

MASTEROPPGAVE I INDUSTRIELL ØKONOMI OG INFORMASJONSLEDELSE
UNIVERSITETET I AGDER 2008

HVILKEN PÅVIRKNING HAR TEKNISK FORSKRIFT 2007 PÅ BRUKEN AV VANNBÅREN
VARME I NORSKE ENEBOLIGER?

AV

KRISTOFFER HESSTVEDT

I. FORORD

I studiehandboken for Industriell Økonomi og Informasjonsledelse ved Universitetet i Agder, står det at i siste semester skal det gjennomføres en selvstendig fordypning i form av en hovedoppgave. Arbeidet skal ha preg av forskning. Hovedoppgaven omfatter en rapport som beskriver forskningsspørsmål, teori, metodediskusjon, empirisk analyse og resultater.

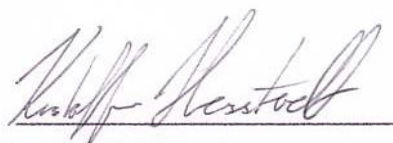
Denne oppgaven tar for seg hvilken påvirkning teknisk forskrift 2007 har på bruken av vannbårne varmesystemer i eneboliger. Her vil jeg gå energikravene i teknisk forskrift 2007 nærmere i sømmene og se hvilken påvirkning de har for fremtiden til vannbåren varme.

Vi vil benytte denne anledningen til å takke min veileder, Universitetslektor Magne M. Våge, for god veiledning under arbeidet. Jeg vil også rette en stor takk til Agder Energi Nettkonsult ved Arild Olsbu, Egbert Bak, Kristoffer Oustad og Terje Erlandsen for gode innspill og bidrag til oppgaven.

Jeg vil også rette en stor takk til de andre bedriftene som er blitt konsultert med i denne oppgaven:

- 1) Enovas svartjeneste ved energirådgiver Torben Søraas
- 2) Enøk-Senteret ved Harald Lillebø
- 3) Norsk Varmeteknisk Forening ved Øistein Hagen.
- 4) Norske Rørleggerbedrifters Landsforening (NRL) ved Ole Larmerud
- 5) Block Watne ved Sverre Kirkevold
- 6) Ener-Produkt AS ved Helge Folkestad
- 7) Norsk VVS Energi- og Miljøteknisk Forening ved Generalsekretær Leif Amdahl

Grimstad 25.05.2008



Kristoffer Hesstvedt

II. SAMMENDRAG

Oppgaven kommer som et ønske fra Agder Energi om å se nærmere på vannbåren varme i forhold til de nye energikravene i teknisk forskrift fra 2007. Bakgrunnen for dette er at *Forskriften om krav til byggverk og produkter til byggverk* (TEK07) fikk i 2007 en kraftig revisjon. Denne revisjonen var et ledd i regjeringens forpliktelser ovenfor Soria Moria erklæringen, Kyotoavtalen og EUs direktiv 2002/91/EF om bygningers energiytelse. Revisjonen medførte at vi fikk en rekke kraftig innskjerpede krav til energibruken i nybygg. Dette var for å bedre Norges energisituasjon, der vi i år med lite nedbør må importere kraft fra andre land som benytter seg av mer forurensende metoder til å produsere energi. Strengere krav til u-verdier, lufttetthet, vindusareal, samt krav til varmeveksler ble innført. Som en direkte følge av dette får vi tettere boliger som har et mindre varmetap til det fri enn ved tidligere byggeforskrifter. I tillegg fastsetter forskriften krav til samlet netto energibehov og et krav om valg av energiforsyning som skal varme opp boligen. Kravet sier at minimum 40% av netto varmebehov, til romoppvarming og varmtvann, skal kunne dekkes av annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler. Fordi varmebehovet nå blir redusert så kan tradisjonelle vannbårne anlegg, spesielt gulvvarme, være historie, da disse i prinsippet avgir for mye varme. Dette satte bransjen rundt vannbåren varme under sterkt press for å komme opp med gode løsninger og forskriften fikk en overgangsperiode på 2,5 år der de nye og gamle kravene gjelder side om side.

Kravet om at minimum 40% av netto varmebehov skal kunne dekkes av annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler, kan imidlertid frafalles ved varmebehov på under 17.000 kWh årlig og når privatøkonomisk lønnsomhet for alternativ energiforsyning ikke kan oppnås. Denne oppgaven retter et kritisk syn på denne mulighetene for å unngå kravet. Rent statistisk så benyttes ca 65% av energibehovet i norske boliger til oppvarming og varming av varmtvann. Norske eneboliger har et gjennomsnittlig energibehov til romoppvarming og oppvarming av varmtvann på 19.875 kWh i året. Er da Tek07 egentlig så ambisiøs når kravet kan frafalles ved 17.000 kWh? Svaret må bli at forskriften er relativt ambisiøs, men mulighetene for unntak fra regelverket senker det ambisiøse nivået. For å understreke dette ble det utført beregninger av 5 ulike eneboliger i størrelsesordenen 100-250 m². Her kunne det konkluderes med at kravet til et energibehov til romoppvarming og oppvarming av varmtvann på 17.000 kWh, vil gjelde for ca halvparten av den eksisterende norske boligmassen. Da er forskriften ikke så ambisiøs som først antatt.

Den andre muligheten for unntak fra regelverket om at 40% av energibehovet skal komme fra alternative energikilder gjelder den privatøkonomisk lønnsomheten. Her konkluderer oppgaven med at denne, i veldig mange tilfeller, får et utfall som tilsvarer negativ nåverdi. Dette skyldes hovedsakelig vannbåren varmes noe høyere investeringskostnad enn tradisjonelle elektriske oppvarmingsmetoder. En del kritikk blir også rettet mot forskriftens mangler i henhold til valg av energipriser over byggets levetid og mulighetene dette kan gi for å regne seg bort fra kravet om alternativ energiforsyning. Som helhet ble det konkludert med at Tek07 er meget positivt for Norges mål om reduksjon og avhengighet av strøm, men at forskriften bør fjerne eller stramme inn mulighetene for unntak fra regelverket for å legge listen på et nødvendig høyt nivå. Representantene fra bransjen som har blitt konsultert i denne oppgaven har stort sett vært meget positive til energikravene, men har funnet kravene relativt strenge. Det var rørbransjen som skilte seg mest ut i henhold til synspunkter på Tek07. Dette skyldes nok at ballen nå ligger i hendene til rørbransjen, for å sikre at nye fullgode løsninger for vannbåren varme kan lages og for å sikre en fremtidig vekst av vannbåren varme.

Forskriften varslet i utgangspunktet at de ønsket å gjøre lavenergiboliger standard og oppgaven tar derfor for seg fordeler og ulemper med lavenergiboliger og om Tek07 er et skritt videre mot en slik standard. Tek07 når ikke målet om lavenergistandard, men inneholder en rekke gode tiltak og er et godt skritt i riktig retning.

Når en skal prøve å sette seg inn i vannbåren varme som oppvarmingsmedium så dukker inneklima og komfort opp som et viktig moment. Oppgaven tar for seg flere kjente teorier om opplevd komfort og inneklima. Oppgaven kan derfor konkludere med at vannbåren varmeavgivelse har en rekke fordeler med tanke på inneklima, og kommer bedre ut enn tradisjonell elektrisk oppvarming på dette området. Men også miljøet utenfor boligen har vært et tema i oppgaven og her har utslipp som følge av valgt energibærer som har vært avgjørende. Utslipp av CO₂ har blitt nærmere undersøkt for de valgte energibærerne.

Det er måten det vannbårne anlegget er bygget opp på som bestemmer den privatøkonomiske lønnsomheten, gjennom valg av energibærer og løsninger knyttet til distribusjon av varmen. Oppgaven tar for seg de sentrale måtene å varme opp boligen på, og også hvordan valg av energibærer er med på å bestemme om en slik løsning kan lønnsomhetsmessig forsvares. Bransjen har mye å jobbe med for å komme opp med et mer standardisert konsept som medfører lavere investeringskostnader som følge av et enklere anlegg. Fremtiden for vannbåren varme ligger i bransjens hender, og oppgaven konkluderer med at vannbåren varme har kommet for å bli. Fremtiden er antatt å bestå av radiatorer i

oppholdsrom og vannbåren gulvvarme på bad. Valget av energibærer vil nok begrense seg i første omgang til varmpumper på grunnlag av lave investeringskostnader og høy virkningsgrad.

Oppgaven gir også et bilde av hvilke momenter som er viktig for at vannbåren varme skal kunne oppnå en vekst i fremtiden. Slike momenter kommer fram i form av energimerkeordningen, standardisering, prefabrikasjon og kompetanseheving. Det er disse momentene som er kritisk for en eventuell videre vekst for vannbåren varme.

Hvilken påvirkning har så Teknisk forskrift 2007 på bruken av vannbåren varme i norske eneboliger? Den setter bransjen under press, men vil nok tvinge frem forenklede versjoner av de allerede eksisterende løsningene. Vi kan si at Tek07 vil ha en positiv effekt for vannbåren varme, men da gjennom energimerkeordningen, forskningsprosjekter og økt fokus på energibruk, noe som vil få fram de store fordelene som vannbåren varme har. De største fordelene kan oppsummeres i hovedtrekk som energifleksibilitet i forhold til valg av en alternativ energikilde, at det gir et godt inn klima og at det reduserer miljøpåvirkningene.

III. INNHOLDSFORTEGNELSE

I. FORORD.....	2
II. SAMMENDRAG.....	3
III. INNHOLDSFORTEGNELSE.....	6
1. INNLEDNING.....	8
1.1 BAKGRUNN	8
1.2 HENSIKTEN MED OPPGAVEN	9
1.3 PROBLEMSTILLINGER/FORSKERSPØRSMÅL	9
1.4 AVGRENSNINGER AV OPPGAVEN	9
1.5 GENERELL INFORMASJON.....	10
2. TEORETISK FORANKRING.....	11
2.1 LOVER OG FORSKRIFTER	11
2.1.1 FORSKRIFT OM KRAV TIL BYGGVERK OG PRODUKTER TIL BYGGVERK (TEK07).	11
2.1.2 VEILEDNING TIL TEKNISK FORSKRIFT	13
2.2 LAVENERGIBOLIGER	14
2.2.1 HVORDAN BYGGES LAVENERGIBOLIGER	14
2.2.2 KJENTE FORDELER OG ULEMPER MED LAVENERGIBOLIGER.....	15
2.3 ENERGIBRUK I NORSKE HUSHOLDNINGER.....	16
2.3.1 PRODUKSJON OG FORBRUK I NORGE.....	21
2.3.2 FREMTIDENS KRAFTBALANSE	23
2.4 INNEKLIMA.....	24
2.4.1 TERMISK KOMFORT	24
2.4.2 KOMFORTLIKNINGEN	25
2.4.3 TERMISK DISKOMFORT.....	26
2.4.4 VERTIKAL TEMPERATURFORDELING	28
2.5 TEKNISKE LØSNINGER FOR VANNBÅRNE VARMESYSTEMER	28
2.5.1 VARMEDISTRIBUSJONSSYSTEMER	28
2.5.2 BEREDNING AV VARMT TAPPEVANN	29
2.5.3 VARMEAVGIVENDE ELEMENTER FOR ROMOPPVARMING.....	31
2.6 ØKONOMI	38
2.6.1 NÅVERDIBEREGNINGER.....	38
2.7 ENERGIMERKING AV BYGG.....	41
3. VALG AV METODE.....	43
3.1 DATAINNSAMLINGSMETODER.....	43
3.2 FORSKNINGSDESIGN	45
3.3 RELIABILITET	46
3.4 VALIDITET	46
4. EMPIRI	47
4.1 SIMULERING I "SIMIEN"	47
4.2 AGDER ENERGI NETTKONSULT	58
4.3 ENOVA	61
4.4 ENØK-SENTERET	62
4.5 NORSK VARMETEKNIISK FORENING	63
4.6 NRL	64
4.7 BLOCK WATNE	65
4.8 ENER PRODUKT.....	66
4.9 NORSK VVS ENERGI- OG MILJØTEKNISK FORENING.....	69

5. ANALYSE OG DRØFTING.....	71
5.1 FORSKRIFT OM KRAV TIL BYGGVERK OG PRODUKTER TIL BYGGVERK (TEK07).....	71
5.2 LAVENERGIBOLIGER	81
5.3 INNEKLIMA.....	82
5.4 ENERGIMERKING	84
5.5 LØSNINGER.....	86
5.5.1 VANNBÅREN GULVVARME	86
5.5.2 RADIATORER	88
5.5.3 KONVEKTORER	89
5.5.4 VEGGVARMESYSTEMER.....	89
5.5.5 BEST BOARD VARMELIST	89
5.6 ØKONOMI OG LØNNSOMHET VED BRUK AV VANNBÅRNE LØSNINGER	90
5.6.1 PELLETSKJEL	91
5.6.2 LUFT-VANN-VARMEPUMPE.....	93
5.6.3 SAMMENLIKNING AV ENERGIBÆRERE	96
5.7 HVORDAN VIL FREMTIDEN TIL VANNBÅREN VARME SE UT?	98
6. KONKLUSJON	101
7. KILDE- OG REFERANSELISTE	107
8. FIGUR OG TABELLISTE.....	109
9. VEDLEGG	111
9.1 ENERGIKRAVENE I FORSKRIFT OM KRAV TIL BYGGVERK OG PRODUKTER TIL BYGGVERK (TEK07).....	111
9.2 ENERGIKRAVENE I VEILEDNINGEN TIL TEKNISK FORSKRIFT	114
9.3 BEREGNING AV LEVETID FOR PELLETSKJELEN	119
9.4 BEREGNING AV LEVETID FOR VARMEPUMPE.....	120

1. INNLEDNING

Gjennom dette kapitlet skal jeg legge frem bakgrunnen og hensikten med oppgaven. I tillegg vil også oppgavens problemstilling/forskerspørsmål, samt en presisering av oppgavens avgrensninger lagt frem.

1.1 BAKGRUNN

Oppgaven kommer som et ønske fra Agder Energi om å kartlegge og se nærmere på vannbåren varme i forhold til de nye tekniske forskriftene av 2007.

Det hele grunner i regjeringens ønske om å gjøre norske bygg mindre avhengige av strøm som oppvarmingskilde. Arbeiderpartiet, Sosialistisk Venstreparti og Senterpartiet fikk i 2005 samlet flertall på Stortinget og framforhandlet en erklæring som fikk navnet Soria Moria erklæringen [1]. Dette dokumentet utgjør den politiske plattformen for et regjeringssamarbeid mellom disse tre partiene. I Soria Moria erklæringen satte regjeringen som mål å redusere bruken av elektrisitet til oppvarming, stimulere til økt bruk av nye, fornybare energikilder og gjøre lavenergiboliger til standard. Bakgrunnen er behovet for å redusere forurensning lokalt og globalt, samt oppfylle Norges Kyotoforpliktelser. Erklæringen fastslo at tiden for de nye store vannkraftutbygginger nå er over og framtidens økte energibehov i større grad må kunne dekkes på andre måter. For å oppnå deler av Kyotoforpliktelsen ble det fokusert på å benytte andre former for energi til oppvarming, noe som kan bidra til redusert bruk av strøm og dermed mindre behov for å øke produksjonskapasiteten. For å kunne oppnå dette den er det viktig å legge opp til energifleksibilitet.

Som følge av Soria Moria erklæringen ble *forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk* (Tek07 [2]) endret. Denne forskriften er heretter omtalt som Tek07. De nye byggeforskriftene varslet at de ville senke energiforbruket i bygninger og gjøre lavenergiboliger til standard. Krav til energiforbruk i boliger har eksistert i tidligere forskrifter, men ble nå skjerpet inn i betydelig grad. Disse endringene representerer et viktig steg i riktig retning når det gjelder å redusere Norges energibehov, men disse representerer også en stor endring og en del usikkerhet i forhold til den gamle forskriften. Etter flere høringsrunder tredde forskriften i kraft fra 1. februar 2007, da med en overgangsperiode frem til 1. august 2009 hvor man kan velge det nye eller det tidligere regelverket. Dette var for å gi byggenæringen tid til å omstille seg. De nye kravene har som målsetning å kunne redusere det totale energibehovet i nye bygninger med gjennomsnittlig 25 prosent.

1.2 HENSIKTEN MED OPPGAVEN

Hovedhensikten med oppgaven er å se hvilken påvirkning Tek07 har på bruken av vannbåren varme. Oppgaven vil rette et kritisk syn på Tek07 for å se hva som omfattes av forskriften, for så å se hvordan vannbåren varme kan bidra til å oppnå forskriftens målsetninger. Gjennom å se på ulike momenter rundt vannbåren varme som fordeler og ulemper, hvordan bransjen ser på Tek07 og vannbåren varme, privatøkonomisk lønnsomhet, miljøpåvirkning og andre viktige momenter kan vi danne oss et bilde av vannbåren varmes rolle i fremtiden.

1.3 PROBLEMSTILLINGER/FORSKERSPØRSMÅL

- Hvilken påvirkning har energikravene i Tek07 på energibruken i Norge?
- Er den nye forskriften et skritt videre mot lavenerginivå?
- Hvordan ser fremtiden ut for bruken av vannbåren varme i eneboliger i henhold til Tek07?
- Hvilke momenter er viktige for at vannbåren varme skal oppnå vekst i fremtiden?
- Hvordan kan vannbårne varmeanlegg være med å bidra til at Tek07 oppnår sine mål?
- Hvordan opplever bransjen de nye energikravene i Tek07 og bruken av vannbåren varme?
- Er det grunnlag for å oppnå privatøkonomisk lønnsomhet ved investering i vannbårne varmeanlegg?
- Hvilken påvirkning har vannbårne anlegg på miljøet både inni og utenfor boligen?

1.4 AVGRENSNINGER AV OPPGAVEN

Næringsbygg er i den nye forskriften forpliktet til å benytte vannbårne varmesystemer som kilde og det har også vært en relativt vanlig praksis tidligere. På grunnlag av dette kommer denne oppgaven til å konsentrere seg om eneboliger. Oppgaven kommer til å være avgrenset i forhold til de ulike energibærerne. Investeringskostnader for ulike typer alternative energikilder og arbeidet knyttet til installering varierer mye avhengig av størrelsen på leveransen, hvor i landet boligen er, rabatter og avtaler, osv. Det å finne kostnadstall for ulike løsninger som kan brukes i systematiske analyser er en meget omfattende oppgave. Når man skal vurdere lønnsomheten til de ulike energibærerne i byggeprosjekter, bør man derfor i hvert enkelt tilfelle innhente tilbud på de ulike leveransene fra flere forskjellige firmaer. Prisforskjellen og utforming kan variere veldig. Jeg har derfor valgt å nevne de energibærerne jeg har grunnlag

for å tro kommer til å bli mest aktuelle i eneboligsammenheng knyttet til vannbårne varmeanlegg. I dette tilfellet ble det luft-vann varmepumpe og pelletskjel.

Jeg har også som forskerspørsmål hvilken påvirkning har vannbårne anlegg på miljøet både inni og utenfor boligen? Her har jeg begrenset meg i forhold til det ytre miljøet utenfor boligen, da dette er en formidabel oppgave å kartlegge alle miljøaspektene ved valg av vannbåren varme og fornybar energi. Her har jeg valgt å kun se på CO₂ utslipp som følge av de valgte energibærerne, varmepumpe og pelletskjel, sett i sammenheng med elektrisitet.

1.5 GENERELL INFORMASJON

Kildehenvisninger og referanser er hengitt løpende i teksten og er angitt i rekkefølgen [forfatter, utgivelsesår og hvilken nummer den har i kilde- og referanselisten].

2. TEORETISK FORANKRING

2.1 LOVER OG FORSKRIFTER

2.1.1 FORSKRIFT OM KRAV TIL BYGGVERK OG PRODUKTER TIL BYGGVERK (TEK07).

Gjennom forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk [Tek07, 2] gis det en mer konkret veiledning til gjennomføring og utfylling av bestemmelsene i plan- og bygningsloven. Som nevnt innledningsvis så er de skjerpede kravene i den tekniske forskriften et viktig område for å redusere Norges strømforbruk. Gjennom denne oppgaven vil vi se nærmere på forskriften og dens forhold til vannbårne varmesystemer.

Forskriften om krav til byggverk og produkter til byggverk omtales ofte som ”Teknisk forskrift” eller “Tek07”. Forskriften har blant annet regler om beregning av utnyttelsesgrad og regler for hvordan en beregner bruksareal og andre måleregler. Den stiller krav til produktene som benyttes i byggverk, om sikkerhet ved brann, plassering og bæreevne, sikkerhet i bruk, miljø, energi, drift og vedlikehold, varme- og ventilasjonsanlegg, brukbarhet og planløsning for å nevne noen. I denne oppgaven er det energikravene som er mest relevant. I 2007 ble det i forskriften om krav til byggverk og produkter til byggverk (Tek07) innført nye krav til bygningers inneklimate og energiforbruk. Bakgrunnen for disse endringene var som nevnt innledningsvis regjeringens økte fokus på klimaproblematikken. Målet med å innføre nye energikrav er for å implementere EUs direktiv 2002/91/EF om bygningers energiytelse [St.prp 79, 3], som blant annet innfører minimumskrav til bygningers energibehov. Dette direktivet har fire hovedelementer:

- Innføring av minimumskrav til bygningers energibehov
- Innføring av energiattest for bygninger
- Innføring av inspeksjonsordning for kjeler over 20 kW og klimaanlegg over 12 kW
- Innføring av en revidert beregningsstandard for energibehov i bygninger, Norsk Standard NS 3031 – Beregning av bygningers energiytelse

Reglene trådte i kraft 1. februar 2007 men de gamle reglene kan benyttes i en overgangsfase. I en periode frem til 1. august 2009 kan tiltakshavere velge å benytte de nye kravene eller forholde seg til forskriften fra 1997. I byggesøknader innsendt etter 1. august 2009 skal de nye energikravene i Tek07 tilfredsstilles fullt ut. De nye kravene innebærer en vesentlig skjerping av regelverket og konsekvensen av endringene er at husprodusenter, håndverkere, arkitekter og

entreprenører må tenke nytt ved innsendelse av byggesøknader. I tillegg til å omfatte alle nybygg, med unntak av fritidsbolig med én bruksenhet under 50 m², omfatter kravene rehabilitering av eksisterende bygninger etter plan- og bygningslovens § 87.

Endringene i teknisk forskrift har som hensikt å oppnå:

- Gjennomsnittlig 25 % lavere energibehov i alle nye bygninger
- Ca 40 % innskjerpelse av eksisterende kravsnivå i forskriften
- Minimum 40 % av energibehovet (ca halvparten) til oppvarming og varmtvann skal kunne dekkes av alternativ energiforsyning.

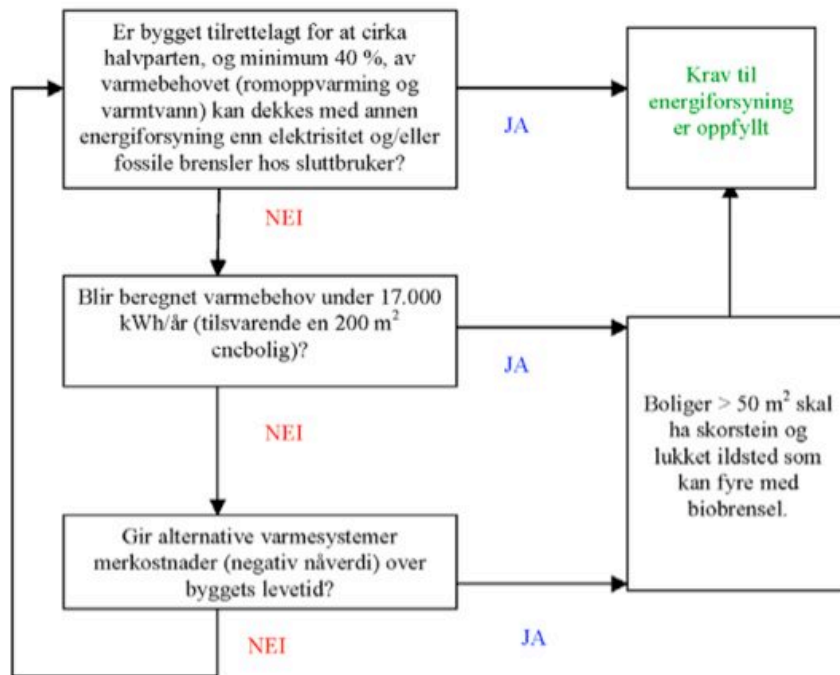
Den praktiske gjennomføringen går ut på at tiltakshaver ved innsendelse av byggesøknad skal dokumentere at forskriftens krav til energibehov er tilfredsstilt. Kravene kan dokumenteres gjennom to metoder.

