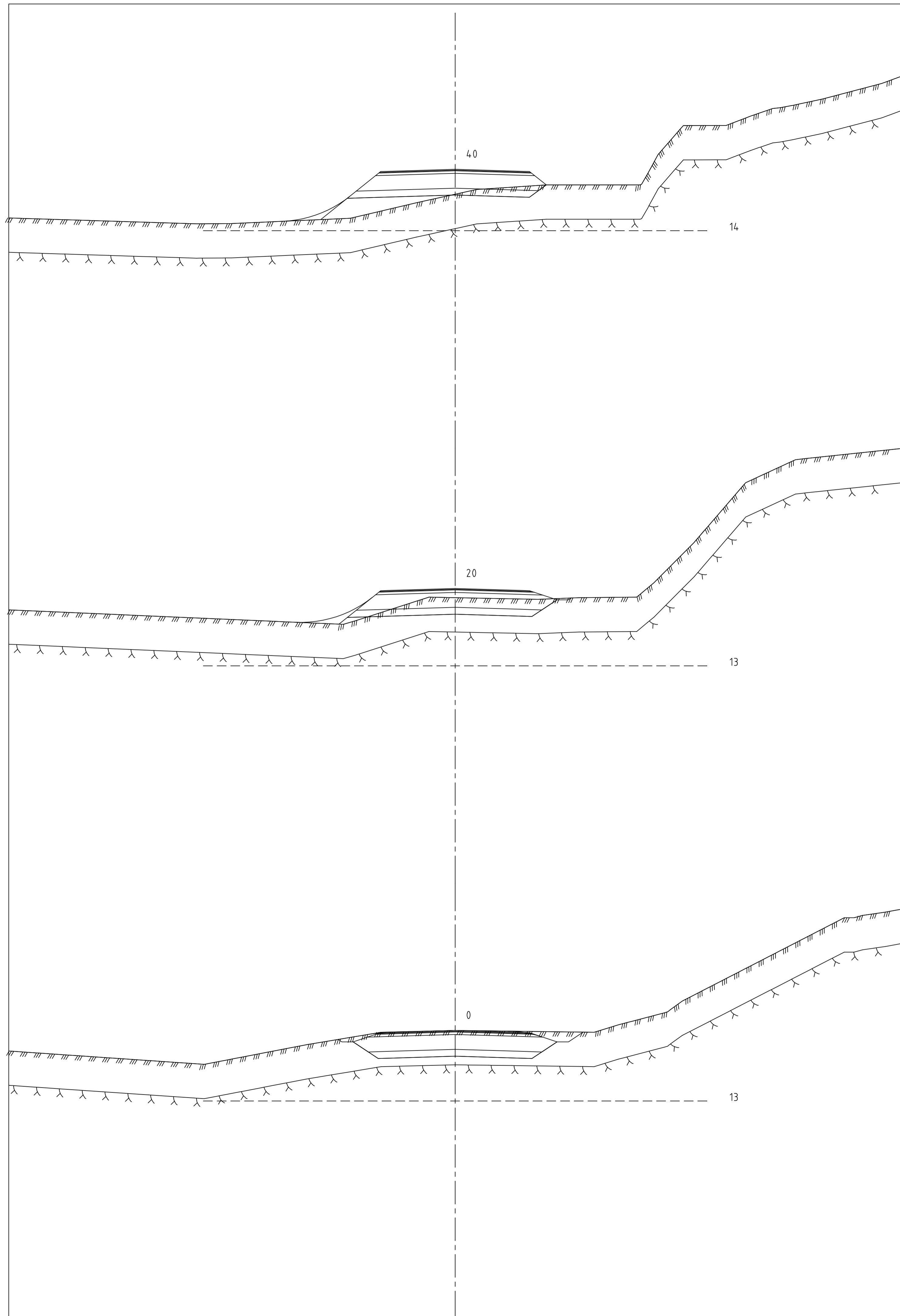



Slitelag, Ab 11, 35 mm
Bindelag, Ab 11, 30 mm
Bærelag, Ag, 110 mm

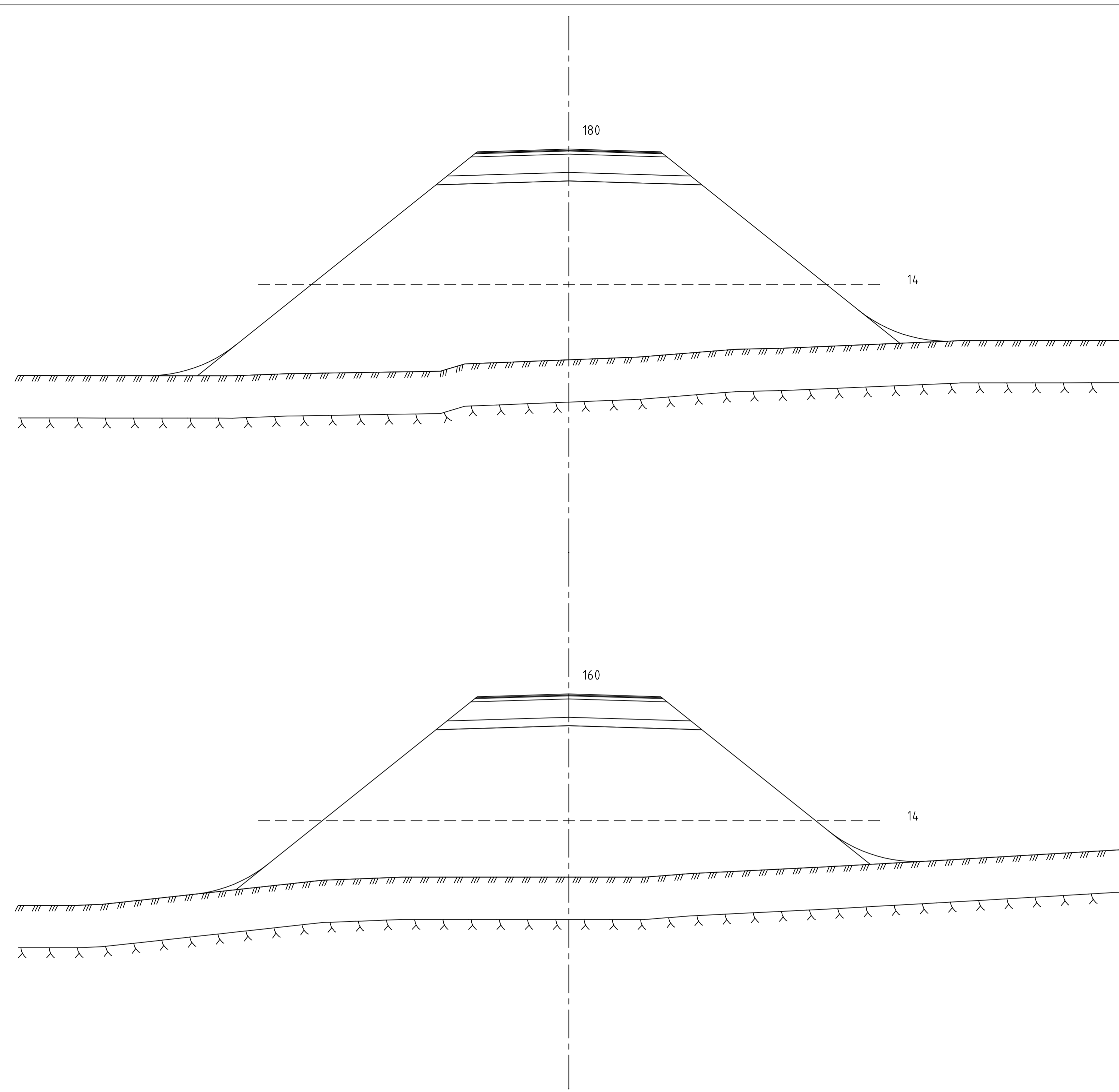
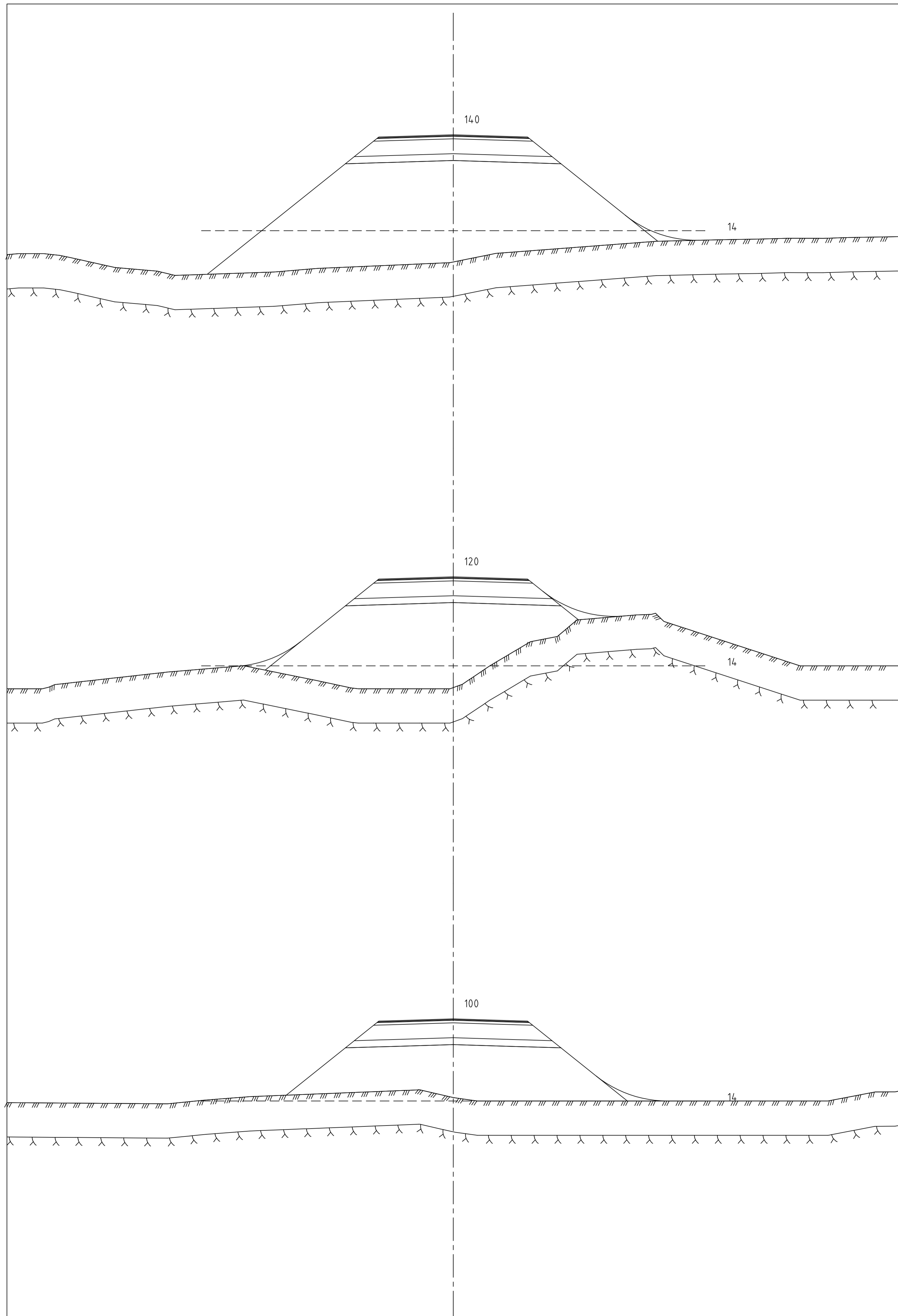
Forsterkningslag, Pukk, 650 mm


Frostsikringslag,
litt telefarlig materiale, 300 mm

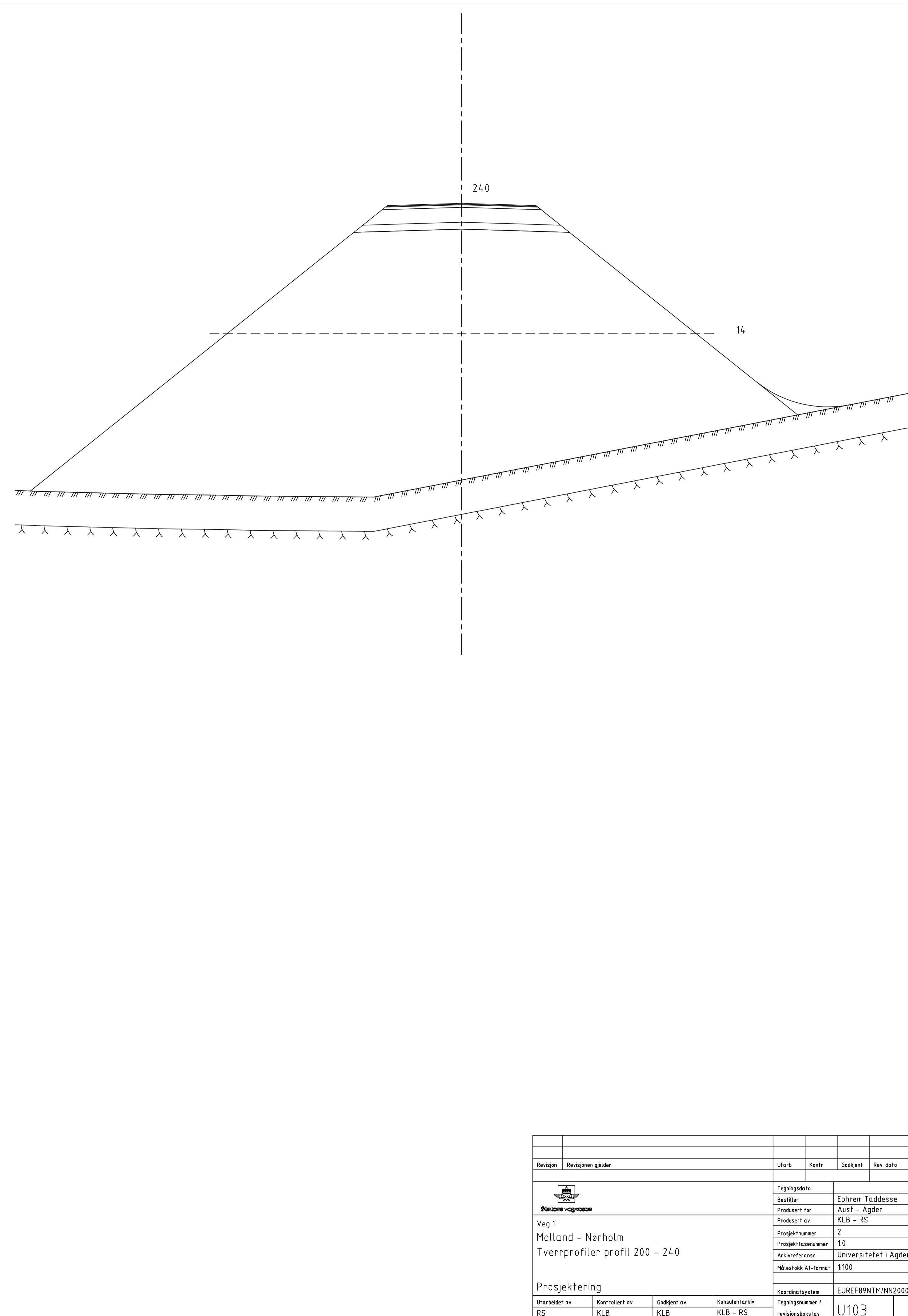
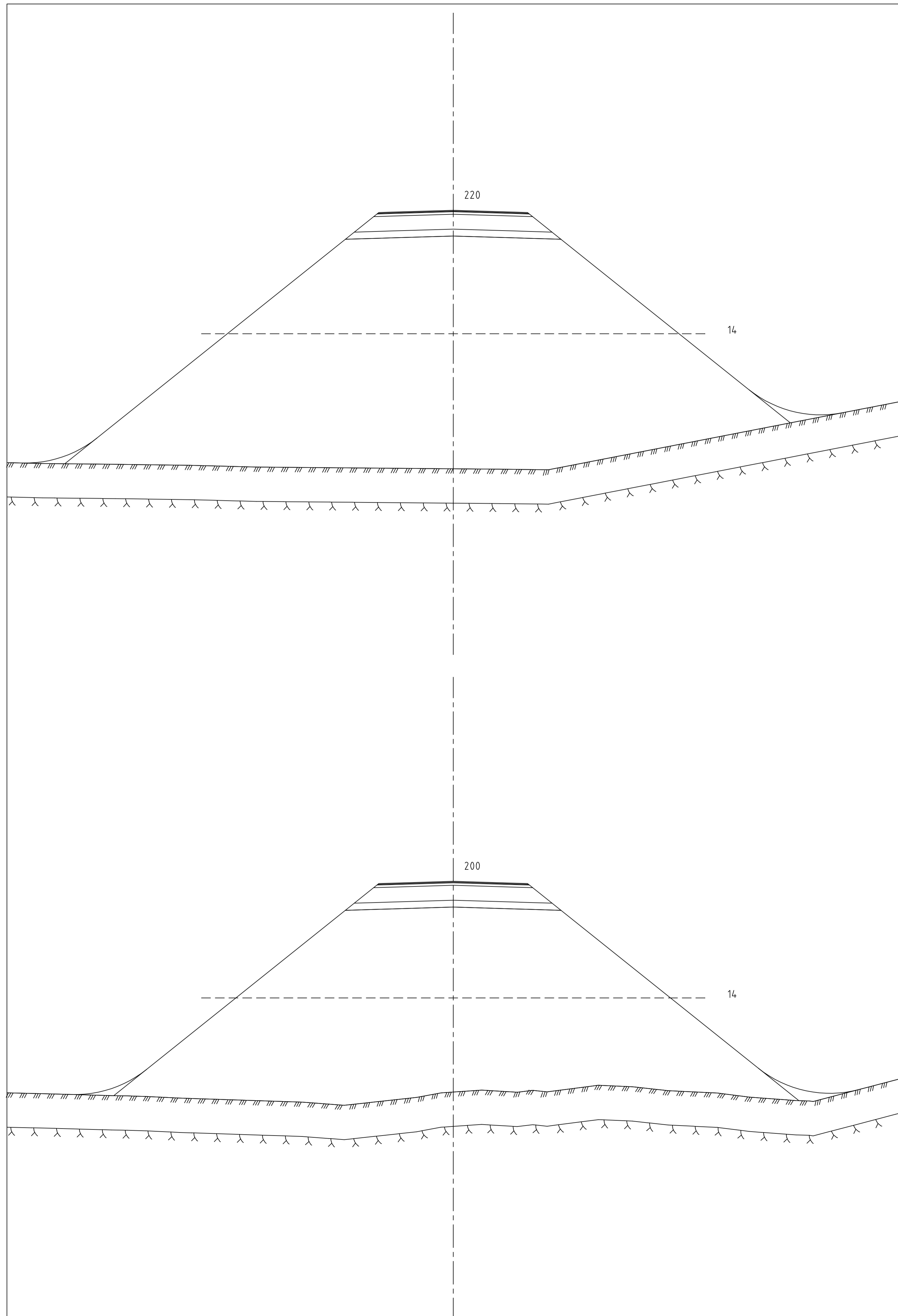
B					
A					
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
Godkjent som arbeidstegning ifølge notat fra Vegdirektoratet		Arkivref.			
 Veg 1 Molland - Nørholm Normalprofil 2-felt		Tegningsdato	Ephrem Taddesse		
		Bestiller	Aust - Agder		
		Prosjekt av	KLB - RS		
		Prosjektnummer	2		
		Prosjektfasenummer	1.0		
		Arkivreferanse	Universitetet i Agder		
Målestokk A1-format	Som vist				
Byggeværksnummer					
Prosjektering		Koordinatsystem	EUREF89NTMINN2000		
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjonsbokstav	F102
KLB	RS	RS	KLB - RS		




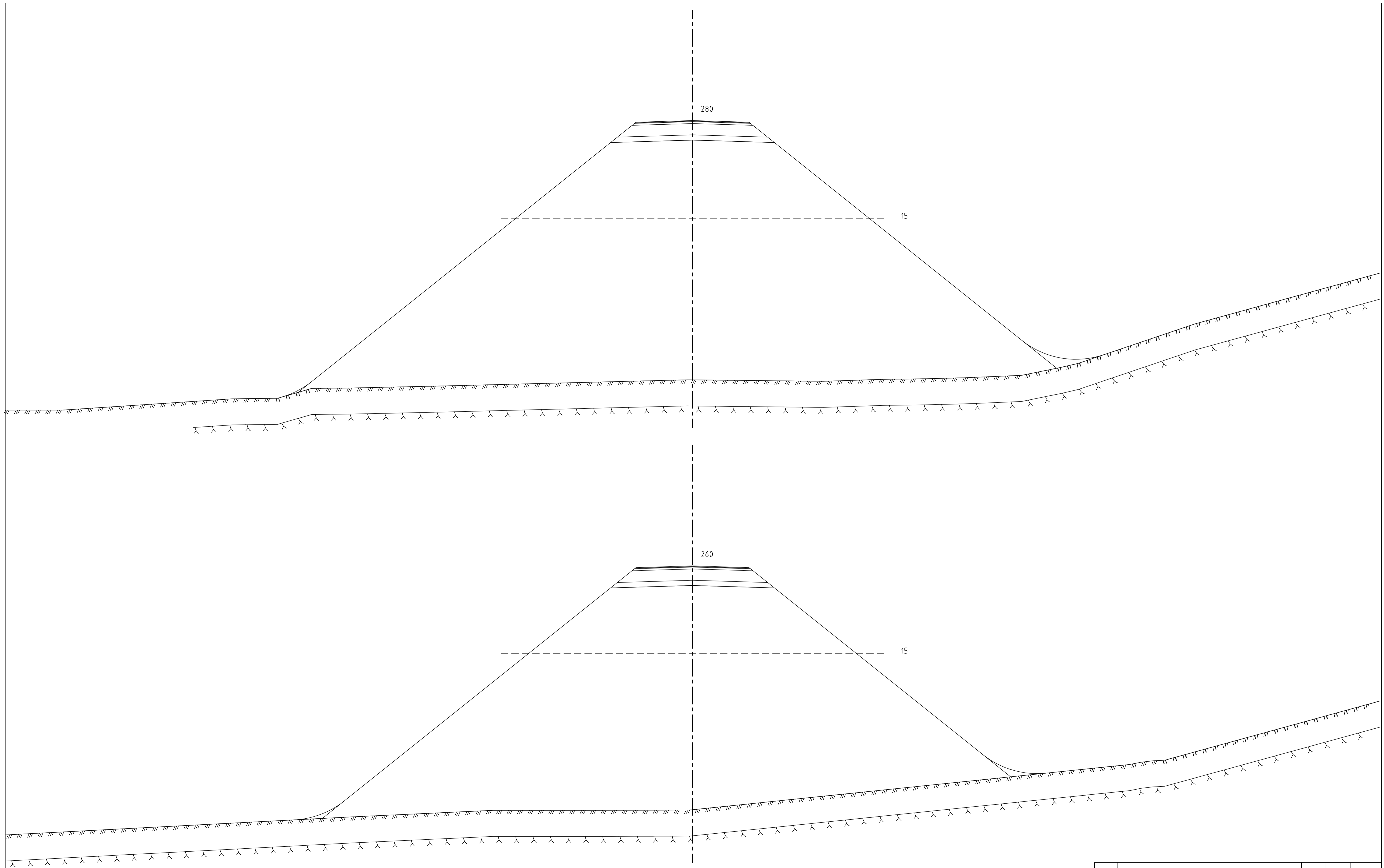
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 0 - 80		Tegningsdato		Ephrem Taddese	
		Bestiller		Aust - Agder	
		Produsert for		KLB - RS	
		Produsert av		2	
		Prosjektnummer		1.0	
		Arkivreferanse		Universitetet i Agder	
Målestokk A1-format		1:100			
Prosjektering		Koordinatsystem		EUREF89NTMNNZ000	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer /	revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS	U101	




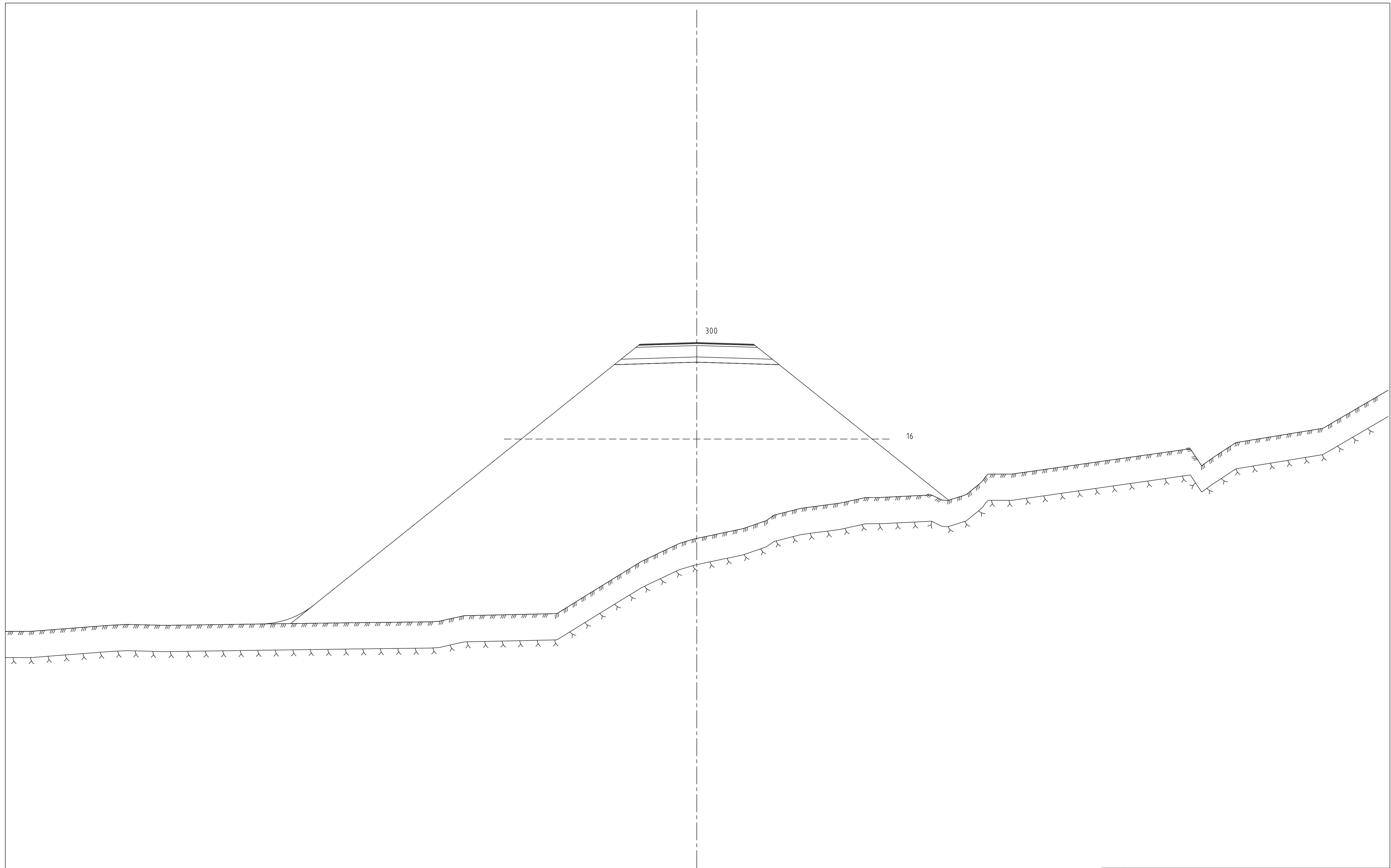
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 100 - 180		Tegningsdato			
		Bestiller		Ephrem Taddese	
		Produsert for		Aust - Agder	
		Produsert av		KLB - RS	
		Prosjektnummer		2	
		Prosjektfasenummer		1.0	
Arkivreferanse		Universitetet i Agder			
Målestokk A1-format		1:100			
Prosjektering		Koordinatsystem		EUREF89NTMNN2000	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer /	revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS	U102	




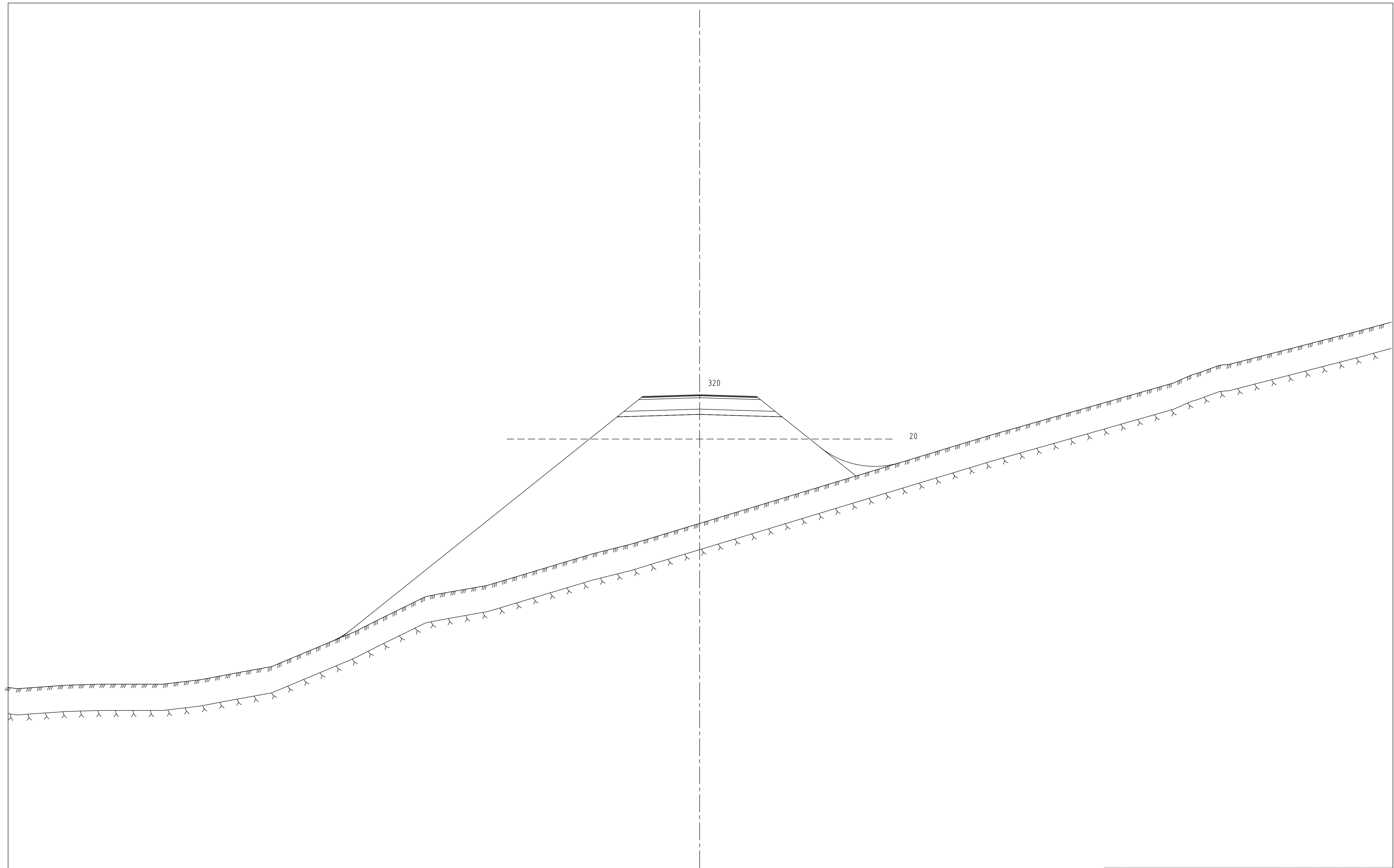
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Statens vegvesen		Tegningsdato		Ephrem Taddese	
Veg 1		Bestiller		Aust - Agder	
Molland - Nørholm		Produsert for		KLB - RS	
Tverrprofiler profil 200 - 240		Produsert av		2	
		Prosjektnummer		1.0	
		Arkivreferanse		Universitetet i Agder	
		Målestokk A1-format		1:100	
Prosjektering		Koordinatsystem		EUREF89NTM/INN2000	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer /	revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS	U103	




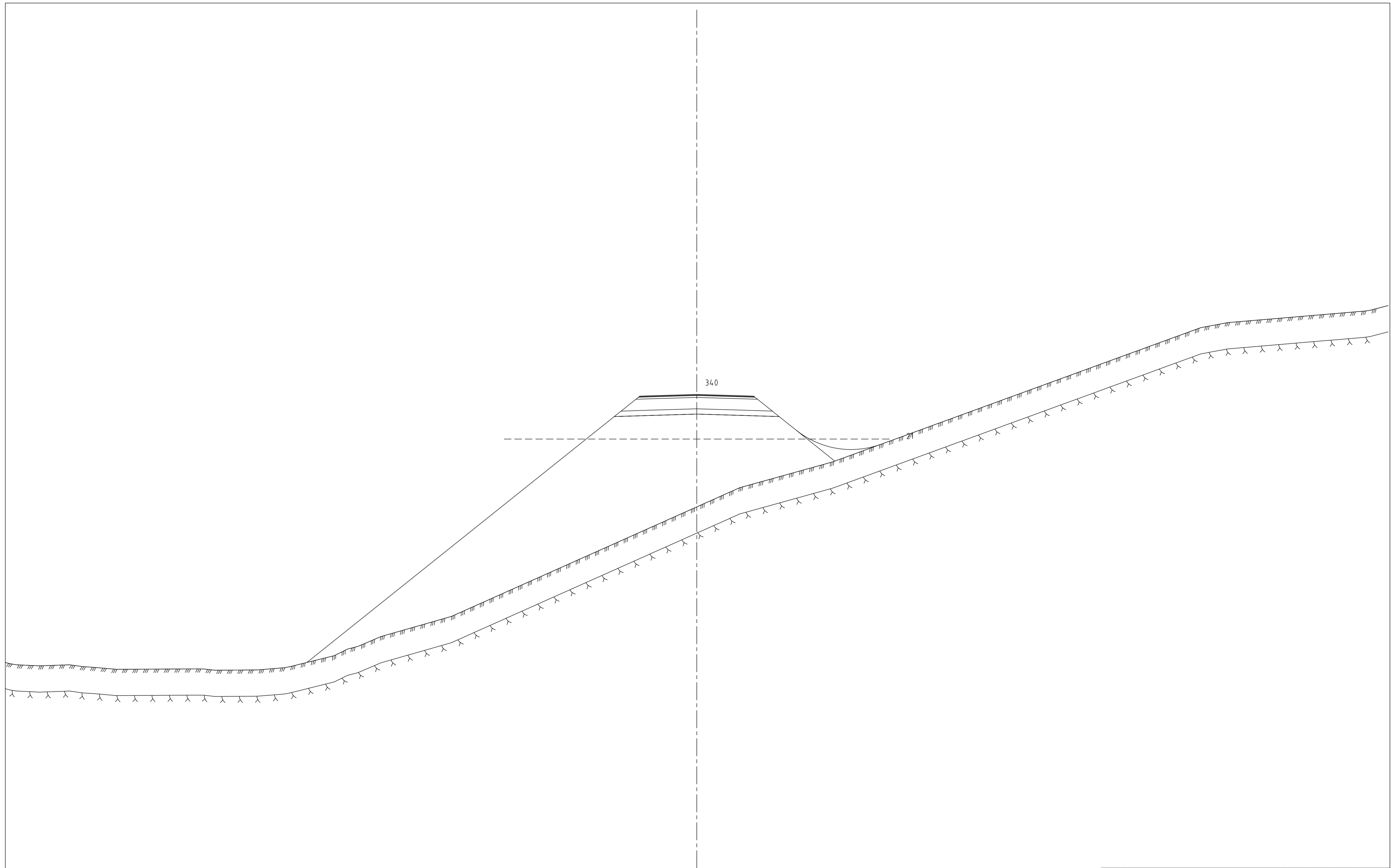
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utb. / Kontr.	Godkjent	Rev. dato
 Statens vegvesen		Tegningsdato Bestiller Ephrem Taddese Produsert for Aust - Agder Produsert av KLB - RS Prosjektnummer 2 Prosjektfasenummer 1.0 Arkivreferanse Universitetet i Agder Målestokk A1-format 1:100		
Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 260 - 280		Koordinatsystem EUREF89NTM1990 Tegningsnummer / revisjonsbokstav U104		
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	
RS	KLB	KLB	KLB - RS	