Den ene metoden sier at forskriftens energikrav anses som tilfredsstilt dersom det kan dokumenteres at samtlige energiltak er utført og tilfredsstiller forskriftens gitte krav. Bestemmelsen åpner for en omfordeling av kravene, det vil si at et krav kan senkes dersom et annet er utført bedre enn det som kreves etter forskriften. Hensikten med innføring av energikravene er å kunne dokumentere at det samlede varmetapet i bygningen ikke overstiger de fastsatte rammer. Innenfor disse rammene står tiltakshaver fritt til å omfordele de gitte verdier. Bestemmelsen inneholder imidlertid visse minstekrav som må tilfredsstilles. Tiltakshaver vil dermed ikke kunne velge at et tiltak ikke skal gjennomføres.

Den andre metoden for å dokumentere at forskriftens krav er tilfredsstilt, innebærer beregning av energibruk ved energirammer, det vil si en øvre grense for bygningens energibehov. Det skal ved innsendelse av byggesøknaden gjennomføres en kontrollberegning som viser at samlet netto energibehov ikke overskrider en fastsatt energiramme, angitt i kWh/m². Rammene regnes etter bygningens areal og målet som benyttes er BRA, som regnes etter målereglene i NS 3940 [Pronorm 2007, 4]. Varmebehov og energiforbruk beregnes etter regler angitt i NS 3031:2007 [Pronorm 2007, 5].

Det mest revolusjonerende kravet er den øvre grensen for bygningers energibehov. Der stiller forskriften krav til at en vesentlig del, minimum 40 %, av varmebehovet skal dekkes med annen energiforsyning enn elektrisitet eller fossilt brensel. Alternative løsninger som vil oppfylle kravet vil for eksempel være fjernvarme, solfanger, biokjel, pelletskamin eller vedovn. Kravet kan fravikes dersom byggesøknaden omfatter bygning med et samlet netto varmebehov til romoppvarming og varmtvann under 17.000 kWh. Unntaket er innført for å motivere

husprodusenter og entreprenører til å oppføre mindre boliger med lavere energibehov. Det andre unntaket er hvis den alternative energikilden ikke er privatøkonomisk lønnsom. Det vil si hvis den gir en merkostnad i forhold til tilsvarende løsning basert på elektrisitet og/eller fossilt brensel. Som det går frem av flytskjemaet på Figur 1 kan vi se hvordan man skal forholde seg til grenseverdiene gitt i Tek07.



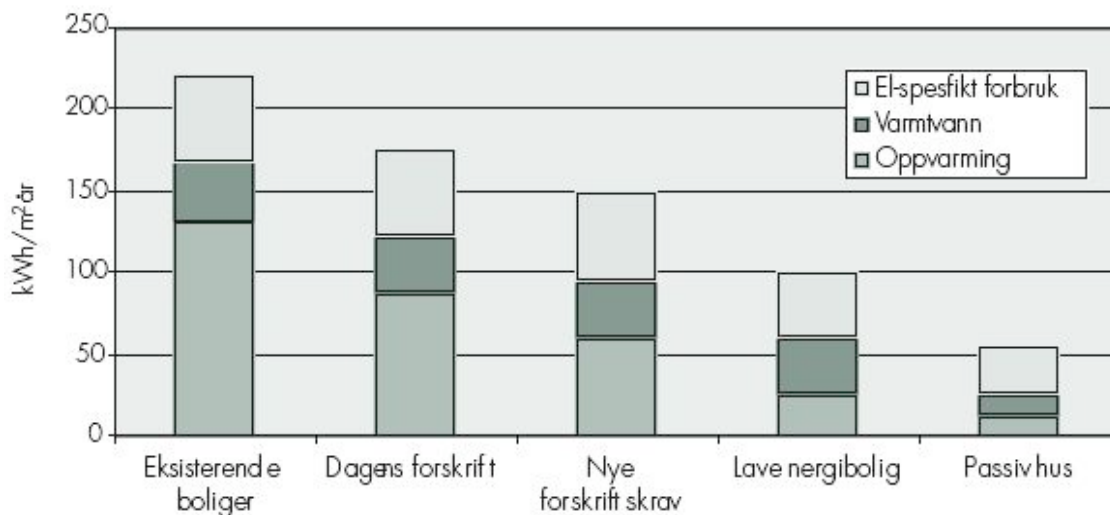
Figur 1: Flytskjema energiforsyning, Figur fra Energi Temaveileder, Statens byggetekniske etat 2007 [43]

2.1.2 VEILEDNING TIL TEKNISK FORSKRIFT

Veiledningen til teknisk forskrift 2007 [6] er en fortolkning av *forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk* (Tek07). Her tolkes forskriften ved å angi minimum ytelser som legges til grunn ved prosjektering og utførelse av byggverk. Denne veiledningen kom ut første gang i 1997. Denne siste utgaven av veiledningen er ajourført i forhold til endringene i TEK vedtatt januar 2007. Forskriften om krav til byggverk og produkter til byggverk er i det vesentlige bygget opp med krav til funksjoner. Energikravene er omtalt i denne og finnes som vedlegg [Vedlegg 9.2].

2.2 LAVENERGIBOLIGER

Som jeg nevnte innledningsvis har regjeringen som målsetning å gjøre lavenergiboliger til standard. Men hva menes med lavenergiboliger? Vi kan definere lavenergiboliger som boliger som har ett betydelig lavere energibruk enn vanlige boliger. Eller mer konkret kan vi si at lavenergiboliger er boliger med total energibruk under 100 kWh/m² år. Betydelige tiltak må til både på bygningskropp og installasjoner for å kunne redusere energibruken. Definisjonen, og kriterier for lavenergiboliger er gitt av Passivhusinstituttet i Darmstadt [7]. Figur 2 viser typisk formålsdelt energibruk for eksisterende boliger, boliger etter dagens forskrifter og nye forskrifter, samt lavenergiboliger og passivhus.



Figur 2: Formålsdelt energibruk. Tall fra "Energieffektive boliger for fremtiden", Sintef Byggforsk 2006

*Dagens forskrift er Tek97, mens nye forskriftskrav er Tek07.

2.2.1 HVORDAN BYGGES LAVENERGIBOLIGER

Lavenergiboliger karakteriseres ved at de har meget lavt oppvarmingsbehov. For å kunne redusere oppvarmingsbehovet må det oppnås en kraftig reduksjon av varmetapet fra boligen. Dette oppnås gjennom bruk av balansert ventilasjon med høyeffektiv varmegjenvinning, en bygningskropp med kraftig reduserte luftlekkasjer, bruk av superisolerte vinduer og en meget godt isolert bygningskropp. I tillegg tilstrebes det å utnytte passiv solvarme gjennom mest vinduer mot solrik orientering. Helt til slutt velger man en energikilde og oppvarmingsløsning som passe til det lave oppvarmingsbehovet boligen har. For å holde energinivået nede benyttes det ofte lavenergi belysning og utstyr, samt styringssystemer for reduksjon av ventilasjon og belysning når boligen ikke er i bruk, både for å redusere elektrisitetsforbruket, men også for å

unngå overoppvarming.

2.2.2 KJENTE FORDELER OG ULEMPER MED LAVENERGIBOLIGER

Som med all annen teknologi og tekniske løsninger har lavenergiboliger både fordeler og ulemper som det er nyttig å være klar over når man planlegger. Dette avsnittet baserer seg på ”Energieffektive boliger for fremtiden” [Dokka 2006, 8], som er en håndbok for planlegging av passivhus og lavenergiboliger. Her er fordeler med lavenergiboliger oppsummert som:

- Bedre kvalitet. Bygningskropp, vindtetting og utforming av detaljer vil normalt bli bedre prosjektert og utførelsen er bedre kvalitetssikret enn vanlige hus.
- Bedre komfort. Kaldstråling og kaldras fra vinduer blir eliminert som følge av bedre vinduer. Sammen med høye overflatetemperaturer på vegger, himling og gulv fører dette til at strålingstemperaturen blir betydelig høyere enn i et vanlig hus, og lufttemperaturen kan senkes uten at det går utover den termiske komforten. All forskning viser at lavere lufttemperatur fører til mindre klager på innklimaet og at luften oppleves som friskere.
- Lave driftsutgifter. Lavenergiboliger vil føre til en reduksjon av energiregningen.
- Samfunnsmessig gunstig. Ved å redusere energibehovet i boliger vil påvirke kraftbalansen og dermed ha en samfunnsmessig gunstig effekt.
- Kjent teknologi og løsninger. Både lavenergiboliger (og passivhus) er i all hovedsak basert på på kjent og robust teknologi. Erfaringer fra Østerrike, Tyskland og Sverige viser også at de stramme kravene til bygningsutførelse er praktisk gjennomførbare uten store kostnadmessige konsekvenser.
- Energisikkerhet. Hus med lavt energibehov vil være langt bedre rustet mot energikriser, høye energipriser i kortere og lengre perioder og i en eventuell beredskapssituasjon (Hvis strømmen skulle bli borte). For eksempel vil det ta mange dager for at temperaturen faller til kritiske nivåer i et passivhus, selv uten varmetilskudd.
- Innredningsfleksibilitet. Lavenergiboliger har et redusert behov for oppvarmingsinstallasjoner. Ofte vil det være tilstrekkelig med kun få radiatorer eller panelovner i boligen, i tillegg til gulvvarme i våtrom (pga. komfort). Radiatoren/panelovnen trenger heller ikke plasseres under vindu pga. av godt isolerte vinduer uten kaldrasproblemer. Dette gir meget god innredningsfleksibilitet, tilnærmet det man får ved bruk av gulvvarme eller takvarme.
- Verdiøkning. Med tanke på fremtidens usikre energisituasjon og de potensielt høye energiprisene, vil det med stor sannsynlighet bli etterspørsel etter boliger som har et slikt

lavt energibehov. Lavenergiboliger og passivhus vil der for trolig bli svært ettertraktede boliger i fremtidens boligmarked.

- Endring i holdninger og bovaner. Denne type boliger krever i utgangspunktet ingen endring av holdninger og bovaner i forhold til en normal bolig. Vedlikehold av boligen vil også være som for normale boliger. Forskjellen vil innebære bedre komfort og betydelig lavere energiregninger.

Ulemper og utfordringer som lavenergiboliger representerer [Dokka 2006, 8]:

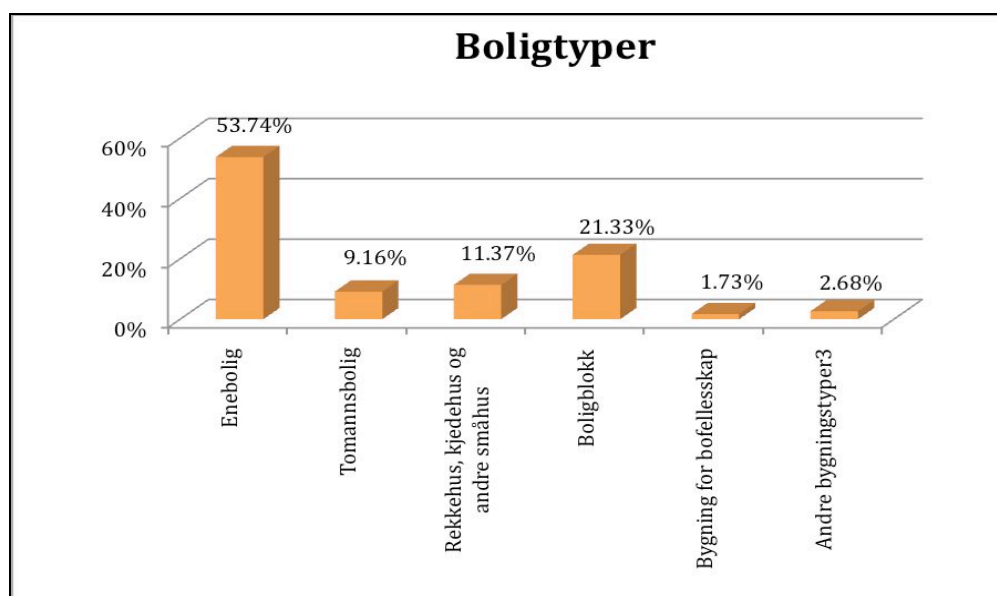
- Økte investeringskostnader. Høyere investeringskostnader i bygningskropp, ventilasjonsanlegg, eventuelle styringssystemer og fornybar energiforsyning. Men samtidig vil behovet for oppvarmingsinstallasjoner i huset bli redusert. Anslagsvis må man regne med ekstra byggekostnader på et sted mellom 0 - 10 %. I leilighetsprosjekter der man kan planlegge passivhus-standard fra starten av, og man sammenligner med en standardløsning med vannbåren gulvvarme og balansert ventilasjon som mange utbyggere bruker, vil ekstrakostnader og besparelser kunne nulle hverandre ut. Sammenligner man en enebolig bygget etter minimumskrav i forskriftene, og samme bolig med passivhus-standard vil ekstrakostnadene kunne bli noe høyere.
- Krav til håndtverksutførelse. Lavenergiboliger krever utbyggere, planleggere, entreprenører, byggmestere og håndverkere med forståelse for kritiske løsninger for å oppnå lavenergi. Eksempler på dette er tetthet, kuldebroer og tilpassede tekniske installasjoner.
- Arkitektoniske rammebetingelser. Lavenergiboliger og særlig passivhus gir noe strammere rammer for arkitektonisk utforming enn normale bygg, både når det gjelder kompaktet (ytterflate/volum forhold), energieffektiv planløsning, orientering og fasadeutforming, vindu/glassbruk, materialbruk, osv. Men hvis man bare får fram disse rammebetingelsene tidlig i planleggingsprosessen vil dette av mange arkitekter eller planleggere ses på som en utfordring og ikke et stort problem.

2.3 ENERGIBRUK I NORSKE HUSHOLDNINGER

I og med at denne oppgaven omhandler strømforbruk er det viktig å få et perspektiv på hva Norges energiforbruk benyttes til og grunner til å redusere forbruket. Dette er for å danne et statistisk grunnlag til senere analyse og drøfting. Dette avsnittet baserer seg hovedsakelig på Statistisk sentralbyrås (SSB) bolig- og byggstatistikk og energistatistikk. Denne statistikken finnes på SSBs nettsider: <http://www.ssb.no/boligstat/> og <http://www.ssb.no/energi/>

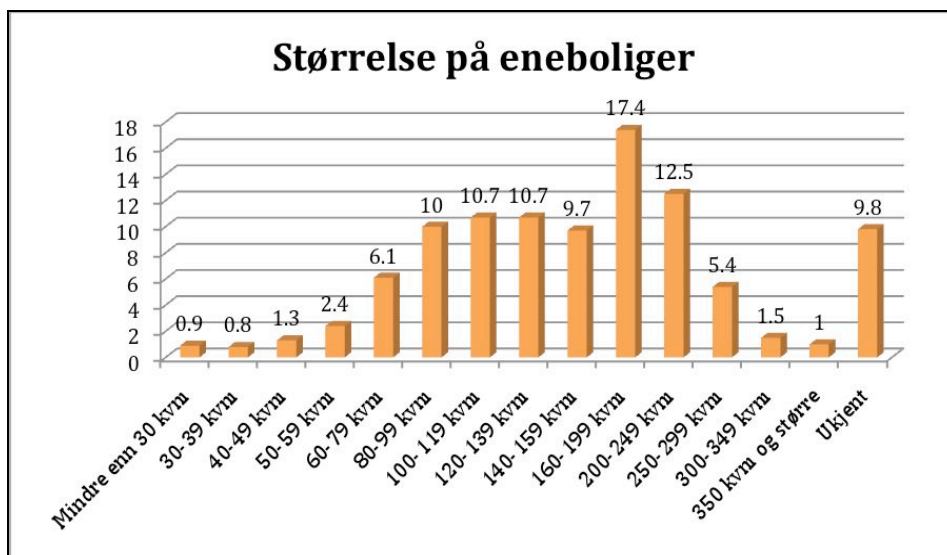
BOLIGER

Per 1. januar 2007 var det registrert nær 2.243.000 boliger i Norge. Av disse så er det eneboliger som er mest dominerende, med et samlet antall på 1,2 millioner. Det finnes i overkant av 478.000 boliger i boligblokker. Det er registrert over 255.000 boliger i rekkehus, kjedehus og andre småhus, 205.000 tomannsboliger og rundt 39.000 boliger i bygninger for bofellesskap. Det er registrert 60.000 boliger i bygninger hvor hoveddelen av arealet er knyttet til annet enn boligformål, i hovedsak næringsbygninger. På Figur 3 så ser vi en prosentvis sammenlikning.



Figur 3: Prosentvis fordeling etter bygningstype per 1. januar 2007, SSB 2007

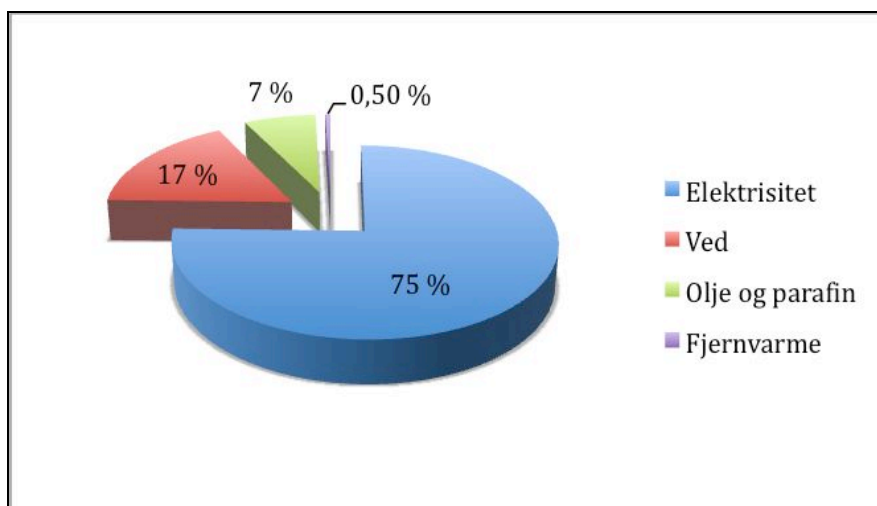
Energibruken i husholdningene avhenger av blant annet boligtype, husholdningens størrelse, klimatiske forskjeller, boligens byggeår og energikilde. Når vi ser på eneboliger så fordeler størrelsene på eneboligene seg slik som vist på Figur 4.



Figur 4: Antall boliger, etter bruksareal, per 1. januar 2007, SSB

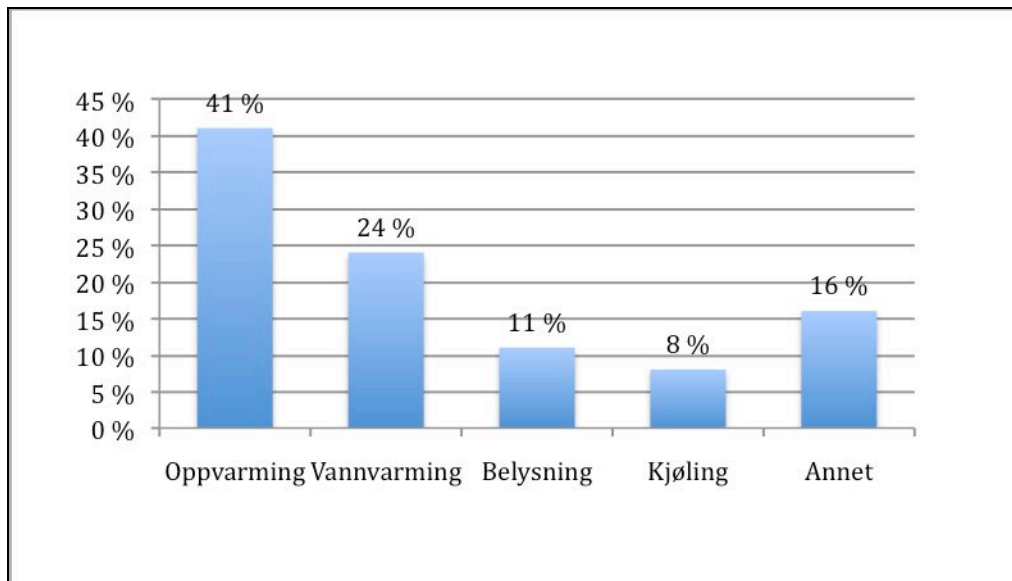
Gjennomsnittlig energibruk i norske husholdninger var i 2006 på 21.644 kWh, hvor elektrisitet utgjorde 16.240 kWh [SSB 2006, 9]. Nærmere 60 prosent av totalt energiforbruk i boligene går til romoppvarming, mens noe over 40 prosent av elektrisitetsforbruket går til romoppvarming.

Figur 5 viser hva slags energikilde energibruken i husholdningene kommer fra.



Figur 5: Energibruk i husholdningene fordelt på varmekilder. Figur er basert på tall fra NVE - bygningsdirektivet

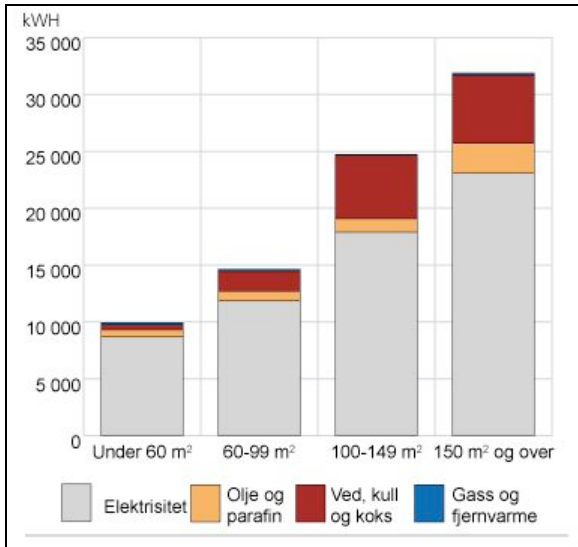
På Figur 6 så ser vi bruken av elektrisiteten fordelt på de ulike forbrukskildene.



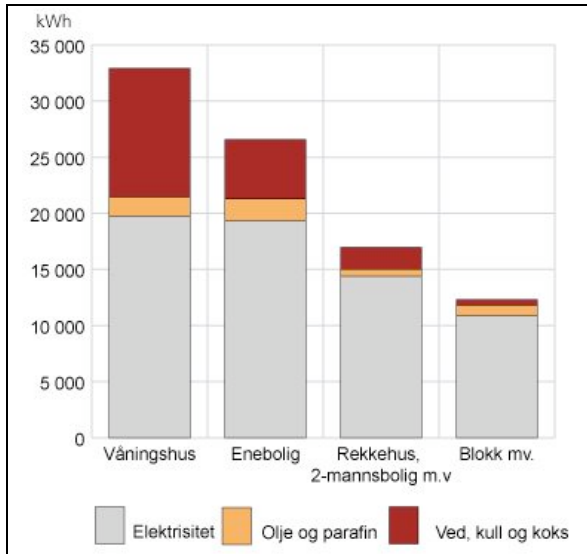
Figur 6: Fordeling av elektrisitet til forbrukskilder. Figur er basert på tall fra NVE - Bygningsdirektivet

ENERGIBRUK I ENEBOLIGER

Energibruken varierer i forhold til de ulike boligtypene. Blant de mest energikrevende boformene er våningshus på gård og eneboliger som i følge Statistisk sentralbyrå (SSB) hadde et forbruk på 32.900 og 26.700 kWh i 2006 [SSB 2006, 9]. I perioden 1980-2000 var forbruket til sammenligning rundt 23.000-24.000, deretter har det vært en nedadgående trend. Blokkleiligheter derimot har i gjennomsnitt under halvparten av energiforbruket til eneboliger med rundt 12.600 kWh i 2004. Årsakene til forskjellene er boligarealet er mindre i en blokkleilighet, færre yttervegger noe som innebærer mindre varmetap, flesteparten av de som bor i blokk er enslige, mens store husholdninger derimot ofte velger å bo i enebolig. Energibehov til vasking, dusjing og så videre øker med antall personer og derfor stiger ofte energibruken med husholdningsstørrelsen. Dette gjenspeiles i statistikken da enslige brukte 15.000 kWh i 2006, mens en husholdning på fem brukte over dobbelt så mye, 31.000 kWh. På **Figur 8** og **Figur 7** ser vi statistikken for hvor mye en gjennomsnittlig bolig benytter av energi, fordelt etter henholdsvis størrelse og hustype.

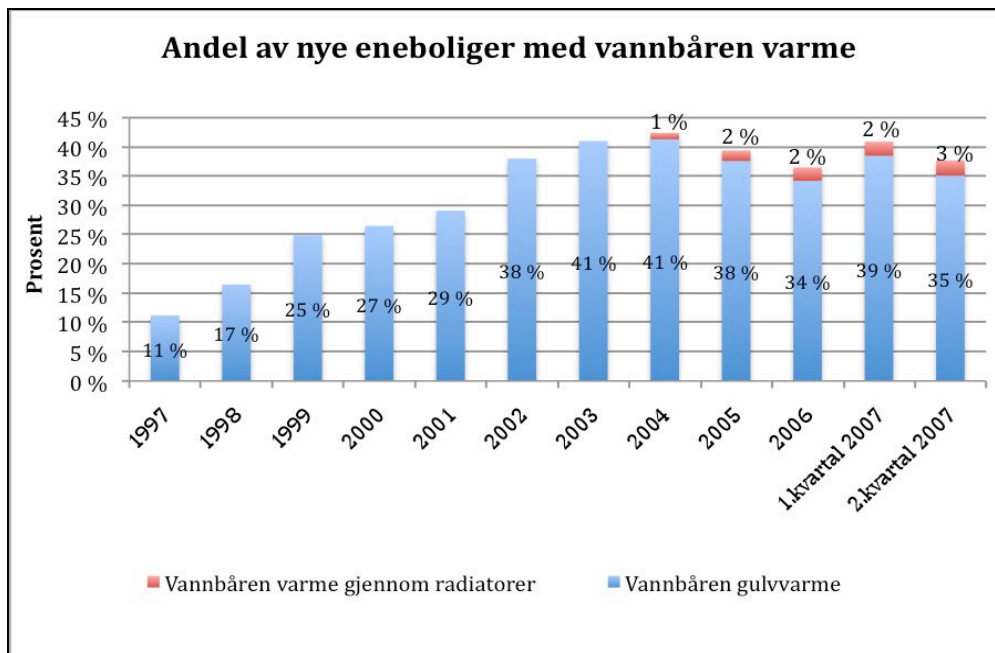


Figur 8: Gjennomsnittlig energiforbruk etter boligens areal i 2006. kWh tilført energi per husholdning, SSB 2008



Figur 7: Gjennomsnittlig energiforbruk etter hustype i 2006. kWh tilført energi per husholdning, SSB 2008

Statistisk sentralbyrå har også en oversikt over andelen vannbåren varme som blir installert i nye eneboliger og den er gjengitt på Figur 9



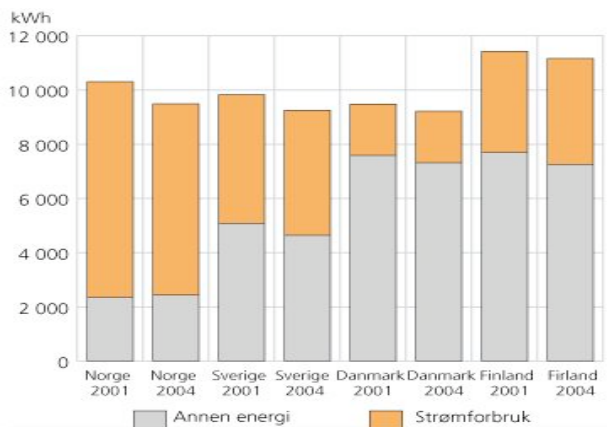
Figur 9: Andel av nye eneboliger med vannbåren varme, Tall fra SSB

OPPVARMING

Det er ytterst få andre land i verden som tillater seg å benytte elektrisitet til oppvarming i den dimensjon det skjer i her i Norge. Dette kan forklares med de enorme vannkraftressursene Norge rår over. Norge tillot seg oppvarming med elektrisitet da dette var billig og landet var selvforsynt fra en fornybar energikilde, som følge av stor utbygging av vannkraftverk.

Dette har medført en generell norsk oppfatning om at energi er synonymt med elektrisitet og generelt lite energisparende holdninger sammenlignet med andre land i verden. Som følge av dette bruker nordmenn strøm til oppvarming i langt større grad enn andre land, men økningen i strømprisene de siste årene har forandret dette noe. Strømprisene for norske husholdninger er nå på vei opp på europeisk nivå. I mange andre land har strøm tradisjonelt vært dyrt og dermed lite brukt til oppvarmingsformål. Eksempelvis kan Danmark nevnes spesielt, da de betalte rundt to kroner per kWh elektrisitet i 2005.

I følge SSB [SSB 2004, 10] så hadde 69 prosent av alle husholdninger i Norge elektriske ovner eller varmekabler som hovedoppvarming i 2001, mens i 2004 var denne andelen nede i 62 prosent. Dette er dels erstattet med bruk av varmepumpe og vedovn. I 2006 brukte om lag 4,5 prosent av husholdningene varmepumpe som hovedoppvarming, mens så å si ingen gjorde det i 2001. Som vi ser av Figur 10 så skiller Norge seg fortsatt ut med en høy strømandel av energiforbruket.



Figur 10: Forbruk av strøm og annen energi i husholdninger per person i nordiske land 2001 og 2005. kWh tilført energi per person. SSB 2007

2.3.1 PRODUKSJON OG FORBRUK I NORGE

Norsk vannkraft har en total produksjonskapasitet på 27 600 megawatt fordelt på i alt 740 kraftverk (over én MW) [Hafslund 2008, 11]. Dette gjør det mulig å produsere 120

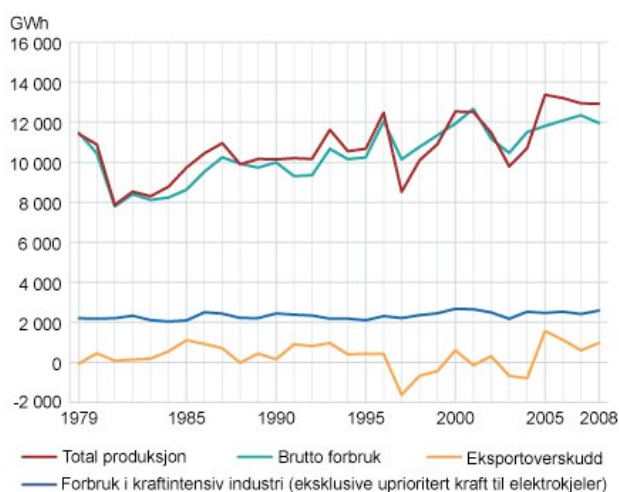
terawattimer (TWh = milliarder kilowattimer) i år med normale nedbørmengder. Denne produksjonen varierer betydelig fra år til år, avhengig av variasjoner i nedbør, temperaturer og tilsigsforhold. I 2000 ble det produsert rekordhøye 142 TWh, mens produksjonen i tørråret 1996 bare var om lag 105 TWh. I Tabell 1 ser vi forholdet mellom eksport og import av strøm i Norge fra 1990-2007 [Hafslund 2008, 11].

År	Produksjon	Forbruk	Ekport(+) import(-)
1990	121,848	105,941	15,907
1991	111,011	108,236	2,775
1992	117,506	108,777	8,729
1993	120,096	112,197	7,899
1994	113,214	113,082	0,132
1995	123,011	116,349	6,662
1996	104,712	113,688	-8,976
1997	111,42	115,238	-3,818
1998	116,787	120,421	-3,634
1999	122,445	120,526	1,919
2000	142,816	123,761	19,055
2001	121,608	125,206	-3,598
2002	130,473	120,762	9,711
2003	107,273	115,157	-7,884
2004	110,427	121,919	-11,492
2005	138,073	126,083	11,99
2006	121,663	122,518	-0,855
2007*	137,3	126,9	10,4

Tabell 1: Produksjon, forbruk, import og eksport av elektrisk kraft i Norge, 1990 - 2007 (GWh), Tall fra Hafslund

*Foreløpige tall

På Figur 11 kan vi se utviklingen mellom overskuddet og underskudd av strøm i Norge [SSB 2008, 12]



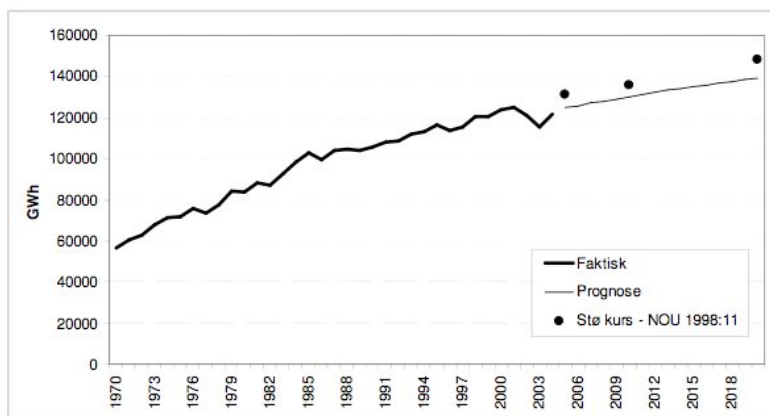
Figur 11: Produksjon og forbruk av elektrisk kraft i Norge, 1979 - 2008 (GWh), SSB 2008

2.3.2 FREMTIDENS KRAFTBALANSE

”Økt kraftutbygging og lav forbruksvekst fram mot 2020 vil gi lavere import av elektrisk kraft i år med normal nedbør”. Dette kommer fram av beregninger som NVE har foretatt i rapporten "Kraftbalansen fram mot 2020" [NVE 2005, 13]. Rapporten sier at kraftbidraget fra vannkraftsystemet er 120 TWh i et normalår, men kan i perioder med tørre år bli vesentlig lavere. Den laveste produksjonen i tilsigsperioden 1931-2000 er med dagens produksjonssystem beregnet til 89 TWh. I et ”vått” år vil produksjonen kunne komme opp i 150 TWh. Forskjellen mellom produksjonen i tørrår og våtår kan dermed bli i størrelsesorden 60 TWh. Dette er et svært høyt tall og gjør landet sårbart overfor årlige variasjoner i tilsiget.

Det er betydelig overføringskapasitet mellom de nordiske landene, og til landene utenfor Norden. Overføringsforbindelsene innebærer at landene i Norden er nært sammenknyttet. Norge har i en årrekke handlet kraft med både Sverige, Danmark og Finland. De fleste land som Norge har knyttet overføringsforbindelser til, har en kraftproduksjon som i stor grad er baserer seg på varmekraft (kull-, olje-, gass- og kjernekraft). Denne formen for energi er tradisjonelt mer forurensende enn vannkraft. Utgangspunktet for utveksling av kraft er basert på muligheten til å dra gjensidig nytte av forskjellene i produksjonssystemene mellom landene, i hovedsak som følge av forskjeller i produksjonskostnader. Overføringskapasiteten gjør det mulig å importere kraft i tørrår, og fungerer derfor som en reserve til det norske vannkraftsystemet. Samtidig kan overskuddskraft fra Norge eksporteres i år med større tilsig av vann enn normalt.

I følge rapporten til NVE vil det norske totalforbruket bli 139,6 TWh (brutto) i år 2020. Dette forutsetter at man beregner etter Basisalternativet. Dette alternativet legger til grunn at det ikke etableres sertifikatordning for grønn kraft i Norge, dagens ordning med investeringsstøtte for vindkraft videreføres og det gis ingen støtte til ny kraftproduksjon. Rapporten anslår et samlet innenlands elektrisitetsforbruk i basisalternativet kunne utvikle seg som vist i Figur 12.



Figur 12: Samlet brutto kraftforbruk i Norge [GWh], "Kraftbalansen fram mot 2020" – NVE 2005

2.4 INNEKLIMA

Når det gjelder valg av distribusjonsmetode så er inneklima et viktig moment ved slike vurderinger. Dette avsnittet vil gå mer i dybden på teorier rundt inneklima for å danne et inntrykk av hvilke faktorer som spiller inn på valg av distribusjonsmetode og varmekilde. Faktorer som komfort, temperaturer, og luftfartighet er noen av faktorene som kan være med på å belyse hvordan folk opplever inneklimaet i forhold til valg av distribusjonsmetode.

2.4.1 TERMISK KOMFORT

Vi kan definere termisk komfort som en subjektiv følelse eller sinnstilstand [Gundersen 2003, 14]. Måten folk opplever det termiske inneklimaet på er avhengig av varmeutvekslingen mellom kroppen og omgivelsene, påvirket av momenter som fysisk aktivitet, bekledding og omliggende klima. Ved hjelp av luftens temperatur, hastighet og fuktighet med omliggende flater kan vi beskrive den subjektive følelsen eller sinnstilstanden. For å kunne uttrykke termisk komfort så må man befinne seg i et termisk nøytralt klima, der mennesket som helhet befinner seg i termisk likevekt, dvs at personen ønsker det verken kaldere eller varmere. I termisk likevekt er varmeproduksjonen i kroppen er like stor som varmeavgivelsen fra kroppen og kroppstemperaturen er konstant. Termisk komfort handler også om uønsket oppvarming eller nedkjøling av en begrenset del av kroppen kan skape ubehag.

Lufttemperaturen beskriver temperaturnivået i et rom. Generelt sett på som det viktigste målet for termisk inneklima.

Den *vertikale temperaturgradienten* er et mål på hvor raskt lufttemperaturen endrer seg ved ulike høyder over gulvet. Forskjeller i temperatur mellom ulike kroppsdeler kan oppleves som ubehagelig.

Høy lufthastighet kan gi en uønsket lokal kjøling av kroppen, noe vi opplever som trekk. Det er først og fremst naken hud som er følsom for trekk. Trekkplager er derfor normalt konsentrert til ansikt, nakke, hender og nedre del av beina. Under normale forhold har variasjoner i luftens fuktighet innenfor variasjonsområdet 20-60% lite innflytelse på inneklimate. I varme omgivelser vil fuktigheten derimot spille en betydelig rolle.

2.4.2 KOMFORTLIKNINGEN

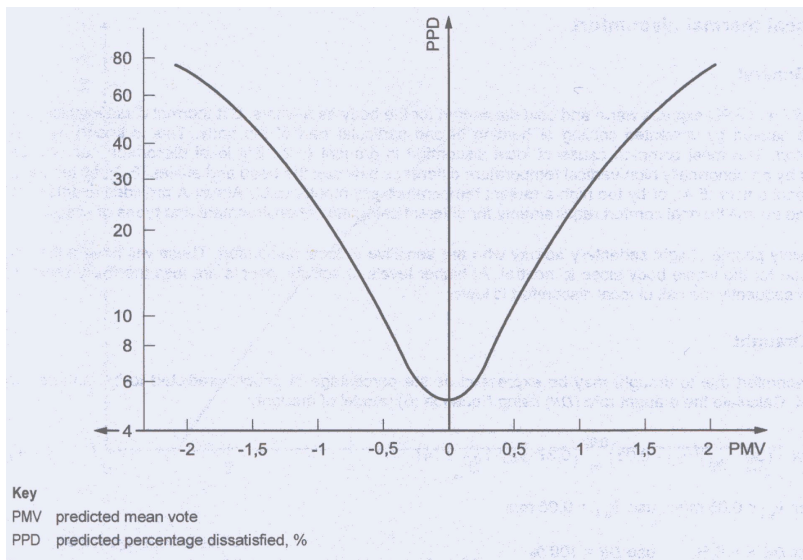
Komfortlikningen sier at kroppens varmeproduksjon pga aktivitetsnivå balanseres av bekledding, lufttemperatur, strålingstemperatur luftfuktighet og lufthastighet [Hansen 1997, 15].

P.O Fangers "Predicted Mean Vote" (PMV) modell [Fanger 1970, 16] ble utviklet i 1970 gjennom laboratorium-og klimakammerstudier. I disse studiene ble deltakere kledd i vanlige klær og utførte vanlige aktiviteter, mens de ble utsatt for ulike termiske miljøer. I noen studier valgte forskerne de ulike termale forholdene, og deltakere forklarte om de følte seg varm eller kald, ved å bruke sju-punkts skalaen "ASHRAE termal sensasjon" som vist i Tabell 2. I andre studier styrte deltakere det termale miljøet selv, justerte temperaturen til de følte seg termisk «nøytral» (dvs. verken varm eller kald, som svarer til "0" på "ASHRAE termal sensasjon" figuren. PMV modellen kombinerer fire fysiske variabler (lufttemperatur, lufthastighet, gjennomsnittlig strålingstemperatur, og relativ fuktighet) og to personlige variabler (klærnes isoleringsevne og aktivitetsnivå) inn i en indeks som kan bli brukt til å forutsi termisk komfort.

-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Cool	Cool	Slightly Cool	Neutral	Slightly Warm	Warm	Hot

Tabell 2: ASHRAE Termal sensation scale

PPD betyr "Predicted Percentage of Dissatisfied". PPD- indeksen forutsier den prosentvise andelen av en gruppe personer som vil være misfornøyde med et gitt termisk inneklimate og med gitt påkledning og aktivitet. Figur 13 viser andel misfornøyde avhengig av inneklimate. Minst 5% vil til en hver tid synes at det er for varmt eller for kaldt, selv om alle har lik aktivitet, bekledding og klima. P.O. Fanger påviste at det ikke er noen signifikant forskjell mellom grupper, uansett kjønn og alder. På Figur 13 kan vi se sammenhengen mellom ventet gjennomsnittlig vurdering (PMV) og ventet andel misfornøyde (PPD)



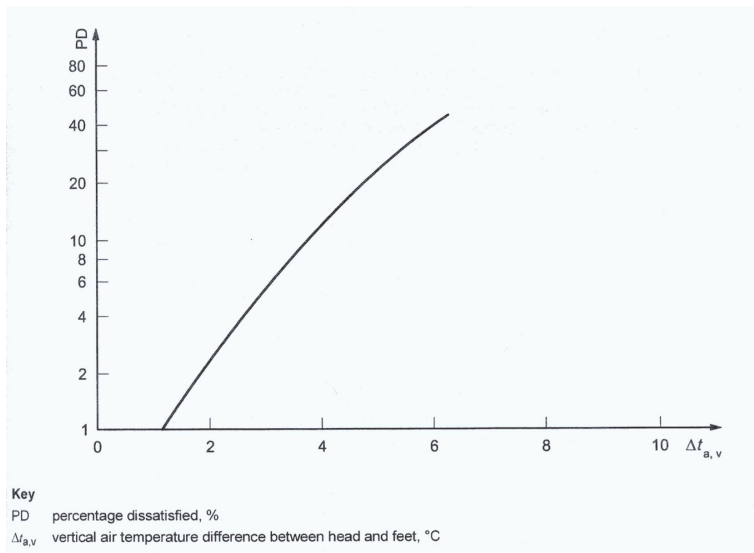
Figur 13: Sammenhengen mellom ventet gjennomsnittlig vurdering (PMV) og ventet andel misfornøyde (PPD). I henhold til NS 7730:2005 [Pronorm 2007, 17])

Gjennom stoffskifte kan menneskekroppen produsere energi ved forbrenning av fett, proteiner og karbohydrater sammen med oksygen. Denne energiomsetningen varierer med den fysiske aktiviteten og varmeproduksjonen er angitt som watt pr. m² kroppsflate.

Dersom det termiske inneklimaet i et rom skal kunne vurderes, er det viktig å kjenne bekleddingen til menneskene som oppholder seg der. Det er primært bekleddingens isolering som er av betydning.

2.4.3 TERMISK DISKOMFORT

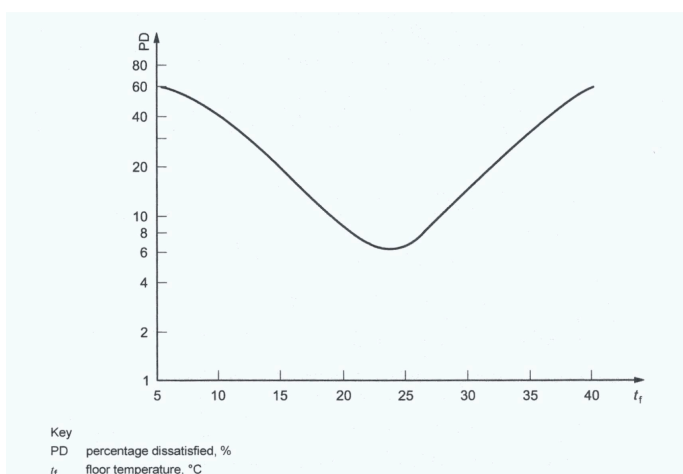
I miljøer der temperaturen er uensartet kan det oppstå ubehag lokalt som skyldes oppvarming eller nedkjøling av bestemte deler av kroppen [Gundersen 2003, 14]. Vi merker ofte størst ubehag når lufttemperaturen mellom hode og føtter er stor. Slik påvirkning merkes best av mennesker som sitter stille, eller utfører stillesittende arbeid. Når mennersker er i fysisk aktivitet vil de merke mindre til dette. På Figur 14 kan vi se antall stillesittende mennesker i prosent som forventes å oppleve et lokalt ubehag som funksjon av lufttemperaturforskjellen mellom hode og ankelhøyde. Vi kan se at ved 5% misfornøyde, så er det en temperaturforskjell på 3°C mellom hode og ankelhøyde.



Figur 14: Prosent missfornøyde som funksjon av forskjellen mellom lufttemperaturene i hode og ankelhøyde I henhold til NS 7730:2005 [Pronorm 2007, 17]

Gulvtemperatur

Når gulv er kalde eller varme, påvirker det temperaturen i føttene våre. Varmeutvekslingen mellom føtter og gulv er avhengig av faktorer som gulvtemperatur, gulvmateriale, og fottøy. Men når vi har på oss normalt fottøy så har gulvmaterialet liten innvirkning og gulvtemperaturen er avgjørende for vår komfort. Gulvmaterialet har kun innvirkning når folk går barbeint. I henhold til den Norske Standard NS-EN ISO 7730:2005; “Ergonomi i termisk miljø” [Pronorm 2007, 17], bør den operative temperaturen være $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Som det går frem av Figur 15 så kan vi se andel misfornøyde som funksjon av gulvtemperaturen når det benyttes lett fottøy.

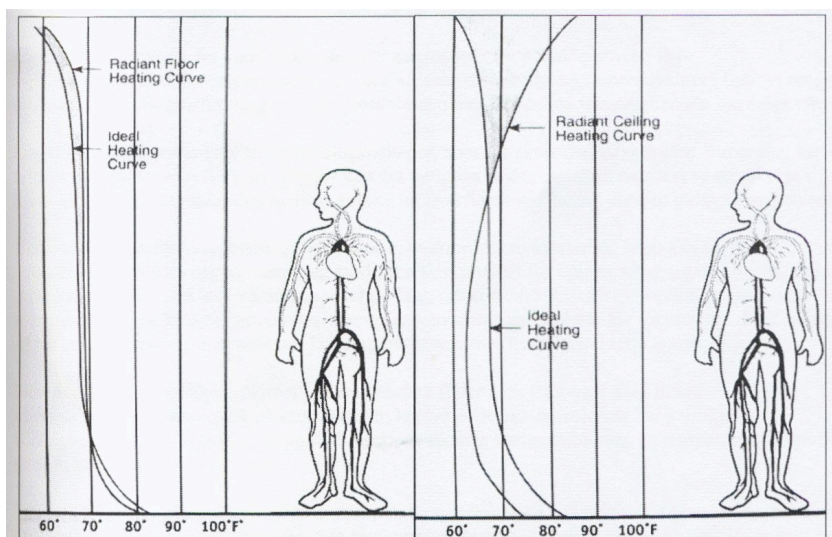


Figur 15: Prosent misfornøyde som funksjon av gulvtemperaturen når det benyttes lett fottøy i henhold til NS 7730:2005 [Pronorm 2007, 17]

Trekk er i prinsippet høy lufthastighet som kan medføre lokal uønsket kjøling av kroppen. Trekk oppleves først og fremst på naken hud. Derfor er det områder som vanligvis ikke er tildekket. Dette omfatter i hovedsak nedre del av beina, hender, nakke og ansikt.