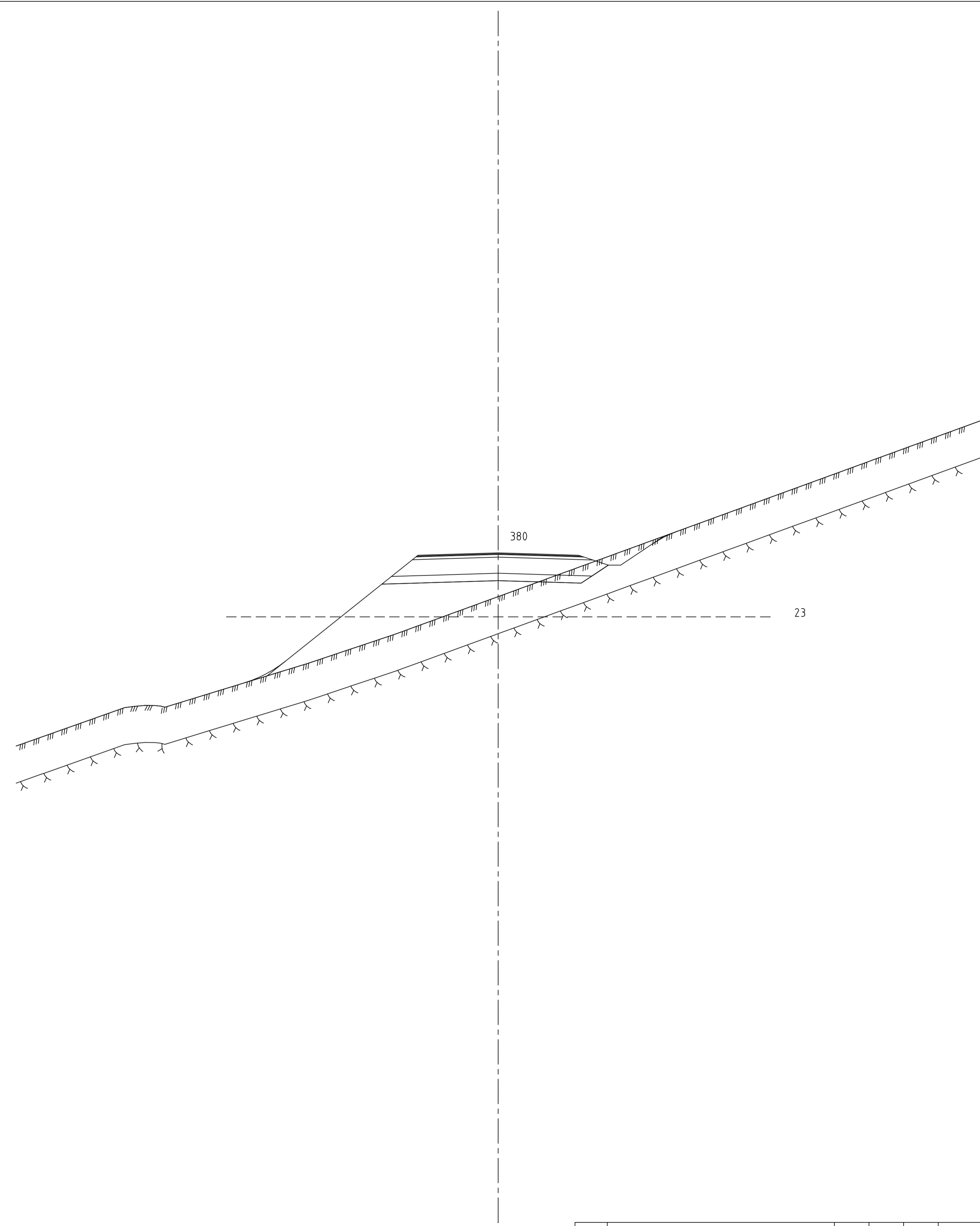
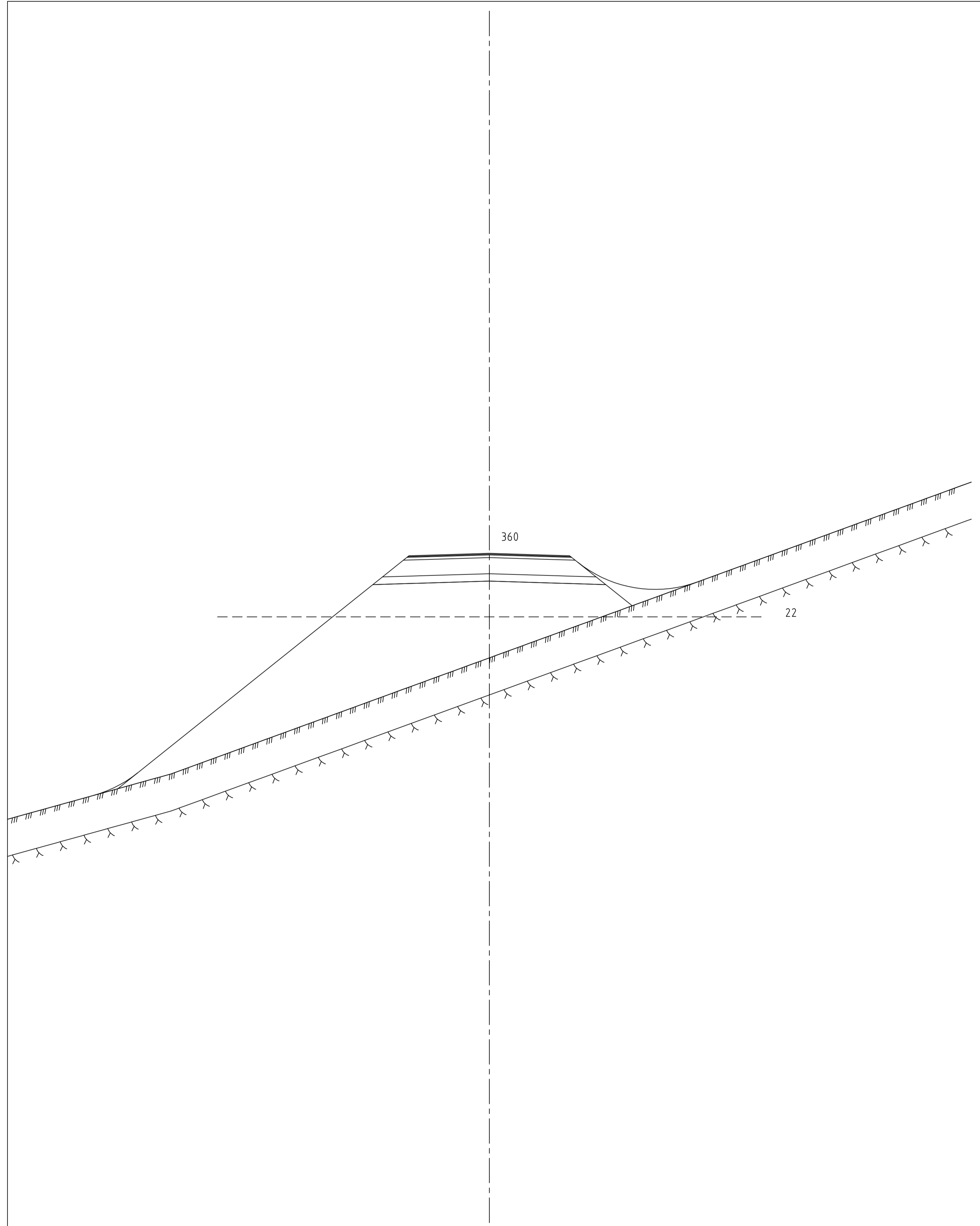
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utb. / Kontr.	Godkjent	Rev. dato
 Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 300		Tegningsdato		
		Bestiller		Ephrem Taddese
		Produsert for		Aust - Agder
		Produsert av		KLB - RS
		Prosjektnummer		2
		Prosjektfasenummer		1.0
Arkivreferanse		Universitetet i Agder		
Målestokk A1-format		1:100		
Prosjektering		Koordinatsystem	EUREF89NTM1990	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS	U105




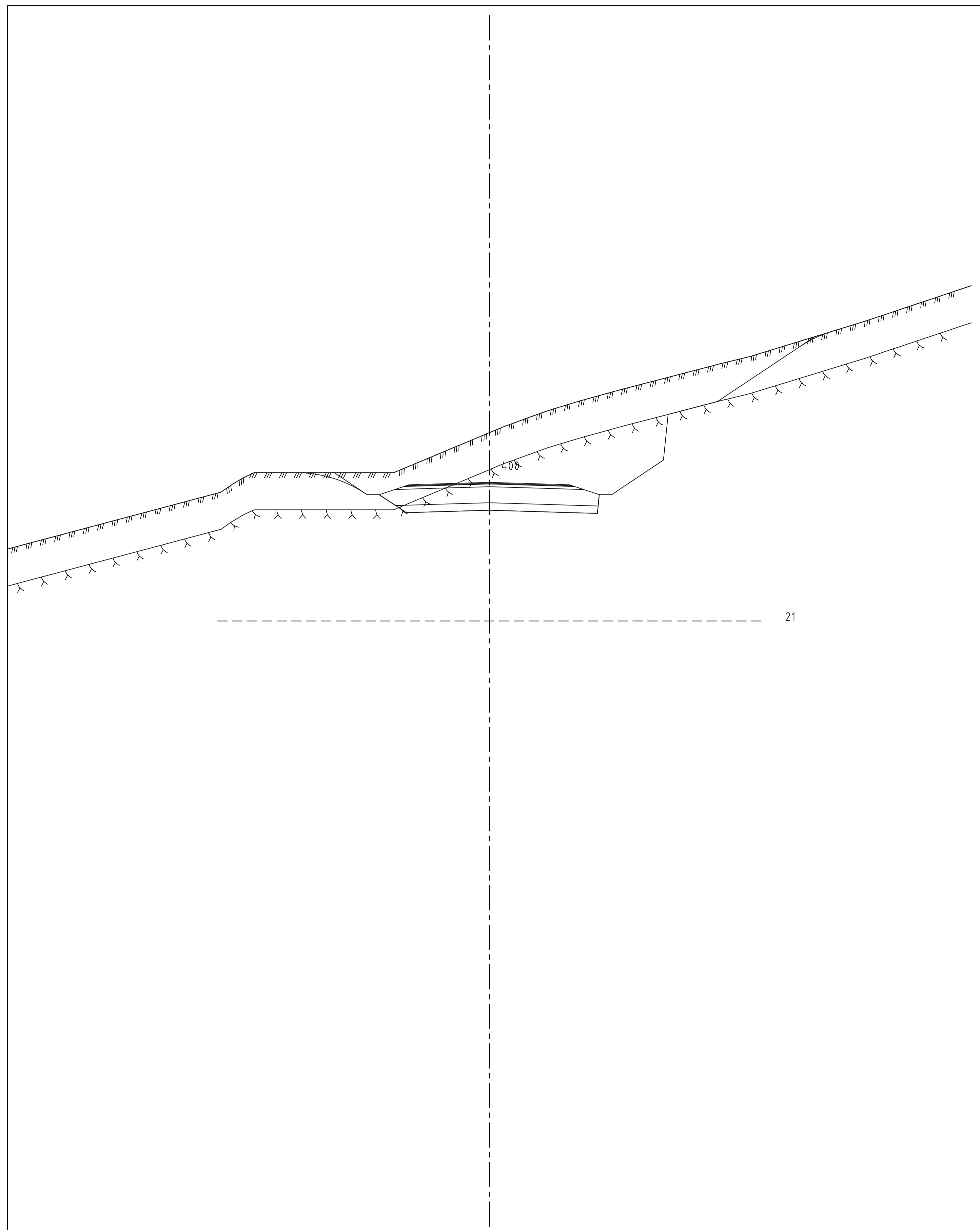
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utb. / Kontr.	Godkjent	Rev. dato
 Statens vegvesen		Tegningsdato Bestiller Ephrem Taddesse Produsert for Aust - Agder Produsert av KLB - RS Prosjektnummer 2 Prosjektfasenummer 1.0 Arkivreferanse Universitetet i Agder Målestokk A1-format 1:100		
Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 320		Koordinatsystem EUREF89NTM1990 Tegningsnummer / revisjonsbokstav U106		
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	
RS	KLB	KLB	KLB - RS	



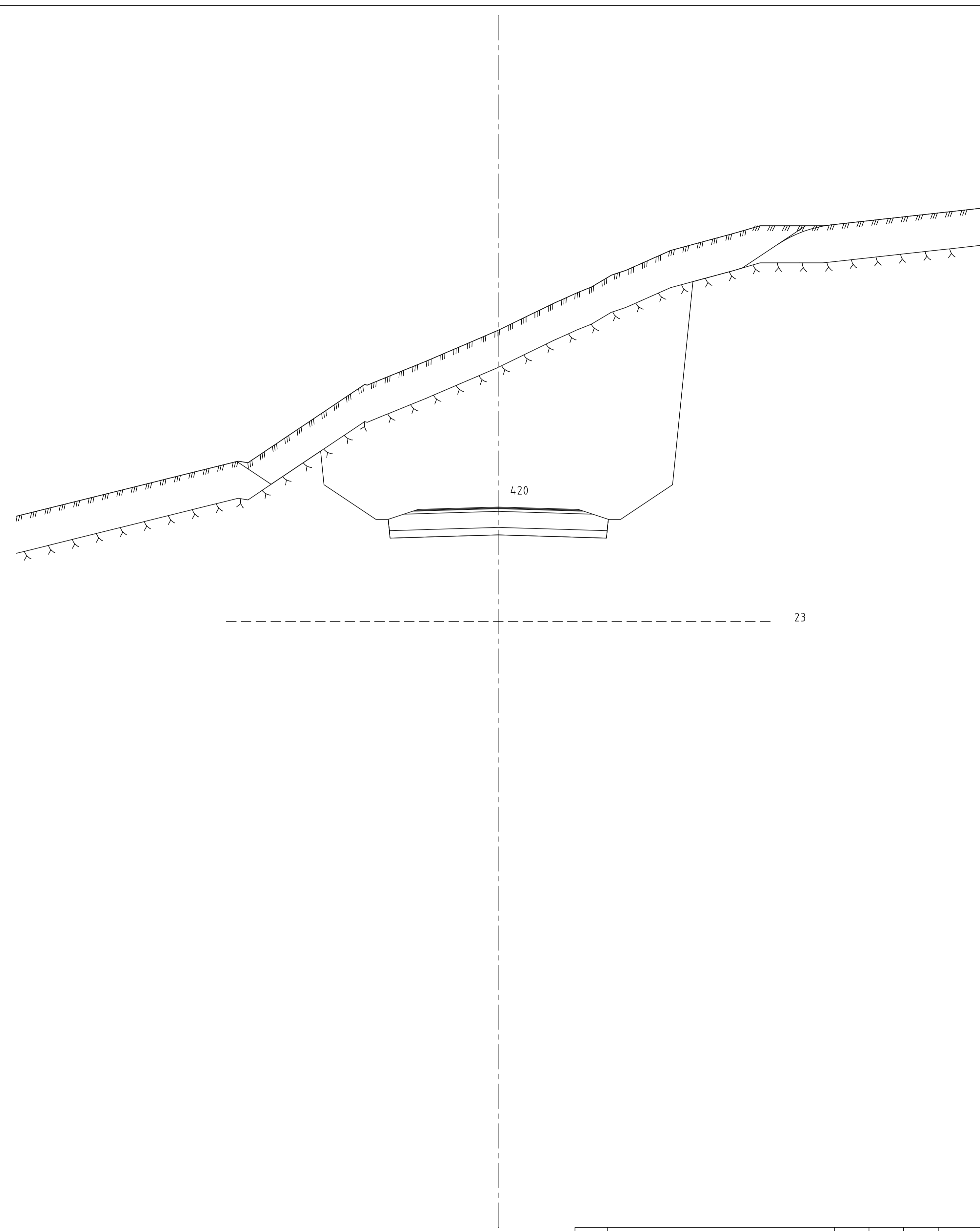
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utb. / Kontr.	Godkjent	Rev. dato
 Statens vegvesen		Tegningsdato Bestiller Ephrem Taddese Produsert for Aust - Agder Produsert av KLB - RS Prosjektnummer 2 Prosjektfasenummer 1.0 Arkivreferanse Universitetet i Agder Målestokk A1-format 1:100		
Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 380		Koordinatsystem EUREF89NTM/INN2000		
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS	U107




Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 360 - 380		Tegningsdato		Ephrem Taddesse	
		Bestiller		Aust - Agder	
		Produsert for		KLB - RS	
		Produsert av		2	
		Prosjektnummer		1.0	
		Arkivreferanse		Universitetet i Agder	
Målestokk A1-format		1:100			
Prosjektering		Koordinatsystem		EUREF89NTM/INN2000	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer /	revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS		U108

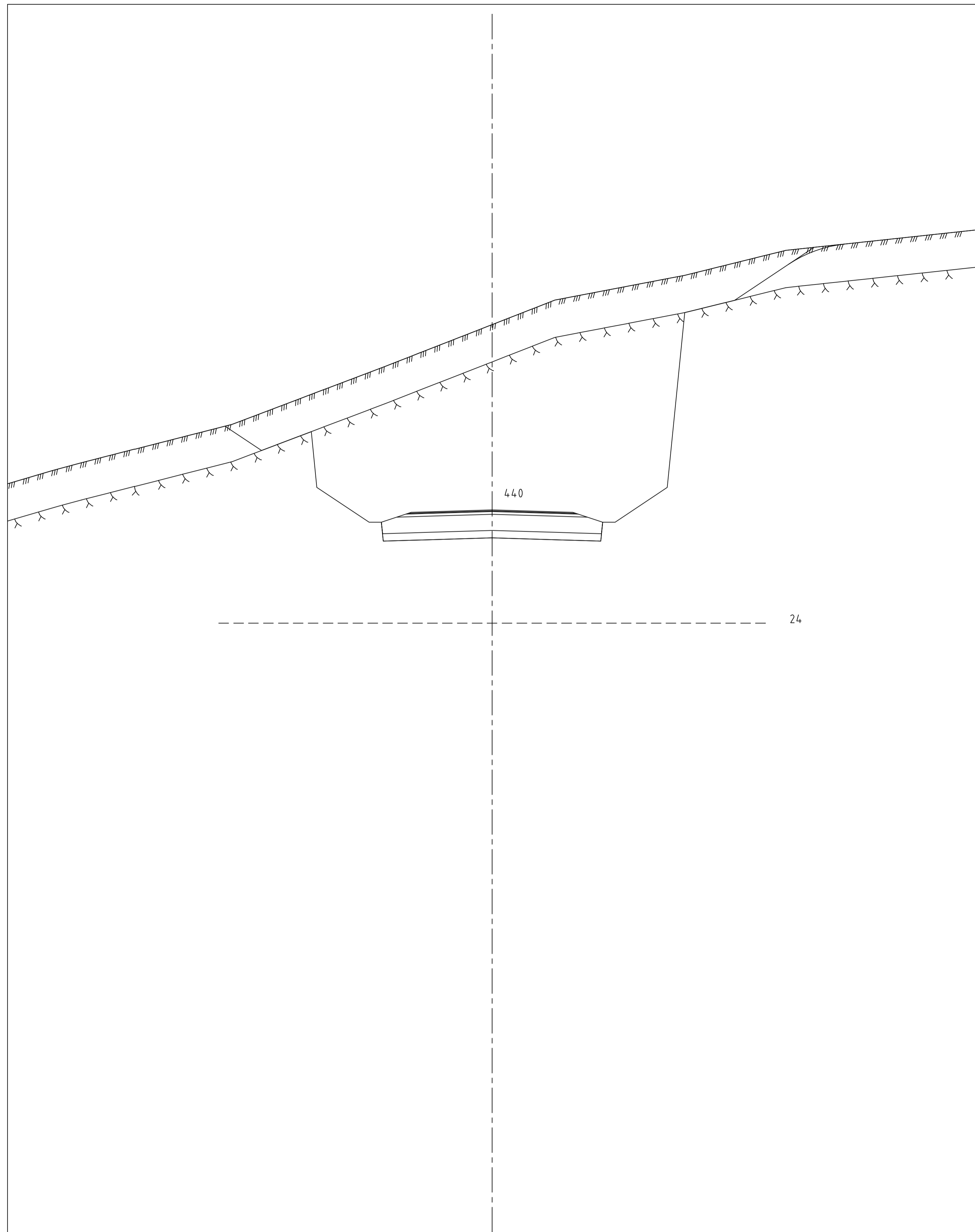


21

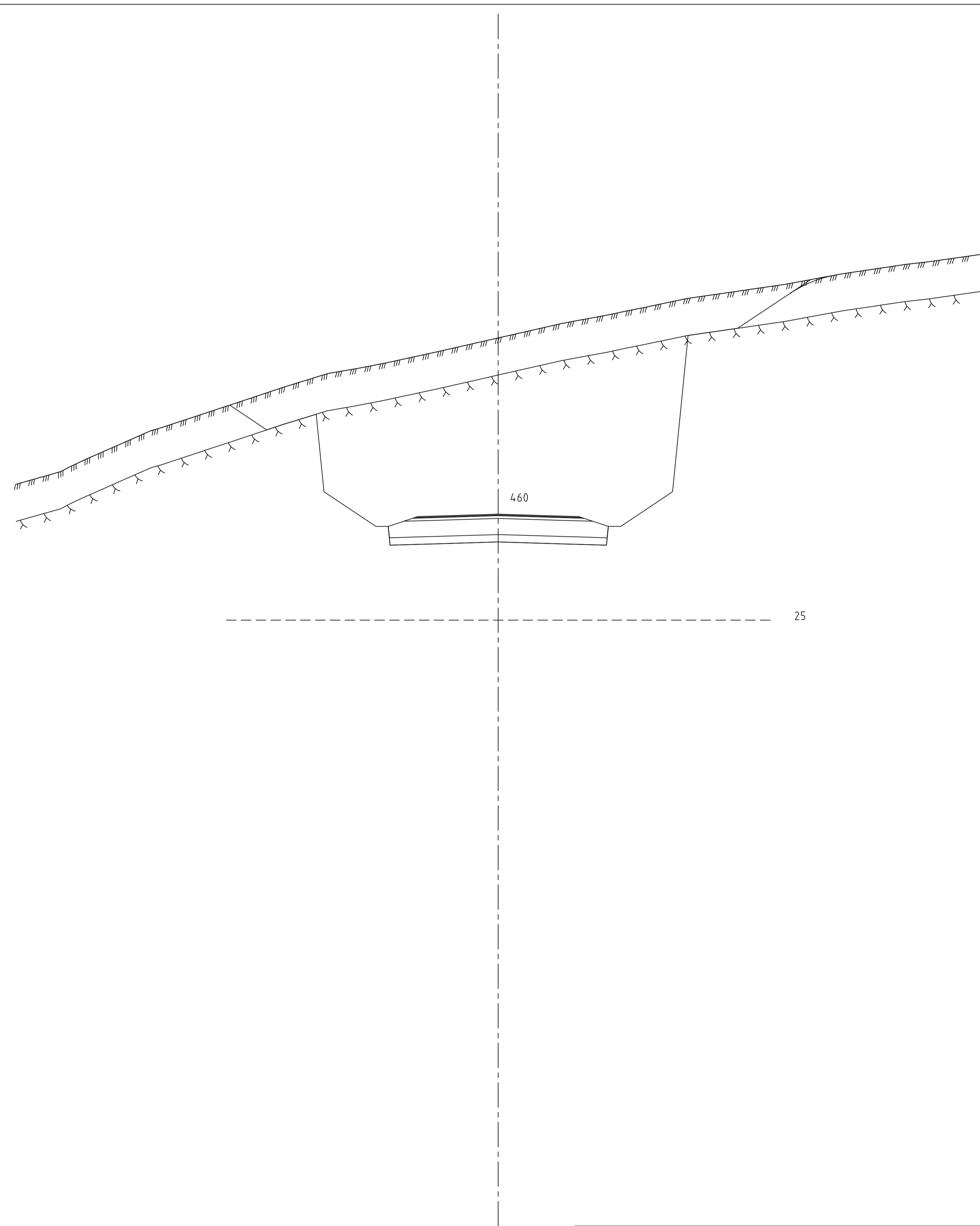


23


Revisjon		Revisjonen gjelder		Utarb.	Kontr.	Godkjent	Rev. dato
 Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 400 - 420				Tegningsdato Bestiller Produsert for Produsert av Prosjektnummer Prosjektfasennummer Arkivreferanse Målestokk A1-format		Ephrem Taddese Aust - Agder KLB - RS 2 1.0 Universitetet i Agder 1:100	
Prosjektering				Koordinatsystem		EUREF89NTMNNZ000	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer /	revisjonsbokstav		
RS	KLB	KLB	KLB - RS	U109			

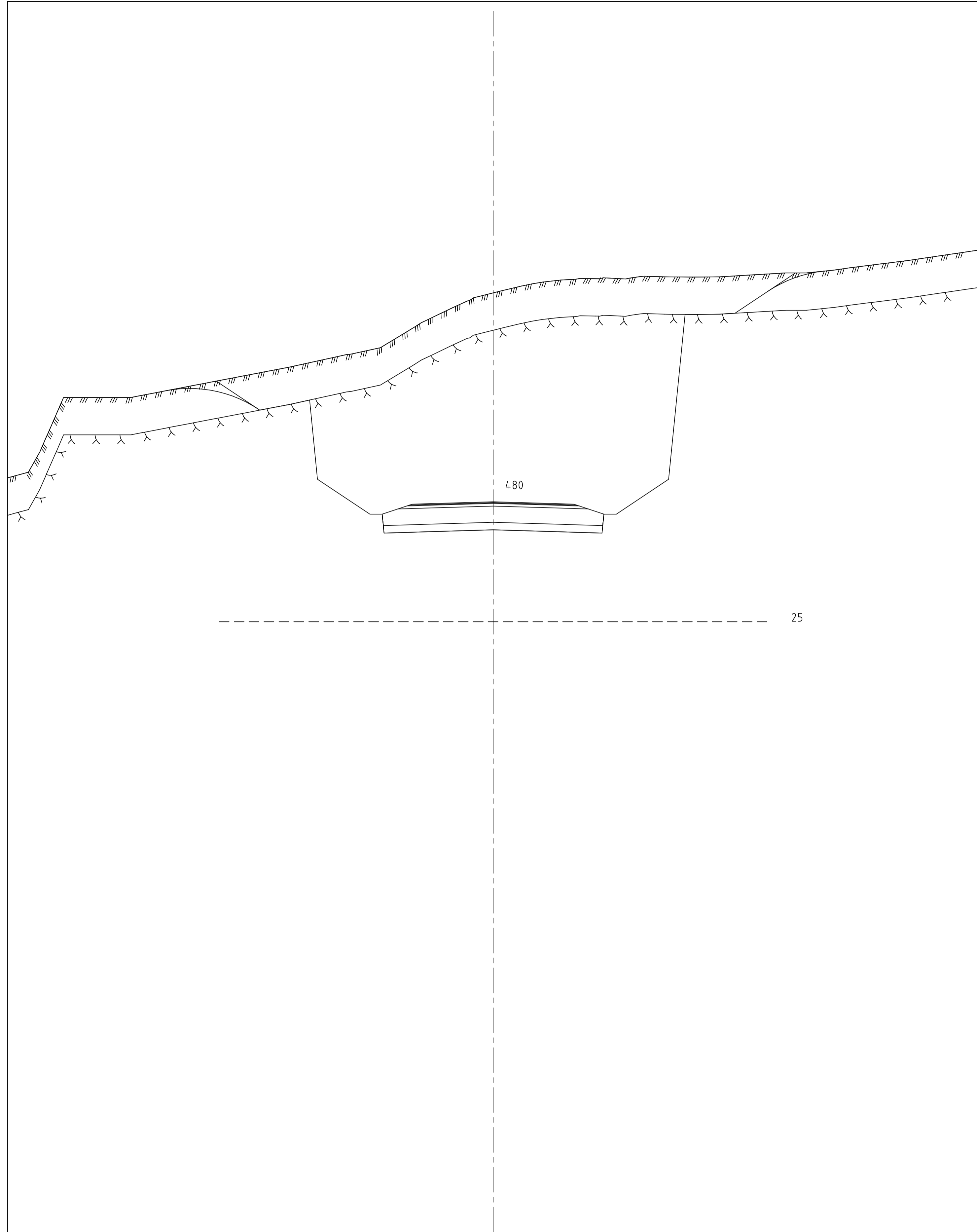


24

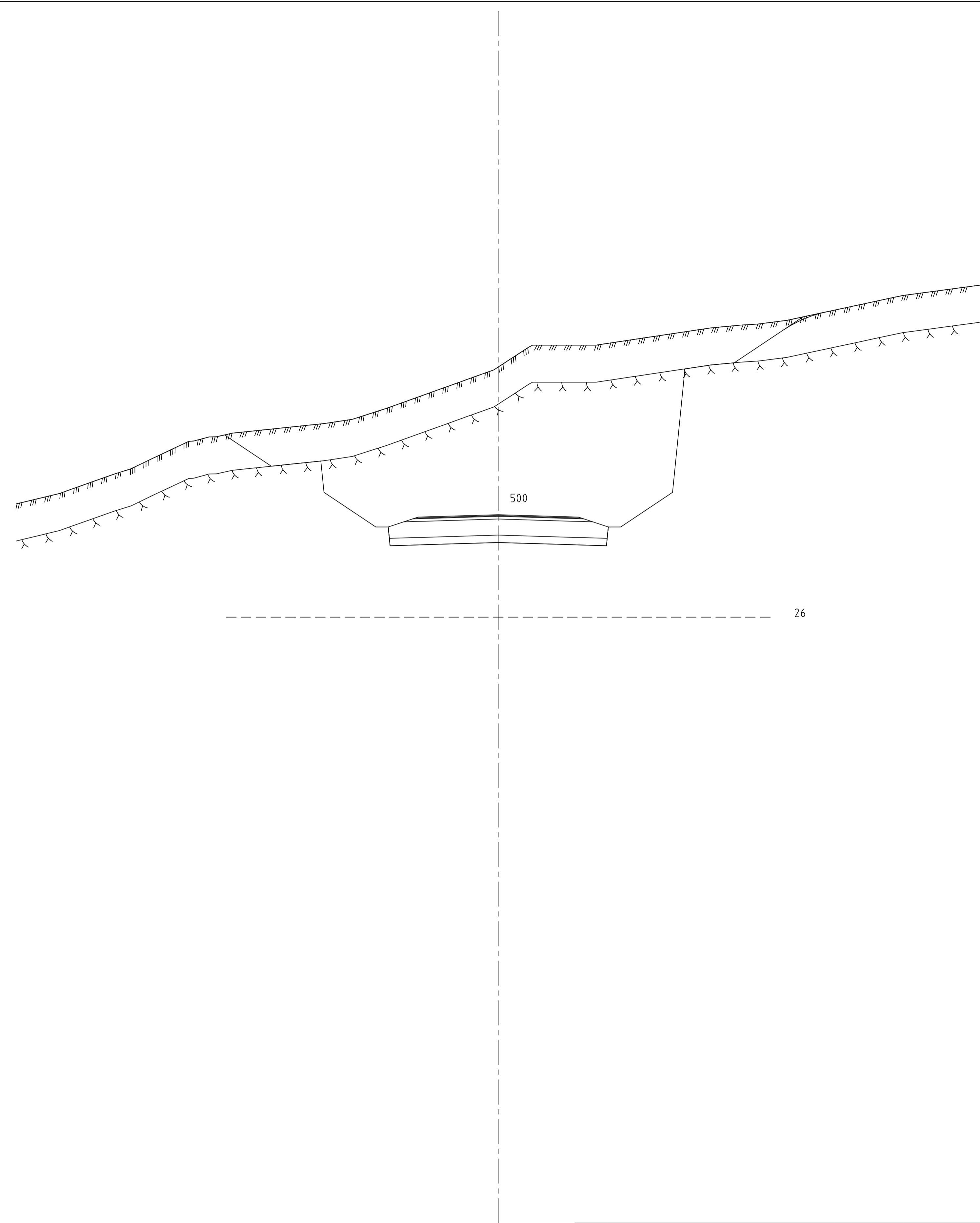


25


Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 440 - 460		Tegningsdato		Ephrem Taddesse	
		Bestiller		Aust - Agder	
		Produsert for		KLB - RS	
		Produsert av		2	
		Prosjektnummer		1.0	
		Arkivreferanse		Universitetet i Agder	
Målestokk A1-format		1:100			
Prosjektering		Koordinatsystem		EUREF89NTMNNZ000	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer /	revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS		U110

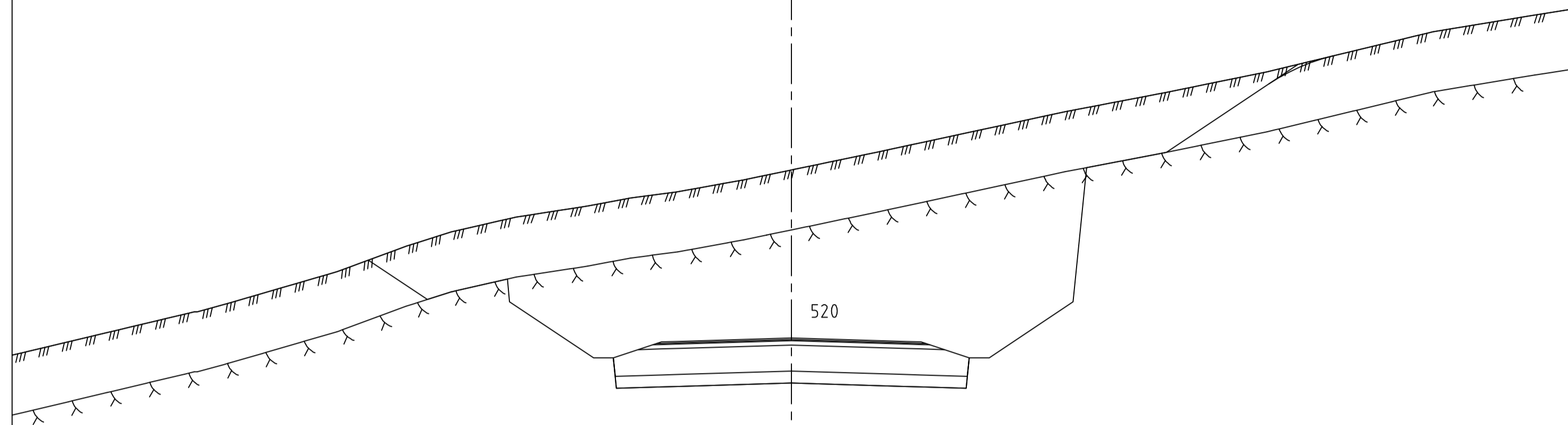


25



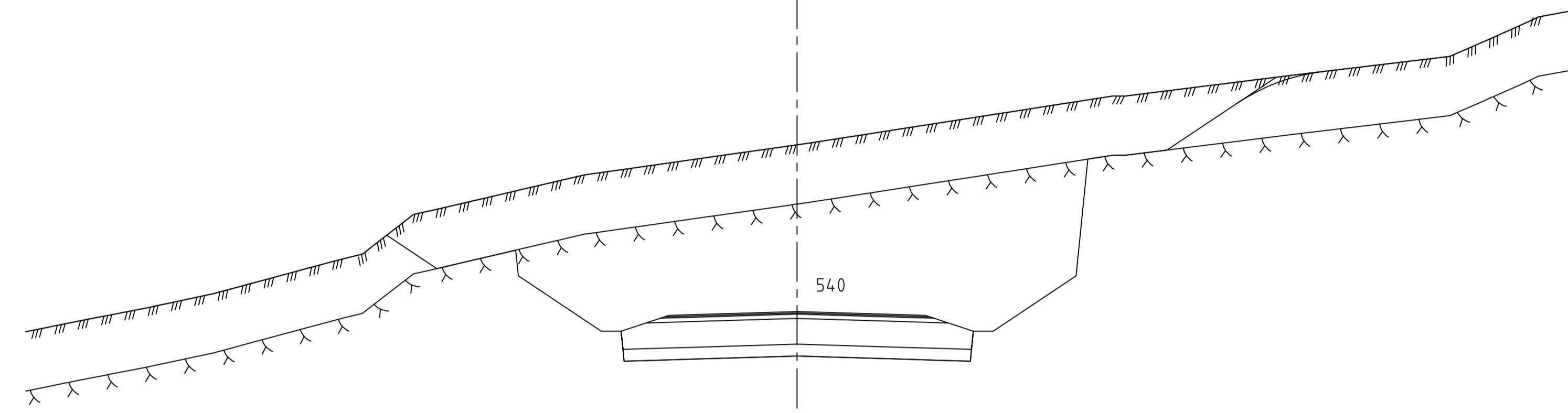
26

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utb. / Kontr.	Godkjent	Rev. dato
 Statens vegvesen		Tegningsdato Bestiller Ephrem Taddese Produsert for Aust - Agder Produsert av KLB - RS Prosjektnummer 2 Prosjektfasenummer 1.0 Arkivreferanse Universitetet i Agder Målestokk A1-format 1:100		
Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 480 - 500		Koordinatsystem EUREF89NTMINN2000		
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS	U111




520

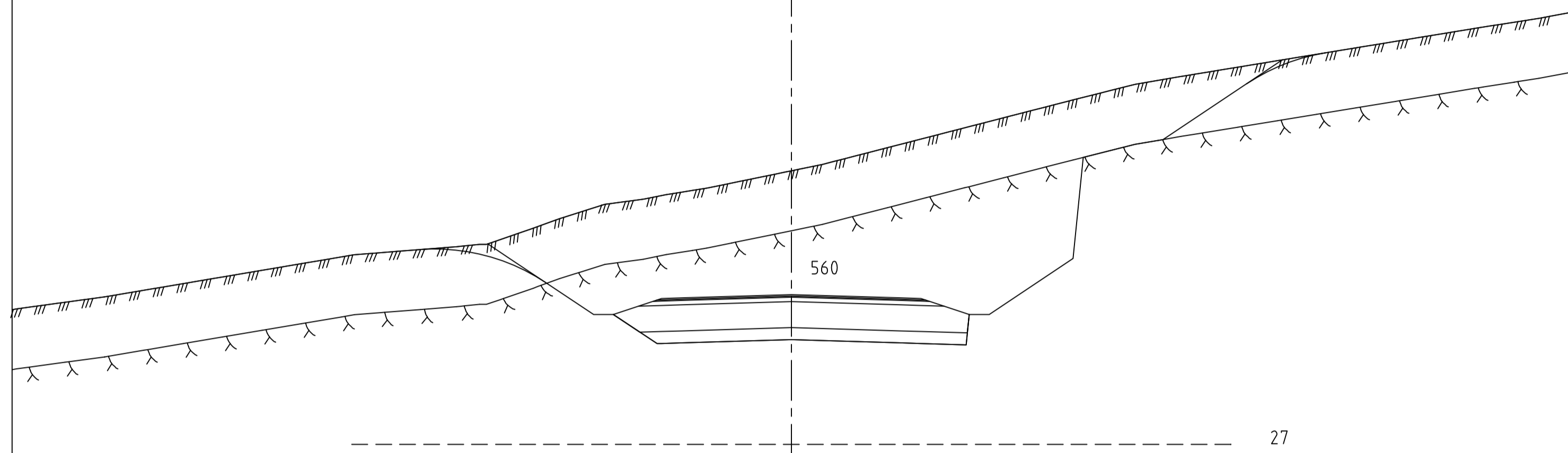
26



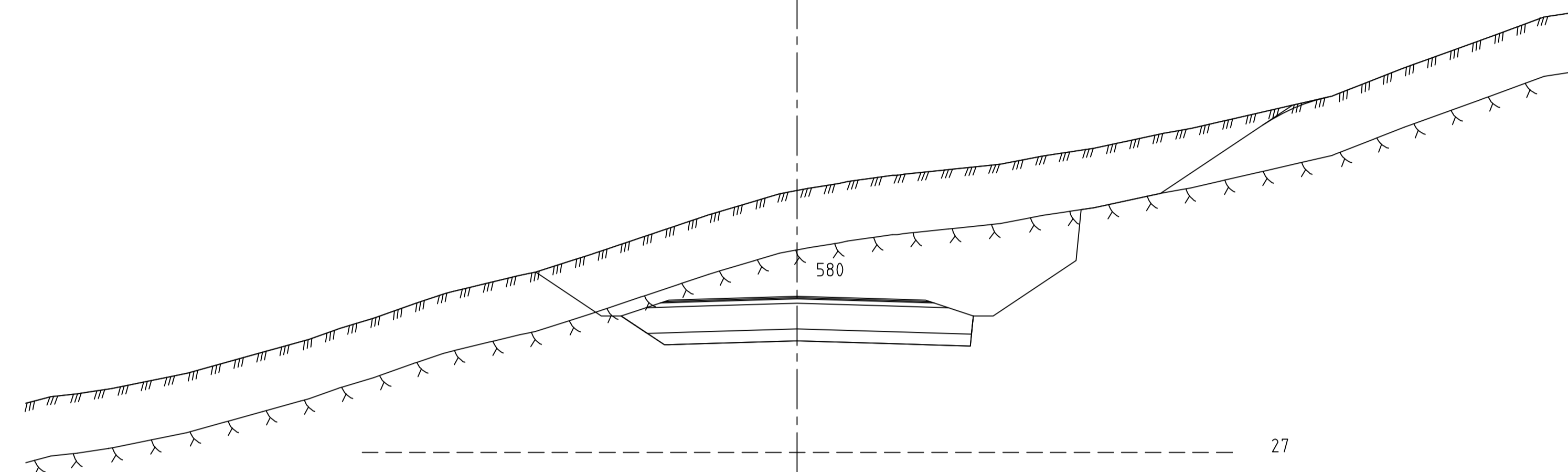
540

27


Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 520 - 540		Tegningsdato		Ephrem Taddesse	
		Bestiller		Aust - Agder	
		Produsert for		KLB - RS	
		Produsert av		2	
		Prosjektnummer		1.0	
		Arkivreferanse		Universitetet i Agder	
Målestokk A1-format		1:100			
Prosjektering		Koordinatsystem		EUREF89NTMNNZ000	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer /	revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS	U112	

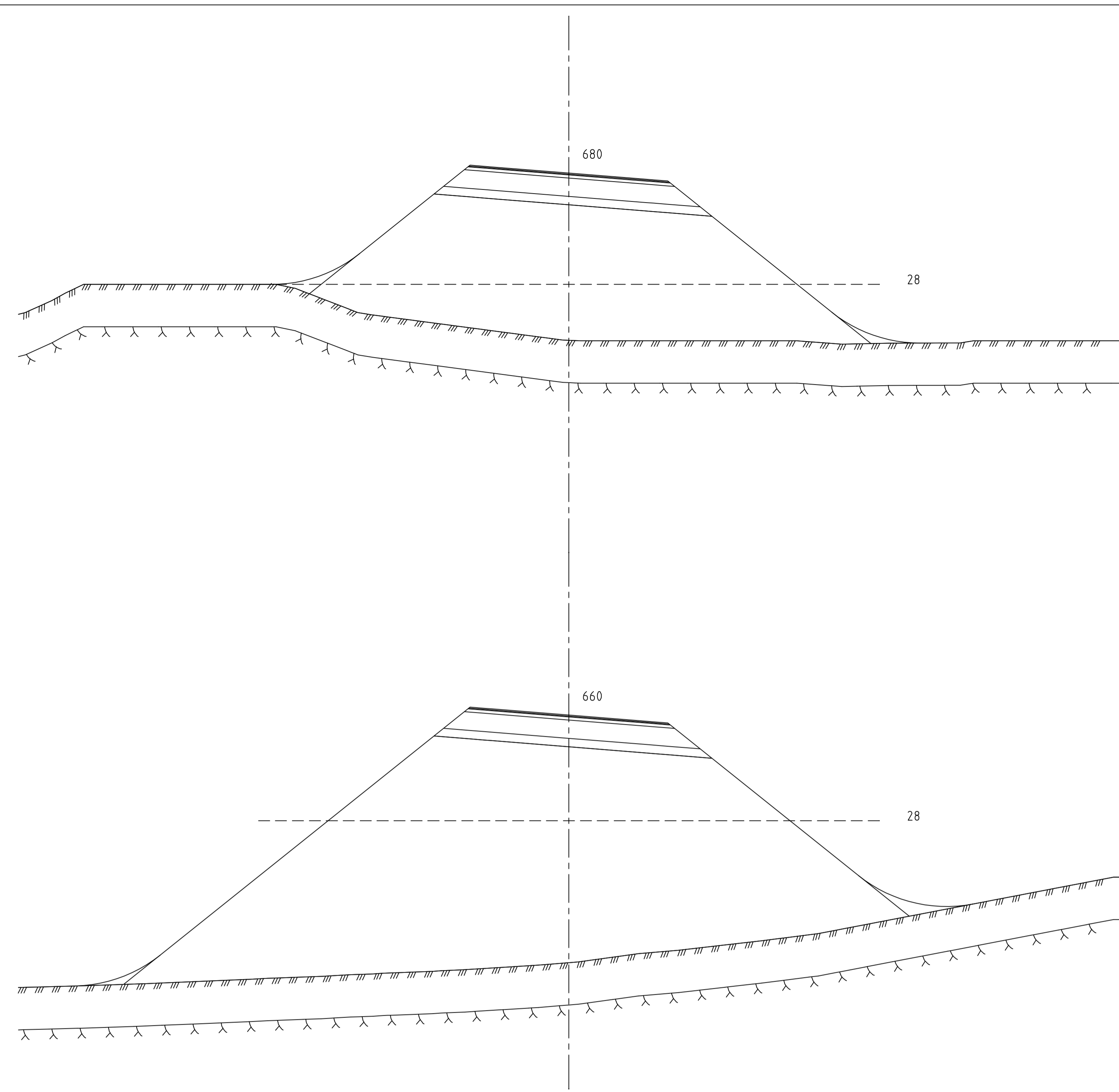
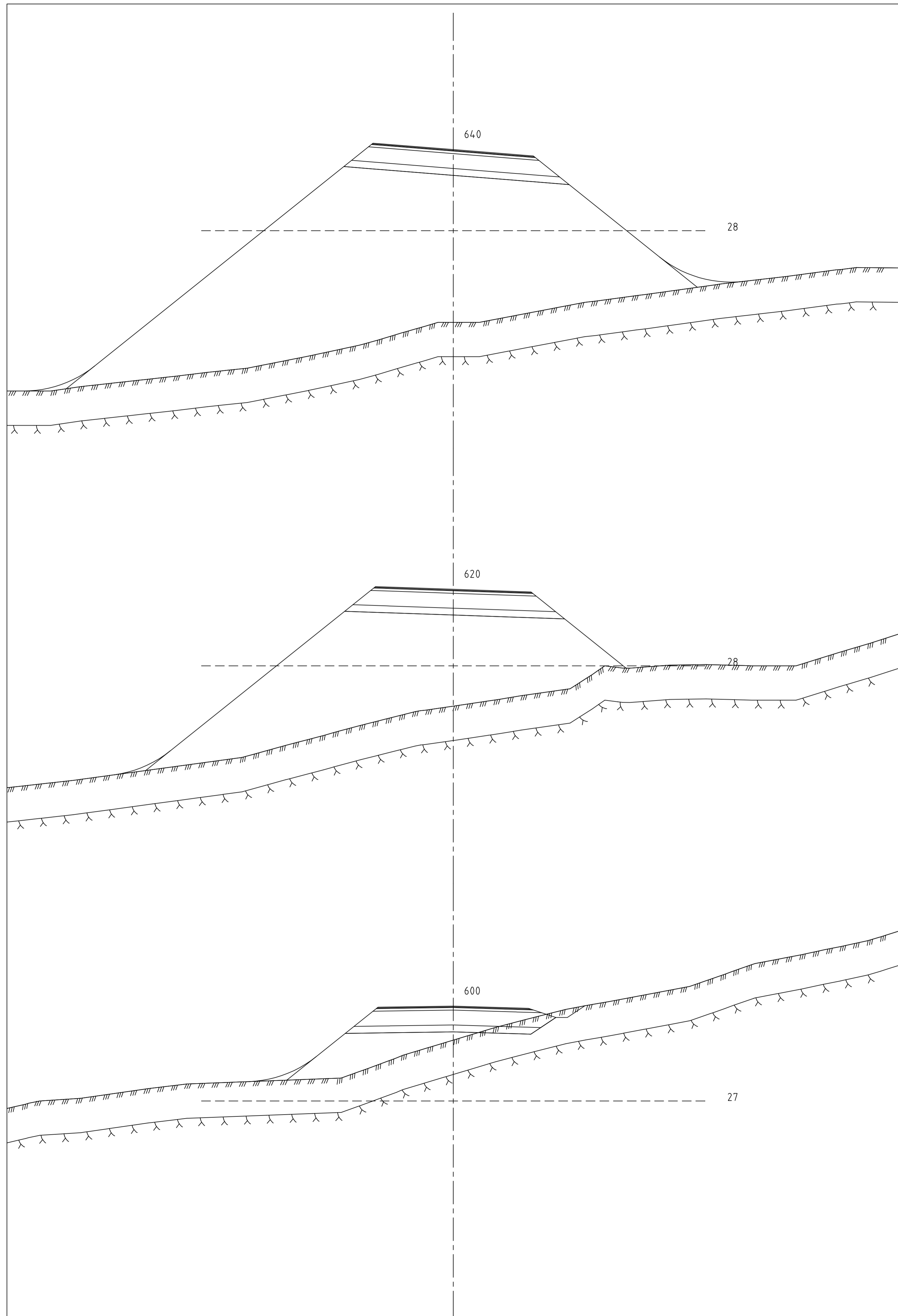



27

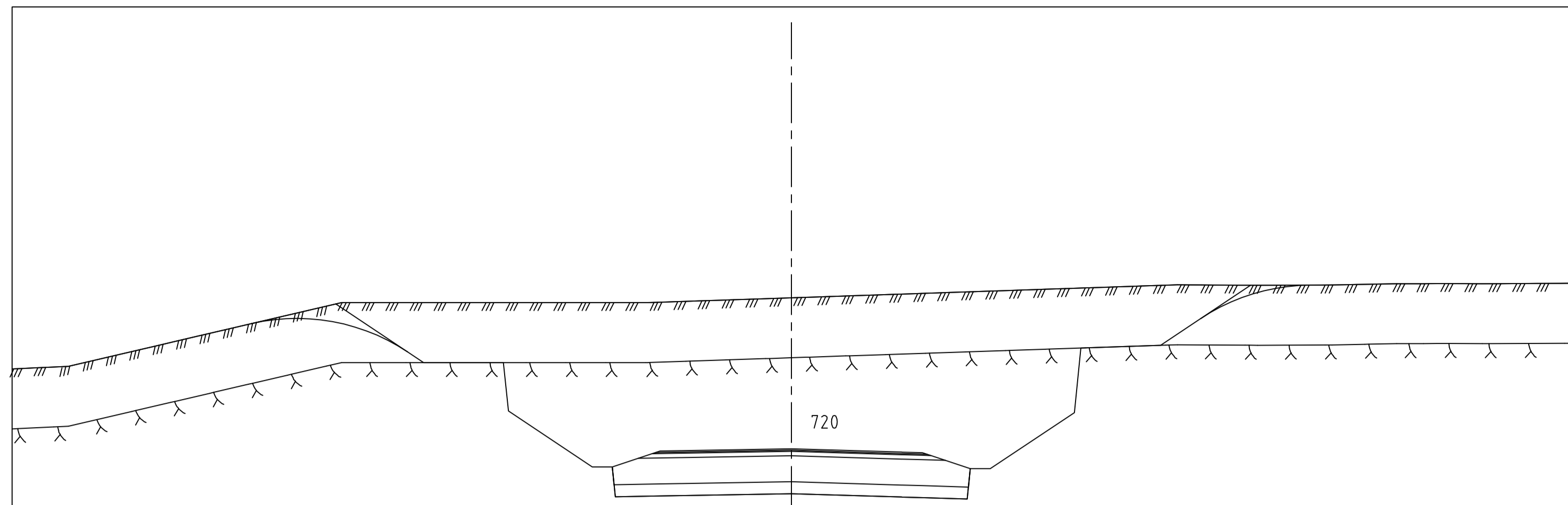


27

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utb. / Kontr.	Godkjent	Rev. dato
 Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 560 - 580		Tegningsdato		
		Bestiller		Ephrem Taddesse
		Produsert for		Aust - Agder
		Produsert av		KLB - RS
		Prosjektnummer		2
		Prosjektfasenummer		1.0
Arkivreferanse		Universitetet i Agder		
Målestokk A1-format		1:100		
Prosjektering		Koordinatsystem	EUREF89NTMNNZ000	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS	U113

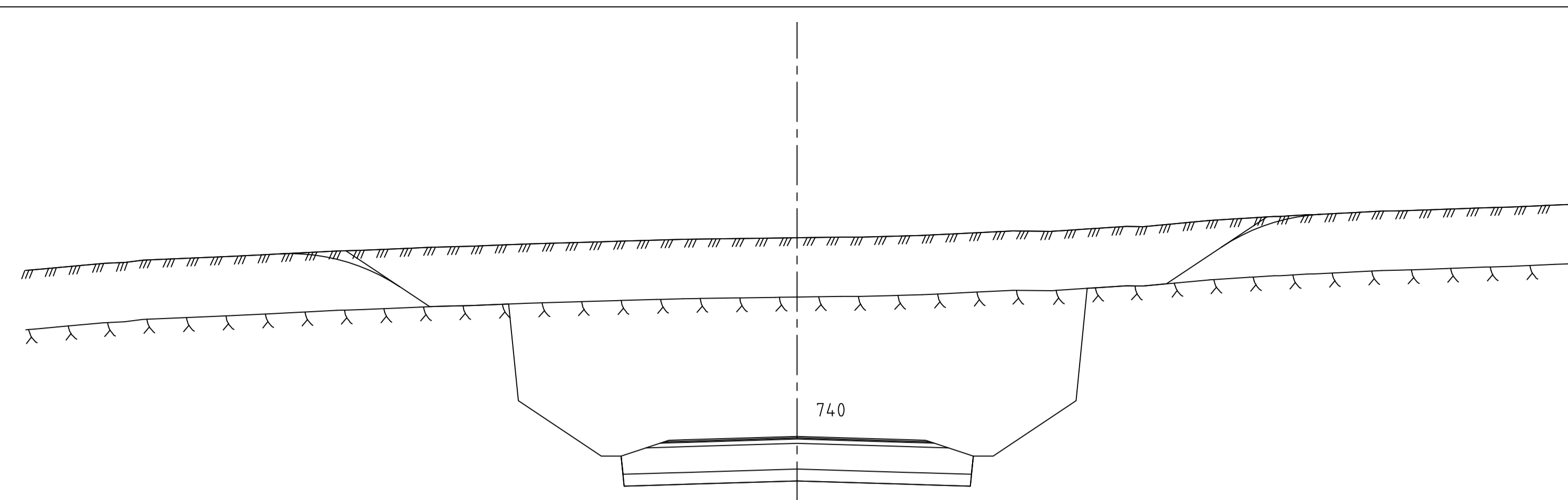


Revisjon	Revisjonen gjelder	Utorb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Statens vegvesen		Tegningsdato Bestiller Ephrem Taddesse Produsert for Aust - Agder Produsert av KLB - RS Prosjektnummer 2 Prosjektfasenummer 1.0 Arkivreferanse Universitetet i Agder Målestokk A1-format 1:100			
Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 600 - 680		Koordinatsystem EUREF89NTMINN2000			
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer /	revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS	U114	



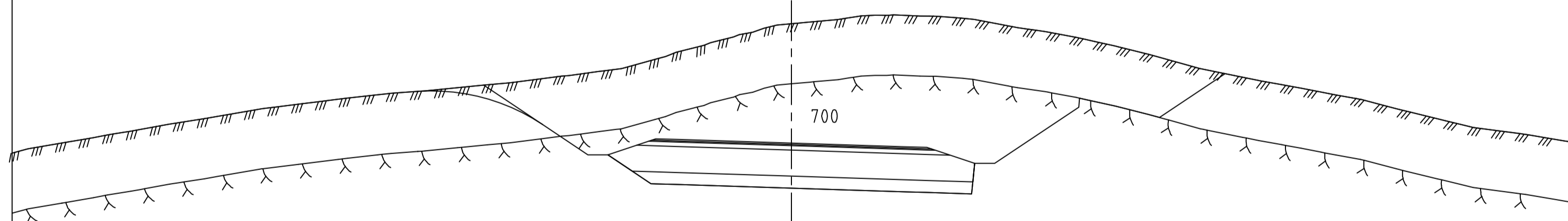
720

29




740

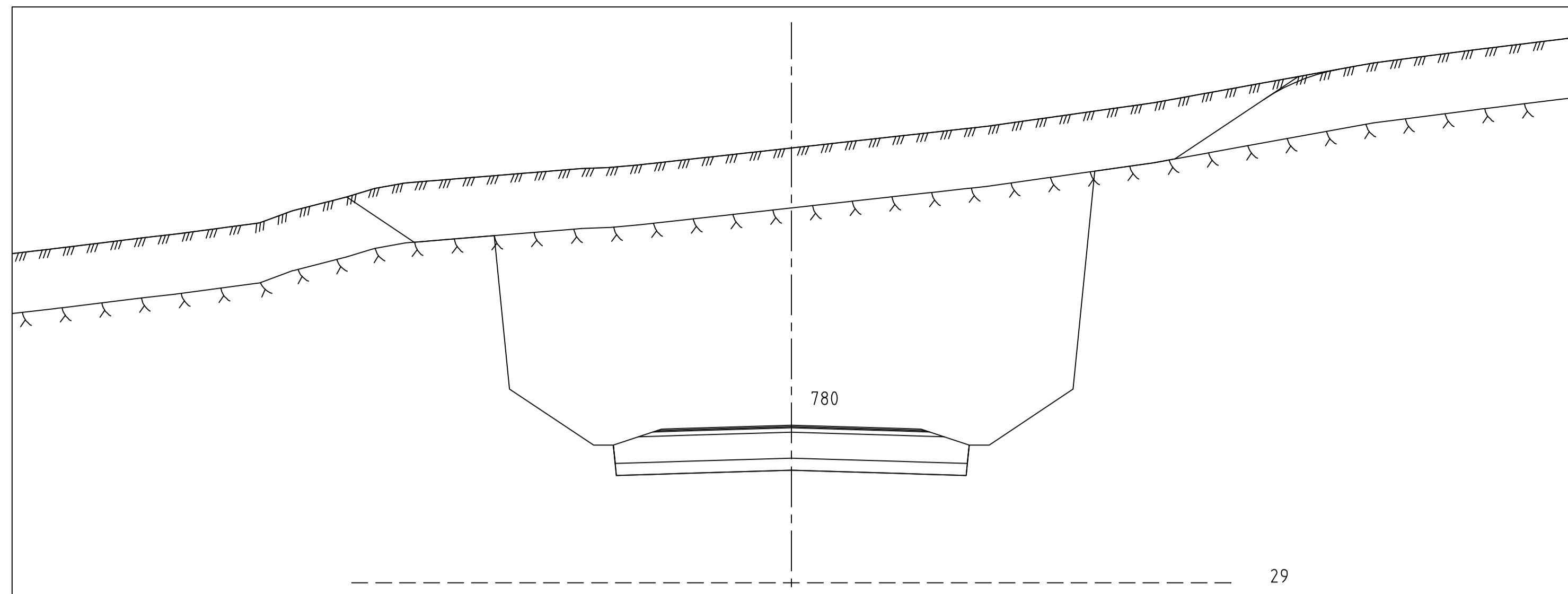
29



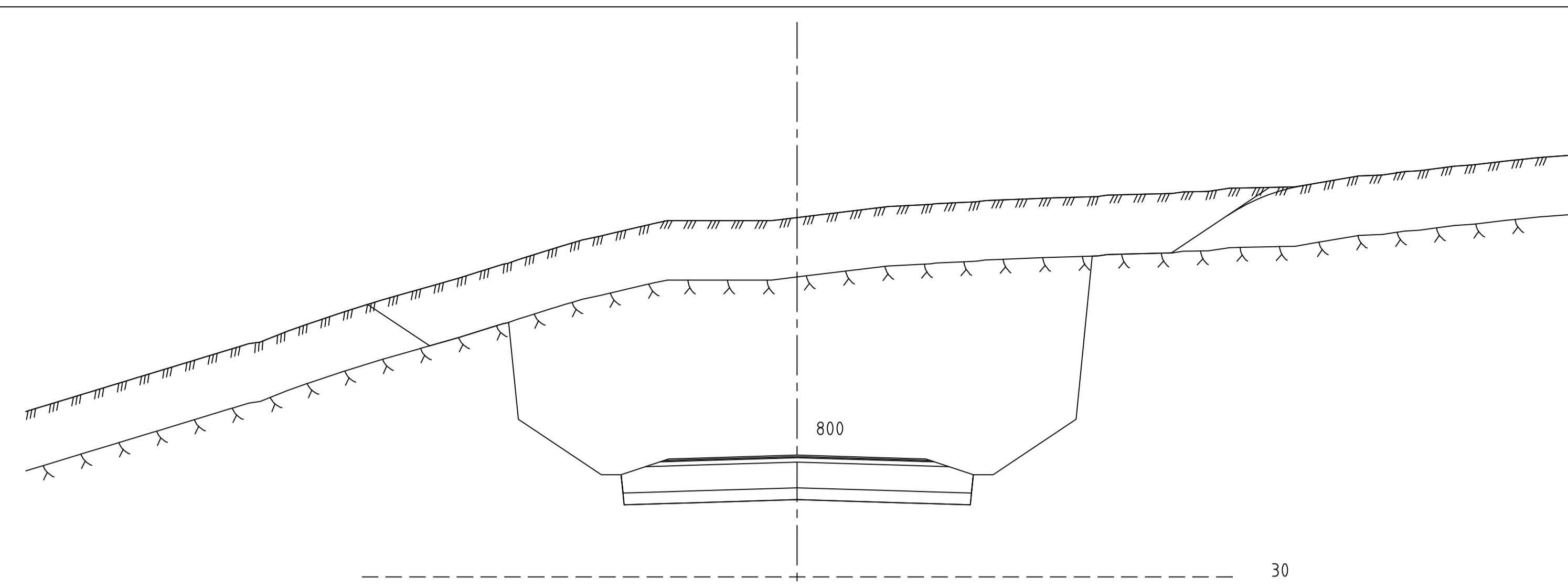
700

28

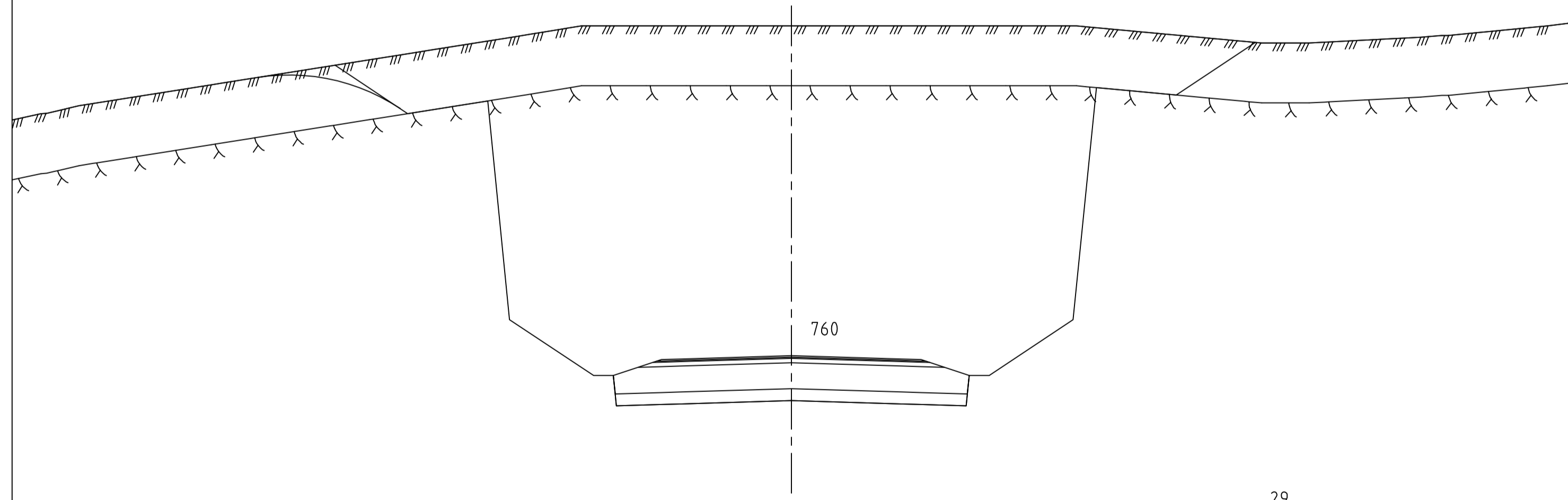
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 700 - 740		Tegningsdato Bestiller Produsert for Produsert av Prosjektnummer Prosjektfasenummer Arkivreferanse Målestokk A1-format		Ephrem Taddese Aust - Agder KLB - RS 2 1.0 Universitetet i Agder 1:100	
Prosjektering Utarbeidet av RS		Koordinatsystem EUREF89NTMNNZ000 Tegningsnummer / revisjonsbokstav U115		Godkjent av KLB	
Kontrollert av KLB		Konsulentarkiv KLB - RS			