2.4.4 VERTIKAL TEMPERATURFORDELING

Vi kan si at vi har god temperaturfordeling når det er noe varmere ved føttene enn ved hodet. Gulvvarme er derfor en ideell løsning for å oppnå god temperaturfordeling. Vi kan ofte ha en lavere romtemperatur ved bruk av gulvvarme som varmekilde. Dette skyldes at du holdes varm ved føttene, og vi opplever en god temperaturfølelse. Ved å se på Figur 16 kan vi se temperaturfordelingen i et rom hvor gulv- og takvarme er benyttet uten mekanisk ventilasjon. Den ideelle temperaturfordelingskurven er også tegnet inn for sammenlikning. Figur 16 viser at gulvvarme ligger nærmest den ideelle kurven.



Figur 16: Vertikal temperaturfordeling for gulv- og takvarme uten mekanisk ventilasjon [Woodson 1999, 18]

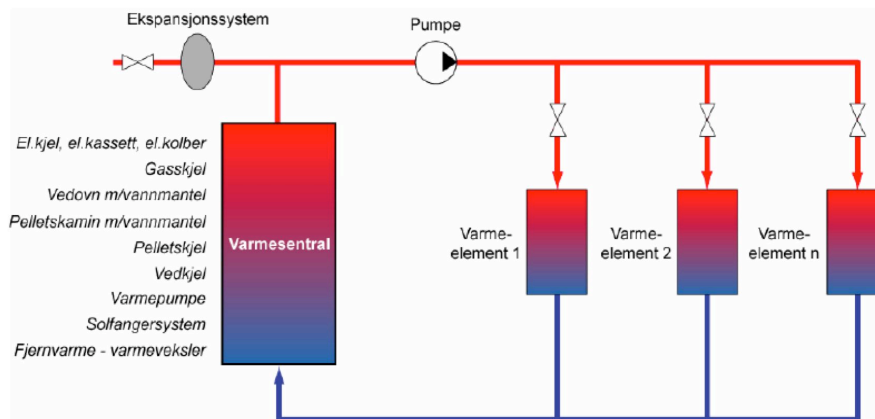
2.5 TEKNISKE LØSNINGER FOR VANNBÅRNE VARMESYSTEMER

2.5.1 VARMEDISTRIBUSJONSSYSTEMER

I dette avsnittet vil vi se nærmere på metoder for utførelse av vannbårne varmesystemer. Dette er for å få en bedre forståelse av hva et slikt anlegg består av og hvordan det monteres.

Vannbårne varmeanlegg består hovedsakelig av en varmeproduserende enhet også kalt en varmesentral. Det er et lukket rørsystem med et tilhørende ekspansjonssystem og sirkulasjonspumper som distribuerer varmt vann samt til varmeavgivende elementer. Disse elementene er varmevekslere som skal varme opp rommet, beredning av varmt forbruksvann

og eventuelt ettervarming av ventilasjonsluft. Figur 17 viser en prinsipiell skisse av et vannbårent varmeanlegg.



Figur 17: Prinsipiell skisse av et vannbårent varmeanlegg [Stene 2006, 19]

Som vi ser av figuren over så har vi flere ulike typer varmesentraler, som alle kan tilknyttes et vannbårent varmedistribusjonssystem. Eksempler på dette er:

- Elektrisk oppvarmingssystem – el.kolber, el.kassett, elementkjel, elektrodekjel
- Gasskjel
- Vedovn med vannmantel
- Pelletskamin med vannmantel
- Pelletskjel
- Vedkjel
- Luft/vann-, væske/vann- og vann/vann-varmepumper
- Solfangersystem (aktiv solvarmeanlegg)
- Abonnentsentral (varmevekslere) i fjern- eller nærvarmeanlegg

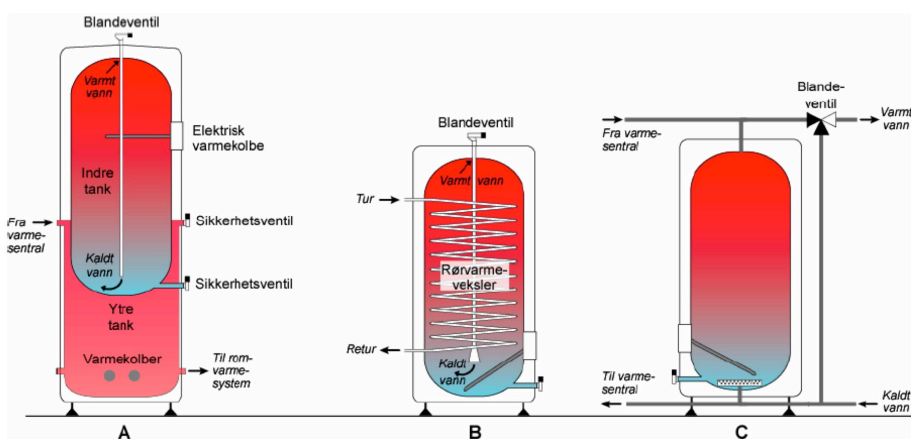
2.5.2 BEREDNING AV VARMT TAPPEVANN

I vannbårne oppvarmingssystemer i boliger benyttes det enten direkte (momentan) oppvarming eller akkumulering av varmt vann i tanker. *Direkte system* er vanlig i fjernvarme- og nærvarmesystemer. Effektbehovet ved generell dagligdags tapping av varmtvann utgjør 15–40 kW [Stene 2006, 19]. Ved bruk av andre typer varmesentraler enn varmevekslere i fjernvarme-/nærvarmenett er det derfor vanlig å benytte en eller flere tanker for å akkumulere varmtvann. Varmtvannstanken kan enten være en integrert del av varmesentralen eller monteres som en separat enhet. Varmtvannstanker utføres normalt som et trykksatt system (4–6 bar), hvor det er nettvannstrykket som er drivende kraft ved tapping. Tankene isoleres med 40–50mm med

mineralull eller ekstrudert polystyren (EPS) for å redusere varmetapet til boligen/omgivelsene. For å unngå vekst av legionellabakterier i varmtvannstanker anbefaler Folkehelseinstituttet [FHI 2008, 20] en minimum temperatur på minimum 65°C. Det finnes to hovedtyper av varmtvannstanker for tilkobling til vannbårne varmedistribusjonssystemer.

Den første typen er en *Dobbeltmantlet varmtvannstank* som består av en indre primærtank som er sveist sammen med en ytre sekundærtank. Denne tilkobles så et vannbårent varmedistribusjonssystem. Volumet av den indre/ytre tanken kan typisk være 200/120 eller 300/120 liter. Vannet fra varmesentralen strømmer gjennom den ytre tanken og forvarmer tappevannet i den indre tanken ved at det overføres varme gjennom bunnen og sideveggene i tanken. En elektrisk varmekolbe montert i toppen av varmtvannstanken benyttes til ettervarming. I bunnen av den ytre tanken er det mulighet for å montere elektriske varmekolber for ettervarming og reservelast i romoppvarmingssystemet.

Den andre typen er en *Enkeltmantlet varmtvannstank* for boliger leveres med typisk 100 til 300 liter vannvolum. Prinsippet her er at varmt vann fra varmesentralen sirkulerer i en eller flere innebygde rørvarmevekslere eller en ekstern varmevekslerkrets. Dette gir mer effektiv varmeoverføring enn ved bruk av dobbeltmantlede varmtvannstanker. Ofte brukes elektriske varmekolber til ettervarming og reservelast. Figur 18 viser hvordan en dobbeltmantlet varmtvannstank samt enkeltmantlede tanker med og uten innebygd varmeveksler er bygd opp.



Figur 18: Eksempel på dobbeltmantlet varmtvannstank (A), enkeltmantlet tank med internrørvarmeveksler (B) og enkeltmantlet tank med ekstern tilkobling (C), [Stene, 2006 19]

2.5.3 VARMEAVGIVENDE ELEMENTER FOR ROMOPPVARMING

Vi har flere former for varmeavgivende elementer. Typiske elementer for romoppvarming for vannbårne varmesystemer er:

- Radiatorer
- Konvektorer
- Gulvvarmesystemer
- Takvarmesystemer
- Veggvarmesystemer

Når det gjelder romoppvarmingen så utføres den tradisjonelt som rørers-systemer hvor varmeelementene er parallellkoblet, og dermed mottar vann av tilnærmet samme temperatur. Det er også mulig å benytte et enklere ettrørs-system, hvor varmeelementene er seriekoblet og hvor vanntemperaturen avtar etter avkjøling i hvert varmeelement.

RADIATORER

En radiator er en ovn som henger på veggen, som er fylt med vann tilknyttet varmesentralen. Radiatorer plasseres på samme måte som panelovner under vinduer. En radiator er bygd opp slik at arealet på luft- og vannsiden er tilnærmet like store. Temperaturnivået i et radiatorsystem avhenger av hvor stor overflate den enkelte radiator har. Varmeavgivelse er proporsjonal med både radiatorens varmeavgivende areal, og temperaturforskjellen mellom radiatoren og rommet som skal varmes opp. Radiatorens varmeavgivelse skjer ved typisk 40% konveksjon (luftoppvarming) og 60% termisk stråling. Turvannstemperaturen i radiatorsystemer reguleres normalt fra varmesentralen og justerer seg i forhold til utetemperaturen. I selve radiatoren reguleres temperaturen ved hjelp av vannmengden gjennom radiatoren og ved hjelp av termostatventiler. Temperatursenkning på dag- og nattestid skjer ved hjelp av termostatiske reguleringsventiler. Vanligvis dimensjoneres radiatorer for en tur-/returtemperatur på 80/60°C, 70/50°C eller 60/40°C. I lavenergiboliger derimot dimensjoneres radiatorene for en lavere temperatur på 50/40°C. På figuren under kan vi se at radiatorer ikke nødvendigvis trenger å være så stygge. De hvite flatene på bildet til høyre er radiatorer som er en del av designen.



Figur 19: Eksempler på utforming av radiatorer for boliger

KONVEKTORER

I motsetning til radiatorer så består konvektorer av lameller som gjør at varmeoverføringsarealet på luftsiden blir vesentlig større enn på vannsiden. Det finnes løsninger både med og uten vifte. For en konvektor som ikke har vifte vil varmeavgivelsen skje ved typisk 60% konveksjon og 40% stråling, mens det meste av varmen avgis ved konveksjon for viftekonvektorer. Konvektorer har relativt liten varmetreghet på grunn av beskjedne metallmasse. Dette gjør at ved regulering av temperaturen endres varmeavgivelsen fra konvektoren kjapt. Når det gjelder *viftekonvektorer* så leveres de for montering i gulv, vegg eller tak. De kan sammenliknes med en gassfyrte ovn med vifte eller vanlig elektrisk vifteovn. Ytelsesdata er normalt oppgitt ved 50/45°C tur-/returtemperatur på vannet og 20°C lufttemperatur. Ved lavere inngående vanntemperatur vil ytelsen avta. Eksempelvis vil varmeytelsen avta med 35–40% hvis inngående vanntemperatur reduseres fra 50 til 40°C.

Viftekonvektorer har trinnvis termostatstyrt regulering av viften. Filtrering skjer gjennom kunstfiberfilter eller et elektrostatisk filter. Problemet med slike viftekonvektorer er at de genererer noe støy. Lydnivået bestemmes av viftehastigheten, og ligger typisk i området 28–54 dBA ved henholdsvis minimum og maksimum kapasitet. Figur 20 viser eksempler på konvektorer for boliger for tilkobling til et enkelt vannbårent varmedistribusjonssystem.

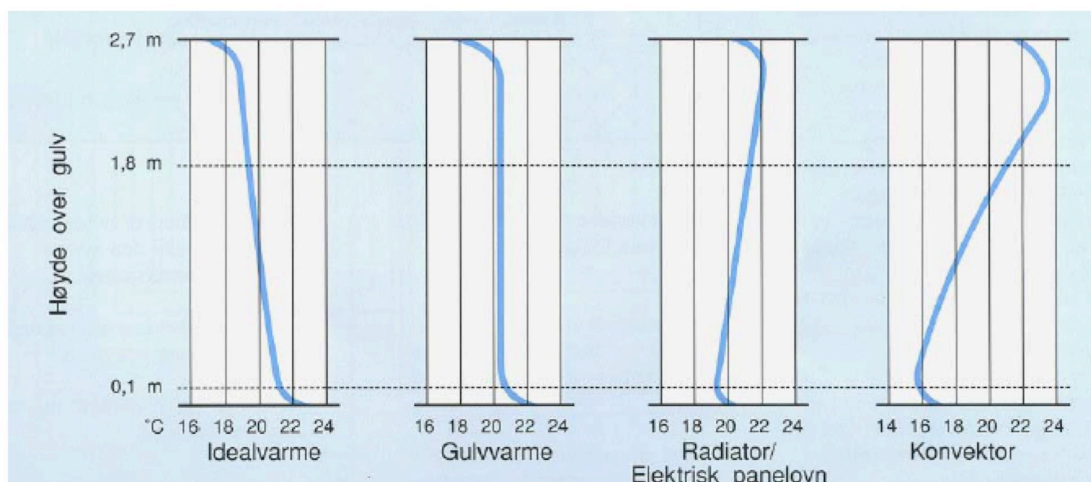


Figur 20: Eksempel på utforming av konvektorer for tilkobling til vannbårent varmesystem.

Bildene er hentet fra www.variantvvs.no

GULVVARMESYSTEMER

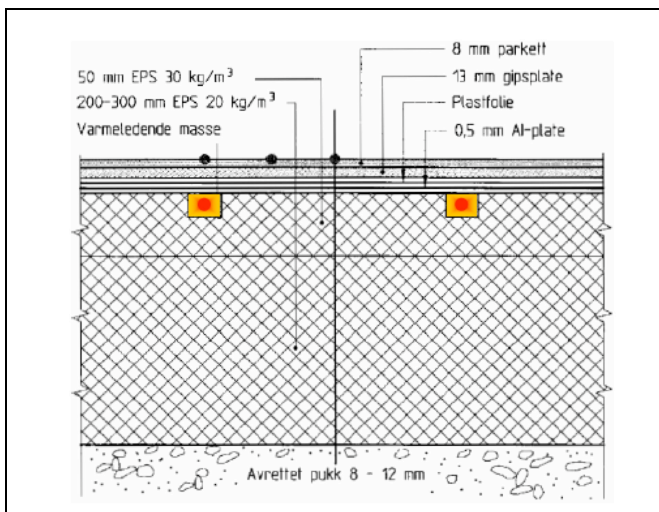
I et gulvvarmesystem vil man bruke hele eller deler gulvet som heteflate, og det meste av varmen blir avgitt som lavtemperatur termisk stråling. Når man benytter gulvvarmesystemer så vil det bli vesentlig mindre temperaturforskjell mellom gulv og tak enn oppvarmingssystemer basert på tradisjonell luftpåvarming, og dermed bedre termisk komfort. På Figur 21 ser vi prinsipielle temperaturprofiler for gulvvarmesystem, radiator/panelovn og konvektor.



Figur 21: Prinsipielle temperaturprofiler for ulike oppvarmingssystemer [Prenøk 2005, 21].

Når man skal installere vannbåren gulvvarme så legger vi diffusjonstette plastrør i gulv mot grunnen eller i trebjelkelag. Plastrørene er enten PEX- eller PB-rør, med diameter Ø15–22 mm.

Minst mulig temperaturforskjell mellom vannet i rørene og gulvoverflaten oppnås ved å benytte isolerende materiale under vannrørene og at rørene har god termisk kontakt med overliggende materiale. Varmemotstanden for materialene over varmerørene bør være lav og ha lav temperaturledningsevne og rørene bør legges med moderat innbyrdes avstand (CC-verdi). Ved riktig utforming av gulvvarmesystemet vil det ofte være tilstrekkelig med en midlere vanntemperatur i området 28–33°C ved et effektbehov på 20–30 W/m². Når vi skal legge vannbåren varmesystemer i gulv mot grunnen så støpes rørslyfene ned i et betongdekke. Dekket er som oftest 50 til 100 mm. Det er viktig at man legger minimum 200 mm trykkfast isolasjon under betongen for å holde varmetapet på et lavt nivå. Betong ansees som en god varmeleder og varmen fordeles jevnt i betongsjiktet. Derimot så er den største ulempen med nedstøp i betong at betongens store termiske masse medfører at systemet får stor termisk treghet. Det vil si at det tar veldig lang tid fra det tilføres varme til overflatetemperaturen endrer seg og lang tid fra man demper temperaturen til betongen kjøler seg ned. Gulvvarmeanlegg mot grunnen kan alternativt utføres som lette, flytende konstruksjoner. Figur 22 viser et eksempel på en konstruksjon bestående av rør lagt i spor i isolasjonsplater. Rundt rørene er det lagt varmeledende masse, og over rørene er det lagt 0,5 mm heldekkende aluminiumsplater, 13 mm gipsplate og 8 mm parkett.

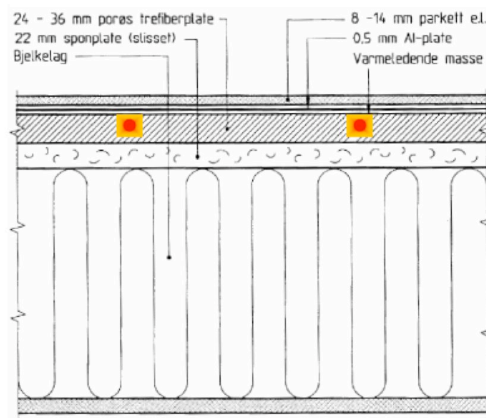


Figur 22: Eksempel på utførelse av lett, flytende gulvvarmesystem mot grunnen [Gundersen 1998, 22].

GULV I TREBJELKELAG

Når det skal legges gulvvarmerør i våtrom så legges de på gipsplater med påstøp. Når vi skal legge gulvvarmerør i vanlige rom uten noen form for slik fuktbelastning installeres rørene i trefiberplater/isoporplater med utfreste spor eller i spaltegulv bygd opp av listverk. Disse ofte prefabrikerte isolasjonsplatene representerer en noe mer kostbar løsning. Fordelen med slike

plater er at de også fungerer som trinnlydsplater og er knirkfrie. For å sikre god varmeoverføring fra rørene til overliggende flate legges rørene i tynne profilerte aluminiumsplater (Ω -profiler). Oppå disse platene kan det legges ullfilt og deretter parkett, gipsplater/flis eller sponplater/gipsplater og gulvbelegg. Senteravstanden for rør i et gulvvarmesystem varierer fra 20 til 30 cm i oppholdsrom og 10 til 15 cm på bad. Jo ”lettere” konstruksjon desto raskere regulering av gulvvarmesystemet i forhold til betonggulv. Mens responstiden for gulvvarmesystemer i betong kan ligge på flere timer, tar det ikke stort lenger enn 10–15 minutter for lette systemer installert i trebjelkelag. Derfor er lette systemer bedre egnet i boliger hvor internlastene er i hurtigere endring, som følge av personerbelastning, utstyr, belysning og lignende. Figur 23 viser legging av gulvvarmerør i profilerte aluminiumsplater på trefiberplate samt et eksempel på oppbygging av et lett gulvvarmesystem



Figur 23: Legging av gulvvarmerør i profilerte aluminiumsplater og eksempel på utforming av lett gulvvarmeanlegg i mellombjelkelag [Gundersen 1998, 22]

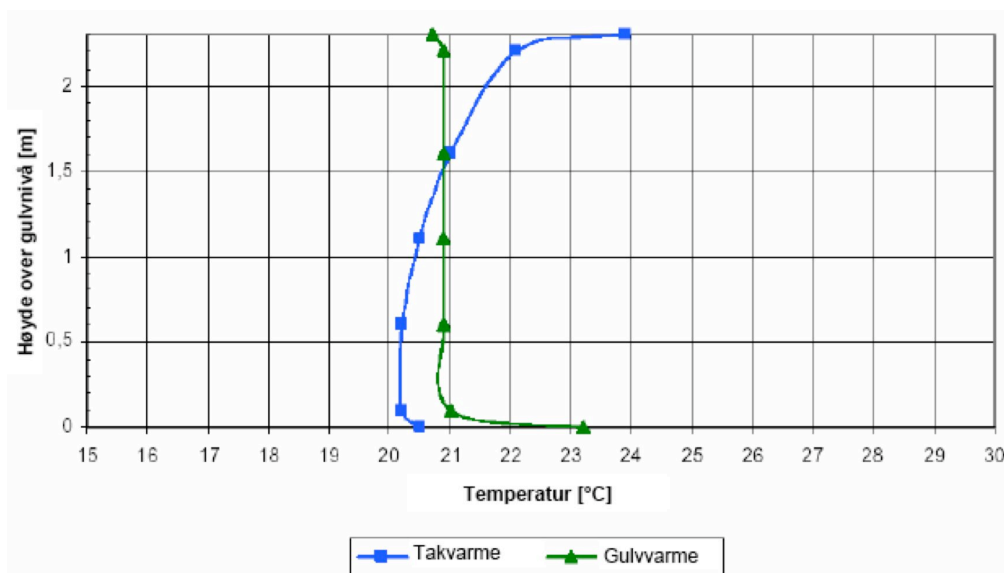
For å kunne kjøre med lave vanntemperaturer og samtidig oppnå en relativt homogen gulvtemperatur, må avkjølingen av vannet i de enkelte gulvvarmekursene kun være et par °C. Det mest vanlige er å ha gulvvarmesystemer med tilnærmet konstant turvannstemperatur. Varmeeffekten reguleres gjennom romtermostater i hvert rom eller grupper av rom åpner eller lukker for vannsirkulasjonen i varmesløyfe.

TAKVARMESYSTEMER

Ved bruk av takvarmesystemer så benyttes man hele eller deler av boligens takflate som heteflate i stedet for å ha varmekildene nærmere gulvet. Mesteparten av varmen avgis derfor som termisk stråling ovenifra. Takvarmesystemer gir noe høyere midlere strålingstemperatur og lavere lufttemperatur enn panelovner, radiatorer og konvektorer. Problemet er at mennesker

er vesentlig mer følsomme for strålingsasymmetri fra tak enn fra gulv og vegger. Så når taket har en vesentlig høyere temperatur enn lufttemperaturen så vil dette gi et ubehag og dårlig termisk komfort. Ved mindre enn 5°C forskjell mellom overflatetemperaturen i taket og lufttemperaturen vil imidlertid termisk komfort være fullt ut tilfredsstillende.

Overflatetemperaturen i tak må være ca. 1°C høyere enn for gulv for å kunne avgi samme varmeeffekt ettersom den konvektive varmeavgivelsen fra en varm takflate er mindre enn fra et varmt gulv. Ettersom himlingsplater ikke trenger å ha samme mekaniske styrke som et gulv kan en benytte tynnere materialer, slik at varmeledningsmotstanden blir lavere enn for gulvvarmesystemer. I et takvarmeanlegg benyttes dessuten hele flaten til varmeavgivelse, mens noe av flaten i gulvvarmesystemer vil være dekket av for eksempel tepper og møbler. Et riktig utformet takvarmeanlegg vil dermed avgi samme varmeeffekt som et gulvvarmeanlegg ved samme vanntemperatur. På Figur 24 så kan vi se temperaturnivåene for takvarme og gulvvarme målt i ved ulike høydene i rommet



Figur 24: Målt vertikal temperaturgradient for gulv- og takvarmesystem ved 30°C midlere vanntemperatur i rørsystemet [Gundersen og Schild 2005, [23].

Utformingen av takvarmesystemer skjer omtrent på samme måte som gulvvarmesystemer. Bruker vannrør av samme type som i gulvvarmesystemer, prefabrikerte isolasjonsplater med utfreste spor, varmfordelingsplater i aluminium og tynne himlingsplater. Fordelen med takvarmesystemer er at de er lettere og ofte billigere å montere enn gulvvarmesystemer. Ettersom systemene monteres i mellombjelkelag vil mer av varmen som avgis fra anlegget komme boligen til nytte uten varmetap til grunnen eller omgivelsene. Figur 25 viser et eksempel på et lett lavtemperatur takvarmesystem med prefabrikerte trefiberplater og

aluminiumsplater. Det er også vist et eksempel på leggemønster for gulvvarmerørene



Figur 25: Utforming av lavtemperatur takvarmesystem bestående av trefiberplater og aluminiumsplater [Gundersen og Schild 2005, 23].