29

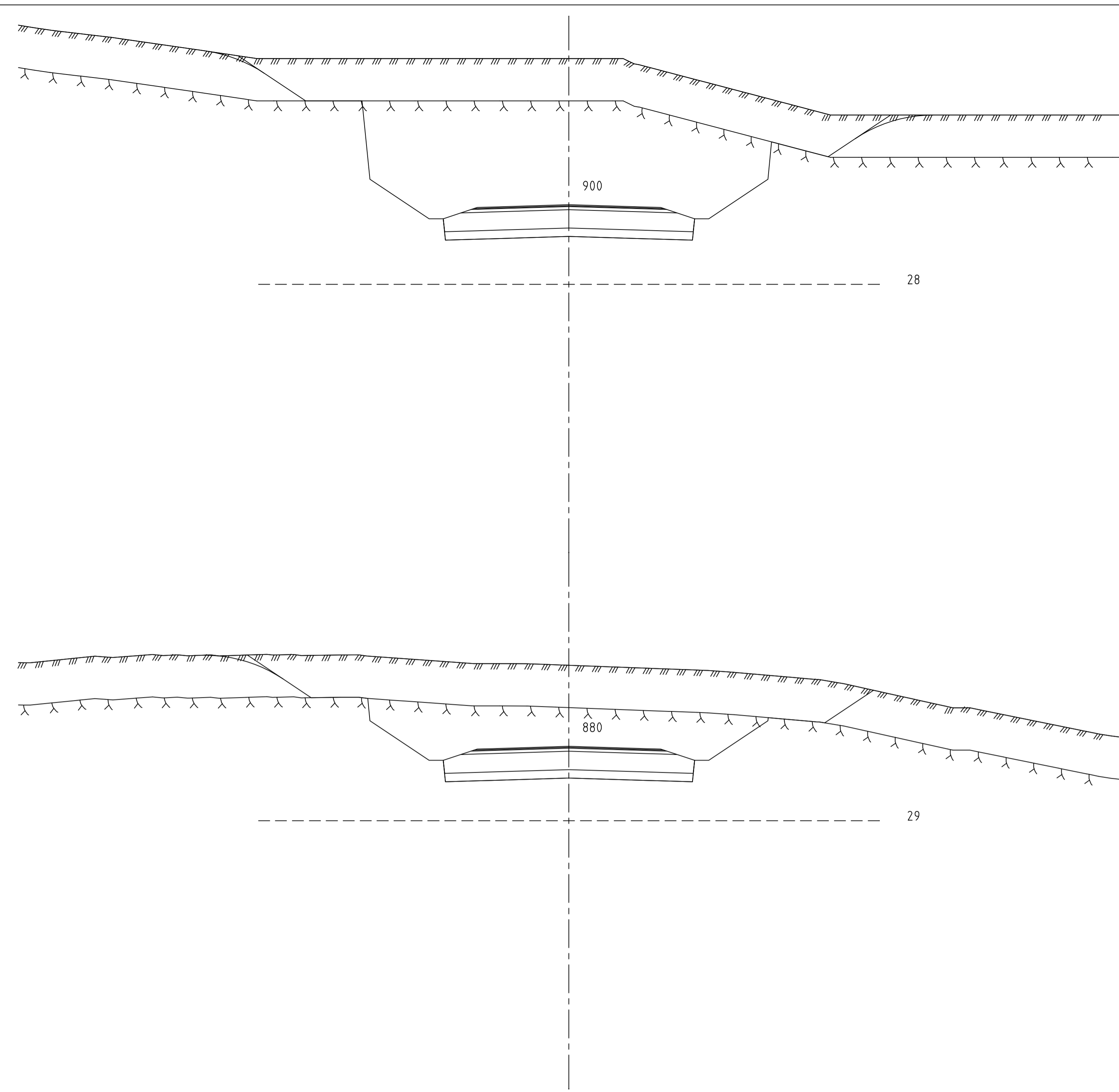
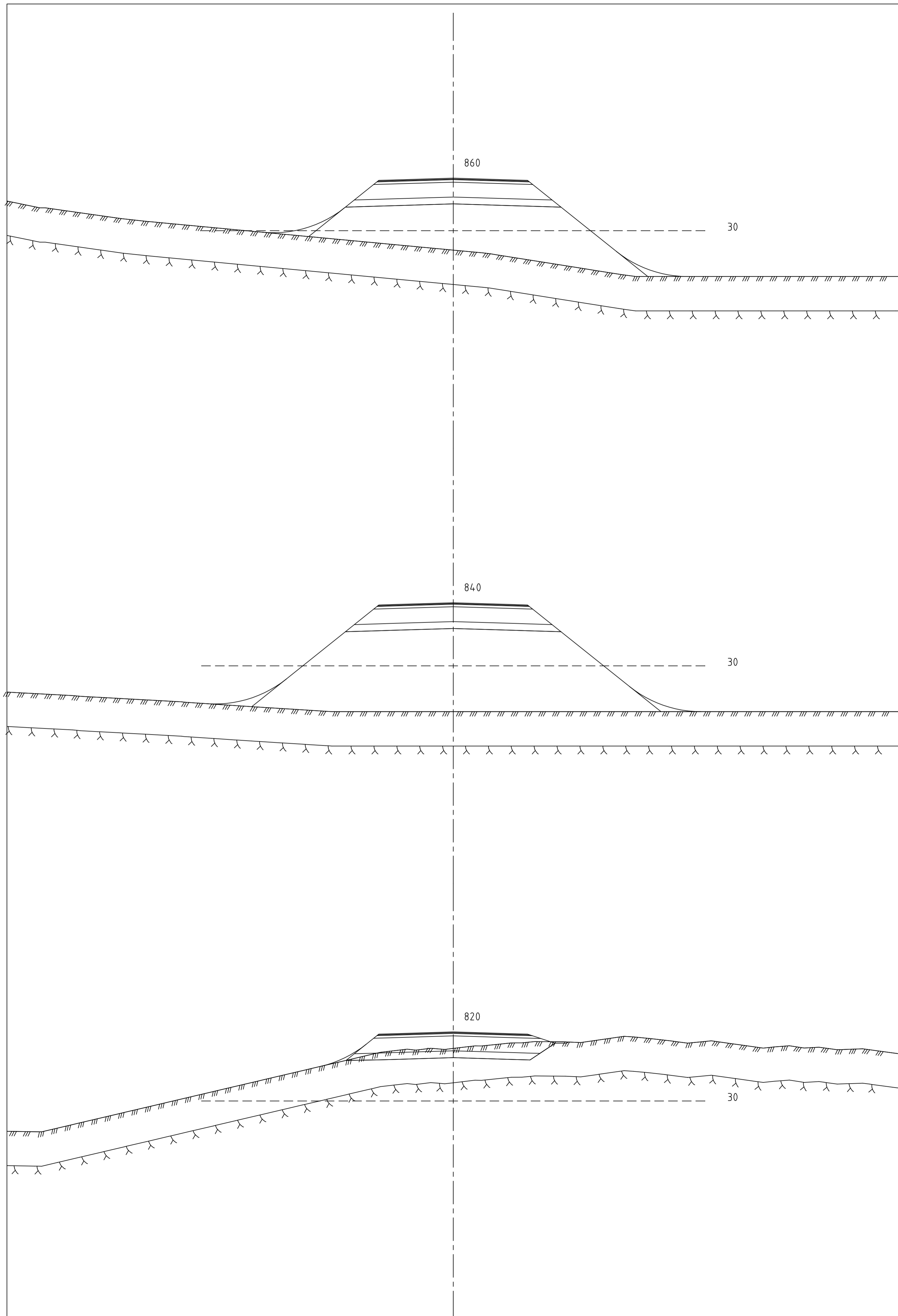



30

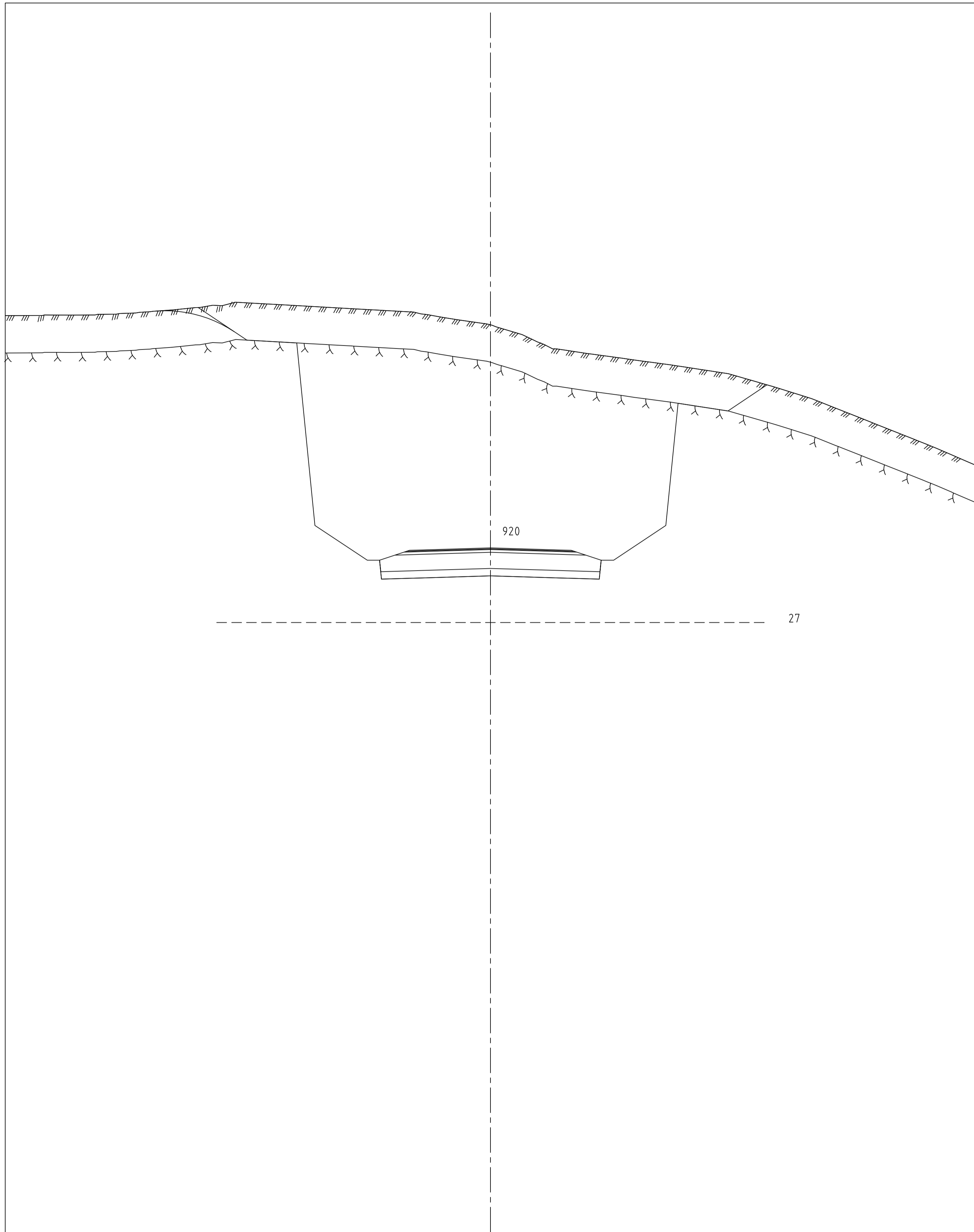


29

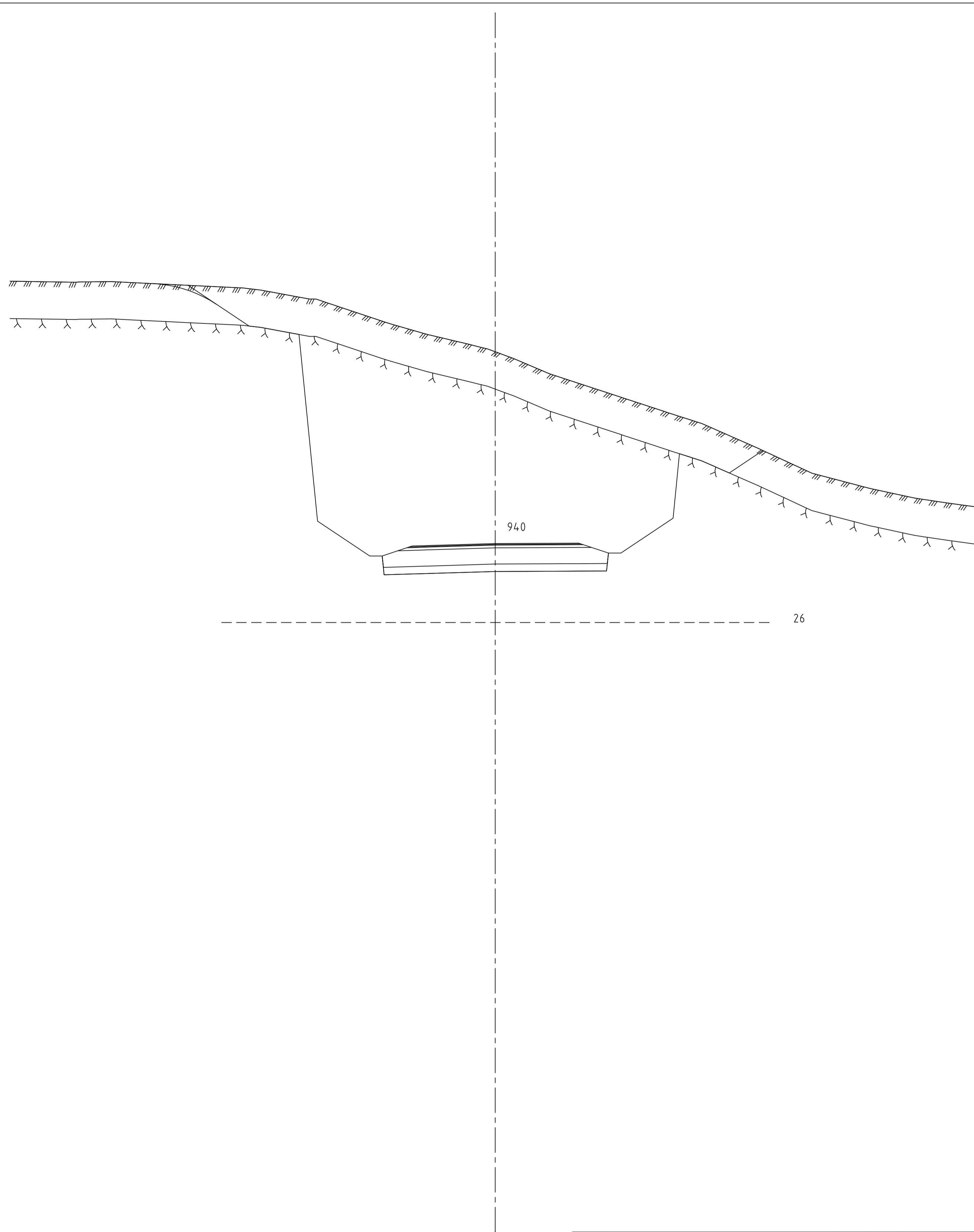
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 760 - 800		Tegningsdato			
		Bestiller		Ephrem Taddesse	
		Produsert for		Aust - Agder	
		Produsert av		KLB - RS	
		Prosjektnummer		2	
Prosjektfasenummer		1.0			
Arkivreferanse		Universitetet i Agder			
Målestokk A1-format		1:100			
Prosjektering		Koordinatsystem		EUREF89NTM/INN2000	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer /	revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS	U116	




Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 820 - 900		Tegningsdato		Ephrem Taddesse	
		Bestiller		Aust - Agder	
		Produsert for		KLB - RS	
		Produsert av		2	
		Prosjektnummer		1.0	
Prosjektfasenummer		Universitetei i Agder			
Arkivreferanse		1:100			
Målestokk A1-format		1:100			
Prosjektering		Koordinatsystem		EUREF89NTMNNZ000	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer /	revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS	U117	

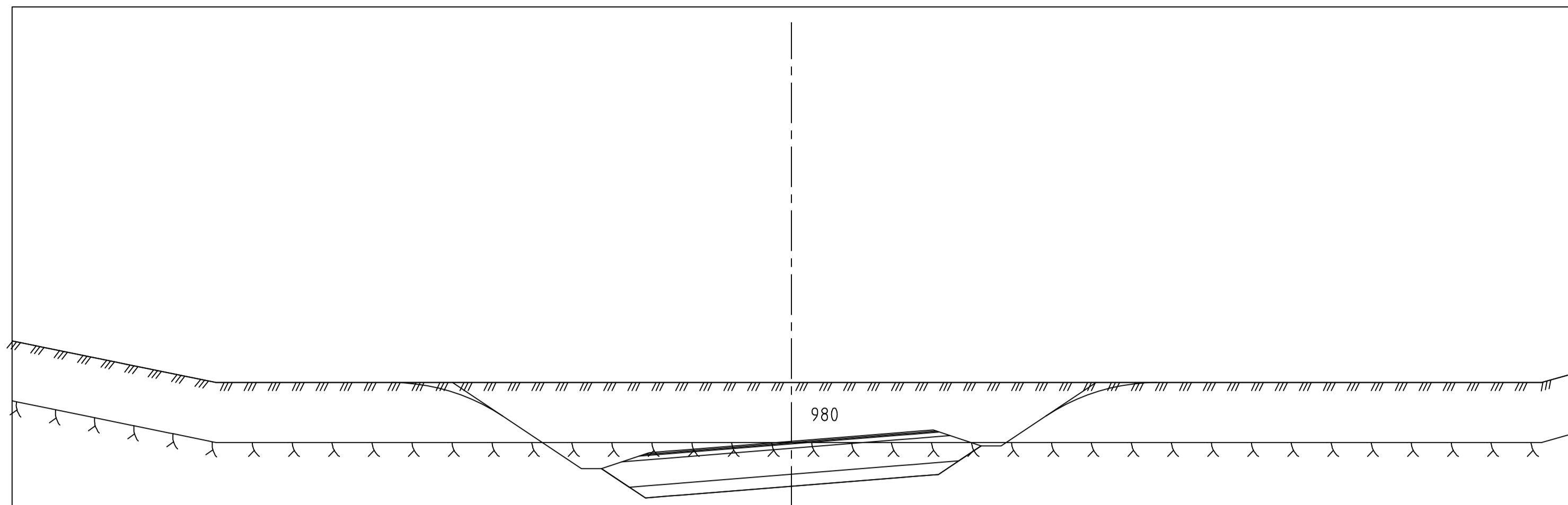


27

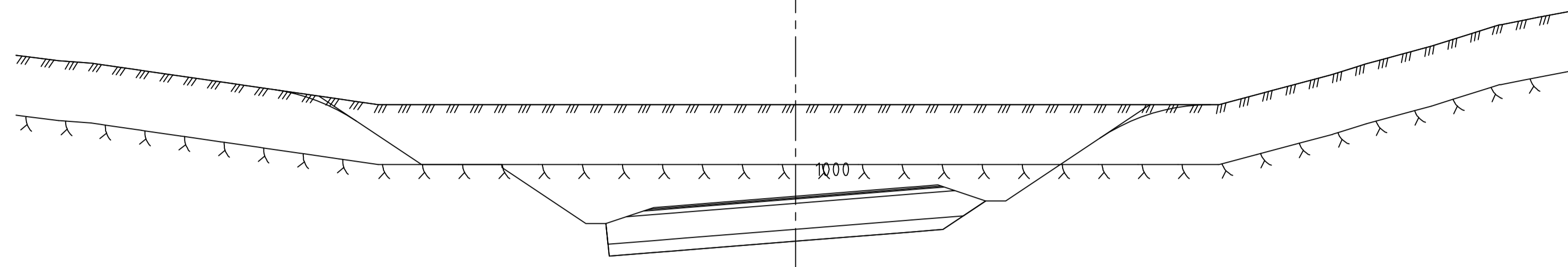


26

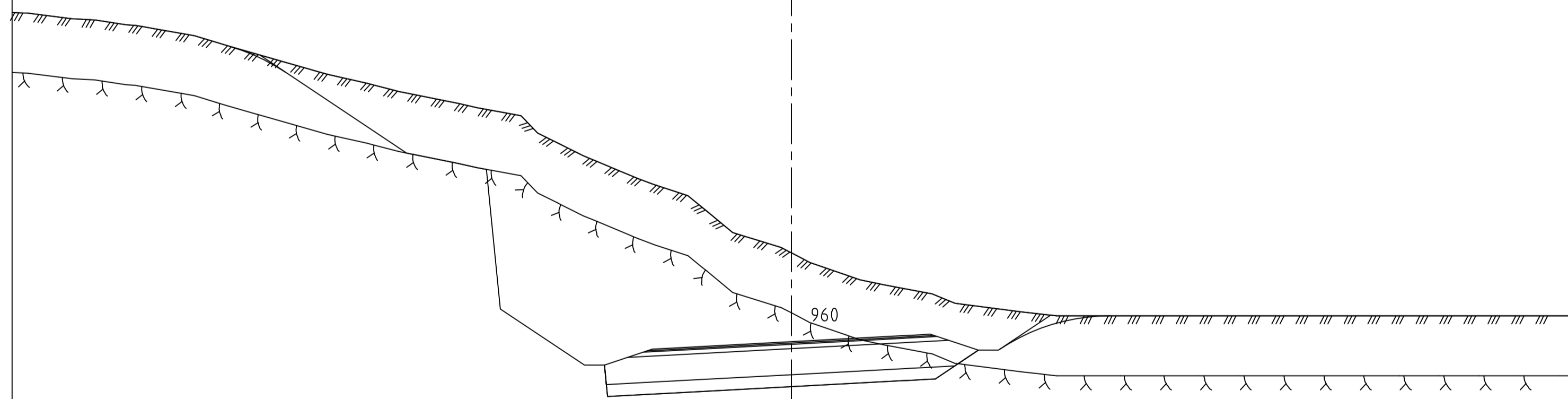
Revisjon	Revisjonen gjelder	Uorb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 920 - 940		Tegningsdato Bestiller Ephrem Taddese Produsert for Aust - Agder Produsert av KLB - RS Prosjektnummer 2 Prosjektfasenummer 1.0 Arkivreferanse Universitetet i Agder Målestokk A1-format 1:100		Koordinatsystem EUREF89NTM1990 Tegningsnummer / revisjonsbokstav U118	
Prosjektering Uorb/utarbeidet av RS Kontrollert av KLB Godkjent av KLB Konsulentarkiv KLB - RS					




24

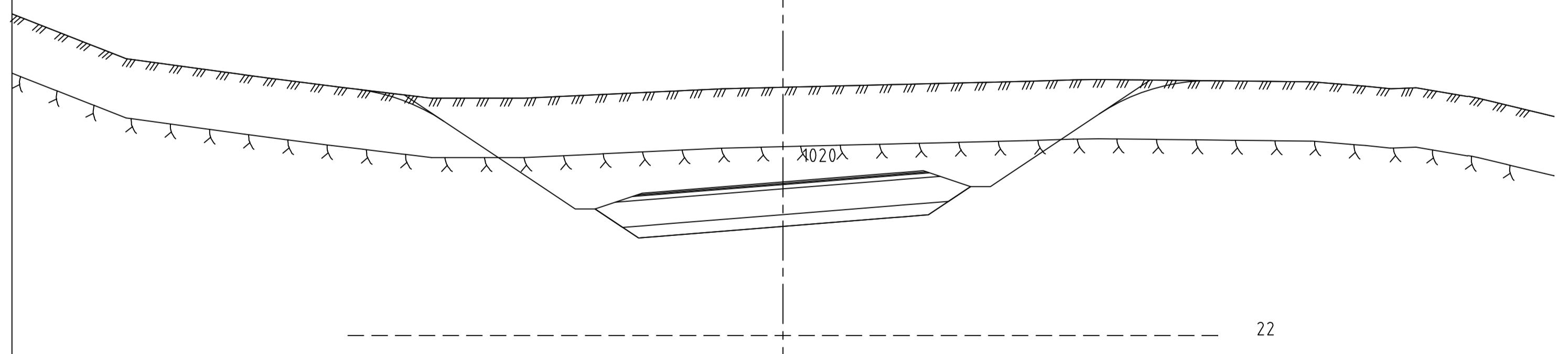
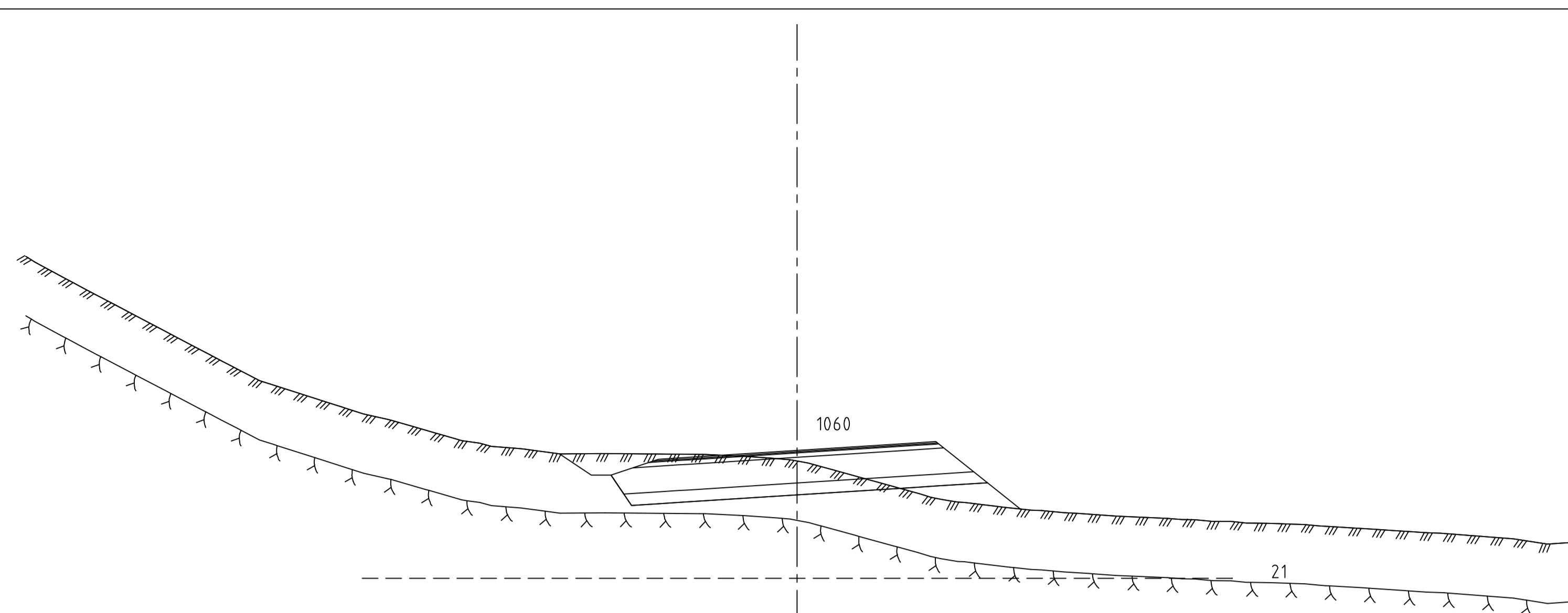
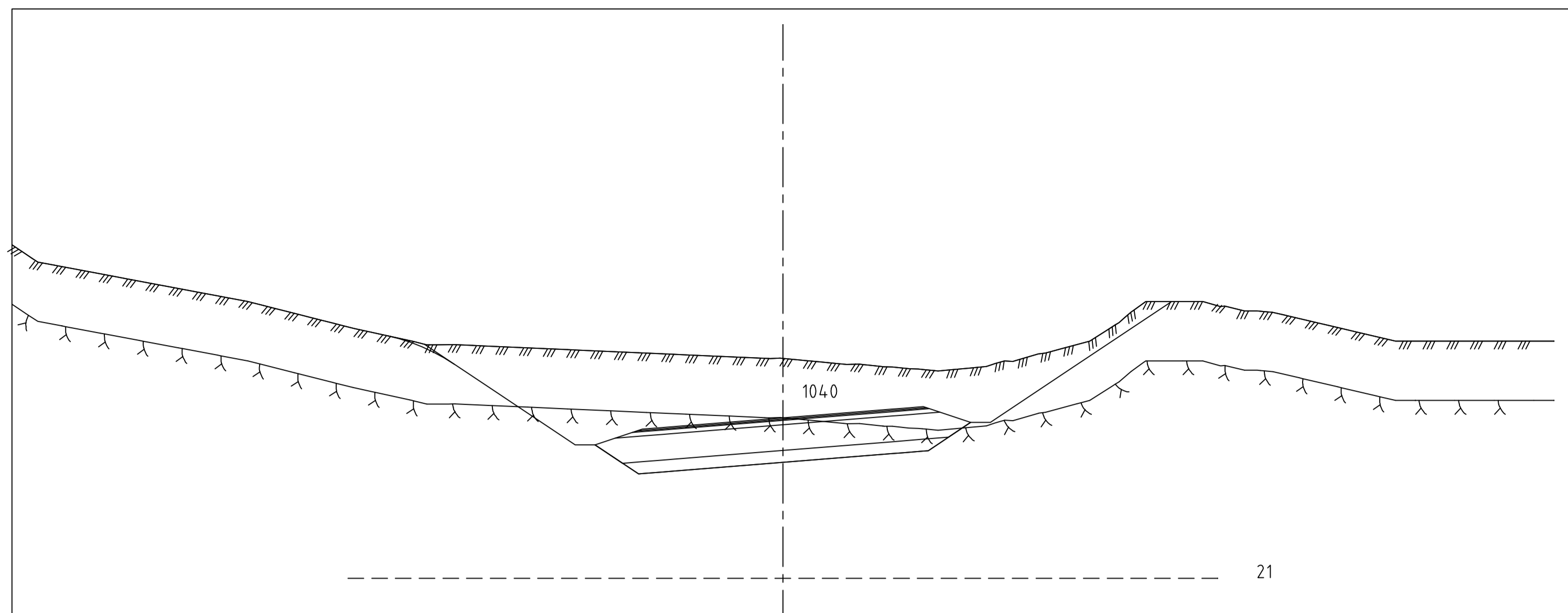



23

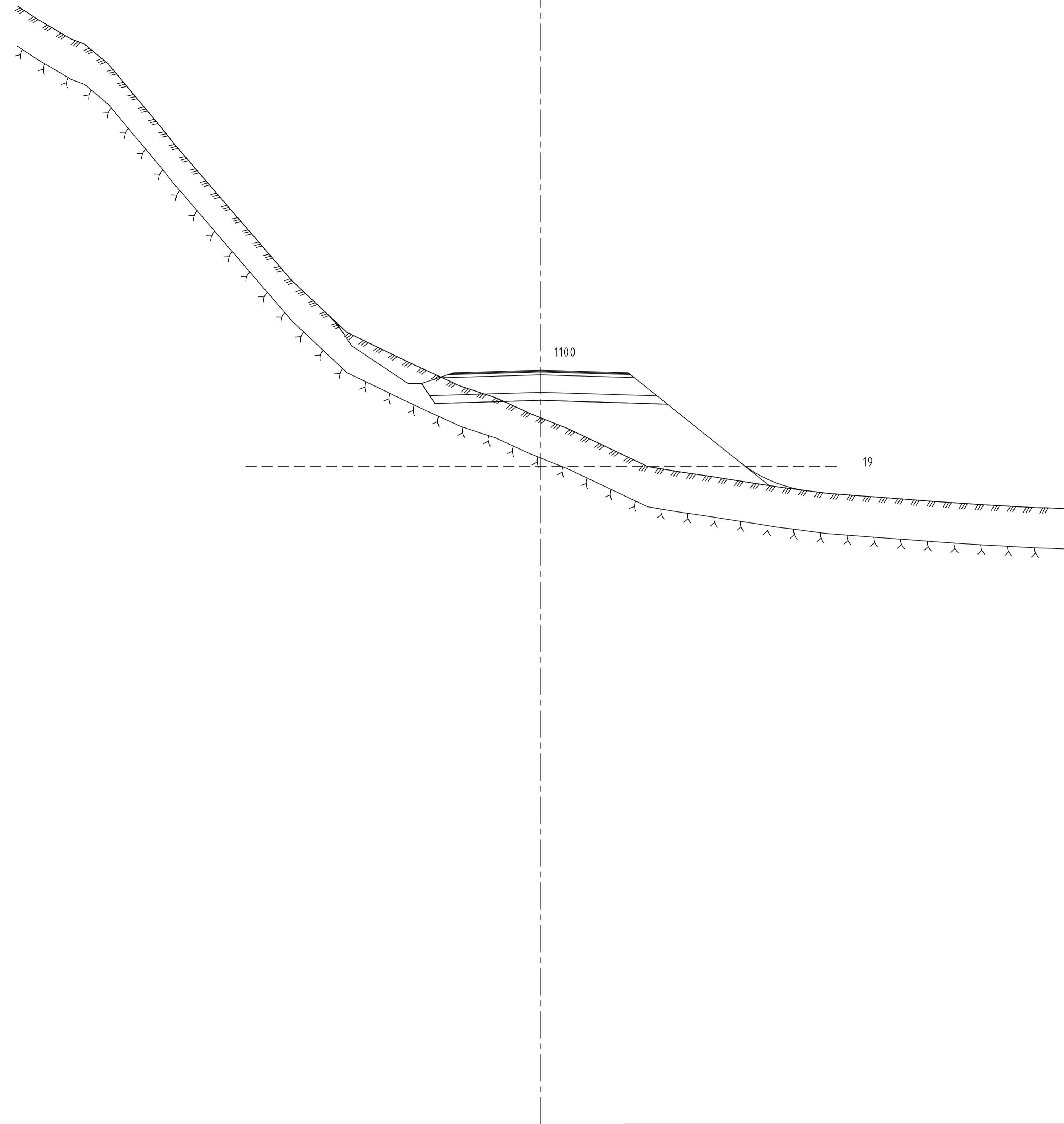
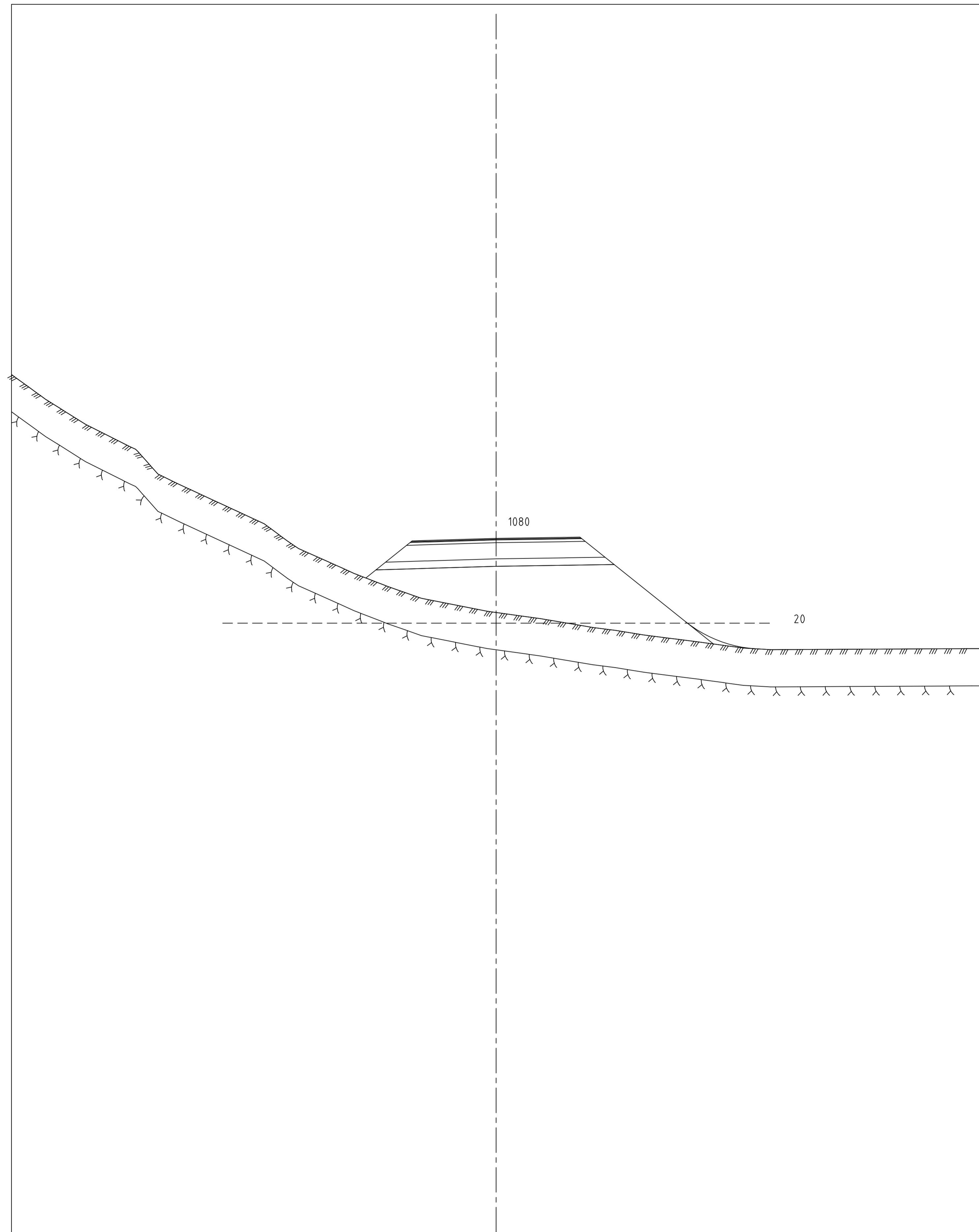