Det er også mulig å ettervarme ventilasjonsluften etter varmegjenvinneren i balanserte ventilasjonsanlegg ved hjelp av takvarmeanlegget. En slik løsning kan gi 10% økning i avgitt varmeeffekt fra takvarmeanlegget da luftstrømmingen langs taket bedrer varmeovergangen. Den vertikale temperaturgradienten vil være tilnærmet den samme som for gulvvarmesystemer når man har et slikt system. Takvarmesystemer kan også benyttes til klimakjøling ved at vannet i rørene avkjøles av for eksempel energibrønnen i et væske/vann-varmepumpesystem (frikjøling). Kjølebehovet dekkes dermed på en energieffektiv måte ettersom det kun er behov for energiførsel til sirkulasjonspumpene.

VEGGVARMESYSTEMER

Veggvarmesystemer benytter veggene i boligen som varmeplate, og avgir det meste av varmen som termisk stråling. Slike systemer blir primært vurdert ved etterinstallasjon av vannbåren varme i eksisterende boliger. I følge Byggforsk 2002 [NBI 2002, 24] så tilsier målinger og tilbakemeldinger fra brukere at veggvarme bidrar til tilfredsstillende termisk komfort, og den vertikale temperaturgradienten er lavere enn ved bruk av panelovner, radiatorer og konvektorer. Et veggvarmesystem bygges opp på omtrent samme måte som gulvvarmesystemer. Med vannrør i plast, prefabrikerte isolasjonsplater med utfreste spor, varmfordelingsplater i aluminium og gips-/sponplater. For å unngå tilleggsvarmetap til omgivelsene og samtidig gi mulighet for varmeavgivelse fra begge sider av vegg bør systemet installeres på innervegg.

2.6 ØKONOMI

2.6.1 NÅVERDIBEREGNINGER

Veiledningen til de tekniske forskriftene sier at den privatøkonomiske lønnsomheten eller ulønnsomheten skal dokumenteres ved hjelp av nåverdibetraktninger. I dette kapitlet skal vi se nærmere på hvordan man skal regne nåverdi og utføre slike betraktninger i henhold til forskriften.

Nåverdimetoden går også under navnet diskonteringsmetoden og brukes for å regne ut en investerings beregnede kapitalverdi. Nåverdi forteller oss noe om lønnsomheten ved investeringen. En investering kan defineres som en beslutning som medfører kapitalbinding i en viss tid. Inntekter og utgifter fra i dag og i fremtiden føres til nåtidspunktet. Ved positiv nåverdi er investeringen lønnsom i forhold til en alternativ investering. Hvis negativ nåverdi oppstår i alternativer til elektrisk og/eller fossil oppvarming, vil denne ansees som en merkostnad i henhold til TEK § 8-22, og dermed privatøkonomisk ulønnsom.

Gjennom den tekniske forskriften og veiledningene til denne har man kommet frem til en formel for beregning av nåverdi. Denne tar utgangspunkt i elektrisitet og/eller fossilt brensel kontra en annen energiløsning. Dette kan være f. eks solfanger, nær- og fjernvarme, varmepumpe, pelletskamin, vedovn, biokjel, biogass etc. Formelen lyder:

$$\text{Nåverdi} = \text{privatøkonomisk besparelse} - \text{merkostnad investering}$$

der

$$Nåverdi = B \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r} - \left[\sum (I_0 + I_1 + I_2 + \dots) - \sum (I_{el/fos-0} + I_{el/fos-1} + I_{el/fos-2} + \dots) \right]$$

Levetiden for bygget settes til 50 år. Dette er en levetid som Sintef Byggforsk har satt som grenseverdi for disse økonomiske betraktningene.

I_0 er investeringskostnaden for ett varmesystem som baserer seg på annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brenslar.

$I_{el/fos-0}$ er investeringskostnaden for et varmesystem som baserer seg kun på elektrisitet og/eller fossile brenslar.

I_1 , I_2 , osv og $I_{el/fos-1}$, $I_{el/fos-2}$, osv er nåverdier av fremtidige investeringskostnader, for å opprettholde de ulike varmesystemenes funksjon gjennom byggets levetid. Her er det snakk om en reinvestering som vil skje etter et gitt antall år. Denne levetiden er gitt av produsent/leverandør av produktet. I og med at byggets levetid settes til 50 år, så er det naturlig at det vil skje noen reinvesteringer for å opprettholde funksjonaliteten. Denne nåverdier er gitt ved:

$$I_1 = \frac{I}{(1+r)^{m-1}}, \quad I_2 = \frac{I}{(1+r)^{m-2}}, \dots osv.$$

$$I_{el/fos-1} = \frac{I_{el/fos}}{(1+r)^{m-1}}, \quad I_{el/fos-2} = \frac{I_{el/fos}}{(1+r)^{m-2}}, \dots osv.$$

Når ingen annen dokumentasjon foreligger så setter vi levetiden (**m**) for tekniske installasjoner til 20 år. Dette kan som oftest spesifiseres mer nøyaktig av produsenten/leverandøren av dette produktet. Kalkulasjonsrente (**r**) er den renten eller avkastningen man krever å få av en investering. Når man vurderer å foreta investeringer er kravet at investeringen skal være lønnsom, det vil si at bedriften når investeringsperioden er over får pengene tilbake med renter. Kalkulasjonsrente (**r**) skal settes til = 4%

B er årlig privatøkonomisk besparelse:

$$B = Q \cdot \left(\frac{P_{el/fos}}{\eta_{el/fos}} - \frac{P_{alt}}{\eta_{alt}} \right)$$

der

- **Q** er varmebehov i kwh/år som kunne dekkes av valgt energiløsning (minimum 40% av bygningens totale varmebehov)
- **P_{el/fos}** er aktuell årsgjennomsnittlig kwh-pris for elektrisitet eller fossile brensler. Dette er inkludert distribusjon og avgifter. Disse prisene varierer etter mange ulike faktorer som nedbørmengder, oljepriser, nettleie, avgifter og hvor i landet du befinner deg.
- **P_{alt}** er aktuell årsgjennomsnittlig kwh-pris for annen energiforsyning enn elektrisitet eller fossile brensler. Dette er inkludert distribusjon og avgifter. Her kan prisene variere etter

ulike faktorer som oljepris, hvor store kvantum som blir kjøpt inn, transportkostnader, og lignende.

- $\eta_{el/fos}$ er virkningsgrad for varmesystemet basert på elektrisitet eller fossile brensler.
- η_{alt} er virkningsgrad for varmesystemet basert på en annen energiforsyning enn elektrisitet eller fossile brensler.

Virkningsgradene for de ulike varmesystemene er gitt i NS 3031:2007 [5]. En bedre virkningsgrad kan benyttes så lenge det kan dokumenteres. Det som også kan være relevant i forhold til et slik regnestykke er offentlige tilskudd. I enkelte kommuner og hos Enova kan det gis tilskudd til energiløsninger som varmepumper, biokjeler, utskiftning av oljekjeler osv.

2.7 ENERGIMERKING AV BYGG

Hensikten med å energimerke bygg er å bidra til økt energieffektivitet i bygningsmassen. Dette skal gjøres ved å synliggjøre byggets energibehov og reelle energibruk overfor brukere av bygget, samt å gi anbefalinger om tiltak for å redusere energibruken. Energimerkeordningen har sin bakgrunn i EUs direktiv 2002/91/EF om bygningers energiytelse [St.prp nr 79, 3] og er under utarbeidelse. Det er NVE som har fått ansvaret for utarbeidelsen og energimerkeordningen planlegges å tre i kraft for boliger i 2009. Byggforsk har utarbeidet et utkast til energimerkesystem for boliger og næringsbygg [Dokka 2005, 25]. Utkastet til energimerkesystemet er grunnlaget for utarbeidelse av forskrift til lov om bygningsenergidirektivet. I dette forslaget anbefales det to typer energimerkinger. Hovedmerket ”vektet tilført energi til bygget”, vil ta hensyn til bygningens varmetekniske egenskaper, effektiviteten til bygningens tekniske installasjoner, bygningens energiforsyning- og oppvarmingssystem samt de ulike energi-kildenes samfunnsmessige miljøkostnader. Denne vil vise ”byggets energitall”. Den andre typen energimerking vil se på byggets spesifikke varmetapskoeffisient, som gis av byggets transmisjonstap, infiltrasjonstap og ventilasjonstap. Denne vil kunne vise ”varmetapstallet” for bygget. Et energimerket bygg vil få en attest bestående av tre deler:

- Det fysiske energimerket vil være en karakter som skal vise bygningens energiytelse. Denne skal beregnes etter en standardisert metode som også skal vektlegge energikildenes miljøkarakter. Energimerket vil derfor kunne inneholde opplysninger og vurderinger av oppvarmingssystemet, energibærere, miljøforhold og sammenligning med andre bygninger i samme kategori.
- En tiltaksliste som skal gi anbefalinger til tiltak for økt energiytelse i bygningen.
- Dokumentasjon og eventuell annen informasjon om bygningen.

Energimerke, tiltaksliste og dokumentasjon skal samles i en energiattest. Energimerket skal være dokumentasjonen for en bygnings energimessige tilstand, beregnet ut fra en normal anvendelse av bygningen. Energimerkingen skal gjøres av en uavhengig og godkjent energirådgiver, og vedkommende skal gi råd om mulige energibesparelser. Energiattesten med merke vil være gyldig i inntil 10 år. Store og komplekse bygninger vil være mer utfordrende å energimerke enn mindre bygg. Det vil bli benyttet bokstavkarakterer for å kategorisere byggene etter energibruk. Denne vil gå fra A til G, for alle bygningstyper. Denne algoritmen baserer seg på forskriftsnivå og gjennomsnittlig energibruk i bygningen. Tabell 3 viser de merkenivåer for

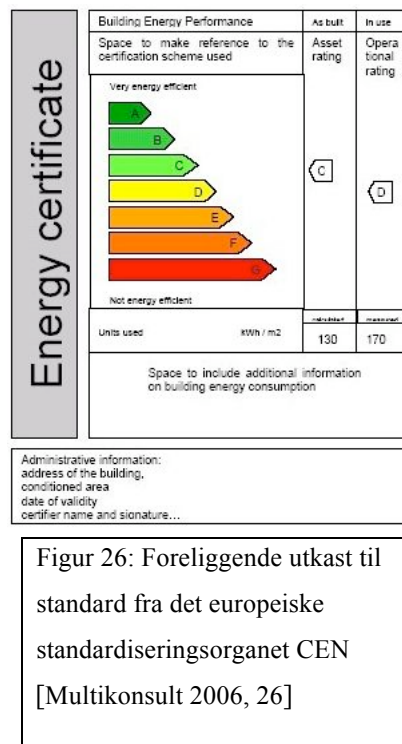
spesifikk varmetapskoeffisient og vektet tilført energi for småhus og boligblokker som de ulike energiklassene tilsier.

Energi klasse	Varmetapskoeffisient		Vektet tilført energi	
	Småhus W/K per m ²	Boligblokker W/K per m ²	Småhus kWh/m ²	Boligblokker kWh/m ²
A	= 0.45	= 0.35	= 75	= 65
B	0.46 – 0.70	0.36 – 0.55	76 – 115	66 – 100
C	0.71 – 0.95	0.56 – 0.75	115 - 150	101 - 130
D	0.96 – 1.30	0.76 – 1.10	151 – 190	131 – 175
E	1.31 – 1.65	1.11 – 1.50	191 – 230	176 - 215
F	1.66 – 2.45	1.51 - 2.20	231- 345	216 – 325
G	> 2.45	> 2.20	> 345	> 325

Tabell 3: Merkenivå for spesifikk varmetapskoeffisient og vektet tilført energi for småhus og boligblokker [Byggforsk 2005, 25]

Energimerke er en visuell fremstilling og sammendrag av bygningens energimessige tilstand, beregnet ut fra en normal anvendelse av bygningen. Energimerket har som formål å gi eiere, kjøpere, leietagere og andre brukere av bygningen en enkel, hurtig og oversiktlig informasjon om bygningens nåværende energieffektivitet.

Energimerket inneholder også referanseverdier som gjør sammenlikning med tilsvarende bygninger mulig. Energimerket er tidligere kjent fra eksempelvis hvitevarer, og inneholder en skala som gjør det lett å sammenligne bygningen med andre tilsvarende bygninger. Foreliggende utkast til europeisk standard for innhold i og utforming av energimerke kan bli lagt til grunn for energimerket. Figur 26 viser en mulig fremstilling av et energimerke. Merk at dette kun er en illustrasjon og ikke noen gjeldene skala. Det er fortsatt en del usikkerhet rundt håndteringen og hvordan denne ordningen vil bli implementert.



3. VALG AV METODE

Med dette kapitlet ønsker jeg å vise hvordan jeg har kommet frem til svar på problemstillingen samt en redegjørelse for de valg som er gjort. Hva slags metodiske valg har jeg gjort i oppgaven, hvordan data er samlet inn og begrunne de valg jeg har gjort underveis. Gjennom å se på de ulike fasene som er sentrale for innsamlingen, behandling, analyse og konklusjon av datamaterialet. Valg av riktig forskningsdesign og metoder kan være avgjørende for hva en vil sitte igjen med av resultat.

En metode kan defineres som en ”systematisk fremgangsmåte til innhenting, bearbeiding og vurdering av informasjon” [Zahl-Begnum 1985, 27]. Metodedelen må være utformet slik at man klarer å skaffe til veie informasjon om problemet man skal undersøke. Når det gjelder innhenting av informasjon og analysen så vil denne kunne være avhengig av hvilken oppfatninger man sitter på om problemstillingen, datainnsamlingsverktøy og fremgangsmåte. Man vil da også kunne se hvilke muligheter som er praktisk realiserbare innenfor de gitte rammene.

3.1 DATAINNSAMLINGSMETODER

Det finnes i hovedsak to former for data:

Primærdata kan defineres som data som blir samlet inn selv gjennom observasjon og kommunikasjon, som oftest i form av intervjuer og spørreundersøkelser. Dette formen for data benyttes når man ønsker å få inn informasjon som er direkte relatert til den problemstillingen som man jobber med.

Sekundærdata kan defineres som data andre har samlet inn, som regel til andre liknende formål. Klassiske eksempler på sekundærdata er publikasjoner, artikler, lærebøker, tidsskrifter og tidligere hovedoppgaver. Bruk av sekundærdata er en viktig informasjonskilde fordi det normalt koster lite å finne fram og kan skaffes fort. Ulempen med sekundærdata er at de er kan være samlet inn for andre formål og vil i mange tilfeller ikke gi tilstrekkelig svar på forskerspørsmålene. Dette kan resultere i skjevheter i eget materiale, og en viss usikkerhet er knyttet til nøyaktigheten. I følge Fred Selnes [Selnes 1993, 28] er det derfor viktig å vurdere sekundærdataenes aktualitet, hvem som har samlet dem inn, hvorfor de er samlet inn og hvilken metode som ble benyttet ved innsamlingen.

KVALITATIV OG KVANTITATIV METODE

For å kunne bestemme hva slags metode man skal benytte for innsamling av informasjon, må vi se litt på de ulike metodene.

Ved **kvalitative** metoder kan man skaffe seg mye informasjon om få enheter. Datainnsamlingen skjer her gjennom åpne intervjuer og observasjon, og gir dermed stor fleksibilitet. Analyse av data blir gjort ved fortolkning og kan utføres løpende og integrert med datainnsamlingen. En kvalitativ metode brukes ofte i et eksplorerende forskningsdesign og hjelper til med å beskrive et fenomen (se avsnitt om ”forskningsdesign”).

Gjennom kvalitativ metode kan man skaffe seg kunnskap om årsakssammenhenger og i tillegg se på overførbarhet. Den største svakheten ved kvalitativ metode er at det er vanskelig å generalisere til enheter eller til tilfeller som ikke er undersøkt. Her er det også en fare for at intervjuobjektet ikke får anonymitet og svarer kanskje ikke ærlig, enten pga. ledende spørsmål eller at intervjuobjektet kommer med det han/hun anser som strategisk riktige svar.

Ved bruk av en kvalitativ metode får en også mindre strukturerte svar som gjør det vanskeligere og mer tidkrevende å tolke dataene enn ved kvantitativ metode.

En **kvantitativ** metode vil gi noe informasjon om mange enheter. Det benyttes vanligvis spørreskjema med lukkede svaralternativer, noe som gir liten fleksibilitet. Analysen av data gjør man etter at innsamlingen er ferdig, ved å strukturere svarene. Den største fordelen med kvantitativ metode er dermed at en kan lage statistiske generaliseringer. Ulempen ved kvantitativ metode kan være at det er vanskelig å utrede årsaker til et tilfelle.

Kvantitative og kvalitative metode kan også brukes sammen gjennom å utføre et intervju etter spørreundersøkelsen for å støtte opp under innsamlet data fra spørreundersøkelsen.

VALG AV DATA OG METODE

I denne oppgaven så vil det bli benyttet sekundærkilder som data for den teoretiske forankringen. Den empiriske forankringen bygger på både primærdata med enkelte innslag av sekundærdata. Når det gjelder valg av metode så vil denne oppgaven benytte seg av kvalitativ metode og datainnsamlingen vil foregå gjennom åpne intervjuer og observasjon, noe som gir mer fleksibilitet. Analysen av dataene vil bli gjort ved fortolkning, som utføres fortløpende og integrert med datainnsamlingen.

3.2 FORSKNINGSDESIGN

Det er som oftest ambisjonsnivået man ønsker å ha på undersøkelsen som avgjør hvordan designen av analyseprosessen ser ut. Det er også avgjørende hvor mye kunnskap man har om temaet på forhånd. Gripsrud og Olsson [Gripsrud 2000, 29], skiller mellom tre ulike analyse-design i teorien:

Eksplorativt – utforskende design. Bli brukt når beslutningstaker vet lite om hvilke teorier som er relevante og når problemstillingens karakter kan være noe uklar eller veldig grov. Du som beslutningstaker vet lite om viktige saksområder knyttet til undersøkelsen. Ofte så kan en ikke stille opp klare hypoteser, noe som leder oss mot et utforskende design. Gjennom et utforskende design kan en få innsikt i et problem og deretter komme opp med ideer og forslag til aktuelle løsninger. Vanlige måter å samle inn data på i et slikt design er bruk av kvalitative data kilder som intervju og fokusgrupper. Metoden tilsier også en gjennomgang av sekundærdata, intervju med ressurspersoner og kvalitative teknikker for datainnsamlingen. Endelig resultat vil avhenge av forskerens erfaring, kunnskap og kreativitet.

Deskriptativt – beskrivende design. Dette designet kan brukes til å beskrive et problemområde. Her krever det litt mer forkunnskap rundt problemet og at man har en klar formening om hva som skal studeres. Data kan hentes inn på samme måte som i forrige. I tillegg kan data også hentes inn gjennom observasjoner og dokumentanalyse.

Kausalt – årsaks-virkningsdesign. Kausalitet betyr årsakssammenheng, at noe forårsaker noe annet. Kausalt design bruker man når man ønsker å finne en statistisk årsakssammenheng (*kausalitet*) mellom to variabler. Kausalt design benyttes til å besvare om det finnes et årsaks-og/eller et virkningsforhold mellom to eller flere variabler. Kausale forskningsdesign er derfor egnet til å løse problemstillinger hvor man ønsker å måle effekten av et stimulus eller sammenligne effekten av flere stimuli. Brukes til å forklare hvilke innvirkninger ulike tiltak har på resultatet av det man skal undersøke. Eksempel på slike undersøkelser kan være hvilke innvirkning reklame har på salget av et produkt.

VALG AV FORSKNINGSDESIGN

I denne oppgaven er man interessert i synspunkter og faglig kompetanse rundt vannbårne distribusjonssystemer. Dette er en studie som man ikke kan spå utfallet av på forhånd. Jeg besitter heller ingen dyptgående kompetanse på området, annet enn på et generelt nivå. Jeg prøver å få innsikt i et problem, får så å komme opp med ideer og forslag til aktuelle løsninger.

Jeg anser det derfor som naturlig å velge et eksplorativt design på analysen.

3.3 RELIABILITET

Reliabilitet, eller påliteligheten til undersøkelsene, bestemmes ut i fra hvordan undersøkelsen gjennomføres, hvordan målingene gjennomføres, og utifra nøyaktigheten i de ulike operasjonene i denne prosessen. Reliabilitet er en nødvendig forutsetning for validitet, altså at undersøkelsen er gyldig [Churchill 1999, 30]. Påliteligheten kan diskuteres i forhold til hvordan du måler, hvordan du samler inn og behandler data. Dette gir et uttrykk for i hvilken grad målingene er fri for tilfeldige feil. I intervjuer så gjelder det å stille så presise og riktige spørsmål som mulig, som respondenten har forutsetning til å svare på. Reliabiliteten forteller oss også i hvilken grad man vil kunne oppnå samme resultat dersom man foretar undersøkelsen gjentatte ganger. Perfekt reliabilitet finner vi sjelden. Hvis resultatene er nesten like ved gjentatte målinger, har man høy reliabilitet. Ofte så kan vi se at svekket reliabilitet typisk kan være misforståtte spørsmål, tiden respondenten har til rådighet, feilregistrering, og liknende.

3.4 VALIDITET

For å få korrekte målinger er reliabilitet nødvendig, men ikke alltid tilstrekkelig. I tillegg til målingene være valide. Validiteten, eller gyldigheten til undersøkelsen, bestemmer dataenes relevans for problemstillingen, og om vi måler det vi antar at vi måler. Churchill [Churchill 1999, 30], opererer med ulike typer validitet som mål på god forskning. Disse typene for validitet er begrepsvaliditet, statistisk validitet, intern validitet og ekstern validitet. **Begrepsvaliditet** er den mest grunnleggende formen for validitet, og har å gjøre med hvilken grad vi virkelig måler det vi ønsker å måle. Begrepsmessig validitet sier noe om sammenhengen mellom teori og praksis. Måler de empiriske data de teoretiske begrepene og variablene vi hadde til hensikt å måle. Begrepsvaliditet regnes derfor som en nødvendighet for at forskningsresultatene skal være meningsfulle, tolkbare og generaliserbare. **Statisk validitet** handler om å velge riktig analysemetode, og riktig antall observasjoner. **Intern validitet** er sentralt ved hypoteser som omhandler årsak – virkningsforhold. Det vil si i hvilken grad vi kan konkludere med at en effekt kan tilskrives den årsak vi tror, eller om det kan være andre utenforliggende faktorer som like sannsynlig kan ha samme effekt [Selnes 1993, 28]. **Ekstern validitet** handler om hvilken grad vi kan generalisere resultater til å gjelde andre populasjoner, i andre situasjoner, og/eller på et annet tidspunkt [Selnes 1993, 28].

4. EMPIRI

Gjennom dette kapitlet skal vi se nærmere på materialet som har blitt samlet inn for å underbygge forskerspørsmålene og det teoretiske grunnlaget. Som grunnlag for mye av min analyse har jeg valgt å benytte meg av simuleringer i et dataprogram. Dette programmet foretar en simulering av et helt kalenderår der den beregner netto energibruk (energibehov) og levert energi til bygningen. Med dette programmet er det også mulig å evaluere og sammenlikne bygningen mot de reviderte byggeforskriftene (TEK07). Det evalueres mot energitiltak, energirammer og minstekrav. For å gjøre dette er det laget fiktive boliger som danner grunnlaget for energiberegninger, økonomi og utslipp.

I tillegg til dette har jeg innhentet informasjon fra en rekke aktører i bransjen rundt vannbåren varme, med oppdragsgiver Agder Energi Nettkonsult som en av de viktigste. Dette er gjort for å få synspunkter og holdninger rundt Tek07, vannbåren varme og fremtiden for vannbåren varme sett med bransjens egne øyne. Disse aktørene har stort sett blitt stilt de samme spørsmålene, med noen få individuelle tilpasninger. Dette er gjengitt som en sammenhengende tekst i empirien for å få en mer flyt i diskusjonen rundt de ulike spørsmålene.

4.1 SIMULERING I "SIMIEN"

Som en del av denne masteroppgaven har jeg som sagt valgt å simulere energiforbruket i 5 ulike eneboliger i henhold til Tek07 og NS 3031:2007 [Pronorm 2007, 5]. For å kunne gjøre dette har jeg benyttet meg av et program som heter SIMIEN [Programbyggerne 2008, 31]. SIMIEN står for SIMulering av Inneklima og ENergibruk i bygninger. Dette programmet utfører dynamiske simuleringer av tilstanden i bygninger. Bruksområdet er beregning av energibehov, validering av inneklima og dimensjonering av oppvarmingsanlegg, ventilasjonsanlegg og romkjøling, samt å evaluere bygningen mot de reviderte byggeforskriftene (TEK07).

Boligene som er benyttet er fiktive og er laget med den hensikt å se hvordan størrelsen på boligen påvirker energibehovet i boliger med tradisjonell elektrisk oppvarming og alternativ oppvarming. Det vil gi oss et bilde hva slike hus har for ett varmebehov og om de tilfredsstillere energikravene i Tek07. Dette er gjort i empirisk øyemed for å skape et grunnlag for videre drøfting. Energitiltak i boligen skal tilfredsstillere følgende nivå i henhold til teknisk forskrift [Tek07, 2]:

- Samlet glass-, vindus- og dørareal: maksimalt 20% av bygningens oppvarmede bruksareal (BRA).

- U-verdi yttervegg: 0,18 W/m² K.
- U-verdi tak: 0,13 W/m² K.
- U-verdi gulv på grunn og mot det fri: 0,15 W/m² K.
- U-verdi glass/vinduer/dører: 1,2 W/m² K som gjennomsnittsverdi inkludert karm/ramme.
- Normalisert kuldebroverdi skal ikke overstige 0,03 W/m² K for småhus og 0,06 W/m² K for øvrige bygg, der m² angis i oppvarmet BRA.
- Lufttetthet: 1,5 luftvekslinger pr. time ved 50 Pa trykkforskjell. For småhus gjelder 2,5 luftvekslinger pr. time ved 50 Pa trykkforskjell.
- Årsmidlere temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg: 70%.
- Spesifikk vifteeffekt i ventilasjonsanlegg, SFP-faktor (specific fan power):
 - o 2,5 kW/m³ s (hele døgnet).
- Automatisk utvendig solskjermingsutstyr eller andre tiltak for å oppfylle krav til termisk komfort uten bruk av lokalkjøling.
- Natt- og helgesenking av innetemperatur til 19 °C for de bygningstyper der det kan skilles mellom natt, dag og helgedrift.
- Det er tillatt å fravike et eller flere av energitiltakene, dersom kompensierende tiltak gjør at bygningens energibehov ikke økes.

SAMLET NETTO ENERGIBEHOV

Samlet netto energibehov for småhus skal ikke være større enn:

125 + 1600/oppvarmet BRA [kWh/m²]

Det skal benyttes faste og standardiserte verdier for bruksavhengige data, samt gjennomsnittlige klimadata for hele landet. I kombinasjonsbygg gjelder rammekravene for bygningkategoriene tilsvarende for de respektive arealene.

MINSTEKRAV

Følgende minstekrav skal ikke overskrides:

	U-verdi yttervegg, W/m ² K	U-verdi tak, W/m ² K	U-verdi gulv på grunn og mot det fri, W/m ² K	U-verdi vindu, W/m ² K	Lufttetthet, luftvekslinger pr. time ved 50 Pa trykkforskjell
Bygning	0,22	0,18	0,18	1,6	3,0

For bygning med laftede yttervegger gjelder følgende minstekrav:

	U-verdi yttervegg, W/m ² K	U-verdi tak, W/m ² K	U-verdi gulv på grunn og mot det fri, W/m ² K	U-verdi vindu, W/m ² K	Lufttetthet, luftvekslinger pr. time ved 50 Pa trykkforskjell
Bygning med laftede yttervegger	0,60	0,13	0,15	1,4	-
Fritidsboliger under 150 m ² BRA med laftede yttervegger	0,72	0,18	0,18	1,6	-

0 Endret ved forskrift 26 jan 2007 nr. 96 (i kraft 1 feb 2007).

Figur 27: minstekrav til U-verdier, lufttetthet og luftvekslinger [Tek07, 2]

DISSE FORUTSETNINGENE ER LAGT TIL GRUNN FOR SIMULERINGENE:

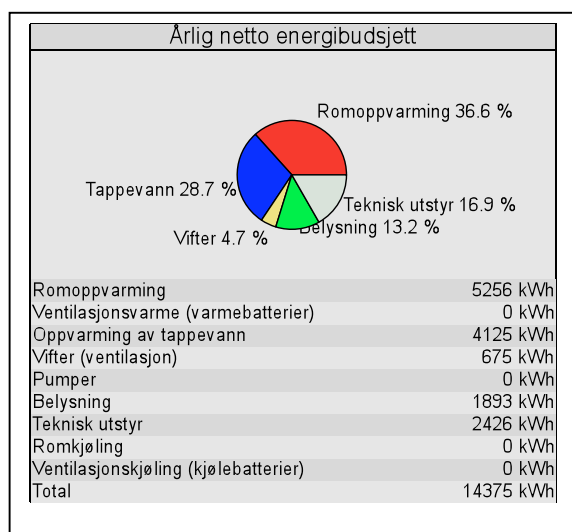
- Det bor 4 mennesker i alle husene og disse er på jobb/skole fra 08:00-16:00
- Husene er utstyrt med balansert ventilasjon med varmegjenvinner med virkningsgrad på 0,70 og spesifikk luftmengde på $1,2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ døgnet
 - Belysning avgir $2,9 \text{ W/m}^2$ i snitt.
 - Det forutsetter at 100% av varmeeffekten til belysning går over til varme i husets oppvarmede del
 - Driftstiden for belysning er 16 timer i døgnet (kl 07:00-23:00)
- Utstyr avgir 4 W/m^2 i snitt.
 - Det forutsetter at 60% av effekten til utstyr går over til varme i husets oppvarmede del
 - Driftstiden for utstyr er 16 timer i døgnet (kl 07:00-23:00)
- Varmtvann er gitt som $5,1 \text{ W/m}^2$.
 - Huset har direkte elektrisk oppvarming av varmtvann.
 - Berederen avgir 0% til romoppvarmingen
- Husets beboere er bortreist 4 uker i året (1 uke påskeferie og 3 uker sommerferie)
- Innetemperatur er 21°C og nattsinking til 19°C .
- Benytter kun elektrisk oppvarming som er satt til 60 W/m^2
- Flat tomt på fjell og huset er plassert med veggene rett mot de fire himmelretningene med 100mm EPS utvendig isolasjon mot grunnen.
- Det er moderat skjerming, dvs huset er frittstående og det er kun naturlig avskjerming i form av trær o.l
- Normalisert kuldebroverdi på $0,5 \text{ W/k/m}^2$
- Det er benyttet 36mm bindingsverk og 250mm med isolasjon i veggene
- Mellomtung himling, skråtak 48mm med sperrer og 350mm isolasjon
- Takvinkelen er på 36 grader med helningen vendt mot Nord/Sør.
- Gulv på grunn er betongdekke 200-250mm med 300mm isolasjon der 50mm av de er over betongdekket og 22mm sponplate med 14mm parkett.
- Trelags glass med argongass og 2 lavemisjonsbelegg

Beregningene av husene baserer seg på de forutsetningene som er gitt ovenfor, samt inndataen vist på hvert enkelt hus. Husene benytter seg av tradisjonell elektrisk oppvarming og prisen per kWh er satt til 0,85 øre inklusive alle avgifter. Resultatet av simuleringene er gjengitt forenklet på figurene og gir resultater om energibudsjett, evaluering mot byggeforskriftene, energiltak, kostnader og utslipp av CO₂.

BEREGNINGSHUS 1

Inndata:

Grunnflate:	64,6 m ²
Bruksareal (BRA):	100 m ²
Oppvarmet luftvolum:	250 m ³
Areal yttervegger u/vinduer:	135 m ²
Tak:	83,3 m ²
Gulv mot grunnen:	64,6 m ²
Dører: 2 stk 2,5 m ²	
Vinduer:	
– Nord 0°: 4stk 0,6 m ²	
– Øst 90°: 4stk 0,6 m ²	
– Sør 180°: 6stk 0,6 m ² og 3 stk 1,2 m ²	
– Vest 270°: 4stk 0,6 m ²	



Figur 28: Årlig netto energibudsjett, SIMIEN

Energebudsjett		
Energipost	Energibruk	Spesifikk energibruk
Romoppvarming	5256 kWh	52.6 kWh/m ²
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Oppvarming av tappevann	4125 kWh	41.2 kWh/m ²
Vifter (ventilasjon)	675 kWh	6.7 kWh/m ²
Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Belysning	1893 kWh	18.9 kWh/m ²
Teknisk utstyr	2426 kWh	24.3 kWh/m ²
Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Total	14375 kWh	143.7 kWh/m²

Kostnad kjøpt energi		
Energikilde	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
Elektrisitet	12381 kr	123.8 kr/m ²
Summerte årlige energikostnader	12381 kr	123.8 kr/m²

Figur 29: Energebudsjett, SIMIEN

Resultater av evalueringen	
Evaluering av	Beskrivelse
Energiltak	Bygningen tilfredsstiller ikke kravene til energiltak i paragraf §8-21 a
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller omfordeling energiltak (varmetapstall) iht. §8-21 a
Energiramme	Bygningen tilfredsstiller energirammen iht. §8-21 b
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekravene i §8-21 c
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller byggeforskriftenes energikrav

Energiltak (§8-21 a)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Samlet glass-, vindus og dørrereal delt på bruksarealet [%]	19.4	20.0
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0.17	0.18
U-verdi tak [W/m ² K]	0.13	0.13
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0.11	0.15
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	1.20	1.20
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0.05	0.03
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	2.50	2.50
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	70	70
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ² /s]	2.50	2.50

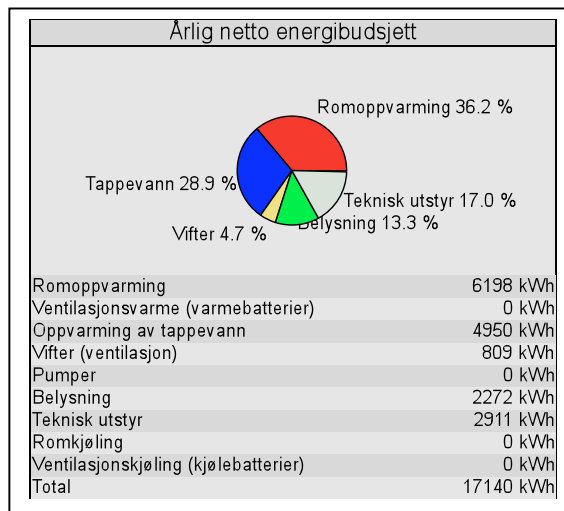
Årlige utslipp av CO ₂		
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp
Elektrisitet	5171 kg	51.7 kg/m ²
Totalt utslipp	5171 kg	51.7 kg/m²

Figur 30: Resultater av evalueringen og U-verdier, SIMIEN

BEREGNINGSHUS 2

Inndata:

Grunnflate:	77,5 m ²
Bruksareal (BRA):	120 m ²
Oppvarmet luftvolum:	200 m ³
Areal yttervegger u/vinduer:	163 m ²
Tak:	100 m ²
Gulv mot grunnen:	77,5 m ²
Dører: 2 stk 2,5 m ²	
Vinduer:	
– Nord 0°: 3stk 0,6 m ²	
– Øst 90°: 6stk 0,6 m ²	
– Sør 180°: 9stk 0,6 m ² og 3 stk 1,2 m ²	
– Vest 270°: 8stk 0,6 m ²	



Figur 31: Årlig netto energibudsjett, SIMIEN

Energibudsjett		
Energipost	Energibruk	Spesifikk energibruk
Romoppvarming	6198 kWh	51.7 kWh/m ²
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Oppvarming av tappevann	4950 kWh	41.2 kWh/m ²
Vifter (ventilasjon)	809 kWh	6.7 kWh/m ²
Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Belysning	2272 kWh	18.9 kWh/m ²
Teknisk utstyr	2911 kWh	24.3 kWh/m ²
Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Total	17140 kWh	142.8 kWh/m²

Kostnad kjøpt energi		
Energikilde	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
Elektrisitet	14763 kr	123.0 kr/m ²
Summerte årlige energikostnader	14763 kr	123.0 kr/m²

Figur 32: Energibudsjett, SIMIEN

Resultater av evalueringen		
Evaluering av	Beskrivelse	
Energiltak	Bygningen tilfredsstiller ikke kravene til energiltak i paragraf §8-21 a	
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller omfordeling energiltak (varmetapstall) iht. §8-21 a	
Energiramme	Bygningen tilfredsstiller energirammen iht. §8-21 b	
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekravene i §8-21 c	
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller byggeforskriftenes energikrav	

Energiltak (§8-21 a)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Samlet glass-, vindus og dørrareal delt på bruksareal [%]	20.2	20.0
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0.17	0.18
U-verdi tak [W/m ² K]	0.13	0.13
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0.11	0.15
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	1.16	1.20
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0.05	0.03
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	2.50	2.50
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	70	70
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]	2.50	2.50

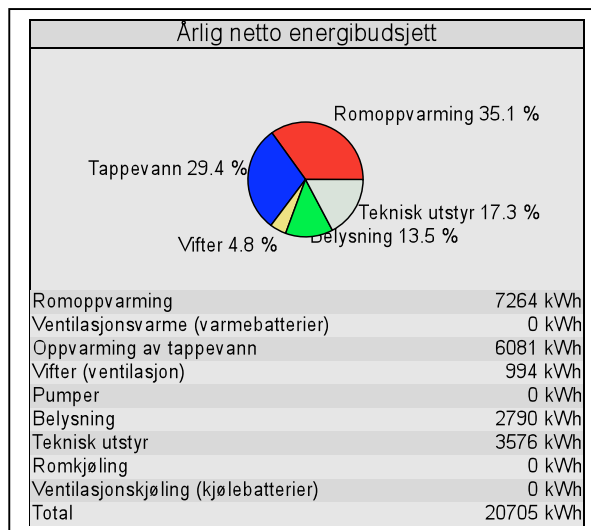
Årlige utslipp av CO2		
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp
Elektrisitet	6166 kg	51.4 kg/m ²
Totalt utslipp	6166 kg	51.4 kg/m²

Figur 33: Resultater av evalueringen og U-verdier, SIMIEN

BEREGNINGSHUS 3

Inndata:

Grunnflate:	95,2 m ²
Bruksareal (BRA):	147,4 m ²
Oppvarmet luftvolum:	368,5 m ³
Areal yttervegger u/vinduer:	200 m ²
Tak:	120 m ²
Gulv mot grunnen:	95,2 m ²
Dører: 2 stk 2,5 m ²	
Vinduer:	
– Nord 0°: 3stk 0,6 m ²	
– Øst 90°: 6stk 0,6 m ²	
– Sør 180°: 9stk 0,6 m ² og 3 stk 1,2 m ²	
– Vest 270°: 8stk 0,6 m ²	



Figur 34: Årlig netto energibudsjett, SIMIEN

Energibudsjett		
Energipost	Energibruk	Spesifikk energibruk
Romoppvarming	7264 kWh	49.3 kWh/m ²
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Oppvarming av tappevann	6081 kWh	41.3 kWh/m ²
Vifter (ventilasjon)	994 kWh	6.7 kWh/m ²
Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Belysning	2790 kWh	18.9 kWh/m ²
Teknisk utstyr	3576 kWh	24.3 kWh/m ²
Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Total	20705 kWh	140.5 kWh/m²

Kostnad kjøpt energi		
Energikilde	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
Elektrisitet	17831 kr	121.0 kr/m ²
Summerte årlige energikostnader	17831 kr	121.0 kr/m²

Figur 35: Energibudsjett, SIMIEN

Resultater av evalueringen		
Evaluering av		Beskrivelse
Energiltak	Bygningen tilfredsstillende ikke kravene til energiltak i paragraf §8-21 a	
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstillende omfordeling energiltak (varmetapstall) iht. §8-21 a	
Energiramme	Bygningen tilfredsstillende energirammen iht. §8-21 b	
Minstekrav	Bygningen tilfredsstillende minstekravene i §8-21 c	
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstillende byggeforskriftens energikrav	

Energiltak (§8-21 a)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Samlet glass-, vindus og dørrareal delt på bruksarealet [%]	16.4	20.0
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0.17	0.18
U-verdi tak [W/m ² K]	0.13	0.13
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0.11	0.15
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	1.16	1.20
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0.05	0.03
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	2.50	2.50
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	70	70
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]	2.50	2.50

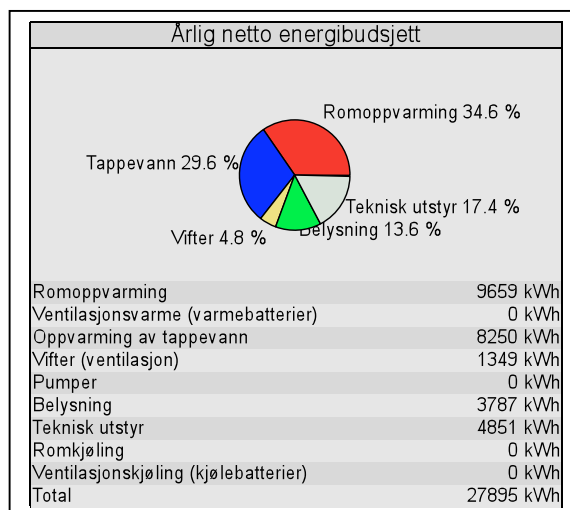
Årlige utslipp av CO2		
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp
Elektrisitet	7447 kg	50.5 kg/m ²
Totalt utslipp	7447 kg	50.5 kg/m²

Figur 36: Resultater av evalueringen og U-verdier, SIMIEN

BEREGNINGSHUS 4

Inndata:

Grunnflate:	129,2 m ²
Bruksareal (BRA):	200 m ²
Oppvarmet luftvolum:	500 m ³
Areal yttervegger:	271,4 m ²
Tak:	166,7 m ²
Gulv mot grunnen:	129,2 m ²
Dører: 2 stk 2,5 m ²	
Vinduer:	
– Nord 0°: 4stk 1,0 m ²	
– Øst 90°: 6stk 1,0 m ²	
– Sør 180°: 9stk 1,0 m ² og 3 stk 2,0 m ²	
– Vest 270°: 8stk 1,0 m ²	



Figur 37: Årlig netto energibudsjett, SIMIEN

Energibudsjett		
Energipost	Energibruk	Spesifikk energibruk
Romoppvarming	9659 kWh	48.3 kWh/m ²
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Oppvarming av tappevann	8250 kWh	41.2 kWh/m ²
Vifter (ventilasjon)	1349 kWh	6.7 kWh/m ²
Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Belysning	3787 kWh	18.9 kWh/m ²
Teknisk utstyr	4851 kWh	24.3 kWh/m ²
Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Total	27895 kWh	139.5 kWh/m ²

Kostnad kjøpt energi		
Energikilde	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
Elektrisitet	24021 kr	120.1 kr/m ²
Summerte årlige energikostnader	24021 kr	120.1 kr/m ²

Figur 38: Energibudsjett, SIMIEN

Resultater av evalueringen		
Evaluerings av		Beskrivelse
Energiltak	Bygningen tilfredsstiller ikke kravene til energiltak i paragraf §8-21 a	
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller omfordeling energiltak (varmetapstall) iht. §8-21 a	
Energiramme	Bygningen tilfredsstiller energirammen iht. §8-21 b	
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekravene i §8-21 c	
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller byggeforskriftenes energikrav	

Energiltak (§8-21 a)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Samlet glass-, vindus og dørareal delt på bruksareal [%]	19.0	20.0
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0.17	0.18
U-verdi tak [W/m ² K]	0.13	0.13
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0.11	0.15
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	1.10	1.20
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0.05	0.03
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	2.50	2.50
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	70	70
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ² /s]	2.50	2.50

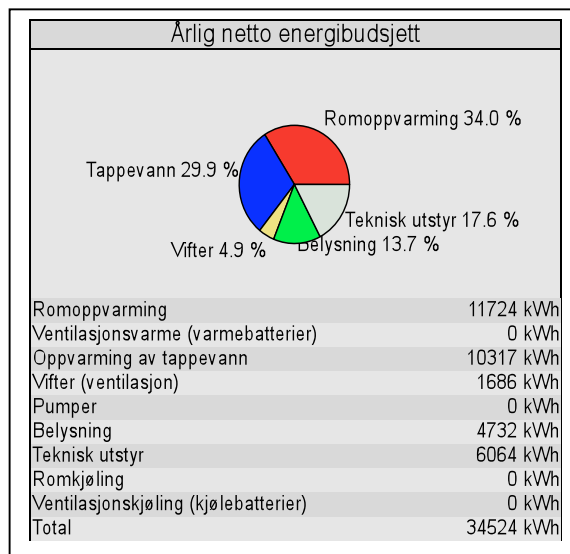
Årlige utslipp av CO ₂		
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp
Elektrisitet	10033 kg	50.2 kg/m ²
Totalt utslipp	10033 kg	50.2 kg/m ²

Figur 39: Resultater av evalueringen og U-verdier, SIMIEN

BEREGNINGSHUS 5

Inndata:

Grunnflate:	161,5 m ²
Bruksareal (BRA):	250 m ²
Oppvarmet luftvolum:	625 m ³
Areal yttervegger:	339,3 m ²
Tak:	208,3 m ²
Gulv mot grunnen:	161,5 m ²
Dører: 2 stk 2,5 m ²	
Vinduer:	
– Nord 0°: 4stk 1,0 m ²	
– Øst 90°: 6stk 1,0 m ²	
– Sør 180°: 9stk 1,0 m ² og 3 stk 2,0 m ²	
– Vest 270°: 8stk 1,0 m ²	



Figur 40: Årlig netto energibudsjett, SIMIEN

Energibudsjett		
Energipost	Energibruk	Spesifikk energibruk
Romoppvarming	11724 kWh	46.9 kWh/m ²
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Oppvarming av tappevann	10317 kWh	41.3 kWh/m ²
Vifter (ventilasjon)	1686 kWh	6.7 kWh/m ²
Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Belysning	4732 kWh	18.9 kWh/m ²
Teknisk utstyr	6064 kWh	24.3 kWh/m ²
Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Total	34524 kWh	138.1 kWh/m ²

Kostnad kjøpt energi		
Energikilde	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
Elektrisitet	29728 kr	118.9 kr/m ²
Summerte årlige energikostnader	29728 kr	118.9 kr/m ²

Figur 41: Energibudsjett, SIMIEN

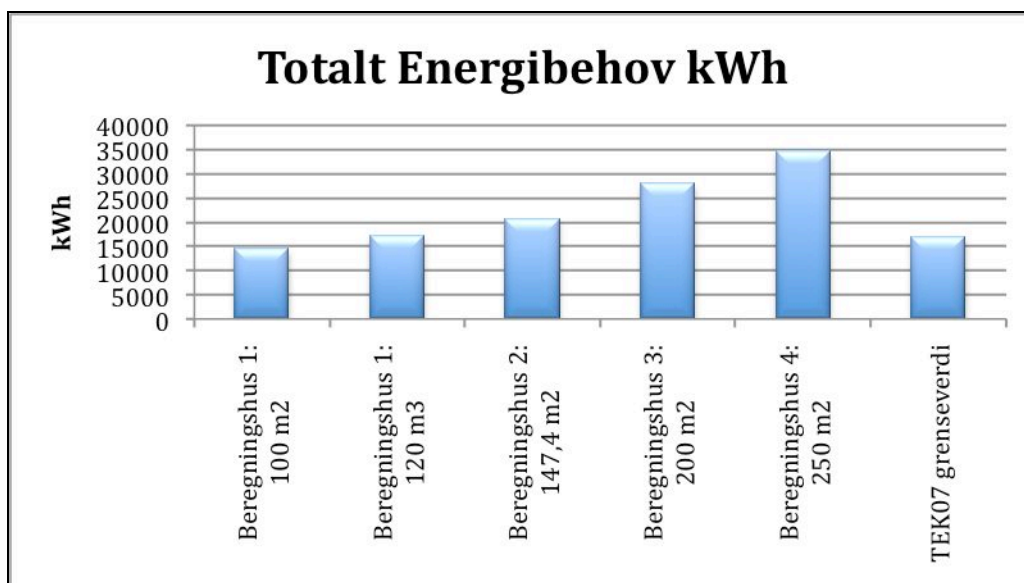
Resultater av evalueringen		
Evalueringsav		Beskrivelse
Energiltak	Bygningen tilfredsstiller ikke kravene til energiltak i paragraf §8-21 a	
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller omfordeling energiltak (varmetapstall) iht. §8-21 a	
Energiramme	Bygningen tilfredsstiller energirammen iht. §8-21 b	
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekravene i §8-21 c	
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller byggeforskriftenes energikrav	