25

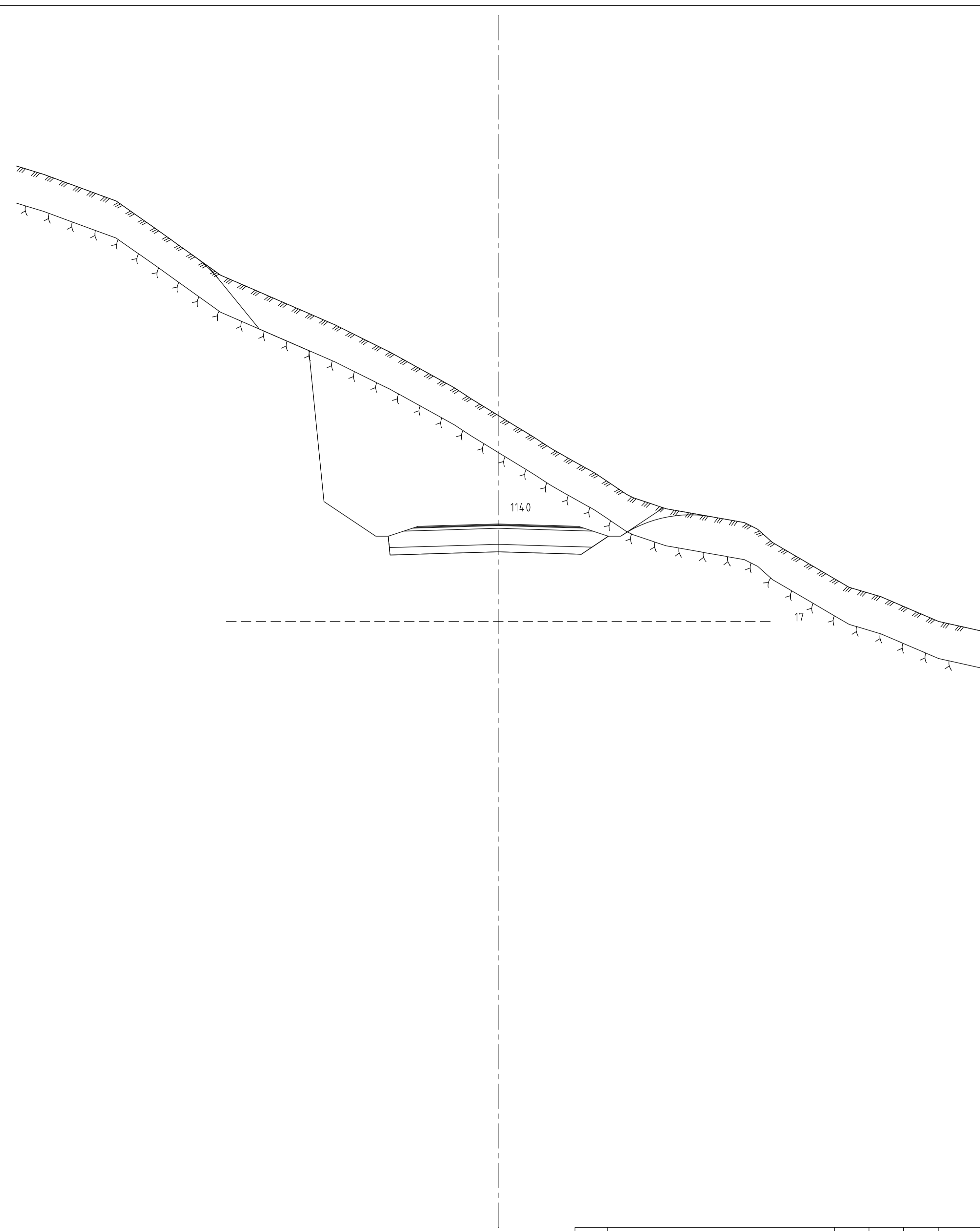
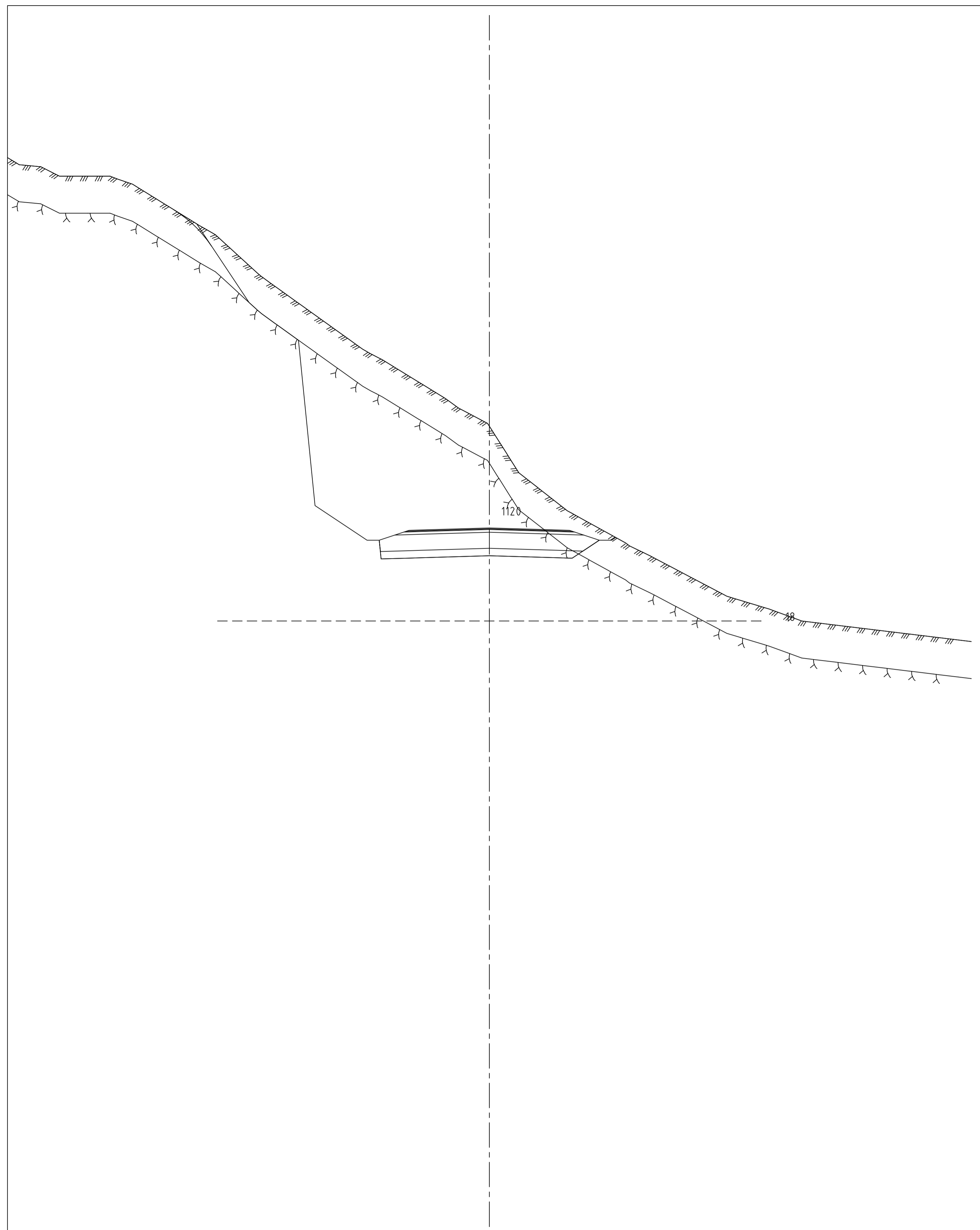
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb.	Kontr.	Godkjent	Rev. dato
 Statens vegvesen		Tegningsdato Bestiller Ephrem Taddese Produsert for Aust - Agder Produsert av KLB - RS Prosjektnummer 2 Prosjektfasenummer 1.0 Arkivreferanse Universitetet i Agder Målestokk A1-format 1:100			
Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 960 - 1000		Koordinatsystem EUREF89NTMNNZ000			
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer /	revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS	U119	




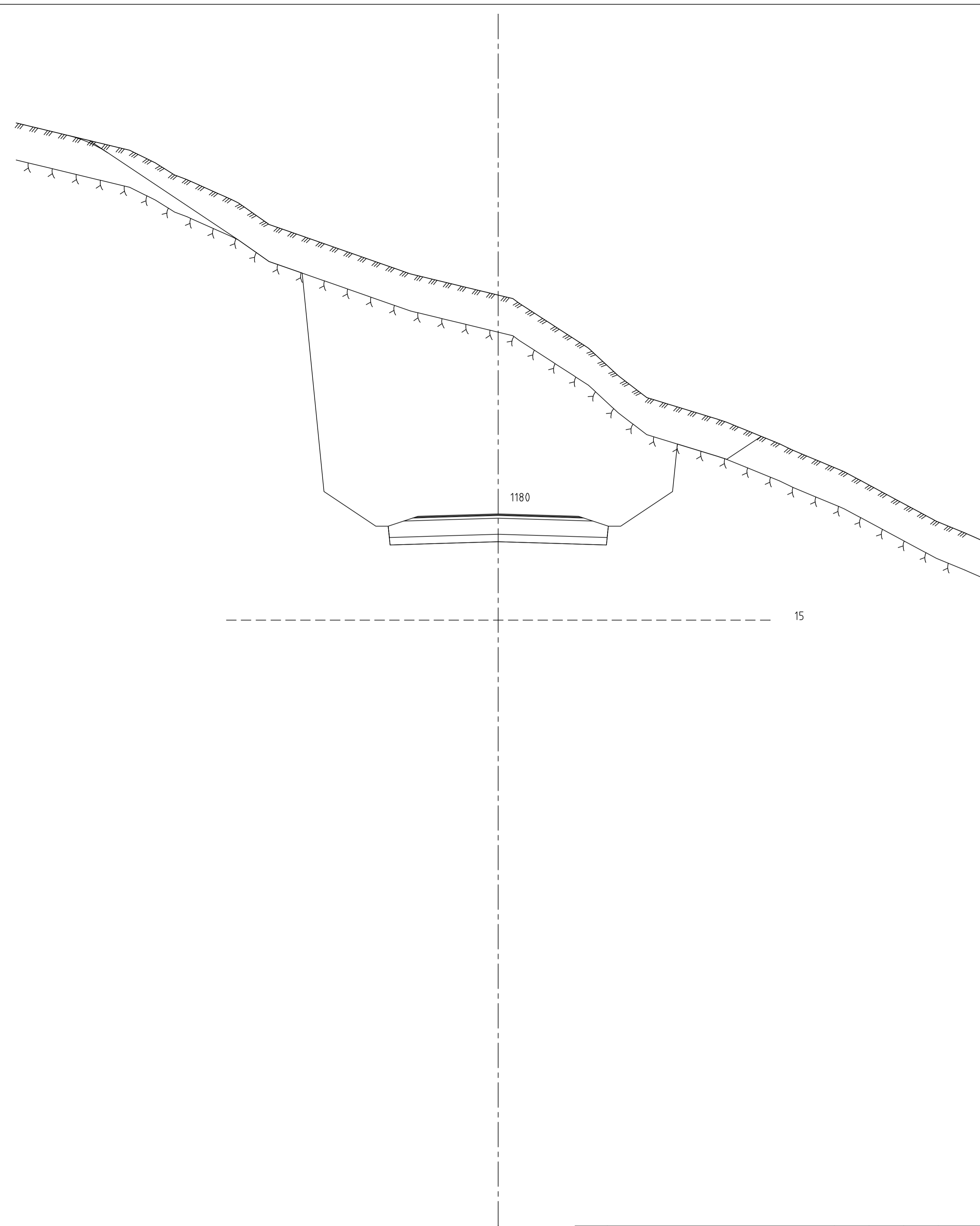
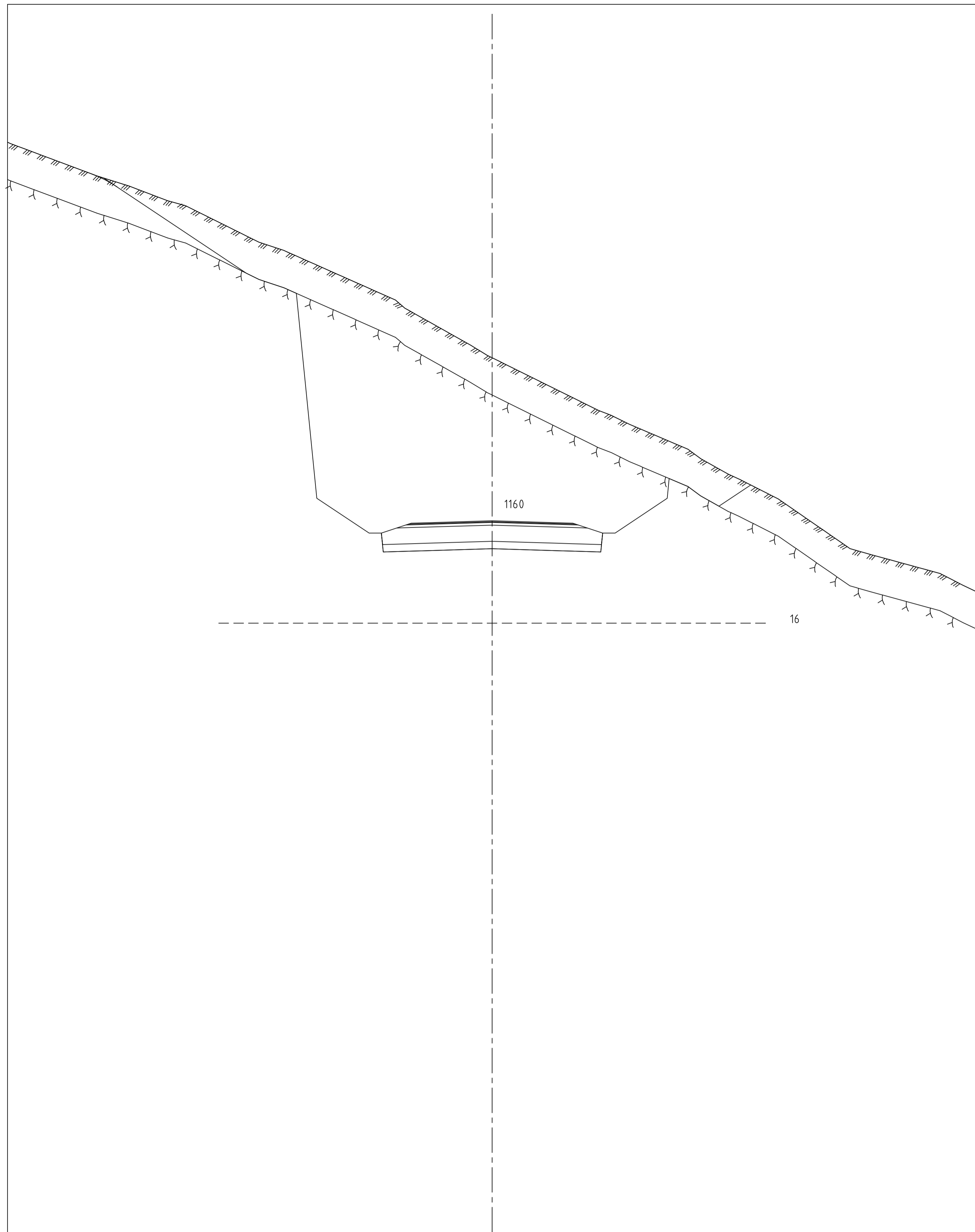
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utb. / Kontr.	Godkjent	Rev. dato
 Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 1120 - 1160		Tegningsdato Bestiller Ephrem Taddesse Produsert for Aust - Agder Produsert av KLB - RS Prosjektnummer 2 Prosjektfasenummer 1.0 Arkivreferanse Universitetet i Agder Målestokk A1-format 1:100		
Prosjektering Utarbeidet av RS Kontrollert av KLB Godkjent av KLB Konsulentarkiv KLB - RS		Koordinatsystem EUREF89NTMNNZ000 Tegningsnummer / revisjonsbokstav U120		




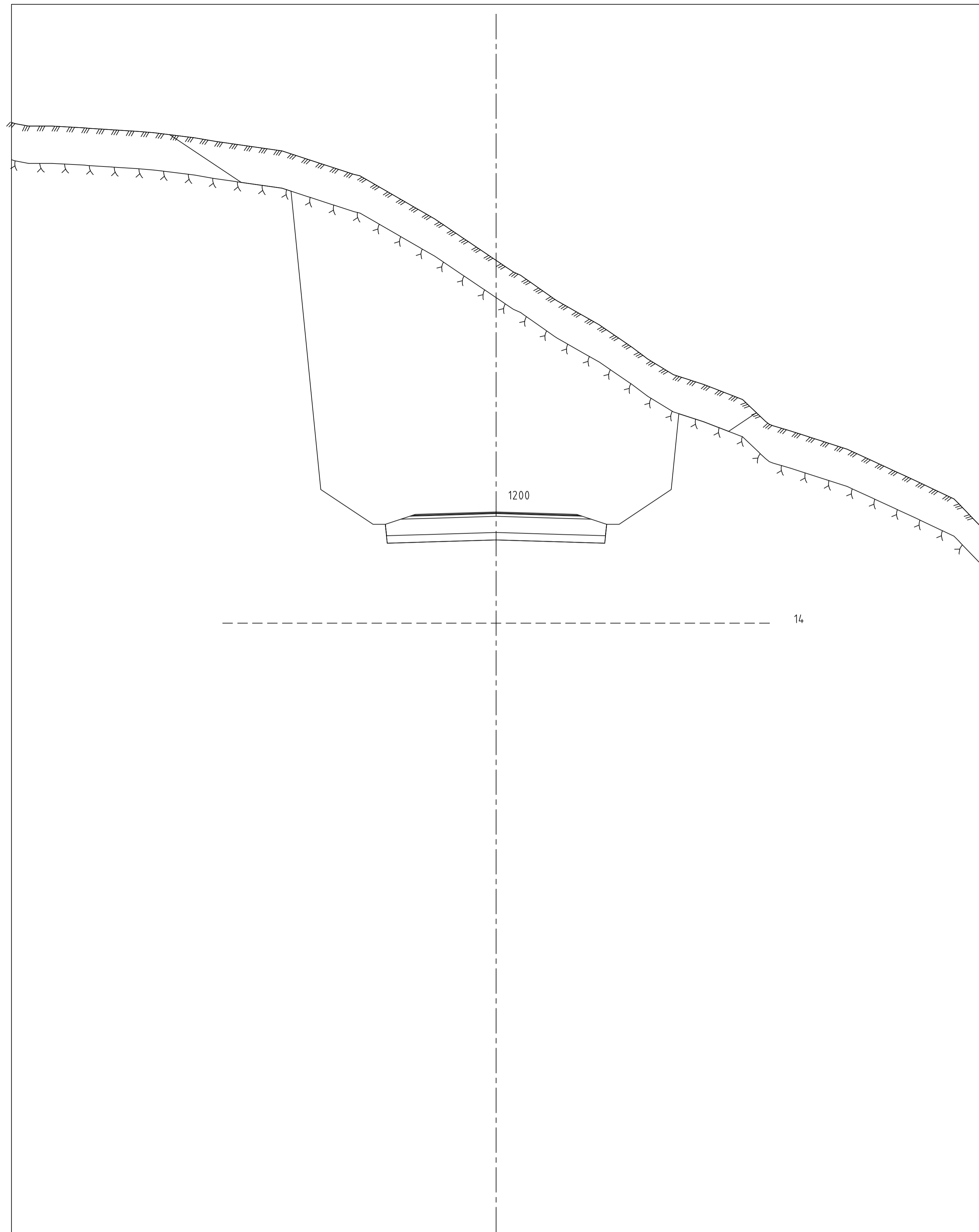
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utb. / Kontr.	Godkjent	Rev. dato
 Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 1080 - 1100		Tegningsdato		
		Bestiller		Ephrem Taddese
		Produsert for		Aust - Agder
		Produsert av		KLB - RS
		Prosjektnummer		2
Prosjektfasenummer		1.0		
Arkivreferanse		Universitetet i Agder		
Målestokk A1-format		1:100		
Prosjektering		Koordinatsystem	EUREF89NTMNNZ000	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS	U121



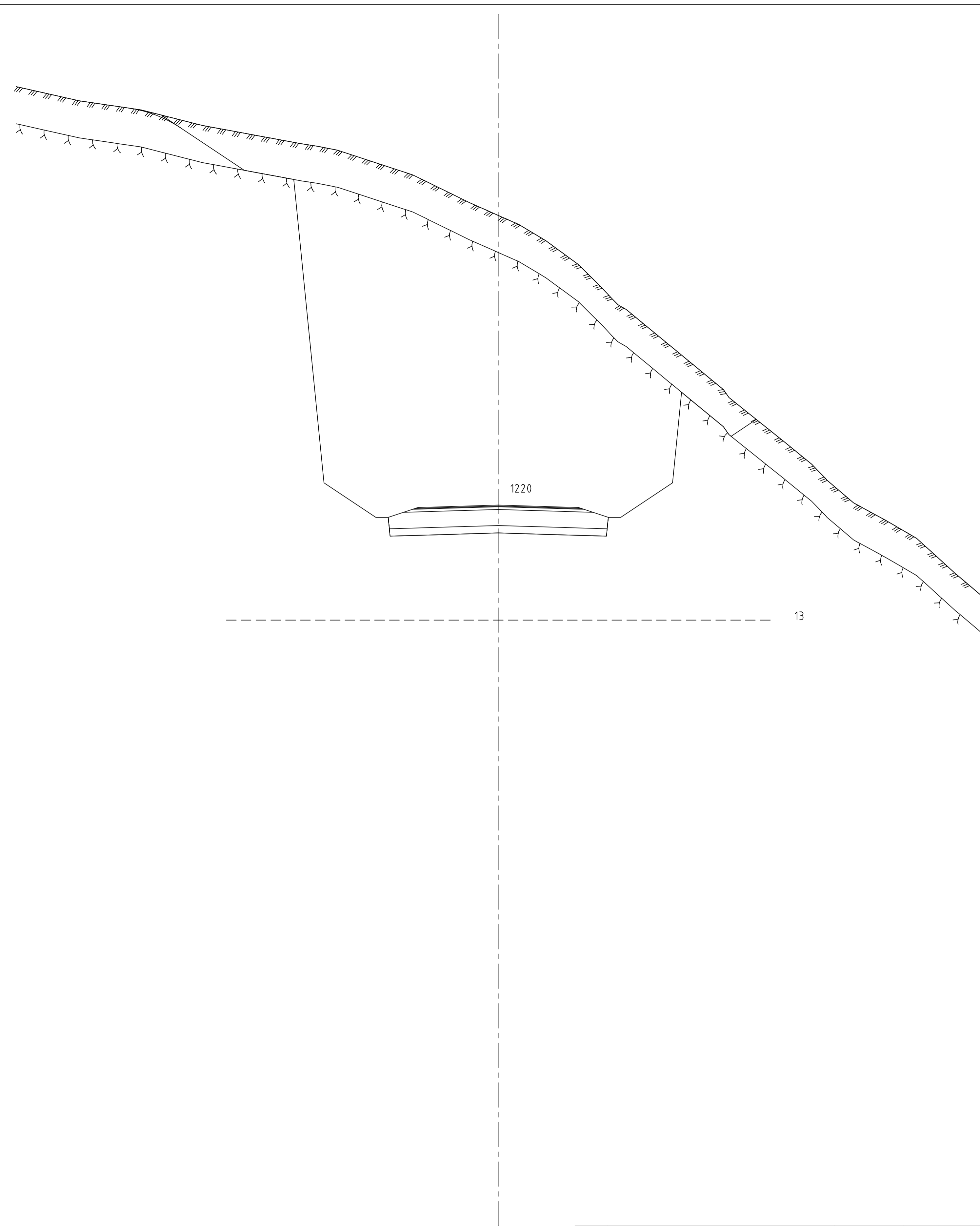
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Statens vegvesen		Tegningsdato		Ephrem Taddese	
Veg 1		Bestiller		Aust - Agder	
Molland - Nørholm		Produsert for		KLB - RS	
Tverrprofiler profil 1120 - 1140		Produsert av		KLB - RS	
		Prosjektnummer		2	
		Prosjektfasenummer		1.0	
		Arkivreferanse		Universitetet i Agder	
		Målestokk A1-format		1:100	
Prosjektering		Koordinatsystem		EUREF89NTMNNZ000	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer /	revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS	U122	




Revisjon	Revisjonen gjelder	Utb. / Kontr.	Godkjent	Rev. dato
 Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 1160 - 1180		Tegningsdato		
		Bestiller		Ephrem Taddesse
		Produsert for		Aust - Agder
		Produsert av		KLB - RS
		Prosjektnummer		2
		Prosjektfasenummer		1.0
Arkivreferanse		Universitetet i Agder		
Målestokk A1-format		1:100		
Prosjektering		Koordinatsystem	EUREF89NTM/NNZ000	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS	U123

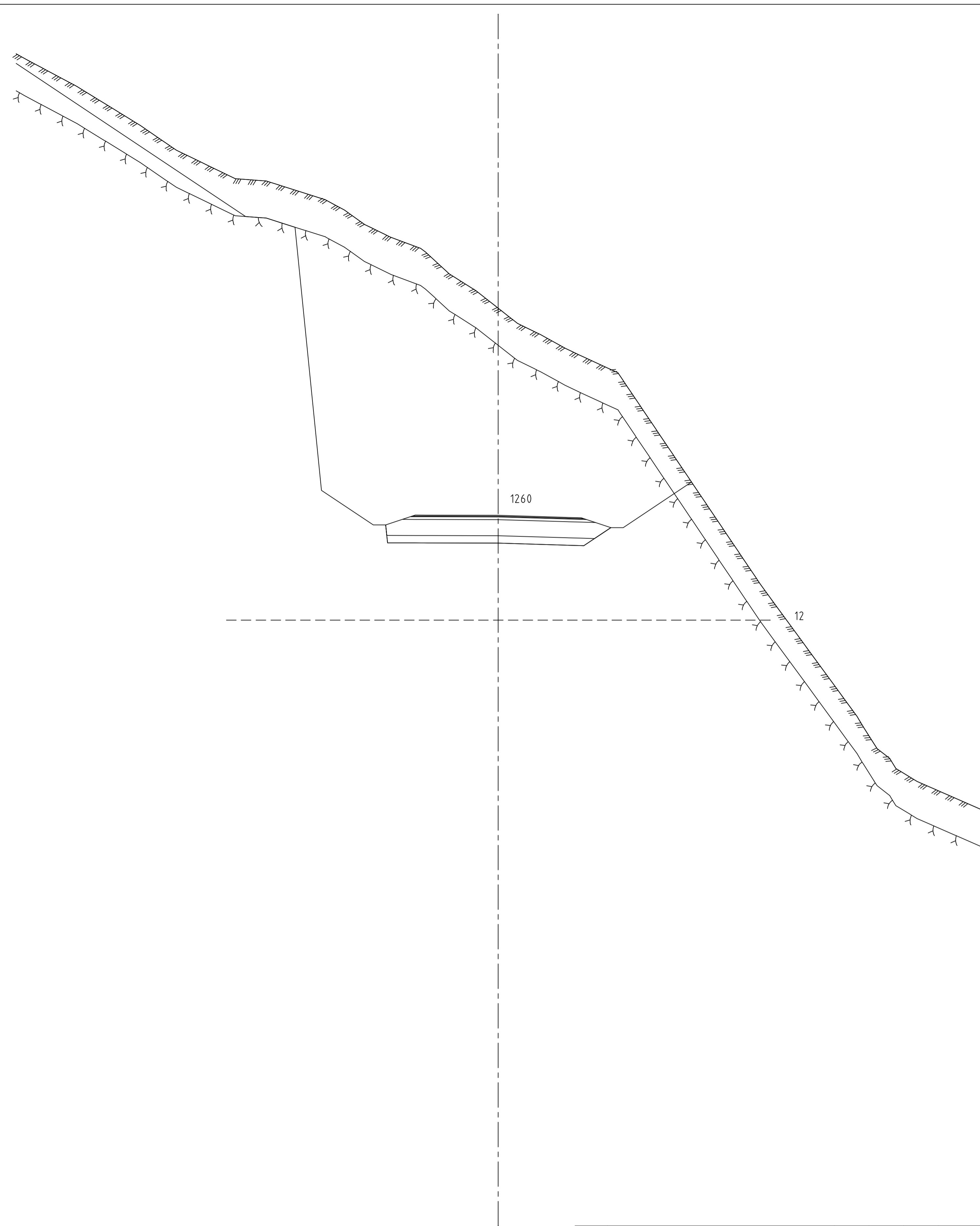
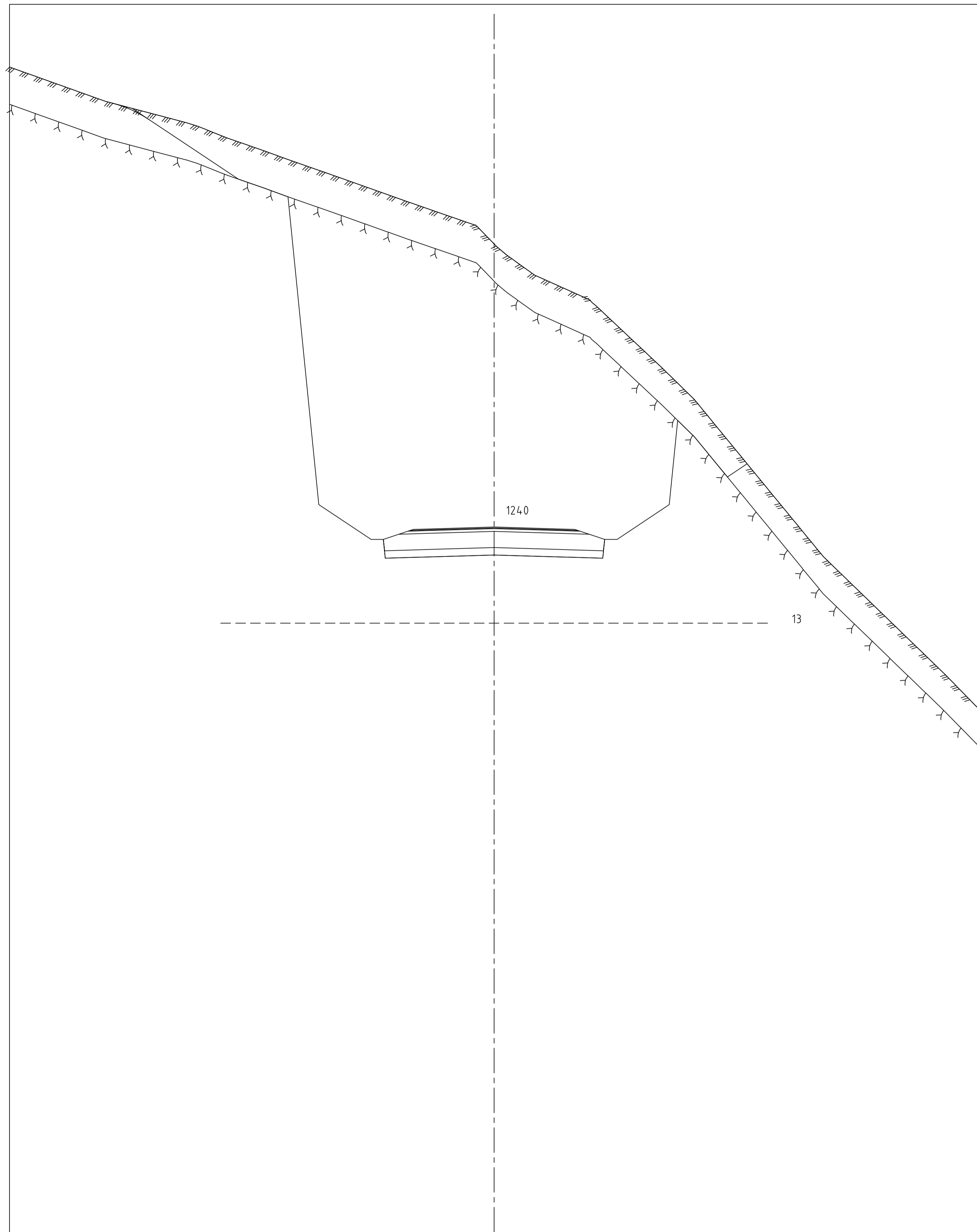



14

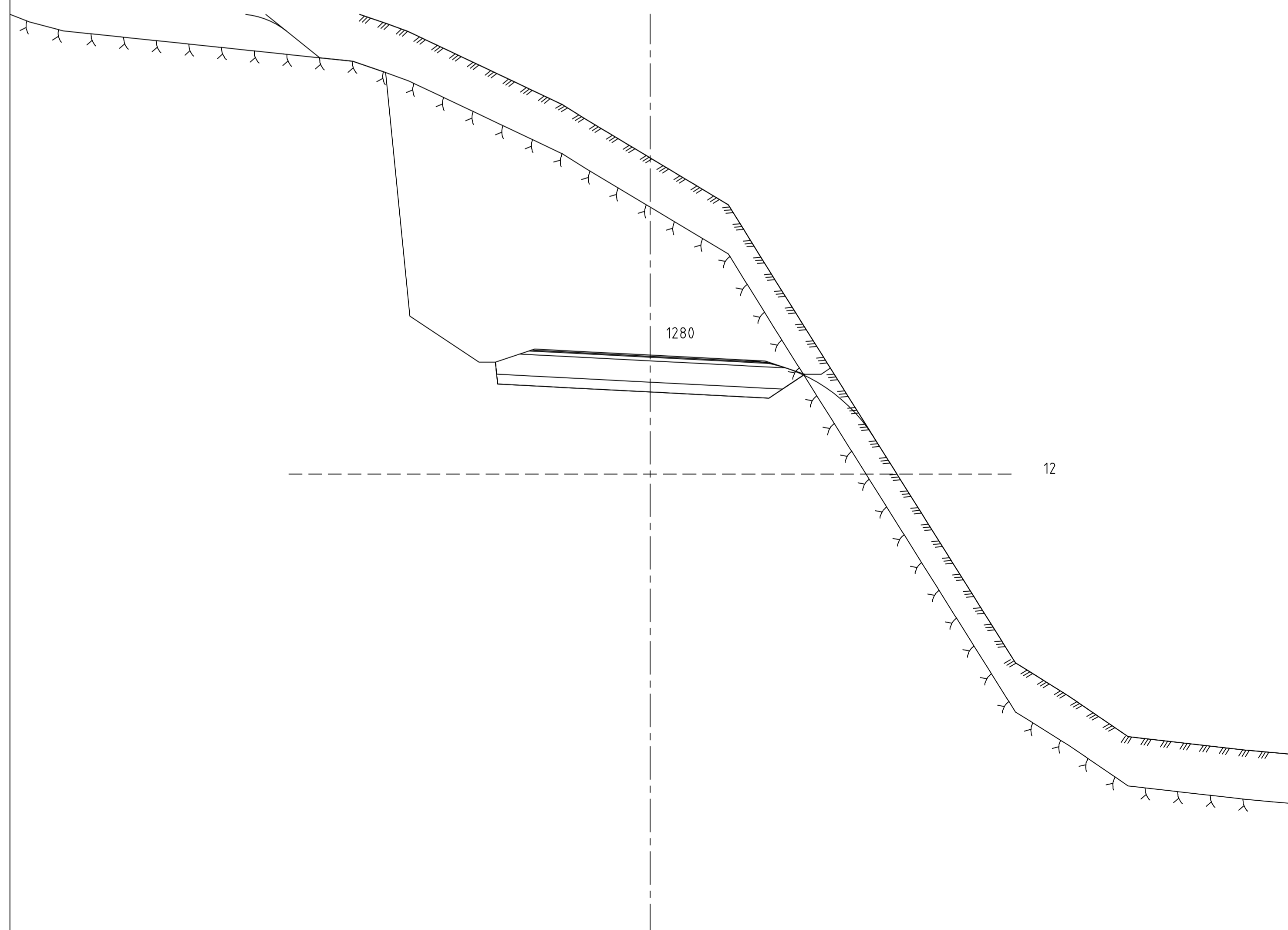
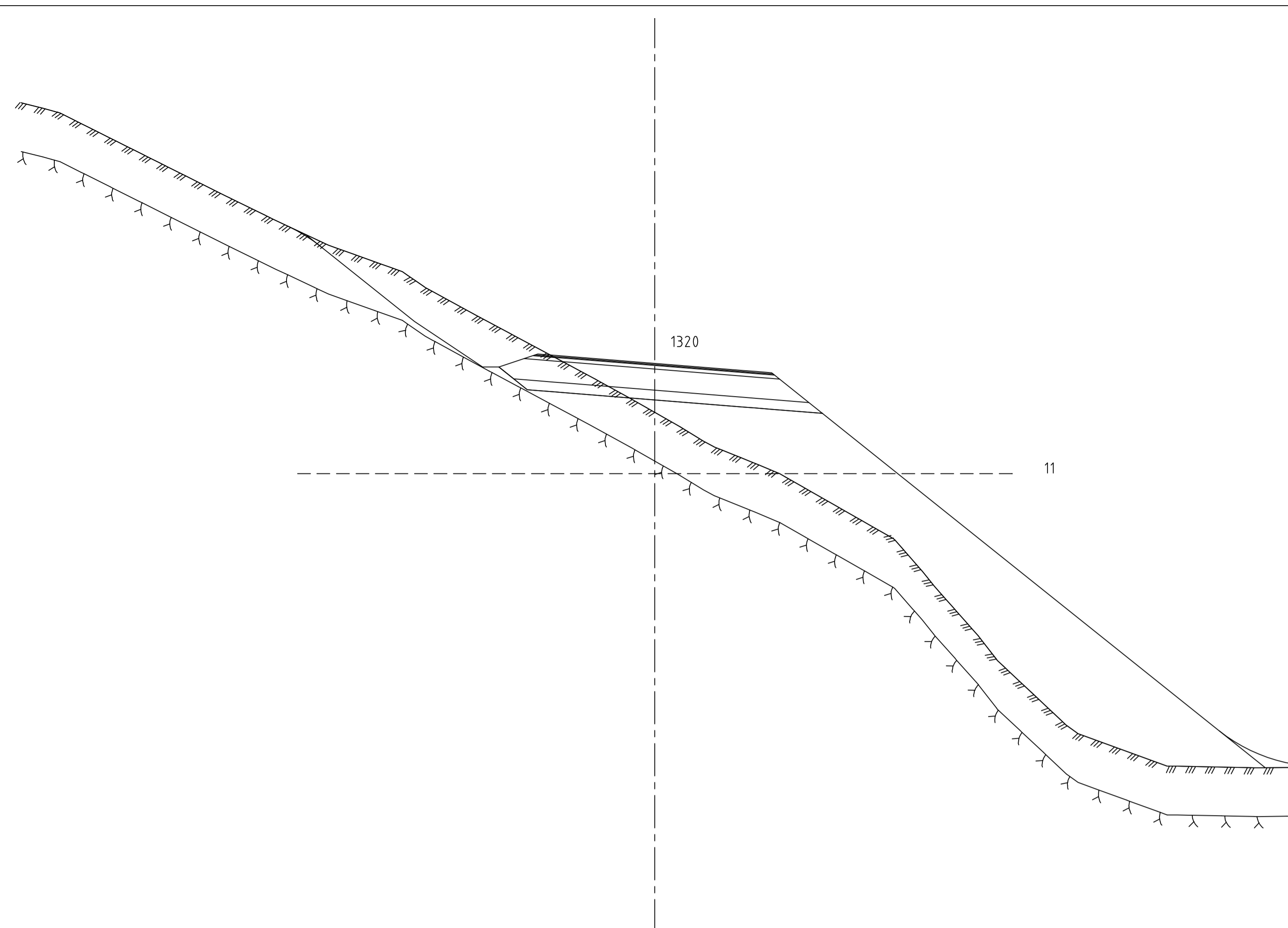
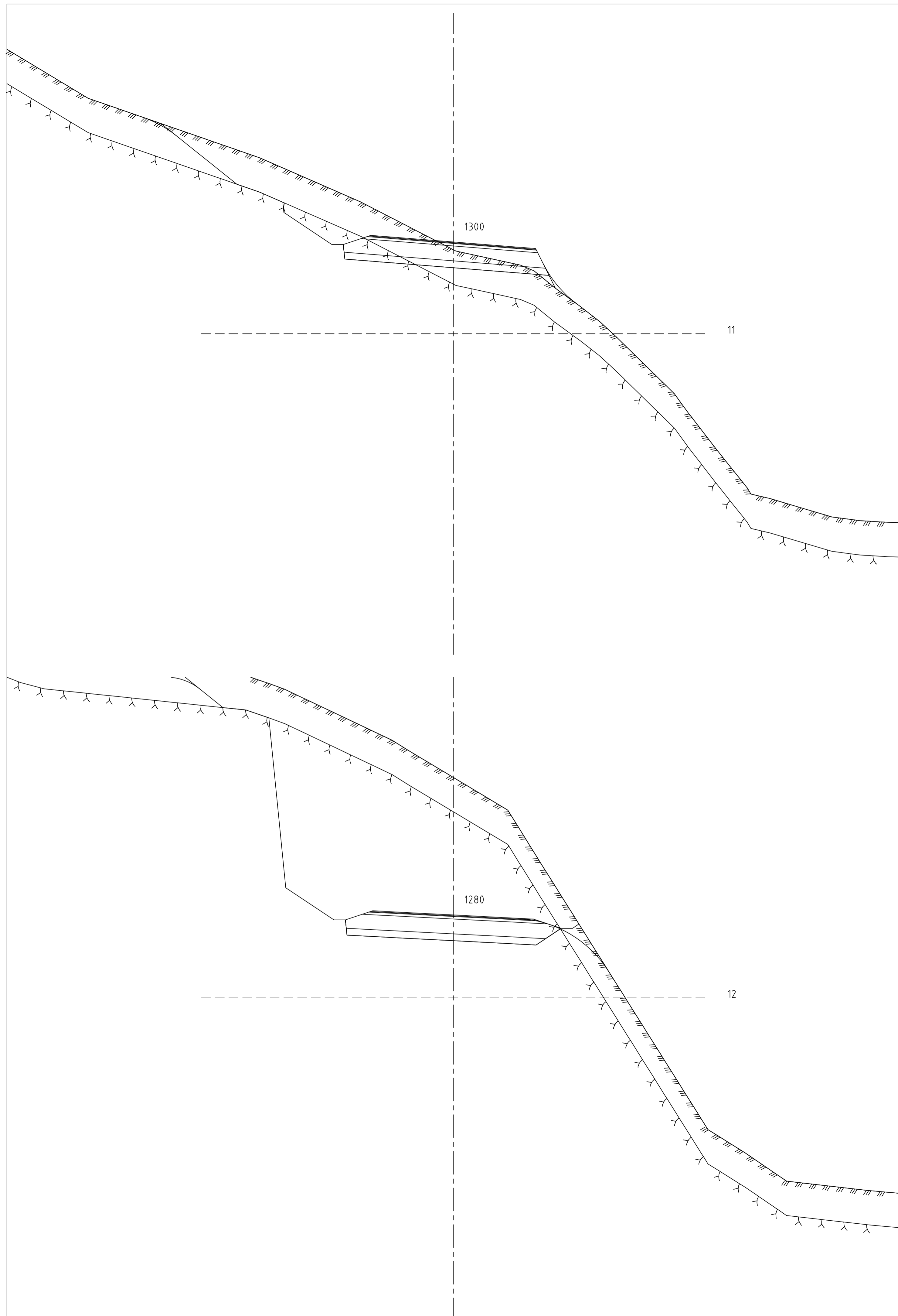



13

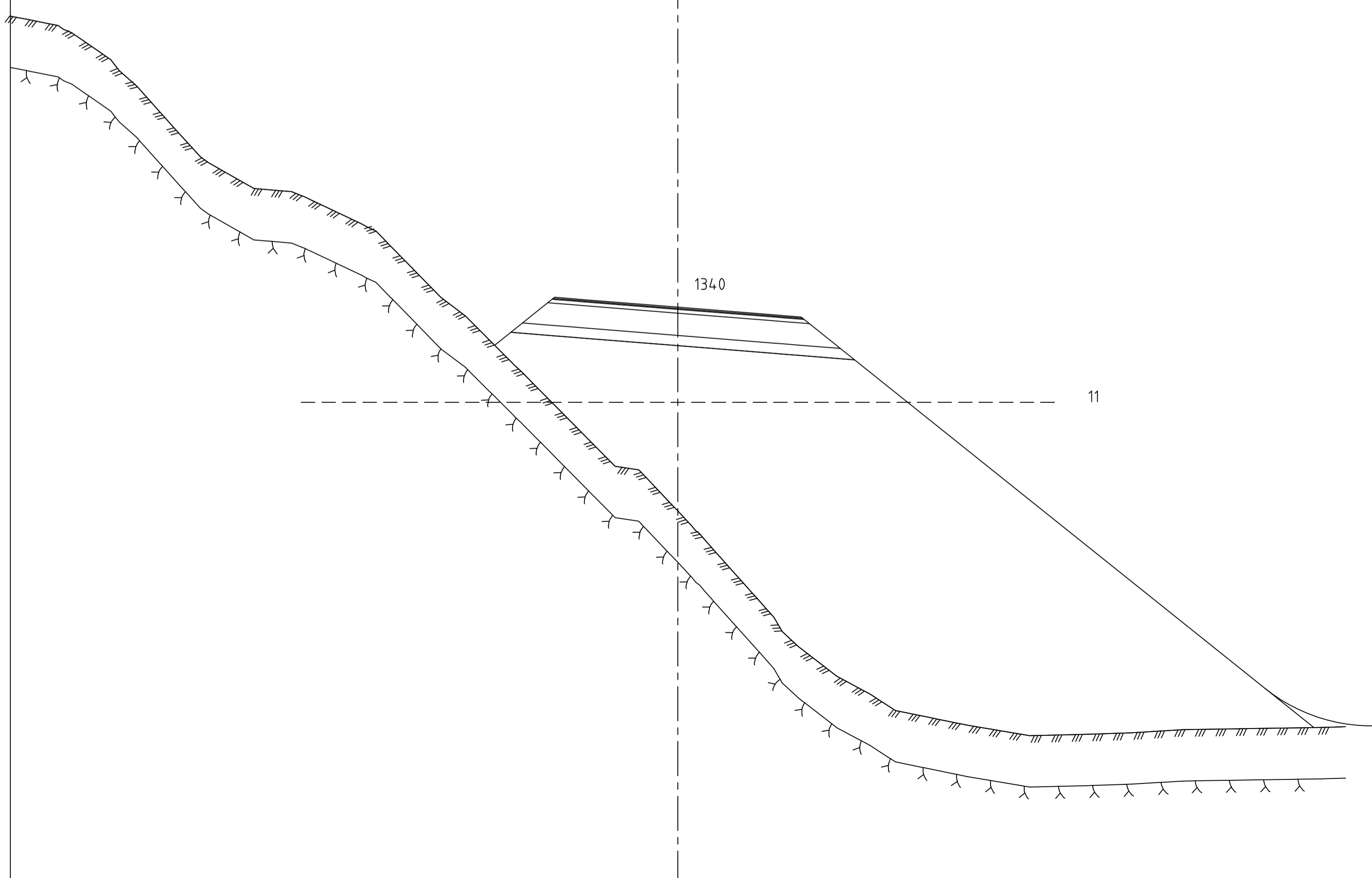
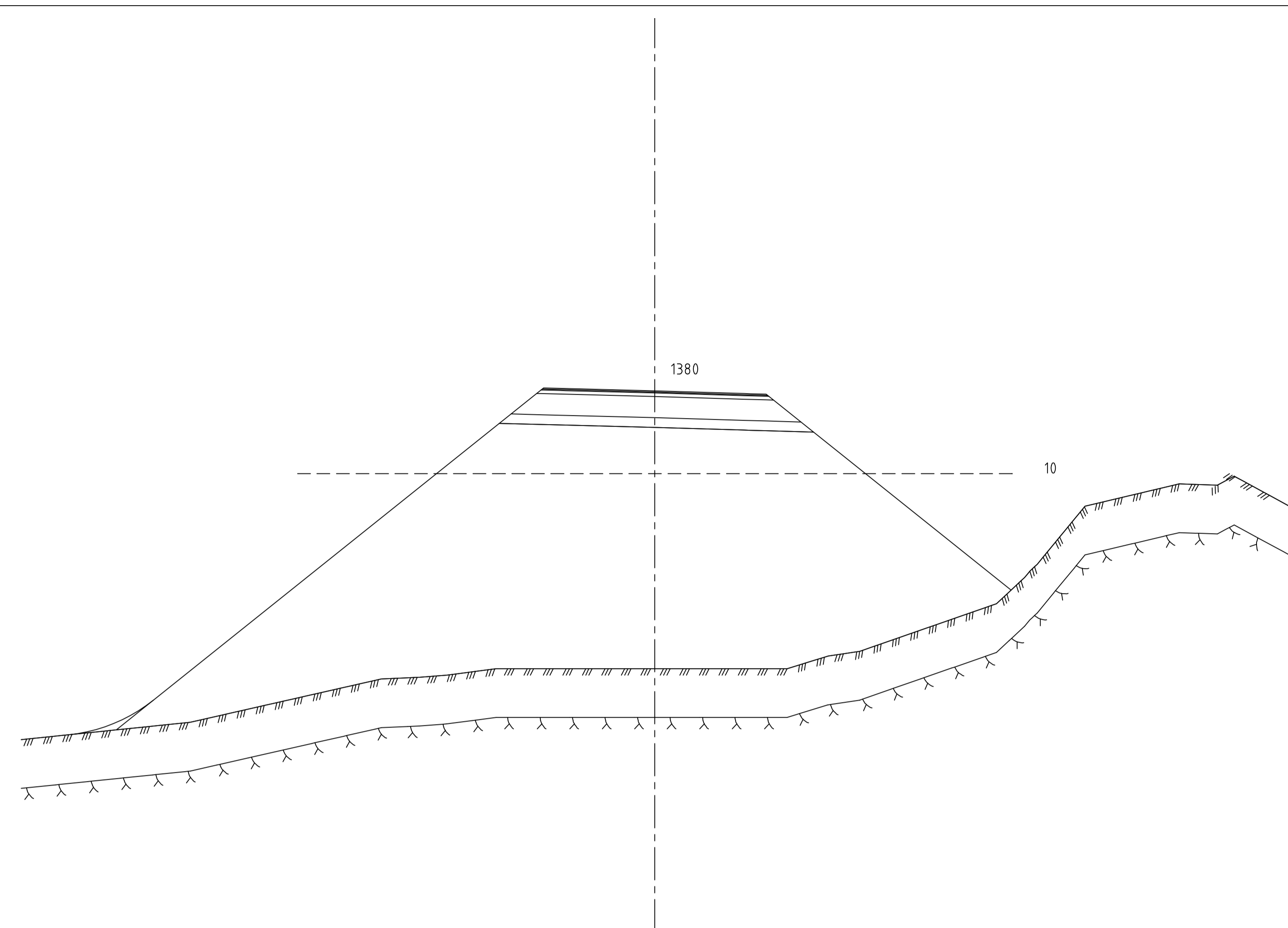
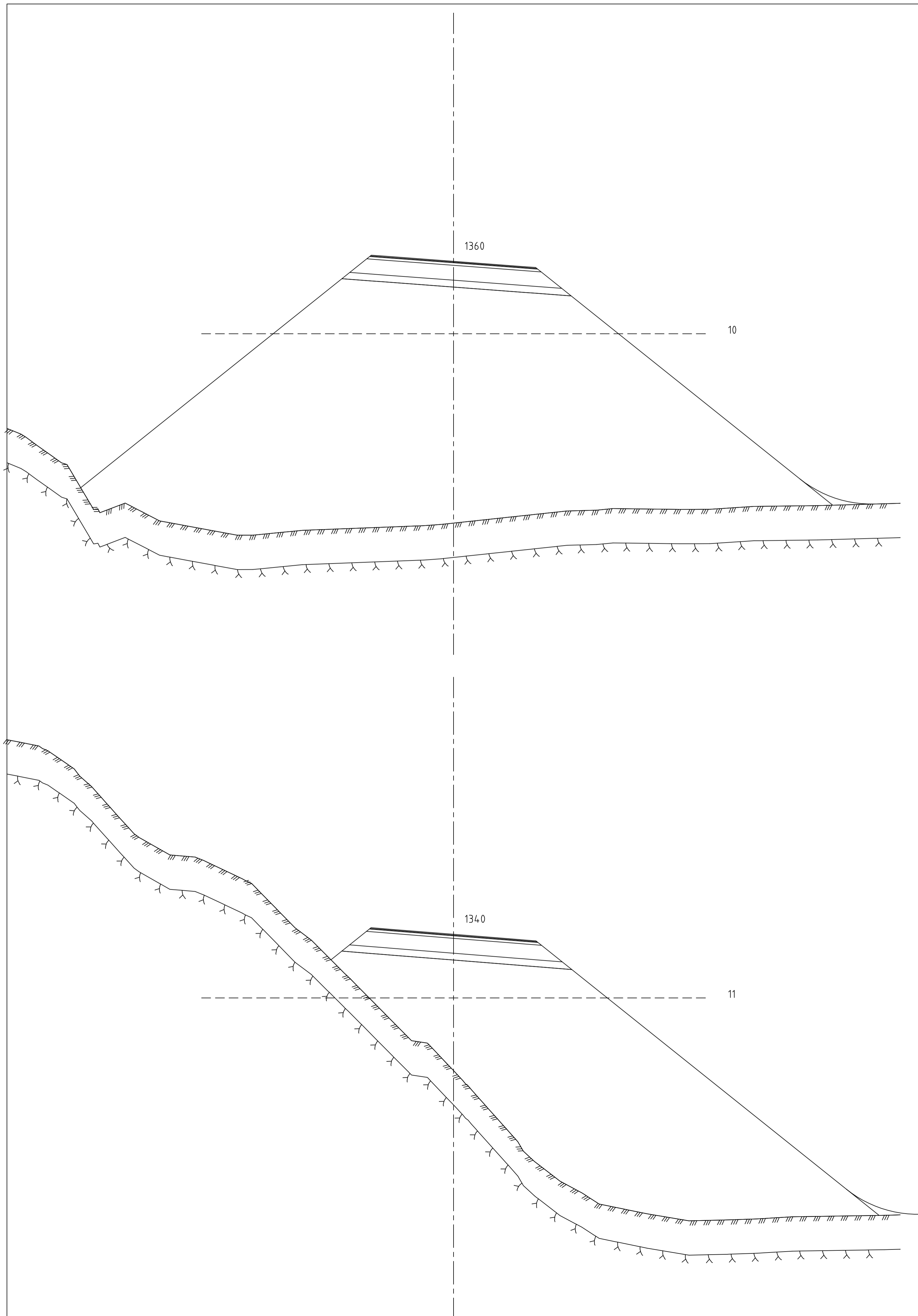
Revisjon		Revisjonen gjelder		Utb. / Kontr.	Godkjent	Rev. dato
 Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 1200 - 1220				Tegningsdato Bestiller Produsert for Produsert av Prosjektnummer Prosjektfasenummer Arkivreferanse Målestokk A1-format		Ephrem Taddese Aust - Agder KLB - RS 2 1.0 Universitetet i Agder 1:100
Prosjektering				Koordinatsystem		EUREF89NTMNN2000
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer /	revisjonsbokstav	
RS	KLB	KLB	KLB - RS			U124




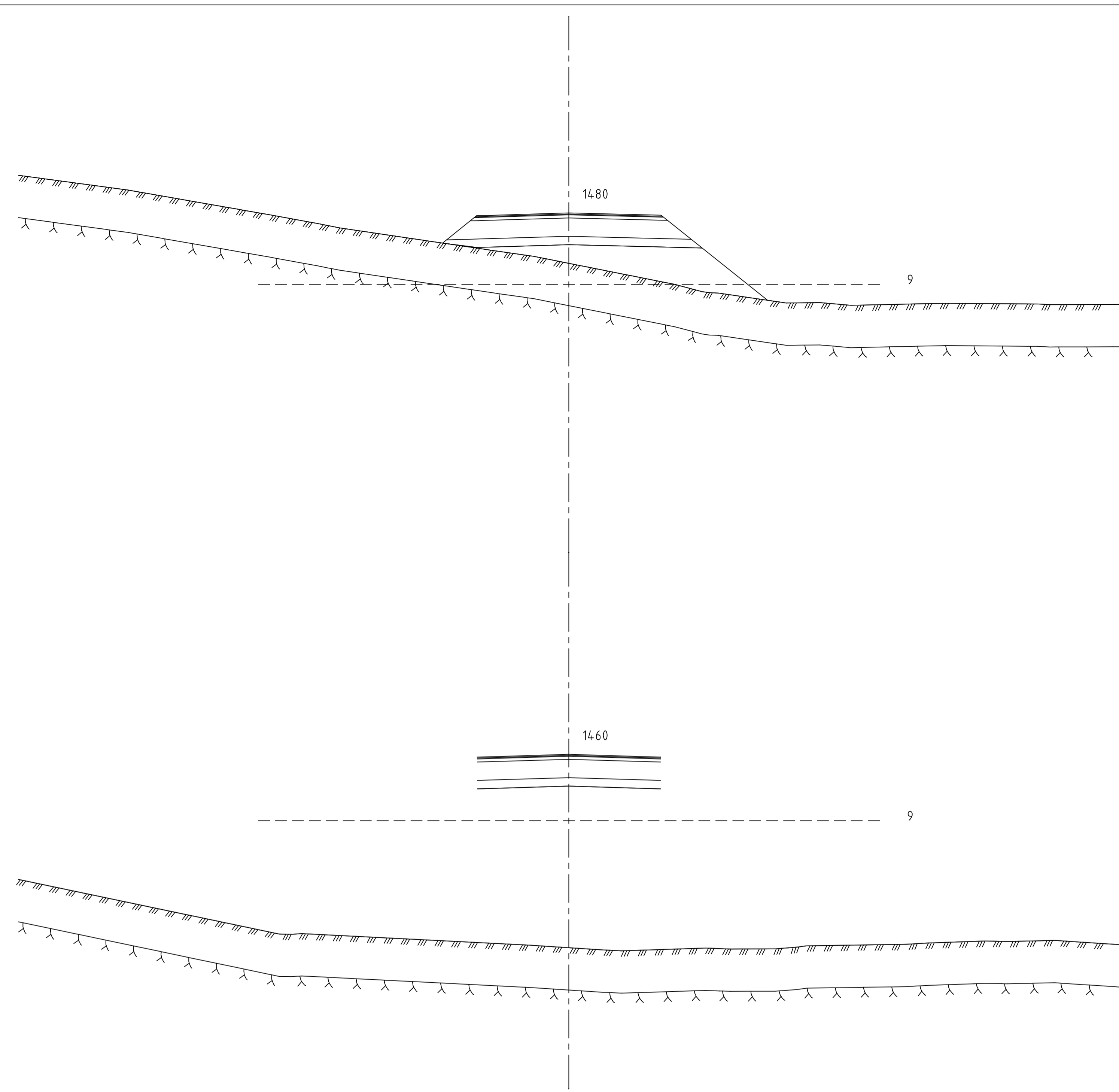
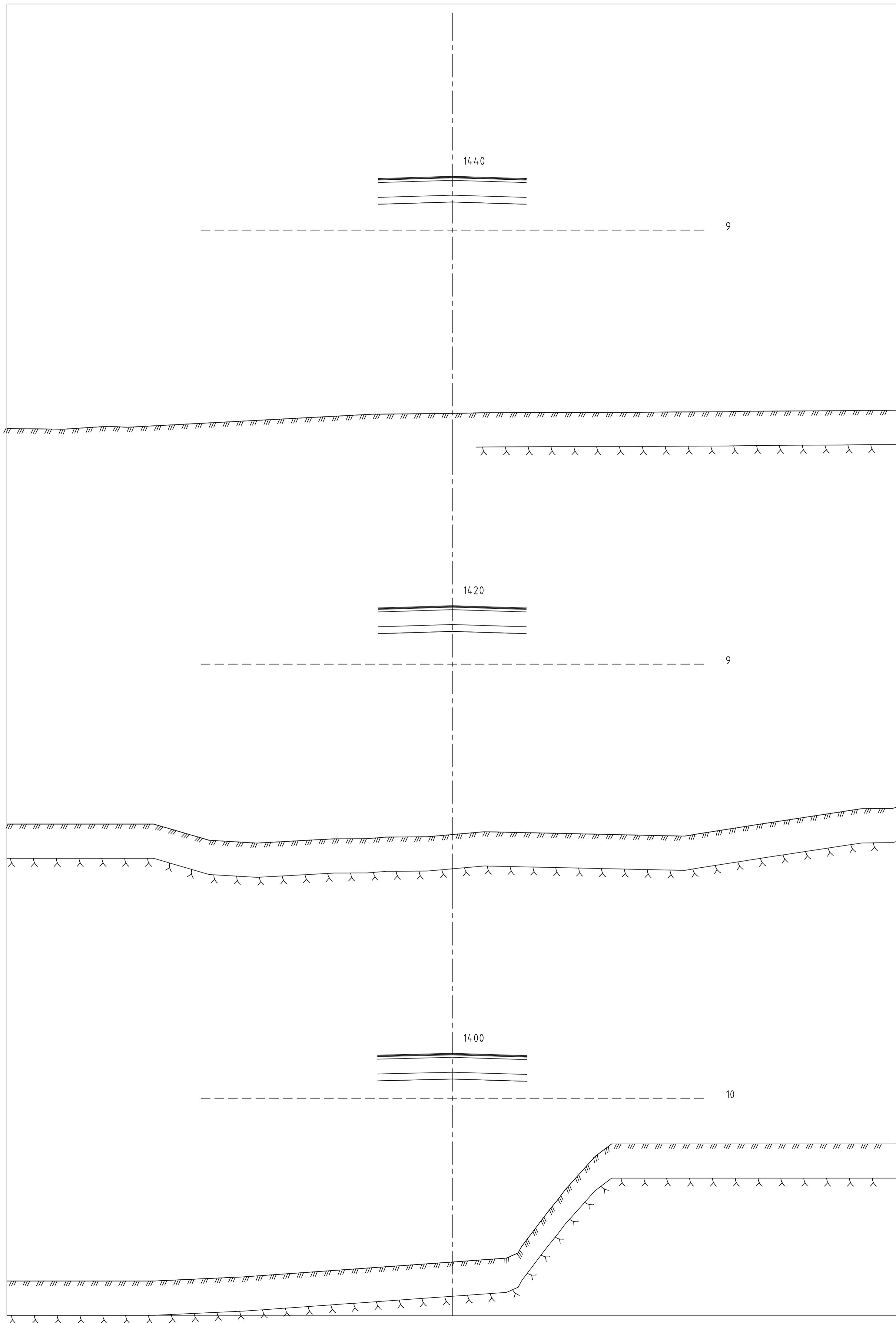
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utb. / Kontr.	Godkjent	Rev. dato
 Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 1240 - 1260		Tegningsdato		
		Bestiller		Ephrem Taddese
		Produsert for		Aust - Agder
		Produsert av		KLB - RS
		Prosjektnummer		2
		Prosjektfasenummer		1.0
Arkivreferanse		Universitetet i Agder		
Målestokk A1-format		1:100		
Prosjektering		Koordinatsystem	EUREF89NTM/NN2000	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS	U125




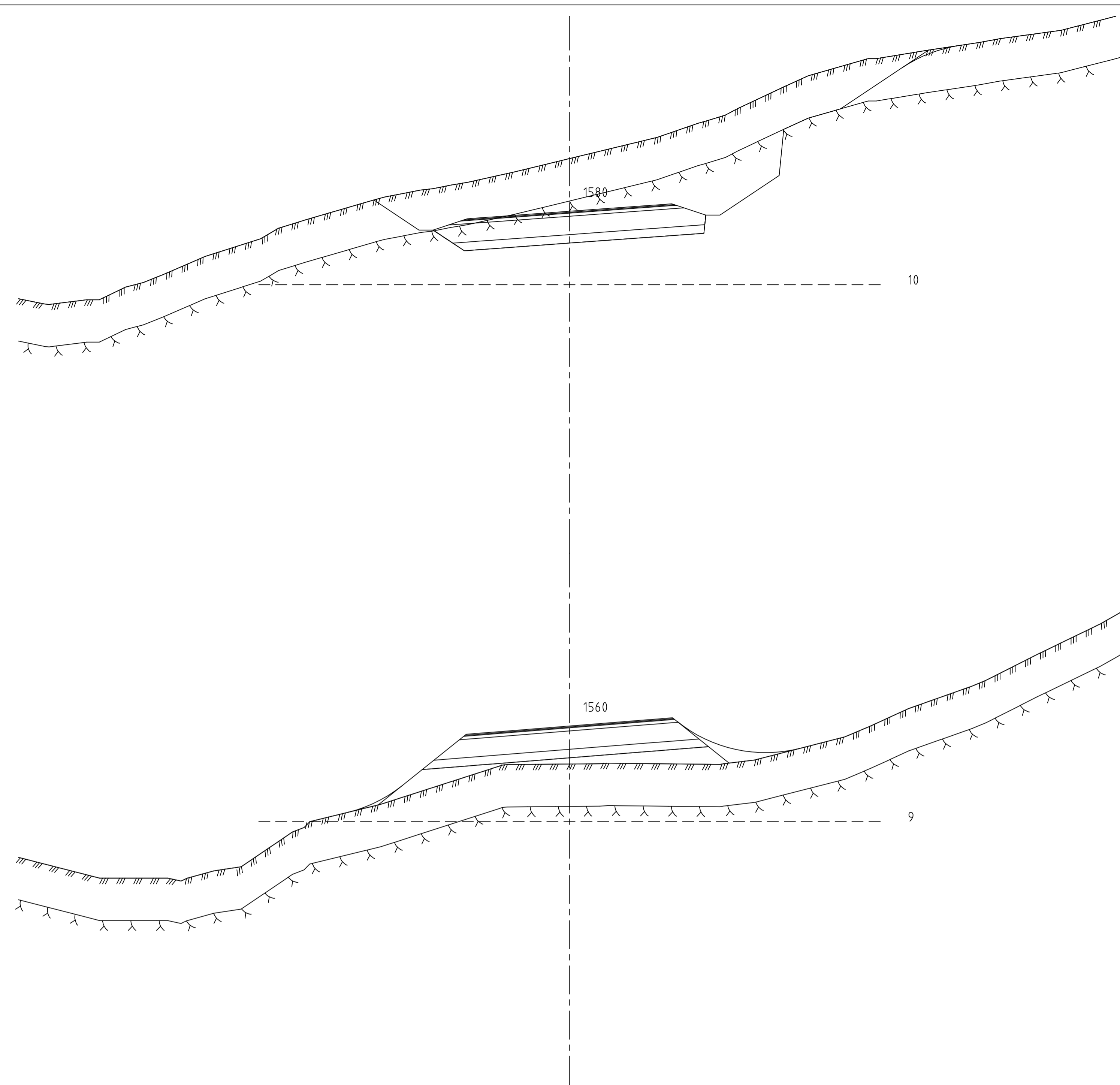
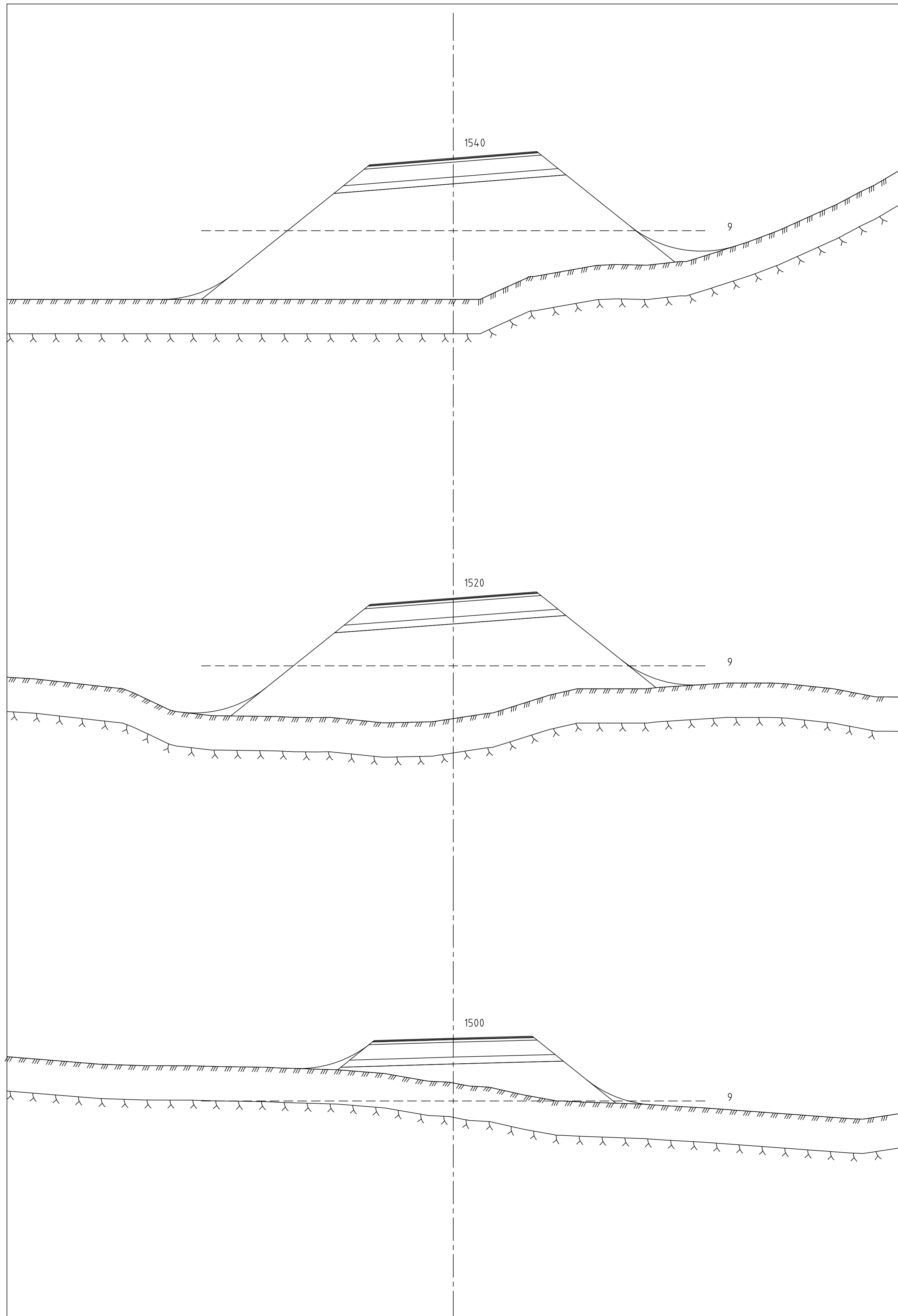
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utb. / Kontr.	Godkjent	Rev. dato
 Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 1280 - 1320		Tegningsdato		
		Bestiller		Ephrem Taddese
		Produsert for		Aust - Agder
		Produsert av		KLB - RS
		Prosjektnummer		2
Prosjektfasenummer		1.0		
Arkivreferanse		Universitetet i Agder		
Målestokk A1-format		1:100		
Prosjektering		Koordinatsystem		EUREF89NTMNNZ000
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS	U126