Energiltak (§8-21 a)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Samlet glass-, vindus og døreaal delt på bruksarealet [%]	17.4	20.0
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0.17	0.18
U-verdi tak [W/m ² K]	0.13	0.13
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0.10	0.15
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	1.07	1.20
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0.05	0.03
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	2.50	2.50
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	70	70
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ² /s]	2.50	2.50

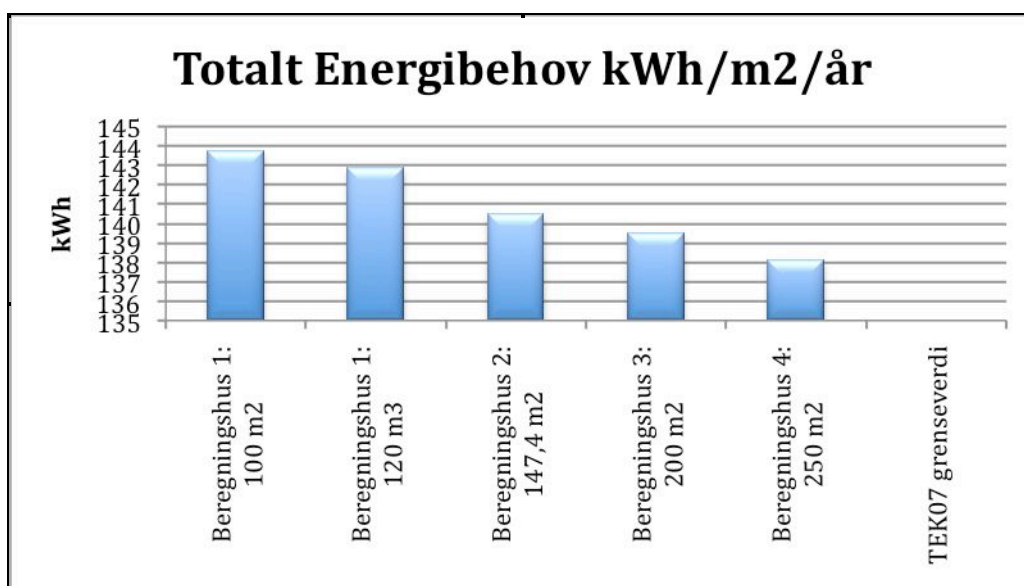
Årlige utslipp av CO ₂		
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp
Elektrisitet	12416 kg	49.7 kg/m ²
Totalt utslipp	12416 kg	49.7 kg/m ²

Figur 42: Resultater av evalueringen og U-verdier, SIMIEN

Figurene nedenfor viser en grafisk sammenlikning av beregningshusene



Figur 43: Sammenlikning av det totale energibehovet for eksempelhusene gitt i kWh/år



Figur 44: Sammenlikning av det totale energibehovet for eksempelhusene gitt i kWh/m² år

BEREGNINGSHUSENE MED PELLETSKJEL OG LUFT-VANN VARMEPUMPE

Beregningshusene ovenfor ble simulert med elektrisitet. Det har også blitt foretatt simuleringer med andre varmekilder enn elektrisitet. Her har det blitt benyttet akkurat de samme husene, men med pelletskjel og varmepumpe som energibærer som alternativ for å kunne dekke inn minimum 40% av energibehovet fra fornybare kilder. For pelletskjelen har systemvirkningsgrad på 0,77 [NS 3031: Pronorm 2007, 5] og dekker hele energibehovet til rom- og varmtvanns oppvarming. Simuleringen med varmepumpen har de forutsetningene at

systemvirkningsgraden er satt til 2,08 [NS 3031: Pronorm 2007, 5] og at 75% av energibehovet til rom- og varmtvanns oppvarming kommer fra varmpumpen. Prisen på strøm er satt til 0,85 øre/kWh og pellets til 0,69 øre/kWh (forutsetter kjøp av 1 tonns sekk fra Felleskjøpet og 85% energiutnyttelse). Prisene er hentet fra Dine Penger Nr 11/2007 [Dine Penger 2007, 32].

BEREGNINGSHUS NUMMER 1:

Levert energi		
Energikilde	Energibruk	Spesifikk energibruk
Elektrisitet	4994 kWh	49.9 kWh/m ²
Biobrensel	12183 kWh	121.8 kWh/m ²
Totalt levert energi	17177 kWh	171.8 kWh/m²

Kostnad kjøpt energi		
Energikilde	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
Elektrisitet	4245 kr	42.4 kr/m ²
Biobrensel	8407 kr	84.1 kr/m ²
Summerte årlige energikostnader	12651 kr	126.5 kr/m²

Årlige utslipp av CO ₂		
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp
Elektrisitet	1773 kg	17.7 kg/m ²
Biobrensel	609 kg	6.1 kg/m ²
Totalt utslipp	2382 kg	23.8 kg/m²

Figur 46: Resultater for pelletskjel, SIMIEN

Levert energi		
Energikilde	Energibruk	Spesifikk energibruk
Elektrisitet	7387 kWh	73.9 kWh/m ²
Elektrisitet til varmpumpesystemer	3383 kWh	33.8 kWh/m ²
Totalt levert energi	10769 kWh	107.7 kWh/m²

Kostnad kjøpt energi		
Energikilde	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
Elektrisitet	6279 kr	62.8 kr/m ²
Elektrisitet til varmpumpesystemer	2875 kr	28.8 kr/m ²
Summerte årlige energikostnader	9154 kr	91.5 kr/m²

Årlige utslipp av CO ₂		
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp
Elektrisitet	2622 kg	26.2 kg/m ²
Elektrisitet til varmpumpesystemer	1201 kg	12.0 kg/m ²
Totalt utslipp	3823 kg	38.2 kg/m²

Figur 45: Resultater for varmpumpe, SIMIEN

BEREGNINGSHUS NUMMER 2:

Levert energi		
Energikilde	Energibruk	Spesifikk energibruk
Elektrisitet	5992 kWh	49.9 kWh/m ²
Biobrensel	14478 kWh	120.6 kWh/m ²
Totalt levert energi	20470 kWh	170.6 kWh/m²

Kostnad kjøpt energi		
Energikilde	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
Elektrisitet	5093 kr	42.4 kr/m ²
Biobrensel	9990 kr	83.2 kr/m ²
Summerte årlige energikostnader	15083 kr	125.7 kr/m²

Årlige utslipp av CO ₂		
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp
Elektrisitet	2127 kg	17.7 kg/m ²
Biobrensel	724 kg	6.0 kg/m ²
Totalt utslipp	2851 kg	23.8 kg/m²

Figur 47: Resultater for pelletskjel, SIMIEN

Levert energi		
Energikilde	Energibruk	Spesifikk energibruk
Elektrisitet	8836 kWh	73.6 kWh/m ²
Elektrisitet til varmpumpesystemer	4020 kWh	33.5 kWh/m ²
Totalt levert energi	12856 kWh	107.1 kWh/m²

Kostnad kjøpt energi		
Energikilde	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
Elektrisitet	7511 kr	62.6 kr/m ²
Elektrisitet til varmpumpesystemer	3417 kr	28.5 kr/m ²
Summerte årlige energikostnader	10927 kr	91.1 kr/m²

Årlige utslipp av CO ₂		
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp
Elektrisitet	3137 kg	26.1 kg/m ²
Elektrisitet til varmpumpesystemer	1427 kg	11.9 kg/m ²
Totalt utslipp	4564 kg	38.0 kg/m²

Figur 48: Resultater for varmpumpe, SIMIEN

BEREGNINGSHUS NUMMER 3:

Levert energi		
Energikilde	Energibruk	Spesifikk energibruk
Elektrisitet	7360 kWh	49.9 kWh/m ²
Biobrensel	17331 kWh	117.6 kWh/m ²
Totalt levert energi	24691 kWh	167.5 kWh/m²

Kostnad kjøpt energi		
Energikilde	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
Elektrisitet	6256 kr	42.4 kr/m ²
Biobrensel	11265 kr	76.4 kr/m ²
Summerte årlige energikostnader	17521 kr	118.9 kr/m²

Årlige utslipp av CO2		
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp
Elektrisitet	2613 kg	17.7 kg/m ²
Biobrensel	867 kg	5.9 kg/m ²
Totalt utslipp	3479 kg	23.6 kg/m²

Figur 50: Resultater for pelletskjel, SIMIEN

Levert energi		
Energikilde	Energibruk	Spesifikk energibruk
Elektrisitet	10765 kWh	73.0 kWh/m ²
Elektrisitet til varmepumpesystemer	4812 kWh	32.6 kWh/m ²
Totalt levert energi	15576 kWh	105.7 kWh/m²

Kostnad kjøpt energi		
Energikilde	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
Elektrisitet	9150 kr	62.1 kr/m ²
Elektrisitet til varmepumpesystemer	4090 kr	27.7 kr/m ²
Summerte årlige energikostnader	13240 kr	89.8 kr/m²

Årlige utslipp av CO2		
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp
Elektrisitet	3821 kg	25.9 kg/m ²
Elektrisitet til varmepumpesystemer	1708 kg	11.6 kg/m ²
Totalt utslipp	5530 kg	37.5 kg/m²

Figur 49: Resultater for varmepumpe, SIMIEN

BEREGNINGSHUS NUMMER 4

Levert energi		
Energikilde	Energibruk	Spesifikk energibruk
Elektrisitet	9987 kWh	49.9 kWh/m ²
Biobrensel	23258 kWh	116.3 kWh/m ²
Totalt levert energi	33244 kWh	166.2 kWh/m²

Kostnad kjøpt energi		
Energikilde	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
Elektrisitet	8489 kr	42.4 kr/m ²
Biobrensel	16048 kr	80.2 kr/m ²
Summerte årlige energikostnader	24536 kr	122.7 kr/m²

Årlige utslipp av CO2		
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp
Elektrisitet	3545 kg	17.7 kg/m ²
Biobrensel	1163 kg	5.8 kg/m ²
Totalt utslipp	4708 kg	23.5 kg/m²

Figur 52: Resultater for pelletskjel, SIMIEN

Levert energi		
Energikilde	Energibruk	Spesifikk energibruk
Elektrisitet	14555 kWh	72.8 kWh/m ²
Elektrisitet til varmepumpesystemer	6457 kWh	32.3 kWh/m ²
Totalt levert energi	21012 kWh	105.1 kWh/m²

Kostnad kjøpt energi		
Energikilde	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
Elektrisitet	12372 kr	61.9 kr/m ²
Elektrisitet til varmepumpesystemer	5489 kr	27.4 kr/m ²
Summerte årlige energikostnader	17861 kr	89.3 kr/m²

Årlige utslipp av CO2		
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp
Elektrisitet	5167 kg	25.8 kg/m ²
Elektrisitet til varmepumpesystemer	2292 kg	11.5 kg/m ²
Totalt utslipp	7459 kg	37.3 kg/m²

Figur 51: Resultater for varmepumpe, SIMIEN

BEREGNINGSHUS NUMMER 5:

Levert energi		
Energikilde	Energibruk	Spesifikk energibruk
Elektrisitet	12482 kWh	49.9 kWh/m ²
Biobrensel	28625 kWh	114.5 kWh/m ²
Totalt levert energi	41108 kWh	164.4 kWh/m²

Kostnad kjøpt energi		
Energikilde	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
Elektrisitet	10610 kr	42.4 kr/m ²
Biobrensel	19751 kr	79.0 kr/m ²
Summerte årlige energikostnader	30361 kr	121.4 kr/m²

Årlige utslipp av CO2		
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp
Elektrisitet	4431 kg	17.7 kg/m ²
Biobrensel	1431 kg	5.7 kg/m ²
Totalt utslipp	5863 kg	23.5 kg/m²

Figur 53: Resultater for pelletskjel, SIMIEN

Levert energi		
Energikilde	Energibruk	Spesifikk energibruk
Elektrisitet	18105 kWh	72.4 kWh/m ²
Elektrisitet til varmepumpesystemer	7948 kWh	31.8 kWh/m ²
Totalt levert energi	26053 kWh	104.2 kWh/m²

Kostnad kjøpt energi		
Energikilde	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
Elektrisitet	15389 kr	61.6 kr/m ²
Elektrisitet til varmepumpesystemer	6755 kr	27.0 kr/m ²
Summerte årlige energikostnader	22145 kr	88.6 kr/m²

Årlige utslipp av CO2		
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp
Elektrisitet	6427 kg	25.7 kg/m ²
Elektrisitet til varmepumpesystemer	2821 kg	11.3 kg/m ²
Totalt utslipp	9249 kg	37.0 kg/m²

Figur 54: Resultater for varmepumpe, SIMIEN

4.2 AGDER ENERGI NETTKONSULT

Agder Energi Nettkonsult [33] har vært min samarbeidspartner i denne oppgaven og deres bidrag har vært i form av fokusgrupper hvor vi har diskutert og pratet rundt mine forskerspørsmål. Nettkonsult er et rådgivende ingeniørfirma som jobber med fagområdene Elnett, Energi, Elsikkerhet og andre tekniske tjenester. Innen Elnett jobber de med analyser og prosjektering av regional- og fordelingsnett, samt dokumentasjon i ulike nettinformasjonsystemer (NIS). Fagområde Energi omfatter energiøkonomisering, analyse og prosjektering av alternative energikilder som gass, biobrensel og vindkraft. Elsikkerhet inkluderer tilstandsvurderinger av elektriske anlegg og utarbeidelse av internkontrollsystemer. Andre tekniske tjenester er prosjektledelse, fibernett, elektroprosjektering industri/offshore, vei- og miljøbelysning, landmåling, innmåling, dambruddsbølgeberegninger og GIS.

Agder Energi Nettkonsult mener at de nye energikravene i Tek07 er kraftige, innskjerpede krav. Bransjen har oppfattet Tek07 som utfordrene, men også forvirrende med tanke på kravene. De tenkte ikke så mye på hvordan dette kom til å innvirke på eneboligsiden og har fortsatt ikke noe godt svar på hvordan TEK påvirker boligoppvarming. Mange i bransjen mener at Tek ikke var så ambisiøs når det gjelder eneboliger, men var derimot mer ambisiøs når det

gjelder næringsbygg. Kommer litt an på hvem du snakker med i byggebransjen. Arkitekten og entreprenøren har ofte ulike synspunkter på dette. Tek har virkelig satt energi i fokus, men legger for lite vekt på bruk av alternativ energi. Denne innskjerpelsen betyr jo økt isolasjon, tykkere vinduer osv. Men vil produksjonen av dette kreve mer strøm? Som spiser opp det man sparer inn i boligen? Da vil jo hele hensikten med innskjerpelsen være bortkastet. Tek07 sier lite om varmtvannsforsyningen, de mener at berederen bør isoleres bedre, og at det bør fokuseres mer på alternativ oppvarming av varmtvann.

Stort sett er det ingen som synes vannbåren varme er dumt. Holdningene og synspunktene har i utgangspunktet ikke endret seg veldig med Tek07. Derimot så har fokuset endret seg mest på energiforsyningssiden. Her er det alternativ energi som blir fokuset. Veldig mange vil nok benytte seg av peis så langt det er mulig i alle fall i overgangsperioden. Mye variable synspunkter på vannbårne systemer. Mye av dette går på holdninger og hvilket ønske de har rundt komfort og kostnader. Vannbåren varme blir nok et slags luksusfenomen, mer enn et vanlig distribusjonssystem. Der hvor det skal bygges større eneboliger har de som oftest et større budsjett. Mens en mindre enebolig vil nok prøve å spare mest mulig på byggekostnadene og dermed mest sannsynlig velge noe annet enn vannbåren varme. For å øke denne andelen må det lages et enkelt og billig system. Leiligheter i sentrale strøk vil nok i stor grad være tilknyttet fjernvarmeanlegg, eller en felles energikilde og distribusjon via vannbåren varme. Tek er primært ikke drivkraften bak ønsket om å utvikle energieffektive løsninger, Energiprisene og fornybar energi som er driveren. Den vil nok være avgjørende for hvilke energikilder folk vil velge. Men også kjøpekraft og trender vil være med å bidra.

Varmepumper er det mest effektive virkemidlet for å redusere energibehovet. Dette vil det bare bli mer av i fremtiden i form av luft/vann, eller vann/vann, eventuelt luft/luft. Disse kan ved å bruke 1 kWh strøm, klare å gi opptil 4 kWh effekt ut. Da er det veldig naturlig å benytte seg av et slikt anlegg for å få mest mulig ut av tilføyd energi. Jo nærmere vi nærmer oss passivhus, desto høyere blir byggekostnadene. Problemet er at vi må redusere tilføyd energi via strømmettet (kjøpt energi). Husene vil benytte akkurat like mye energi, men vi henter den energien fra andre kilder som omgir oss.

Hovedfordel med vannbåren varme er fleksibiliteten for valg av energikilde. Som oftest velges det to kilder som benyttes til oppvarming. Men kan få kjeler som kan benytte nesten alle de ulike energikildene. Har mange muligheter for å utnytte varmekilder rundt huset. Dette kan også endres med tiden og vil dermed gi deg muligheten for å ta i bruk andre kilder i fremtiden. Varmtvann er jo også en stor kilde til energibruk og dermed bør også dette inngå i en alternativ energikilde. Kostnadene er helt klart største ulempe. Et typisk vannbårent anlegg koster fort ca

200-250.000 kroner. Denne investeringskostnaden er veldig høy og det er ofte dette som skremmer folk fra å installere vannbåren varme. Eksempelvis så koster det på Lindesnes Ca 60.000 kroner i tilkoblingsavgift for å koble seg på fjernvarme. Et annet eksempel er i Grimstad der det kostet ca 90.000 kroner for å koble seg på en sjøvannssløyfe. Anleggene må bli enklere og dermed også billigere.

Når det gjelder energimerking av boliger så mener de at dette er fornuftig på nye boliger, men veldig vanskelig på eldre boliger. Kjempejobb å klassifisere alle husene i Norge. Finnes nok liten betalingsvillighet for dette. Det må i så fall være et salgsargument som kan knyttes til takstmann eller noe liknende. Når det skjer et skifte av eierskap så kan en slik klassifisering komme inn i bildet som en del av takstmanns vurdering og lignende (tilstandsrapport). Det er stort sett da man har bruk for en slik klassifisering. Ellers vil dette miste helt sin hensikt hvis folk kan klassifisere dette selv. Det må benyttes 3.partskontroll og ikke egenkontroll. Tull å kontrollere alle boligene i Norge.

Radiatorer er vel det som kommer til å bli mer og mer aktuelt nå som varmebehovet synker. Løsninger med radiatorer blir ofte mye billigere enn gulvsløyfe. Det er ikke vanlig å ha vannbårene varmesystemer i dagens boligmasse. De ser på vannbåren varme som et slags Rolls Royce system som har komfort som hovedargument. Stor sett er det luksus, komfort av å ha jevn varme som stiger fra gulvet. Primært er det ikke energisparing som er hovedårsaken til installasjon av slike systemer, men komfort.

Plassering av radiatorer kan være et problem, den står fast der den blir montert.

Gulvsløyfer er lagt på en dag og er ikke så vanskelig. Kostnadene og den nye opphøyningen av gulvet er i de fleste tilfeller hovedproblemet.

Transmisjonstapkravet vil nok ikke endre seg drastisk i fremtidlige revisjoner, tykkelsen på isolasjonen spiser opp store deler av arealet, men sparer veldig lite inn på tapet. Skjerpes kravet vesentlig mer nå, må vi over på passiv oppvarming som sol, jordvarme og lignende. Må ikke glemme at ventilasjonen må økes i de nye kravene kontra de gamle. Gjenvinner på balansert ventilasjon er viktig. Kravet er på 70% gjenvinningsgrad. De foreslo 80%, men det gikk bransjen generelt i mot pga faren for fukt og fuktskader. Stor utfordring når det gjelder samspillet mellom ventilasjon, varme, solavskjerming osv. Dette er en automatikkutfordring som kan føre til et mer effektivt energiforbruk, vha nattsenkning, avskjerming når solen varmer for mye osv.

Et aspekt som Agder Energi har er Tek i forhold til bruken av gass i boliger. Block Watne blant annet har benyttet gass i flere år. Tek07 tar i utgangspunktet livet av gass som oppvarmingskilde.

Når det gjelder mine forskerspørsmål så er det naturlig å kontakte andre som jobber med dette til daglig og er i bransjen for å høre deres synspunkter på Tek07 og hvordan de ser på fremtiden til vannbåren varme. Alle aktørene har stort sett fått samme spørsmål, med noen få variasjoner.

4.3 ENOVA

Enova er et Statsforetak som er etablert for å fremme en miljøvennlig omlegging av energibruk og energiproduksjon i Norge. Enovas virksomhet finansieres gjennom påslag på nett tariffen og over Statbudsjettet. I følge Enova [34] så skal TEK07 generelt sett redusere samlet energibehov i nye bygninger med cirka 25 % sammenlignet med TEK97. Noe de anser som positivt og vil bety mye fremover både for Enova og Norge. Dette vil gi en årlig energibesparelse på cirka 4 til 4,5 TWh, etter at kravene har fått virke i 10 år noe som tilsvarer omlag produksjonskapasiteten i et gasskraftverk. Men selv om byggene stadig blir bedre mht U-verdi osv, viser statistikken at det spesifikke forbruket (kWh/m²) stadig øker. Dette kan tyde på at det slurves noe i byggeprosessen osv. Her er det blant annet inne et forslag om å komme tilbake med 3-parts kontroll (i dag kontrollerer byggenæringen seg selv).

Generelt så anbefaler Enova vannbåren varme i kombinasjon med fornybare energibærere. Hovedargumentene i tillegg til energifleksibilitet kan være komfort og økt verdi på huset når energimerkeordingen er på plass i 2009. Med hensyn til investering i for eksempel varmepumpe i kombinasjon med vannbåren varme sier Enovas kjøpsveilederne at dette er best egnet for de med et energiforbruk over 25-30.000 kWh. Enova anser TEK07 som helt klart et steg i riktig retning for å redusere Norges energibehov, men på noen områder hadde nok Enova helst sett at det ble brukt enda sterkere virkemidler. Samtidig må vi huske på at TEK07 er en minimumsforskrift og i praksis bør næringen ta sikte på å gjøre det bedre enn minimumskravet. Kunder etterspør også stadig oftere lavere energikostnader. Enova har i denne sammenhengen startet med konseptet ”Enova anbefaler” som går ett hakk videre i forhold til minimumsforskriftene.

Slik det ser ut i dag er det vel rundt 40 % av nye eneboliger som velger vannbåren varme, men hvordan det vil se ut fremover er vanskelig å anslå. Generelt bør i hvert fall ikke oppvarmingen være elektriske, her er vi dårligst i klassen. Studier tyder på at byggebransjen har lite fokus på energieffektive bygg. Ved oppføring av nybygg fokuseres det på attraktivitet i markedet (beliggenhet, utsikt og lignende), investeringskostnad og forskriftskrav. Erfaring viser at næringsbygg og boliger kan bygges betydelig mer energieffektive ved hjelp av moderate

tilleggsinvesteringer. Hensikten med energimerking av bygg er å bidra til økt energieffektivitet i bygningsmassen gjennom synliggjøring av byggets energibehov samt anbefalinger om tiltak for å redusere energibruken.