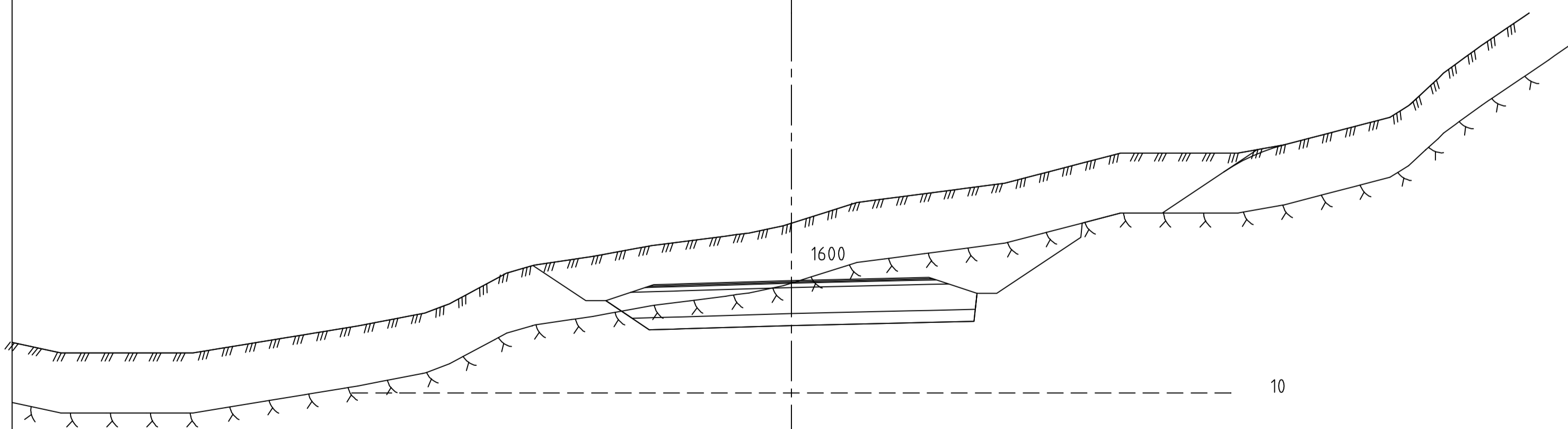
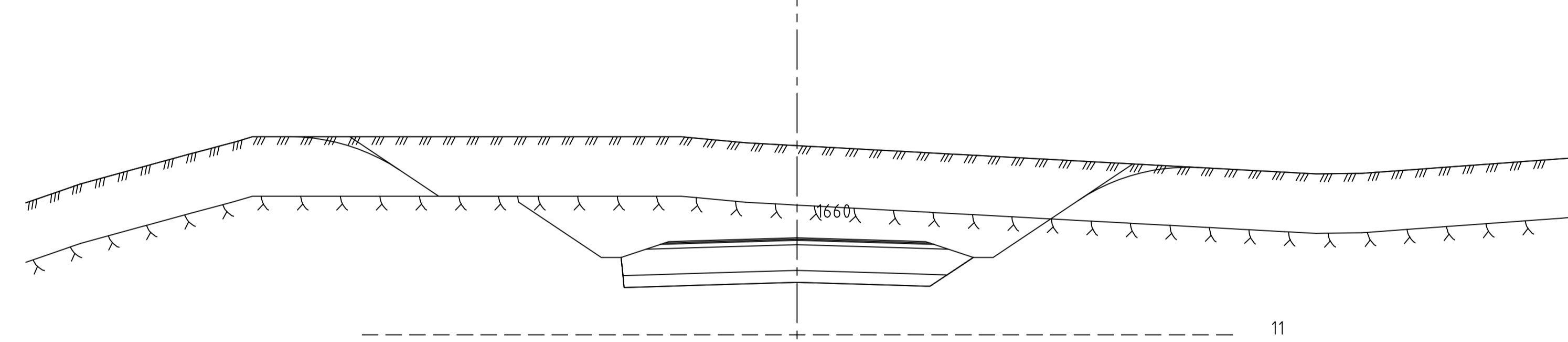
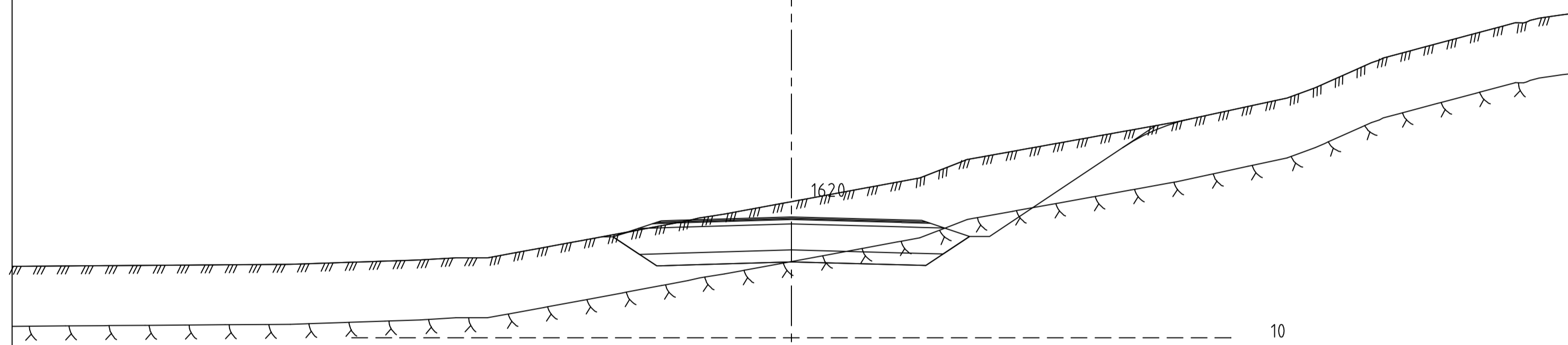
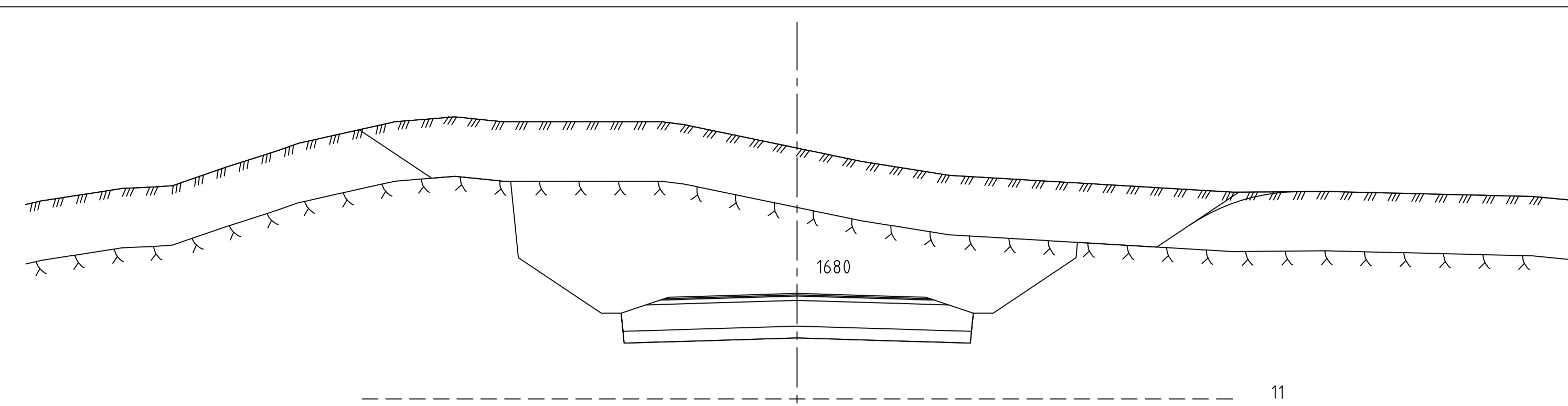
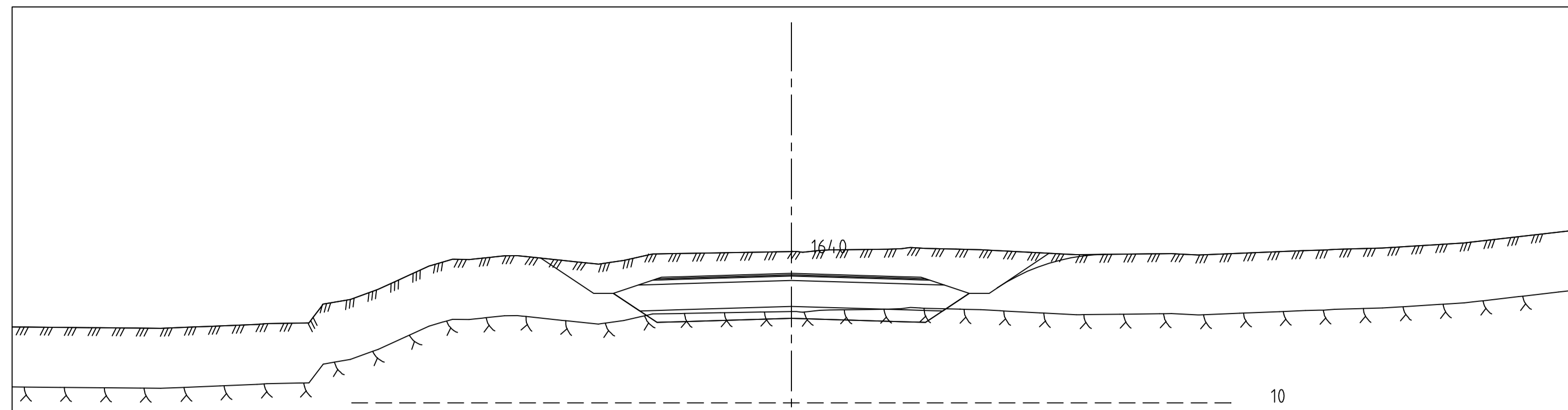
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utorb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 1340 - 1380		Tegningsdato		Ephrem Taddesse	
		Bestiller		Aust - Agder	
		Produsert for		KLB - RS	
		Produsert av		2	
		Prosjektnummer		1.0	
Arkivreferanse		Universitetet i Agder			
Målestokk A1-format		1:100			
Prosjektering		Koordinatsystem		EUREF89NTM/NNZ000	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer /	revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS	U127	




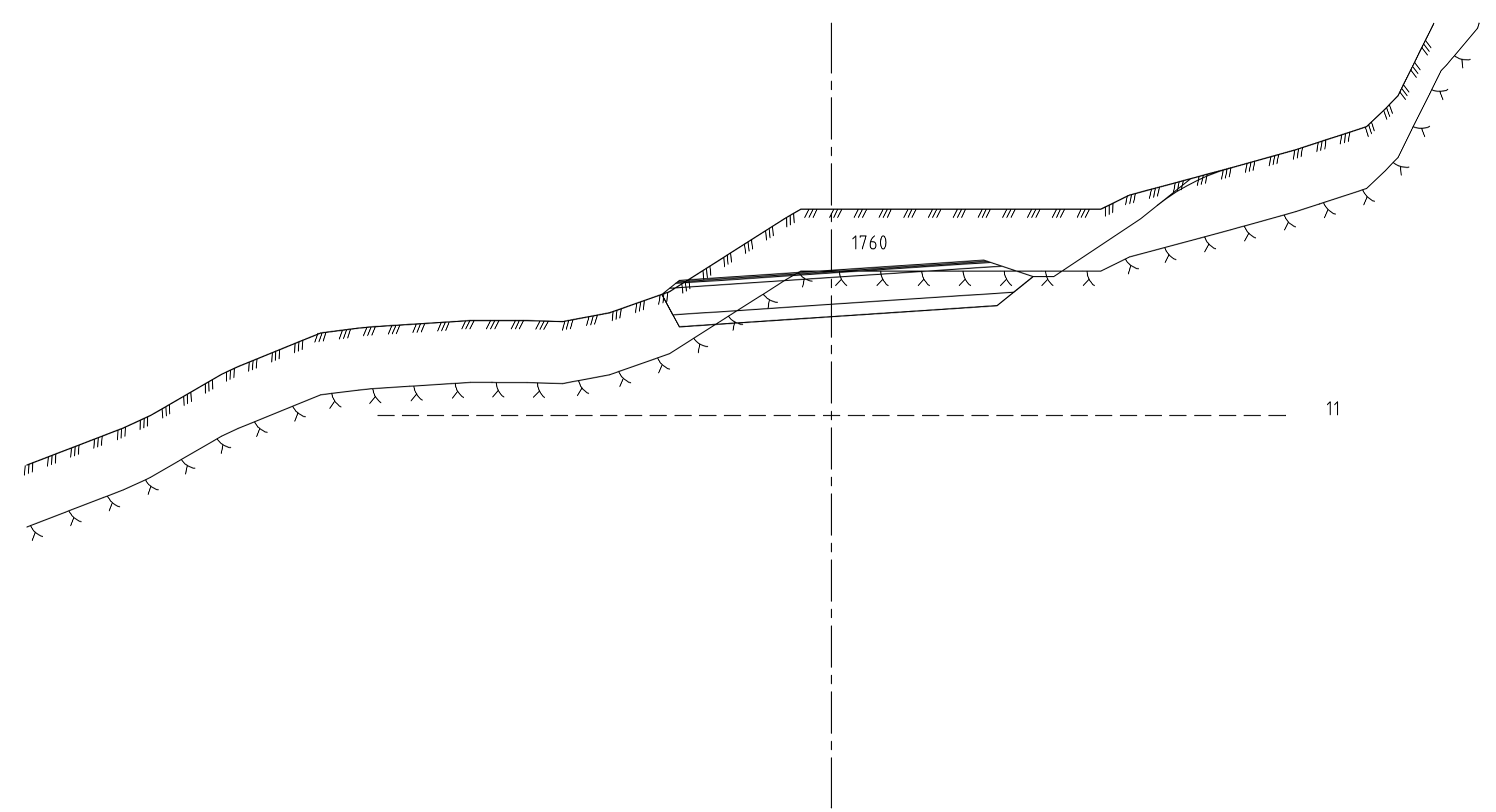
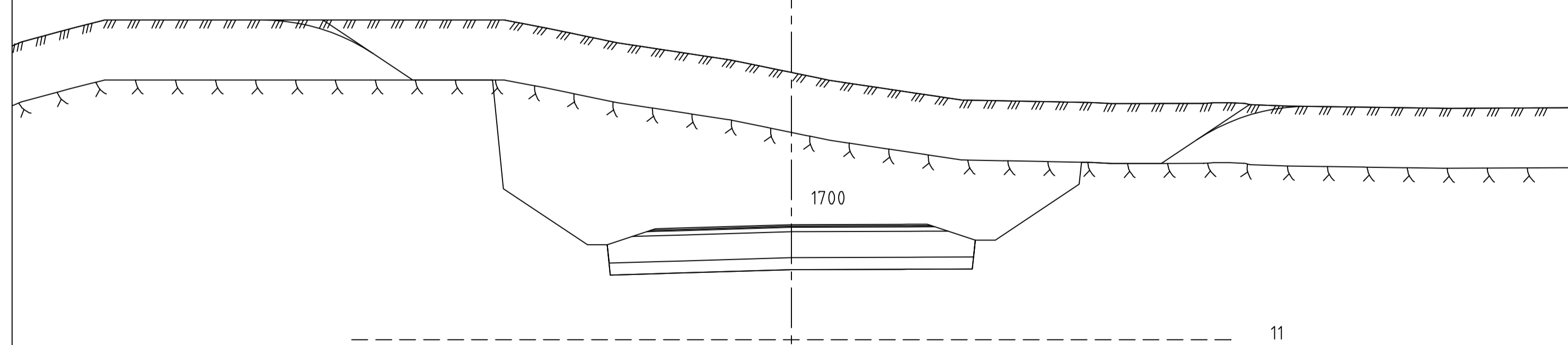
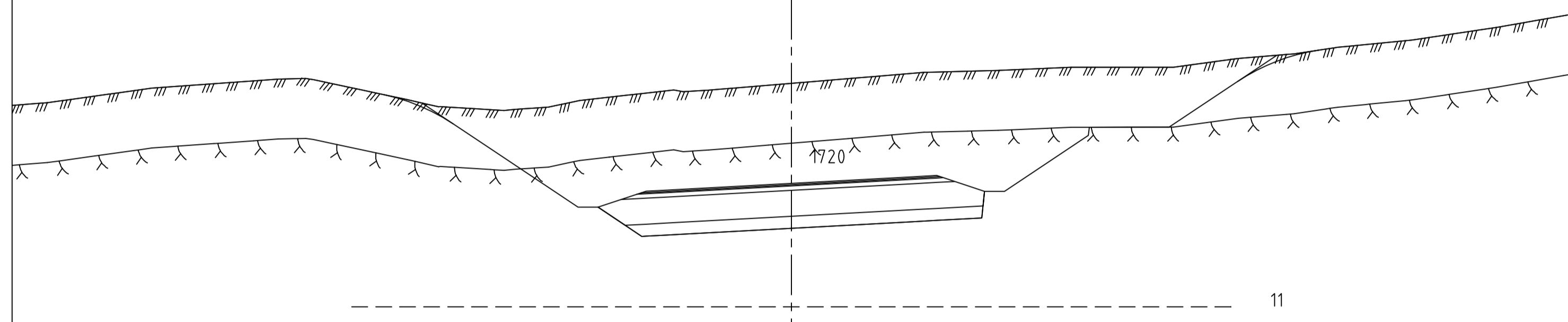
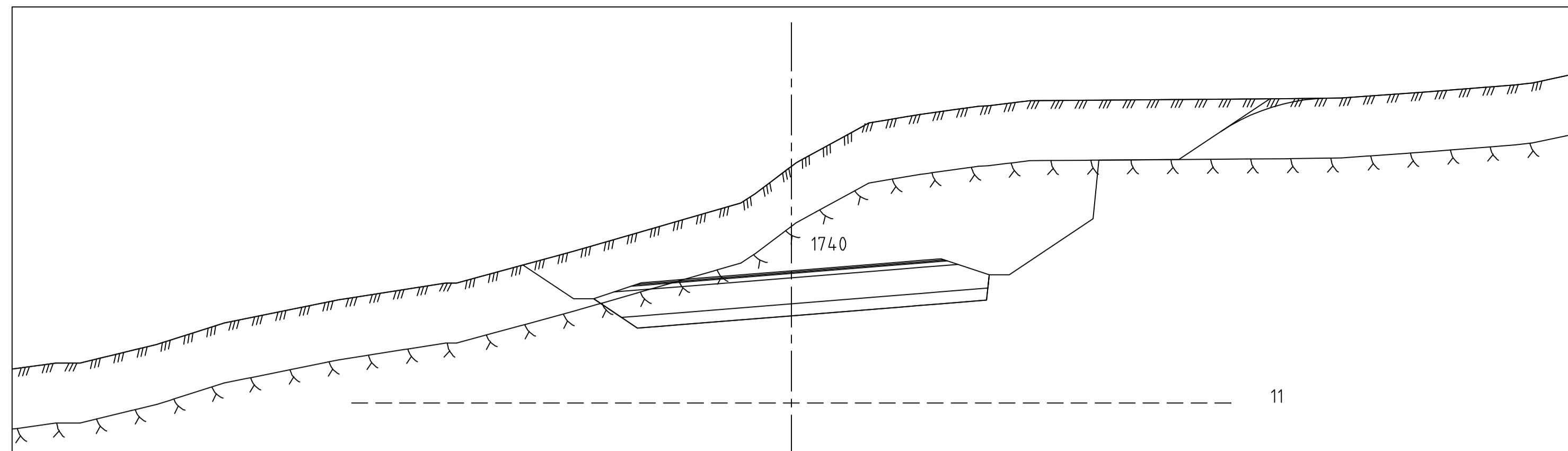
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Statens vegvesen		Tegningsdato Bestiller Ephrem Taddese Produsert for Aust - Agder Produsert av KLB - RS Prosjektnummer 2 Prosjektfasenummer 1.0 Arkivreferanse Universitetet i Agder Målestokk A1-format 1:100			
Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 1400 - 1480		Koordinatsystem EUREF89NTM1990 Tegningsnummer / revisjonsbokstav U128			
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv		
RS	KLB	KLB	KLB - RS		




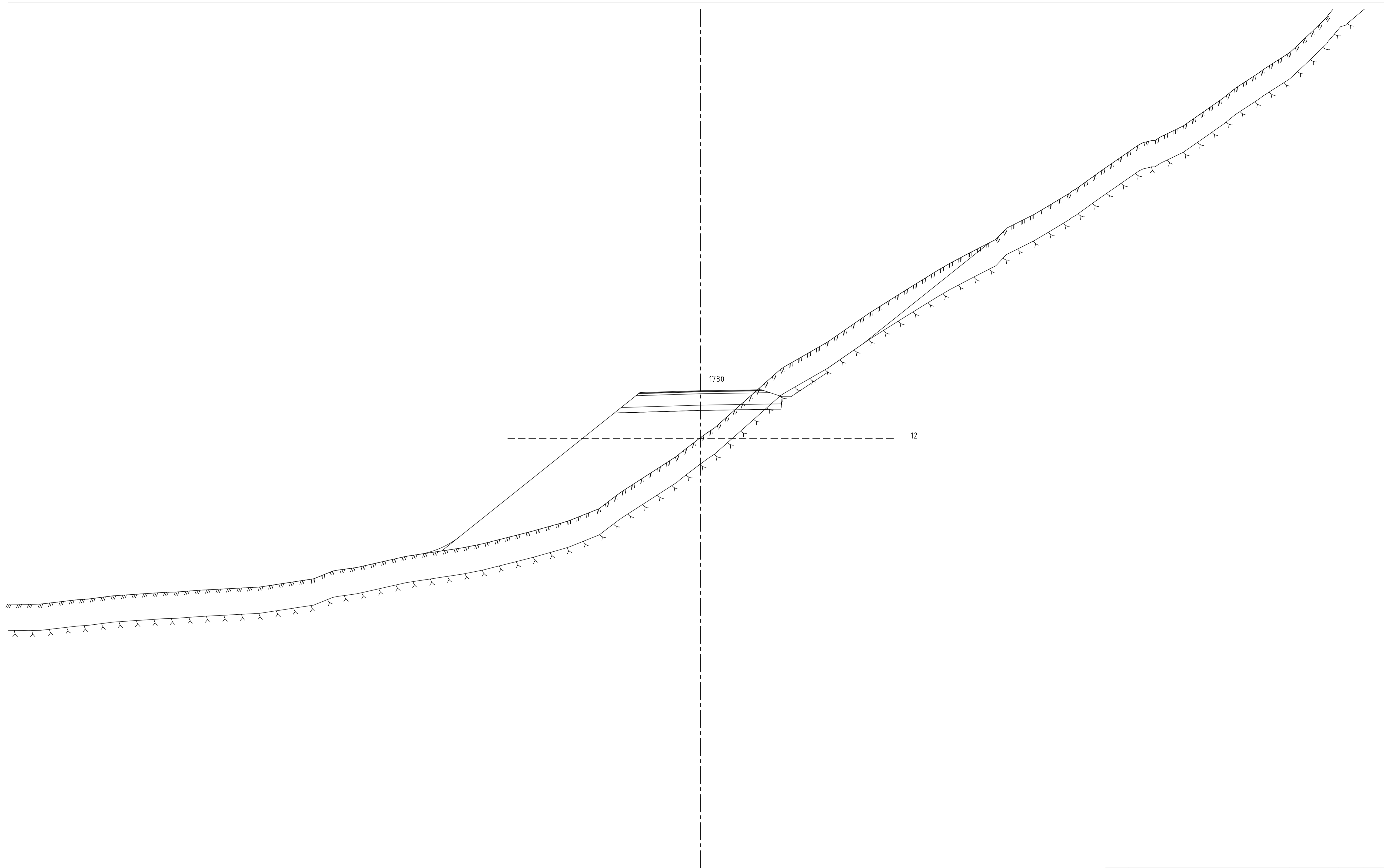
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 1500 - 1580		Tegningsdato		Ephrem Taddese	
		Bestiller		Aust - Agder	
		Produsert for		KLB - RS	
		Produsert av		2	
		Prosjektnummer		1.0	
Prosjektfasenummer		Universitetet i Agder			
Arkivreferanse		1:100			
Målestokk A1-format		EUREF89NTM/INN2000			
Koordinatsystem		Tegningsnummer /		U129	
revisjonsbokstav		KLB		KLB - RS	
Utarbeidet av		Kontrollert av		Godkjent av	
RS		KLB		KLB	
		Konsulentarkiv		KLB - RS	



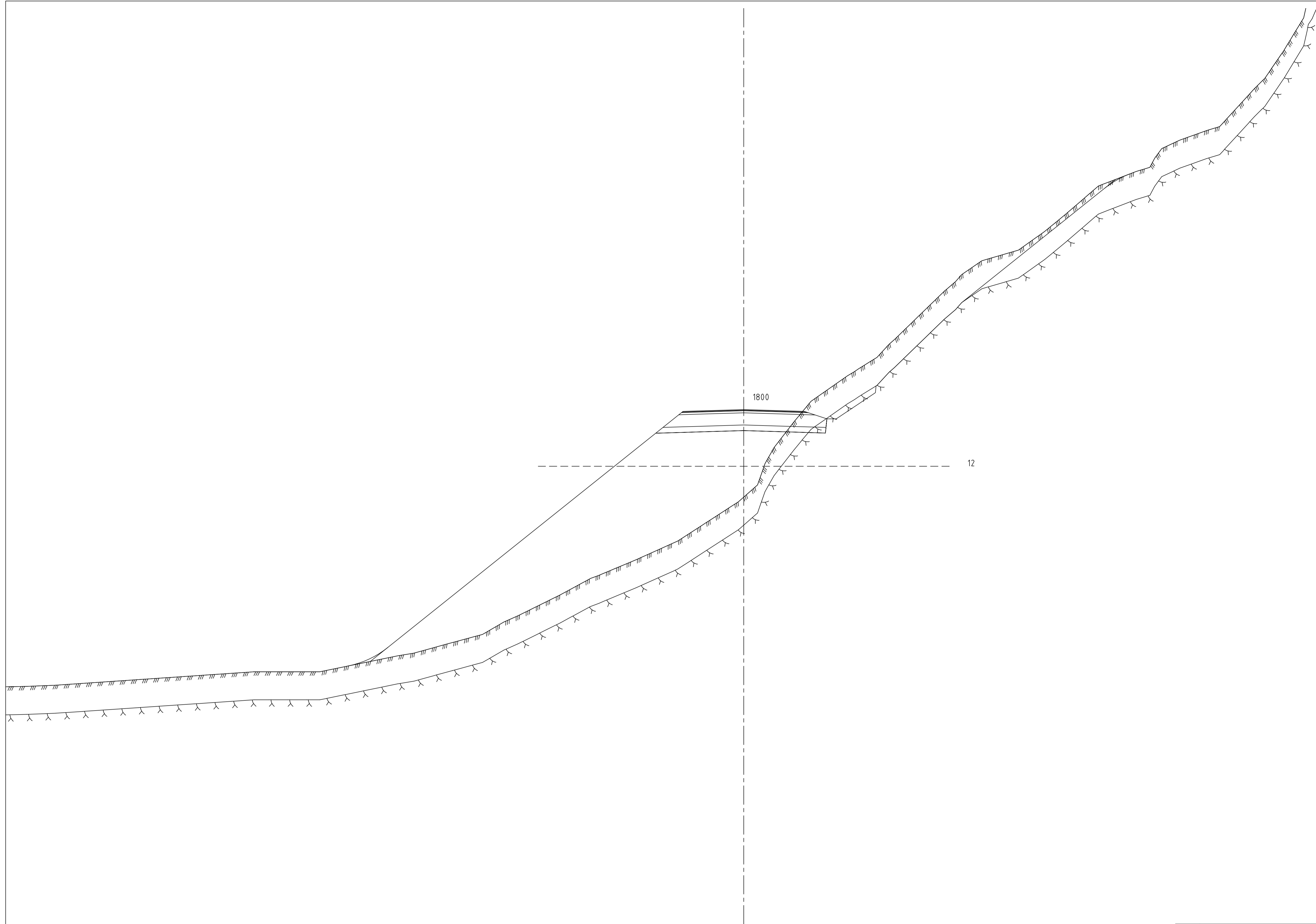
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utorb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 1600 - 1680		Tegningsdato		Ephrem Taddese	
		Bestiller		Aust - Agder	
		Produsert for		KLB - RS	
		Produsert av		2	
		Prosjektnummer		1.0	
		Arkivreferanse		Universitetet i Agder	
Målestokk A1-format		1:100			
Prosjektering		Koordinatsystem		EUREF89NTMINN2000	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer /	revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS	U130	




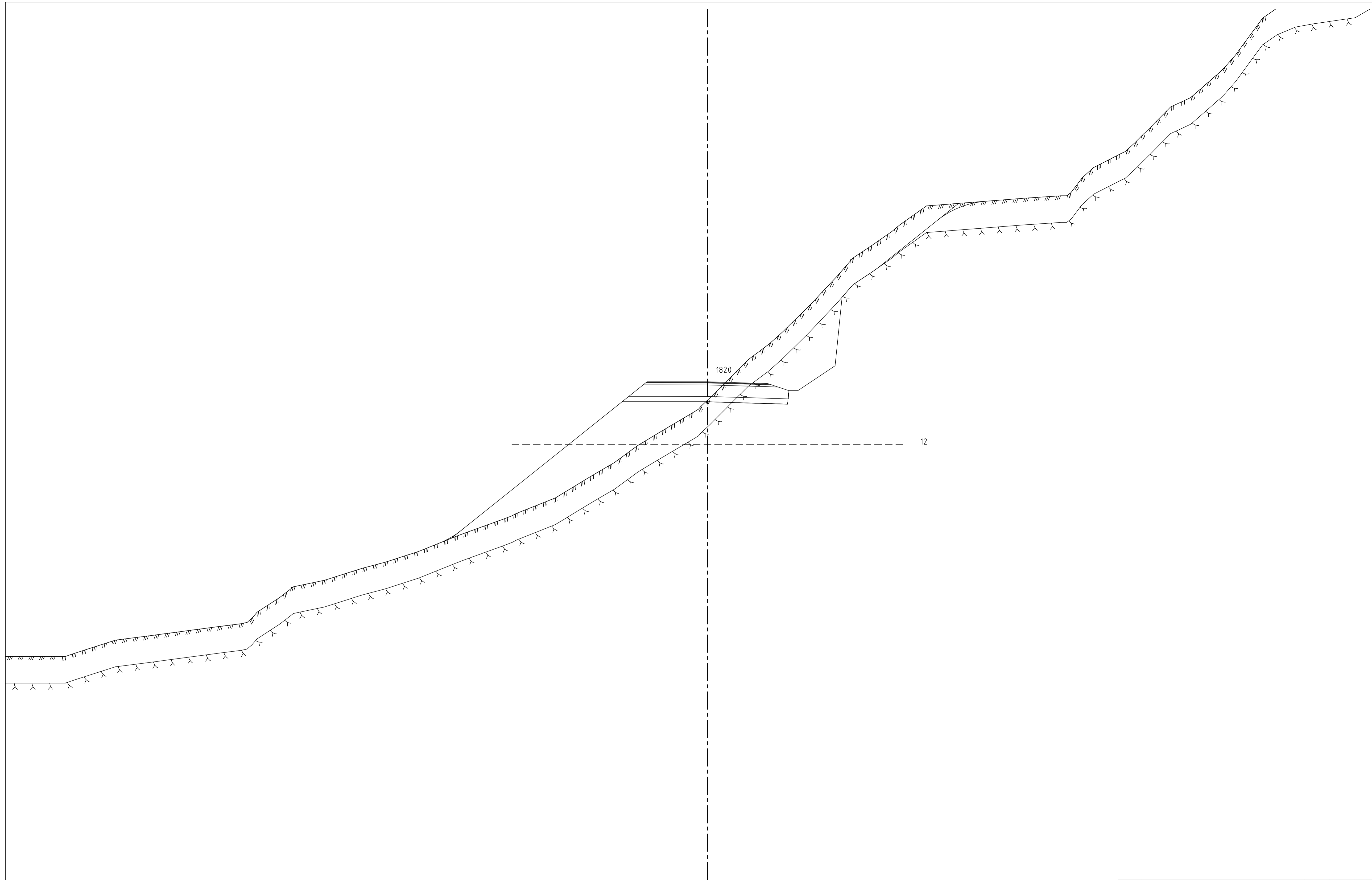
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Statens vegvesen		Tegningsdato Bestiller Ephrem Taddese Produsert for Aust - Agder Produsert av KLB - RS Prosjektnummer 2 Prosjektfasenummer 1.0 Arkivreferanse Universitetet i Agder Målestokk A1-format 1:100			
Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 1700 - 1760		Koordinatsystem EUREF89NTM1990 Tegningsnummer / revisjonsbokstav U131			
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv		
RS	KLB	KLB	KLB - RS		



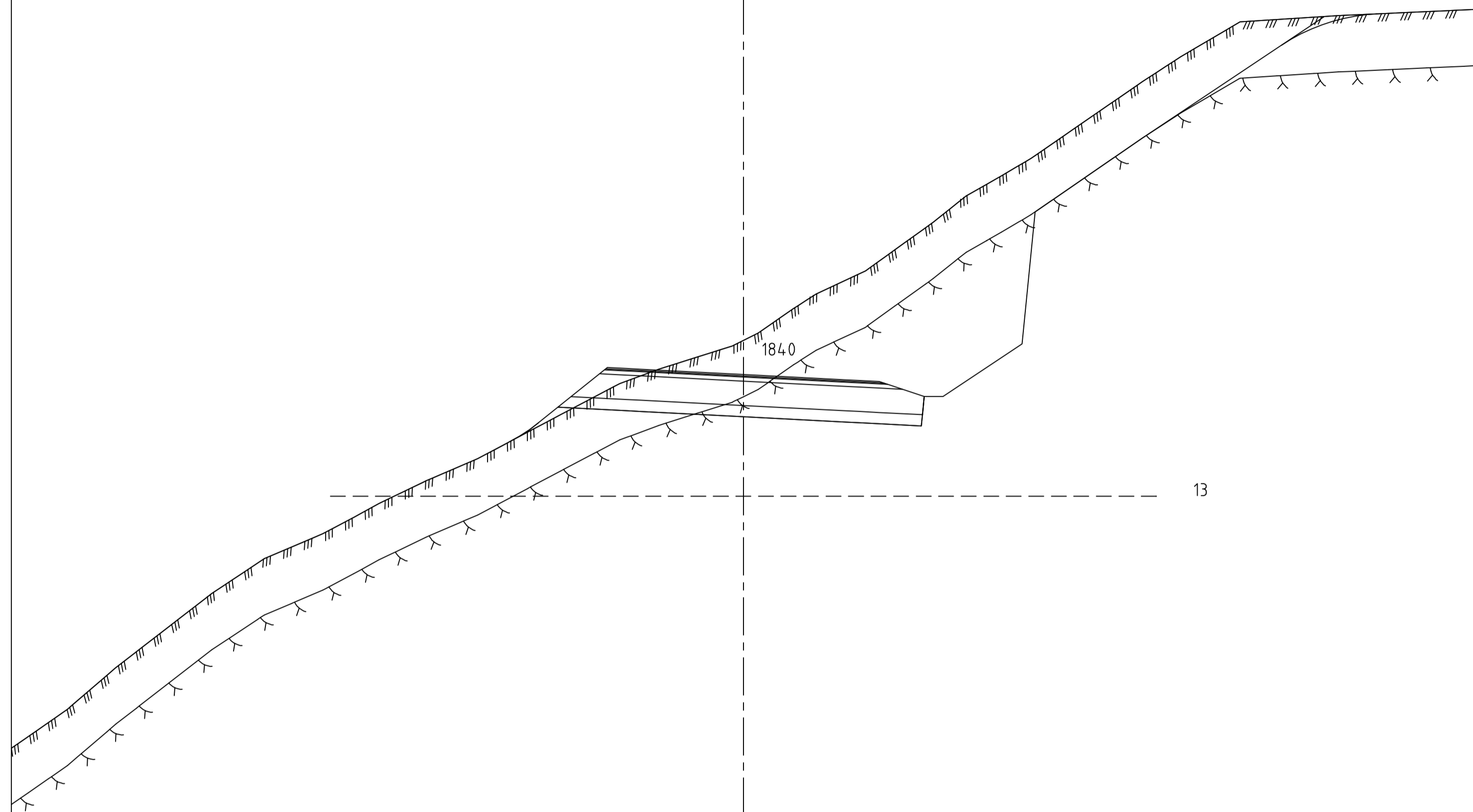
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Statens vegvesen		Tegningsdato Bestiller Ephrem Taddese Produsert for Aust - Agder Produsert av KLB - RS Prosjektnummer 2 Prosjektfasennummer 1.0 Arkivreferanse Universitetet i Agder Målestokk A1-format 1:100			
Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 1780		Koordinatystem EUREF89NTMNN2000			
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer /	revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS		U132



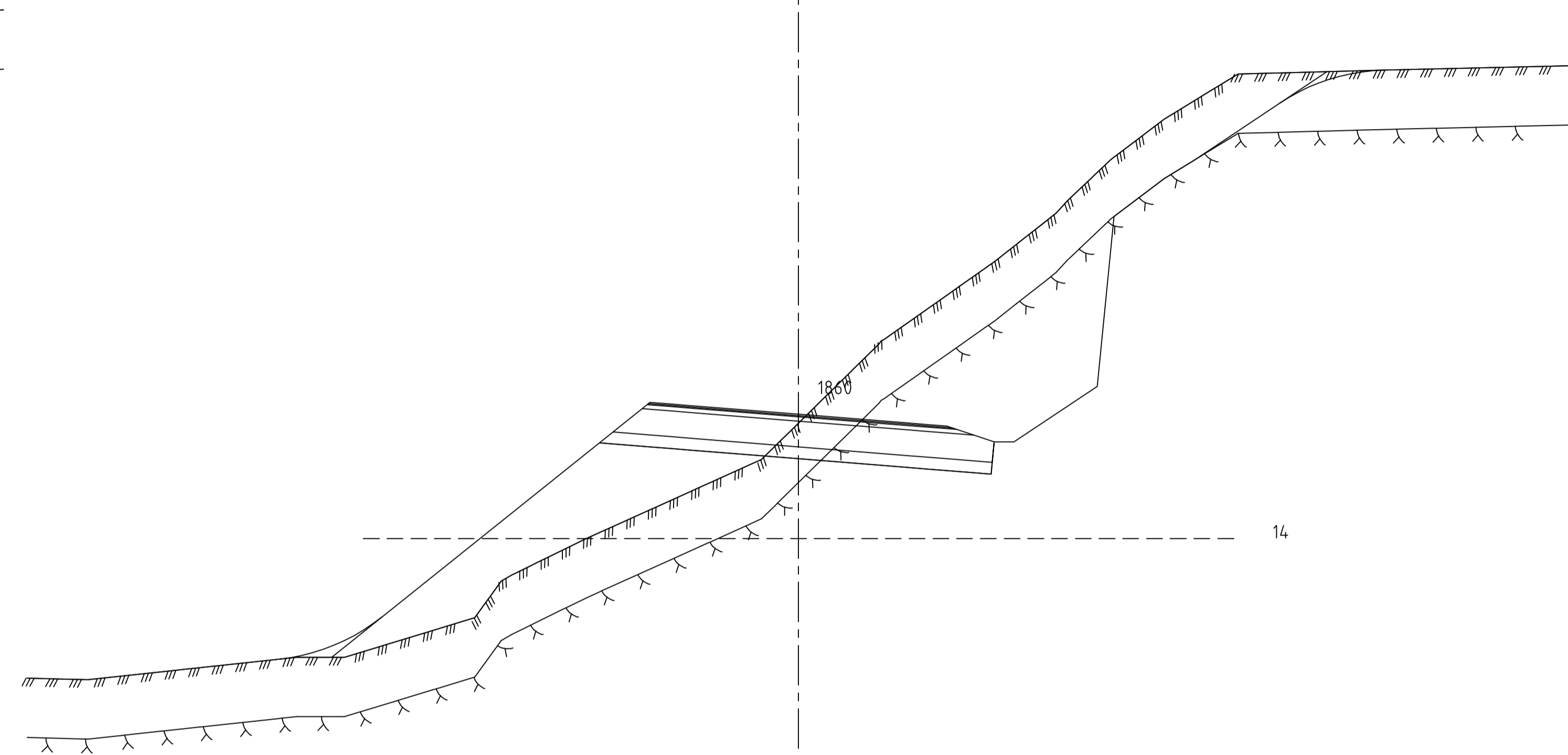
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utorb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Statens vegvesen		Tegningsdato		Ephrem Taddesse	
Veg 1		Bestiller		Aust - Agder	
Molland - Nørholm		Produsert for		KLB - RS	
Tverrprofiler profil 1800		Produsert av		2	
Prosjektnummer		Prosjektfasenummer		1.0	
Arkivreferanse		Målestokk A1-format		Universitetet i Agder	
Målestokk A1-format		Målestokk		1:100	
Prosjektering		Koordinatsystem		EUREF89NTMNN2000	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer /	revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS		U133



Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Statens vegvesen		Tegningsdato		Ephrem Taddesse	
Veg 1		Bestiller		Aust - Agder	
Molland - Nørholm		Produsert for		KLB - RS	
Tverrprofiler profil 1820		Produsert av		KLB - RS	
		Prosjektnummer		2	
		Prosjektfasenummer		1.0	
		Arkivreferanse		Universitetet i Agder	
		Målestokk A1-format		1:100	
Prosjektering		Koordinatsystem		EUREF89NTMNNZ000	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer /	revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS		U134

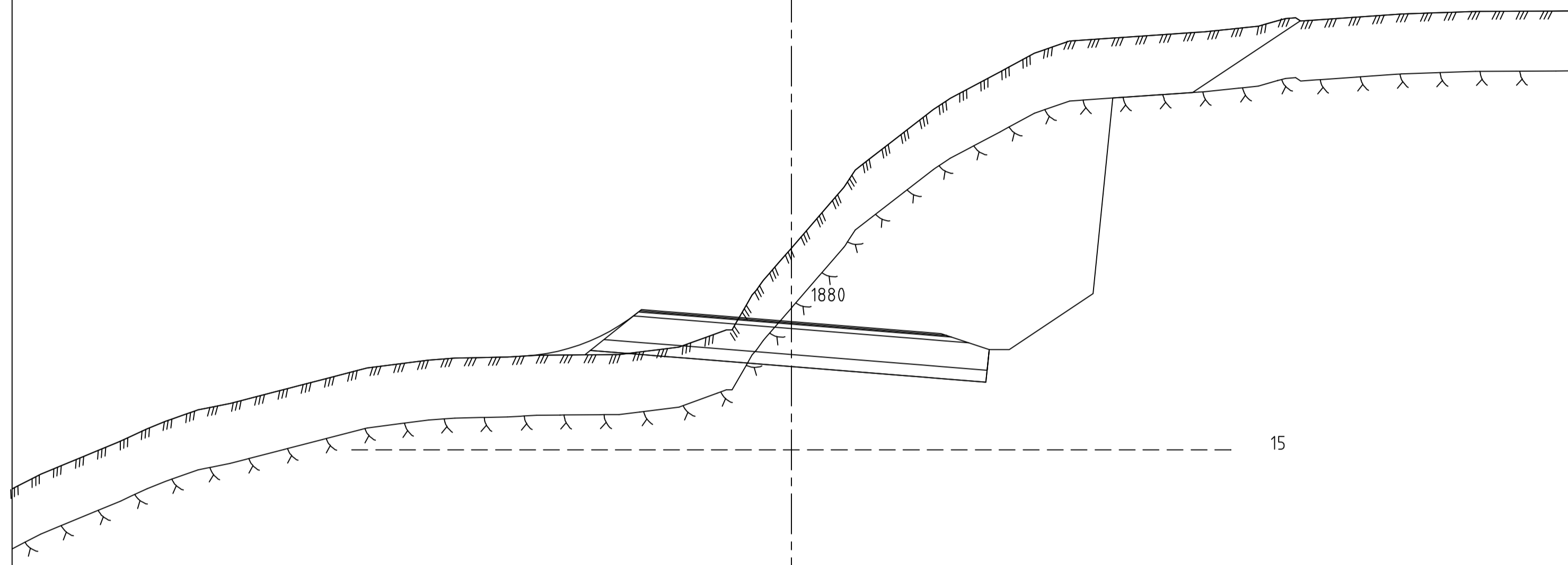


13

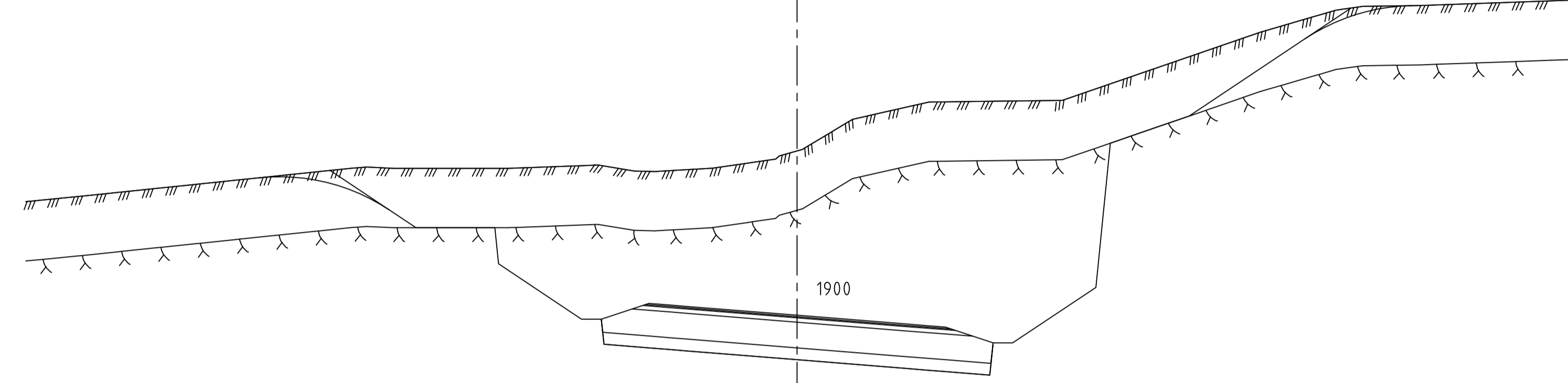


14


Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 184.0 - 186.0		Tegningsdato		Ephrem Taddese	
		Bestiller		Aust - Agder	
		Produsert for		KLB - RS	
		Produsert av		2	
		Prosjektnummer		1.0	
		Arkivreferanse		Universitetet i Agder	
Målestokk A1-format		1:100			
Prosjektering		Koordinatsystem		EUREF89NTMNNZ000	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer /	revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS	U135	

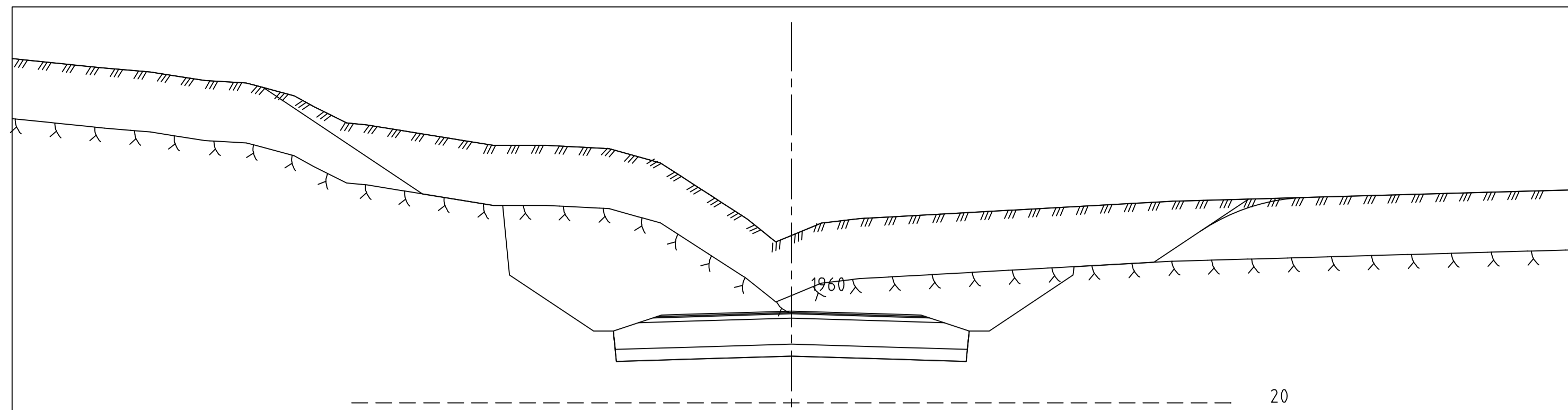


15

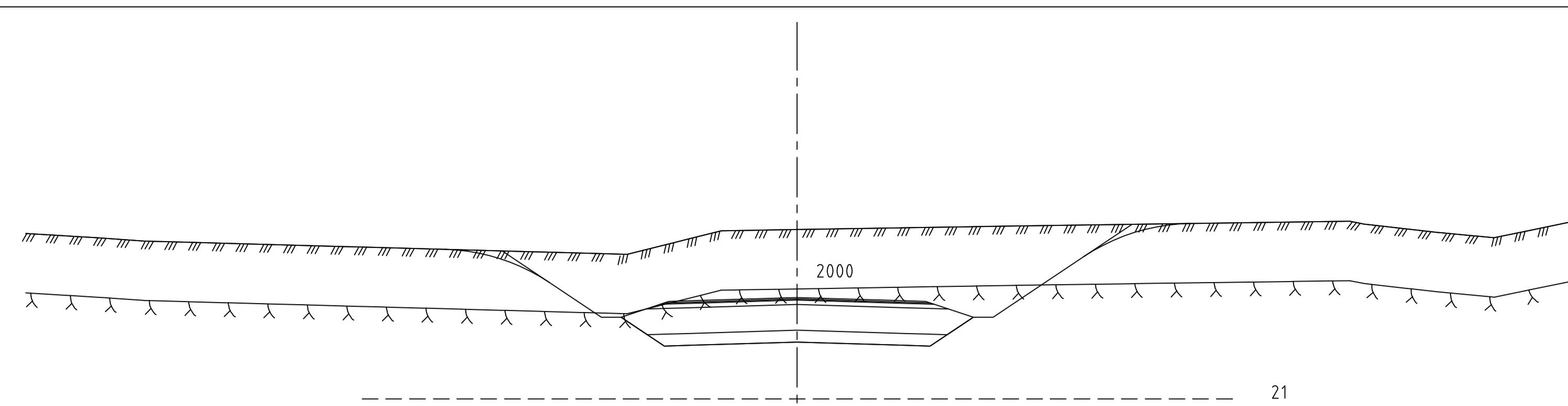


16

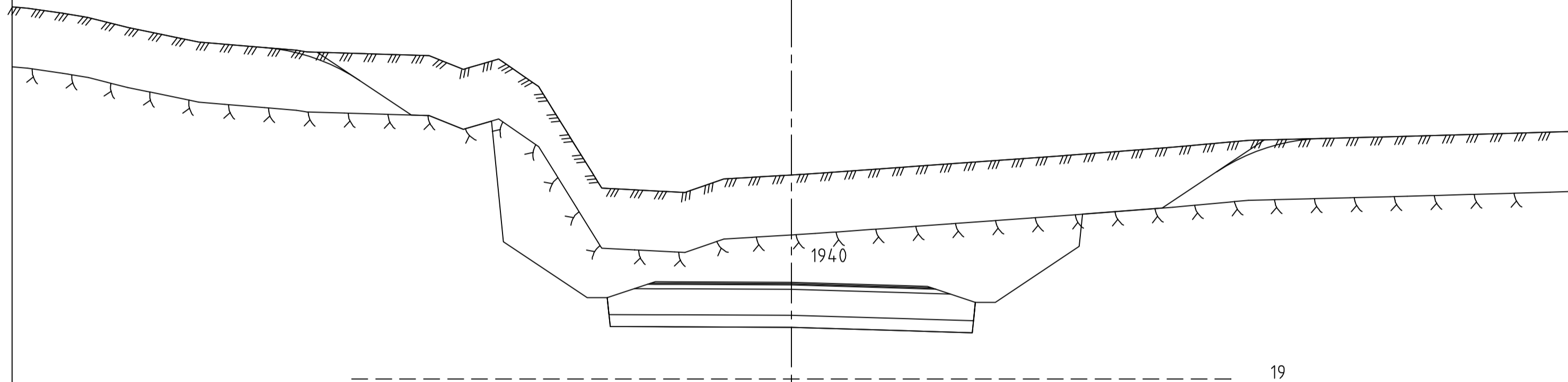
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Statens vegvesen		Tegningsdato Bestiller Ephrem Taddese Produsert for Aust - Agder Produsert av KLB - RS Prosjektnummer 2 Prosjektfasenummer 1.0 Arkivreferanse Universitetet i Agder Målestokk A1-format 1:100			
Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 1880 - 1900		Koordinatsystem EUREF89NTM/INN2000			
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer /	revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS		U136



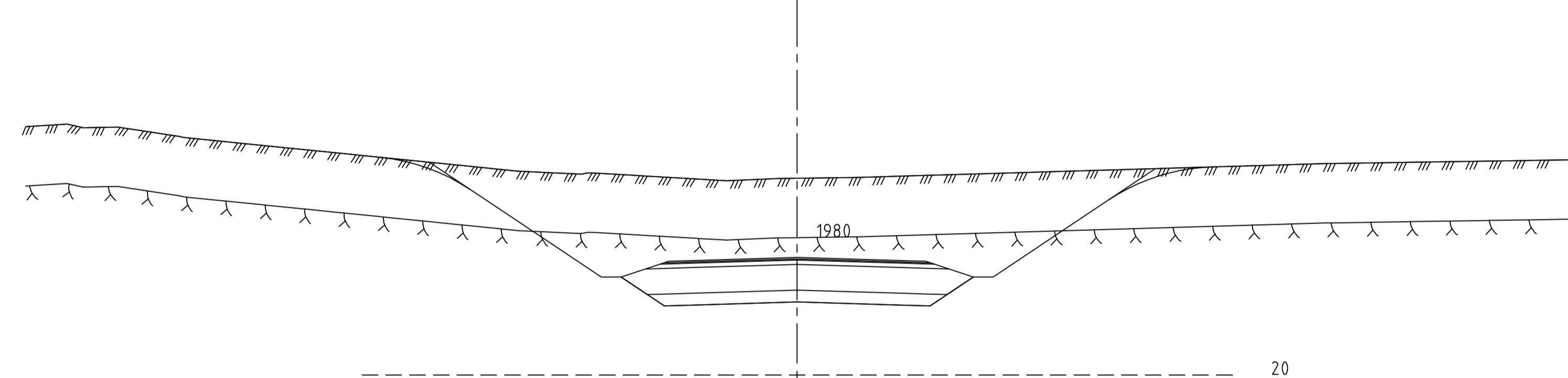
20



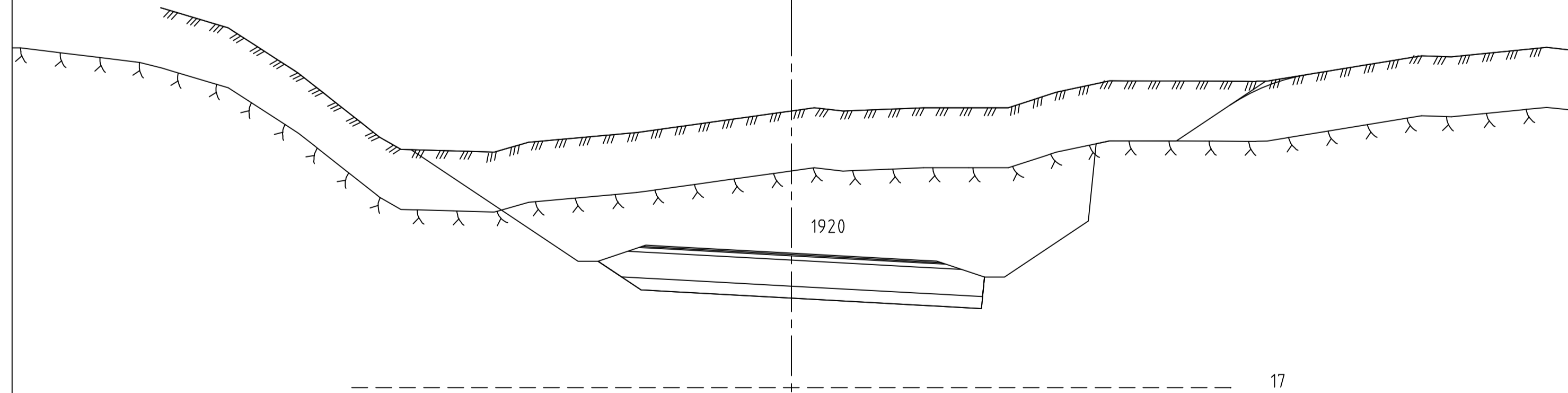
21




19

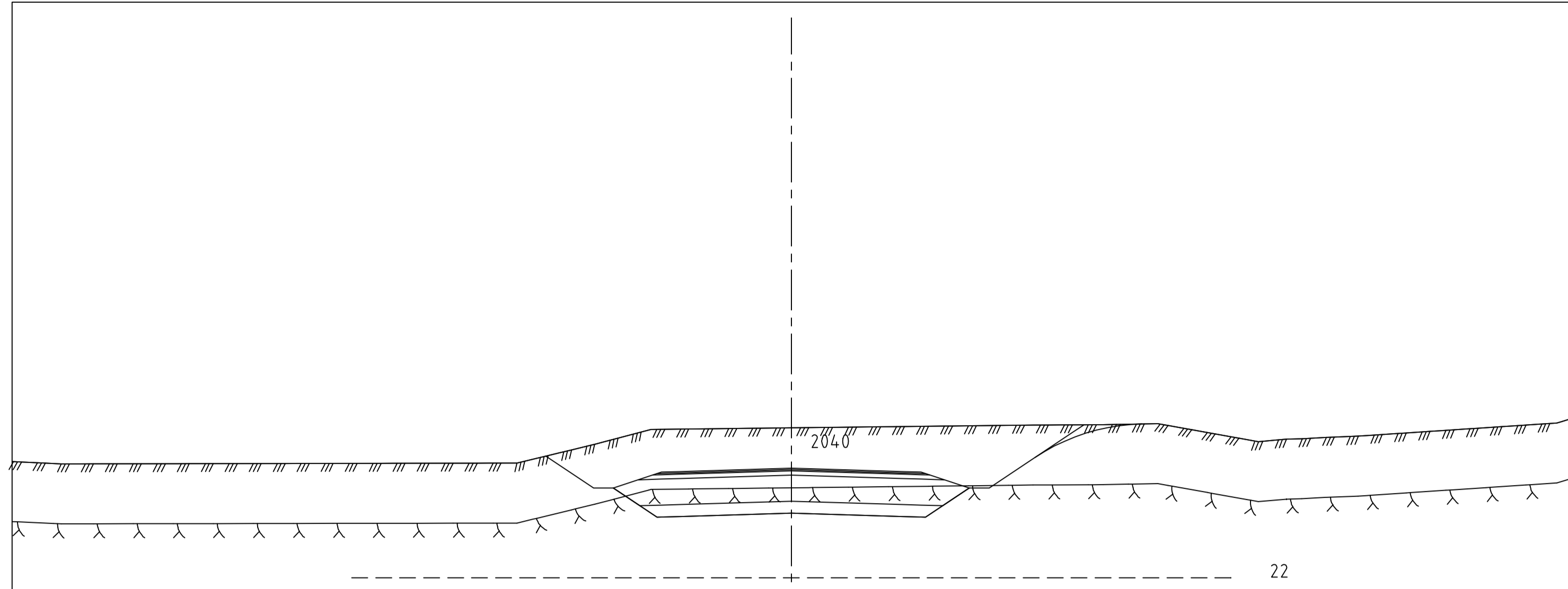


20

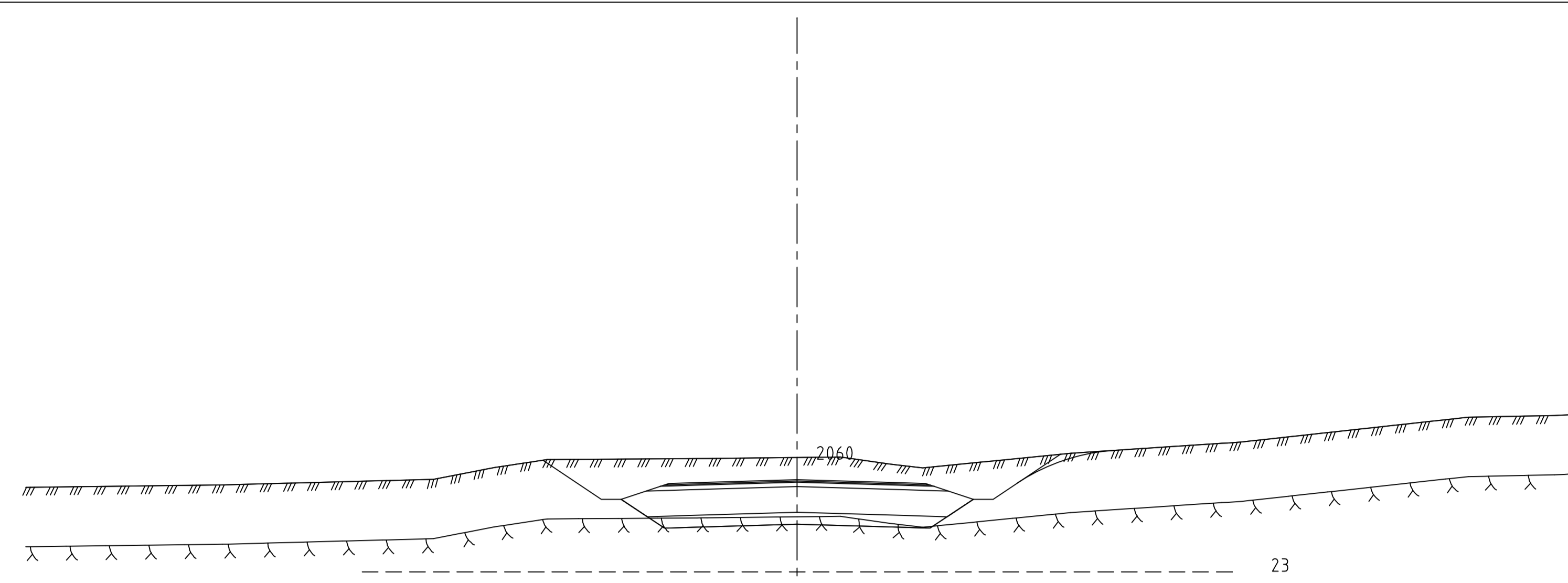


17

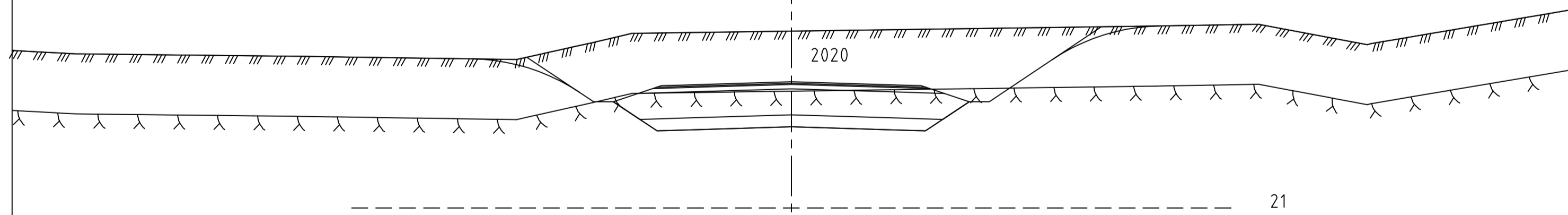
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Statens vegvesen Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 1920 - 2000		Tegningsdato		Ephrem Taddesse	
		Bestiller		Aust - Agder	
		Produsert for		KLB - RS	
		Produsert av		2	
		Prosjektnummer		1.0	
		Prosjektfasenummer		Universitetet i Agder	
Arkivreferanse		1:100			
Målestokk A1-format		1:100			
Prosjektering		Koordinatsystem		EUREF89NTM/INN2000	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer /	revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS	U137	




22



23



21

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Veg 1 Molland - Nørholm Tverrprofiler profil 2020 - 2060		Tegningsdato			
		Bestiller		Ephrem Taddesse	
		Produsert for		Aust - Agder	
		Produsert av		KLB - RS	
		Prosjektnummer		2	
		Prosjektfasenummer		1.0	
Arkivreferanse		Universitetet i Agder			
Målestokk A1-format		1:100			
Prosjektering		Koordinatsystem		EUREF89NTM/NNZ000	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer /	revisjonsbokstav
RS	KLB	KLB	KLB - RS	U138	