4.4 ENØK-SENTERET

Enøk-senteret AS er et privat rådgivningsfirma med hovedkontor i Ørsta og et avdelingskontor i Kristiansund. De arbeider over hele landet og er involvert med tiltak i en rekke bedrifter, konserngrupper og ulike kommuner og offentlige instanser. De samarbeider kontinuerlig med ulike aktører i bransjen. Selskapet har bakgrunn i Enøk-sentrene som ble etablert i fylkene på 1990 tallet og selskapet er eid av flere kraftselskap og deres ansatte. Enøk-Senteret [35] forteller at de nye energikravene i forskriften til plan og bygningsloven (Tek07) oppleves som svært positivt, ut fra å arbeide både mot lavere energikostnad for bruker og lavere klimabelastning globalt. Tek07 har endret deres tankegang når det gjelder energiforsyning og distribusjonsmetode gjennom at mer energieffektive løsninger blir mye mer aktuelle enn tidligere som en følge av at energibehovet blir lavere. Deres synspunkt på vannbåren varme som distribusjonssystem er udelt positivt, bortsett fra en del mindre praktiske ulemper i enkelttilfeller. Særlig positivt med tanke på mulighet til å kunne benytte lokale fornybare energikilder til oppvarming. På sikt vil det uansett gi stor besparelse for bruker, ved å ikke være låst til el-oppvarming. Dagens krav/vilkår i Tek07 er langt fra tilstrekkelig, men det legges jo opp til hyppige revisjoner og stadig strengere krav, slik at dette vil kunne nås på sikt. Positive bidrag som energimerkeordning er også viktig. Her kan myndighetene med stor fordel satse på enda flere fordeler, for eksempel gode støtteordninger. På spørsmålet om fremtiden for vannbåren varme så mener de at det er kravet/ønsket om å kunne benytte fornybare og miljøvennlige energikilder som vil drive frem nye løsninger som tilfredsstillende stadig strengere krav. Økende energipriser på strøm i forhold til andre energikilder (pga avgifter) vil også bidra positivt i favør av vannbåren varme. Når overgangsperioden for energikravene i Tek07 er over tror de at på så kort tid ikke vil skje noen stor endring, det vil si som i dag med knappe halvparten av nye boliger. Men endring vil kunne skje på sikt. For å klare å stramme inn så mye som Tek07 ønsker må man tenke utover vanlige tiltak som reduserende komponenter, tetting, vindu, styresystem o.l og se mer på de mer grunnleggende tiltakene, det vil si at man reduserer varmebehovet maksimalt. Dette skal oppnås gjennom bedre isolasjon og dermed mindre varmetap, men også god gjenvinning av varmen, samt behovsstyrt energibruk.

Som ulemper ser de at det medgår noe mer energi for å få levert/avgitt varmen som følge av

pumper o.l. Ved bruk av lokale varmekilder er dette er likevel vesentlig mindre "tap" enn det som går til transport av strøm til bygget. Når det gjelder regulering, er det i snitt noe mer tregt for vannbårne løsninger. For "lette" konstruksjoner er dette derimot mindre merkbart, men for tyngre (som betong) er det lite regulerbart. Ved å designe og drifte anlegget med de gitte forutsetninger, for eksempel i en kombinasjon av radioatorer/gulvvarme, vil man oppnå ønsket funksjon. Kostnad er selvsagt en ulempe, og det kreves en prisdifferanse for å dekke inn denne. Mangel på god kompetanse i leverandør/serviceleddet kan i enkelte tilfeller være et problem.

Når det gjelder energimerking så vil dette synliggjøre kostnader med energibruk for kjøper/leietager. Dette vil skape større interesse for bygg med gode energikarakterer. Dette vil igjen påvirke pris, slik at betalingsviljen blir større. Man oppnår da at byggetviklere/selgere vil finne det lønnsomt å satse på energieffektive bygg og interessen hos disse øker for gode energieffektive løsninger. Hos kjøper/folk flest, vil man "oppdage" energibrukskostnaden og bli mer interessert i den, (på linje med liter/mil for bil) og interessen for energieffektive løsninger blir større. Når valget er likt, vil man foretrekke de mest energieffektive byggene.

4.5 NORSK VARMETEKNISK FORENING

Norsk Varmeteknisk Forening er en interessesammenslutning av firmaer og enkeltpersoner som er engasjert i faglige spørsmål omkring produksjon og distribusjon av varme. Det arbeides med anlegg for alle typer energibærere, olje, gass, elektrisitet, biobrensel o.l. Spesielt legges vekt på energifleksible varmeanlegg. Norsk Varmeteknisk Forening er opptatt av energipolitiske spørsmål, energiøkonomi (enøk) og ikke minst miljøkonsekvenser ved bruk av forskjellige energibærere. Norsk Varmeteknisk Forening [36] sier at energikravene i TEK07 er varslet å være minimumskrav og forskriften antas å bli hyppig revidert. De mener at energikravene ikke kan karakteriseres som urimelige. Det har vært spesiell diskusjon omkring er nye krav til u-verdier i vinduer og begrensninger i vindusarealer. Fra deres side oppfattes ikke disse kravene som urimelige. Den nye forskriften med forventede innskjerpninger vil resultere i mindre behov for energi til oppvarming. Dette vil helt klart få konsekvenser for dimensjonering av varmeanlegg og valg av oppvarmingsløsninger. Vannbåren varme til nå har i stor utstrekning vært basert på gulvvarme. Med nye forskrifter og redusert oppvarmingsbehov vil radiatorløsninger kunne bli alternativ til vannbåren gulvvarme. Kravene til isolasjon i lavenergihus går lengre enn i TEK. En av målsettingene i TEK07 er å oppnå redusert energibehov i nye bygg med 25% og forskriften er utformet med det som et av målene. Energimerkeordningen vil kunne være med på å øke bevisstheten rundt energibruk og påvirke i

retning av bedre energihushold/energieffektivisering og i sin tur til redusert energibruk i husholdningene. Forslag til tillegg til energiloven har vært på høring. Tillegget dreier seg hovedsakelig om energimerking, energisertifisering og energivurdering.

4.6 NRL

En aktør som også er interessant å høre synspunkter fra er NRL. NRL står for Norske Rørleggerbedrifters Landsforening, og er en bransjeorganisasjon for rørleggerforetak av ulike størrelse og markedsorientering. NRL er tilknyttet Næringslivets Hovedorganisasjon og Byggenæringens Landsforening. Organisasjonen ble stiftet i 1913. Medlemsbedriftene har sitt primære arbeidsområde innenfor varme og sanitær. Organisasjonen har ca 600 medlemsbedrifter med rundt 6300 ansatte, og en årlig omsetning på ca 8 mrd. kr. Foreningen har 15 lokalforeninger fordelt over hele landet, og organiserer hovedtyngden av landets bedrifter innenfor VVS-området. NRL [37] presiserer at de nye kravene i Tek07 blir oppfattet som svært strenge, men Tek 07 er absolutt et skritt i riktig retning. Det vil ta noe tid for bransjen å tilvenne seg dem. Spesielt er kravene til U-verdier og tetthet høyere enn forventet. NRL deltar i en gruppe med blant annet Sintef/Byggforsk, BE med flere om utvikling av forenklete vannbårne varmeanlegg for å imøtekomme de nye reglene. De ser at varmebehovene blir så lave at de tradisjonelle anleggene blir for store og kostnadskrevede, men vannbåren varme har en stor fordel, at man kan benytte miljøriktig og kostnadsriktig energikilde. Flexibiliteten i valg av energi og god varmeoverføring er gode argumenter for bruk av slike vannbårne anlegg. Til tross for lavere energibehov, mener de at vannbåren varme har en fremtid pga flexibiliteten i valg av energi og fordi komforten ivaretas på en god måte. NRL regner med at at vannbårne systemer vil bli benyttet i de fleste boliger når overgangsperioden for Tek07 er over, men at det selvfølgelig også vil bli en del direkte elektrisk oppvarming. Ulempene de til nå har sett er noe høye kostnader, treg regulering (gulvvarme) og for lav virkningsgrad. De anser at lovverket og god informasjon er den beste måten å oppnå energireduksjonen på 40%. Men også energimerking har stor betydning, spesielt ved overdragelse av bolig. Dette er den viktigste dokumentasjonen på at det tenkes miljø og energi, også i bo-sammenheng.

4.7 BLOCK WATNE

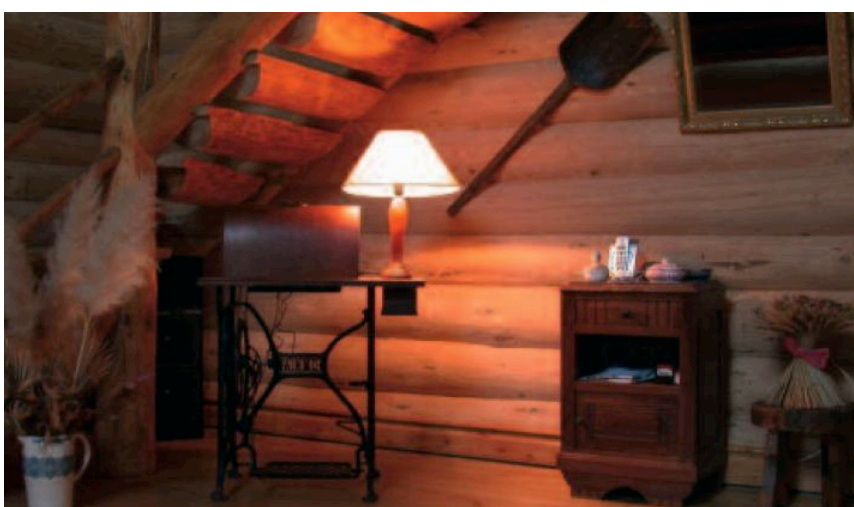
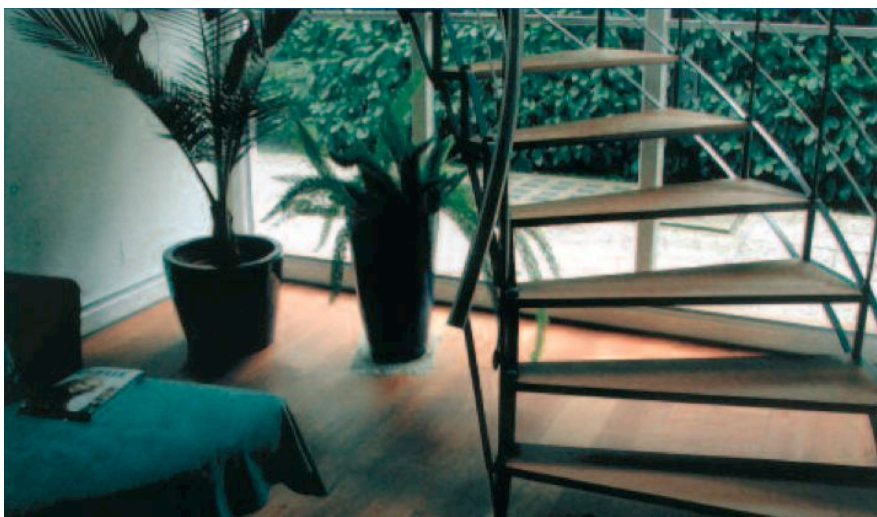
Block Watne er en av Norges ledende boligbyggere. Virksomheten omfatter kjøp og utvikling av tomteområder, samt utbygging og salg av boliger for privatmarkedet. Block Watne har totalt bygget mer enn 84.000 boliger, og leverer årlig mer enn 1 000 nye boliger. Dette er derfor en betydelig entreprenør på boligsiden, noe som er spennende å se nærmere på deres synspunkter på Tek07 og vannbåren varme. Block Watne [38] sier at når det gjelder de nye energikravene i Tek07 så har ikke Block Watne problemer med disse, men de syntes totalen er lite gjennomtenkt og det burde kanskje lagt mer vekt på forbruk. Man tar ikke hensyn til hvilken type oppvarming som brukes. I Sverige lempes man på kravene til konstruksjon om man varmer opp med fornybar energi. Man ser mer på totalforbruket. De savner også at man ikke har sett på produksjonsmetode, gjennom bruk av energi på fremstilling/bygging av boligene. At man f. eks bygger hus i fabrikk og transportere disse over lange avstander som er mye mer ressurskrevende enn å bygge dem på plassen. Block Watne ser selvfølgelig på alternative løsninger, men de har ikke konkludert med noen varmesystem eller distribusjonsmetode, da dette er veldig avhengig av hvor man bygger i landet. De tror ikke det blir behov å legge varme i gulv når husene blir så tette og godt isolert. Oppvarming med vann og radiatorer er selvfølgelig en løsning. De er imidlertid veldig skeptisk til å legge vannbåren varme i tregulv. På spørsmålet om hvor mange hus de har levert med vannbåren varme så har ikke tall på dette, men dette er ikke mange. Block Watne anser de tekniske forskriftene som noe av det kraftigste virkemidlet for å oppnå lavere energibruk. De har imidlertid mer tro på premiering framfor å tvinge dette igjennom. Problemet er å finne gode tekniske løsninger som lar seg løse i praksis og dette tar tid. Ulempene med vannbåren varme er at husene kan bli for varme og det er alltid problem å bygge vann inn i konstruksjoner. Når det skjer noe så er skadeomfanget veldig stort og kostbart å rette opp igjen. På spørsmål om hvordan energimerking av boliger kan være med på å skape bevissthet rundt energiforbruk, så svarer Block Watne at de har liten tro at dette vil skape bevissthet rundt energiforbruk. Når det gjelder nybyggernes holdninger til vannbåren varme så ser de ser at det fremdeles er liten etterspørsel etter vannbåren varme.

Block Watne har hatt gass som standard i alle prosjekter i mange år, men må nå finne andre måter å løse dette på. Da dette ikke er en fornybar energi vil dette forsvinne mer eller mindre som en oppvarmingskilde. Noe de syntes er synd, da dette både er en effektiv og brukervennlig oppvarmingsmåte. Norge eksporterer dette til hele Europa, men ønsker ikke å benytte seg av dette selv. Pellets kan være en alternativ løsning, spesielt på blokker, da vi ikke ønsker å bygge pipe på disse typer boliger.

4.8 ENER PRODUKT

Ener- Produkt AS har lang erfaring innen ventilasjon og varme, og er et fagfirma som en knoppskyting fra Folkestad KVV Sevice AS med mesterbrev innen fagområdene Kulde, varmpumpeteknikk og Klima. De har spesialisert seg på produkter som er utviklet i og beregnet for et nordisk klima for boliger og større bygg. De leverer blant annet ventilasjonssystemer, varmpumper, sentralstøvsugere og peisovner. Grunnen til at jeg har snakket med disse er at de markedsfører en litt utradisjonell løsning på vannbåren varme. De har en løsning der varme avgis fra vannrør innebygget i en dekorativ gulvlist. Den varme listen varmer opp boliger og større bygg som kirker, barnehager, sykehjem, kontor osv. Denne kan avgi varme i størrelsesordenen 88 – 226 W/m. Den gir en unik varmekomfort i hele rommet, også flere meter fra veggen samt at gulvet blir oppvarmet på overflaten. 90% av varmen som listen avgir gis som strålevarme langs gulvet. Varmestrålene varmer det de treffer dvs. møbler, gulvet, motstående vegg og personer i rommet. En svak stigende luftstrøm opp fra gulvlisten utgjør de resterende 10%.

Best Board er en lett varmekilde. Dette betyr at listen har meget rask responstid. Den varmer opp rommet raskt og slår seg tilsvarende fort av ved opp nådd temperatur. Dette gjør det mulig å benytte god nattesenking samtidig som gratis solvarme og internvarmen i huset blir godt utnyttet, helt uten at rommet blir uønsket varmt fra treg varme. Ved bruk av Best Board varmelist kan temperaturen i rommet senkes noen grader (3-4), uten at det går ut over komfort. Dette bidrar også til bedre inneklima ved at luften er behagelig frisk. Funksjon av varmelisten gjør at Best Board varmelist forbruker 30 – 50% mindre energi sammenliknet med gulvvarme, radiatorer og panelovner. Best Board listen benytter normalt sett vanntemperaturer mellom 40 - 60°C. Temperaturen reguleres med en vanlig romtermostat, eller en termostat som kan programmere inn alle dagene i uka med ulike temperaturer til bestemte tider på døgnet. Best Board er en helt lydløs varmekilde, det er ingen knitring ved økning eller senking av temperaturen, ingen vifte som suser, kun behagelig strålevarme som skaper en unik komfort for alle som befinner seg i huset. Som det går frem av Figur 55 så kan vi se hvordan Best Board kan installeres. Denne løsningen er veldig lite synlig og glir godt inn i rommets utforming.



Figur 55: Eksempel på bruk av Best Board varmelist som gulvlist, Ener-Produkt AS

Ener-Produkt (39) oppfatter Tek07 som stort sett fornuftig, men varmekilden må tilpasses boligen som en komfort varme og ikke kun ha som mål å varme luft som stiger til taket og samtidig krever mer energi da det blir kjøligst ved gulvet og langs yttervegg/vindu. I enkelte boliger kan varmebehovet tilsi at tradisjonell vannbåren varme avgir for mye varme og derfor bør vannbåren varme være varmekomfort der varmen tilføres hvor kjøligste luft oppstår, som oftest langs yttervegg/vindu. Stort sett gir vannbåren varme økt komfort og behagelig varme ved gulvet men trenger ikke nødvendigvis å komme fra under gulvet. Vannbåren varme mener de er meget gunstig da vannet kan varmes av forskjellige energikilder og Ener-system prioriterer oppvarming av forbruksvann og deretter vann til romoppvarming med varmelist (strålevarme) langs veggene. De mener også at Tek07 ikke godt nok har definert hva er som er lavenergibolig. Forbruk under $100 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$. Dette kan i dag oppnås i standard bolig etter gamle forskrifter ved hjelp av ventilasjon balansert med 90 % varmegjenvinning og varmepumpe luft vann som varmer bolig og forbruksvann hele året. Fremtidens vannbårne

anlegg vil nok stort sett bestå av gulvvarme i bad og rom med fliser/stengulv, mens de aller fleste rom vil ha varme på gulvet fra en strålevarmekilde som gir naturlig varme ved foten og ikke under foten eller nede i gulvet som gir stor treghet og ofte for varmt. Vannbåren varme er definitivt kommet for å bli, men på en ny og bedre måte. Skal man kunne få 40% av varmebehovet fra andre kilder må man benytte høyeffektiv varmegjenvinning i ventilasjon. Oppvarming av forbruksvann og romoppvarming med uteluft/vann varmpumpesystem uten vannpumper som krever energi. Ulempene er at gulvvarme gir økte krav til isolering mot grunn, kostbart p.g.a. utgraving, isolasjon og montasje samt at inndeling av rom i ettetid er meget vanskelig uten å ta opp gulv. Når det gjelder energimerking av boliger så vil dette påvirker prisen på boliger med økt verdi der energiforbruket er gunstig lavt og klimakomforten er bra. Så dette anser de som positivt.

Når det gjelder deres produkt der vannbåren varme utnyttes i lister rundt rommet så oppfatter de det som meget energivenlig og det gir en god varmefølelse da opplevd varme er strålevarme og ikke kun luftvarme som mange i dag tror. Det er jo behagelig med 22°C dersom strålevarmen treffer personer. Eksempelvis så er 18°C behagelig når solen skinner, men kaldt når det kommer en sky foran. Slik virker varmelisten at rommet føles varmere enn lufttemperaturen viser. Viktig er at folk flest investerer i velvære som mer stue-bad-tanke der en skal nyte komfort og "relax" hjemme med økt bruk av varmt vann. Nøkkelen er at vannet må kunne varmes på en energieffektiv måte og miljøvennlig. Det er totalforbruket av energi skal ned og det er da viktig at det ikke øker for mye til forbruk av varmt vann selv om folk flest har råd til dette. Folk med god råd har også ønske om å være energieffektive, men det skal ikke gå på bekostning av komfort og velvære. Folk som bygger passivhus forteller at de ønsker dette p.g.a. energivenlig, men de ønsker ikke å spare på forbruk av varmt vann til velvære.

Eksempelvis så nevner de et 100 m² bolig + 2 etg. på Hamar. Hvor de har varmpumpe (Ener-VP ULV 4) og vannbåren varme med varmeliste som oppvarming. Systemet varmer også opp gulvvarme på bad, entre, kjøkken og gang. To varmetanker er praktisk fordi dette deler varmtvannet og gulvvarme til riktig forbruk, og da slipper man risikoen for mulig legionella. Det totale strømforbruk i året 2007 for dette anlegget er 15000 kwh (inkluderer alt både varmtvann og fyring).

4.9 NORSK VVS ENERGI- OG MILJØTEKNISK FORENING

Norsk VVS Energi- og Miljøteknisk Forening er en ideell organisasjon med ca. 3100 personlige medlemmer. Foreningen er landsdekkende og medlemmene er tilsluttet gjennom regionale grupper og faggrupper. Norsk VVS Energi- og Miljøteknisk Forening har som formål å bidra til en samfunnsmessig fornuftig bruk av våre ressurser, god hygiene, og et vern av det indre og ytre miljø. De arbeider aktivt med medlemmers faglige kompetanse, rekruttering til bransjen, økt forskningsinnsats, styrke det sosiale og faglige samholdet, kontakt med myndigheter og byggebransjen og internasjonalt samarbeide.

VVS-foreningen (40) sier at husene ikke blir for varme. Systemene skal kunne reguleres etter varmebehovet, enten dette er stort eller lite. Derimot så blir varmebehovet i nye eneboliger så lavt at man neppe får økonomi i systemer basert på gulvvarme og vann til vann varmpumper.

Fyrte installasjoner på gass og olje skal etter sigende bli forbudt, og dette skal ikke lede til at man igjen tar i bruk strøm til oppvarming. Tek07 setter opp premissene for lønnsomhetsberegninger sett i forhold til forskriftene, og setter som sådan premissene for lønnsomhetsberegninger relatert til loven. Det er grunn til å tro at den reelle energibruk blir betydelig høyere. Dette betyr at en vurdering er hva som tilfredsstiller lovverket, en annen er hva som er lønnsomt ut fra forventet reell energibruk. Det finnes en rekke enkle vedfyrte ovner og kaminer som kan tilsluttes et varmesystem, og som således legger til rette for alternativ oppvarming av huset og tappevannet. De nye kravene setter vannbårne varmesystemer under sterkt press, og uten støttetiltak, vil de lede til fortsatt bruk av el. til oppvarming. Kravene i TEK07 stiller VVS-bransjen ovenfor nye utfordringer. Det lave varmebehovet åpner for forenkling av varmeanleggene. Dette, sammen med nye produkter, muliggjør forenklete og kostnadseffektive løsninger. Dette må bransjen gå for. Vannbåren varme som distribusjonssystem er unikt. Muliggjør felles energisentraler (Fjern- og nærvarme) som kan benytte omtrent alle former for energibærere. Det må kraftigere virkemidler til for at vi skal komme ned på et lavenerginivå. Uansett hvor godt du isolerer huser, så kan du ikke isolere deg bort fra behovet for varmt tappevann. De antar at vannbåren varme vil bli stadig mer benyttet i større bygg av alle slag. Dette med basis i fjern- og nærvarmesystemer. Når overgangsperioden for Tek07 er over er det nok fortsatt mye elektrisk oppvarming, men forenklete vannbaserte systemer vil komme. Mange forventer at vi allerede til neste år får strømpriser opp mot og kanskje over kr 1.5 per kWh, noe som også vil være et viktig løft for vannbåren varme. Det finnes ingen effektiv måte å redusere energibehovet med 40 % på. Dersom utgangspunktet er Tek07 tror de at man raskt må komme over til å bruke lavenergibelysning, samtidig som man

må sørge for at alt annet el.drevet utstyr er av type lavenergi, som kobles helt ut utenom brukstiden. I tillegg må ventilasjonen styres ut fra behovet. I bolig : Hjemme, ikke hjemme, samt dag nett, slik at man ventilerer der folk oppholder seg til ulike tider av døgnet. Så må vel isolasjonen opp til 30 cm i vegger og U-verdi på glass bedres. Tolags glass vil ikke være godt nok, i det den nominelle U-verdien ikke er det samme som den reelle når utetemperaturen kommer ned under -5 grader

Fordelene med vannbåren varme er at men kan fyre inn det som måtte være av energialternstiver. Ulempen er selvsagt kostnadsnivået. Dette gjør seg imidlertid først og fremst gjeldene i spredt bebyggelse og i småhusområder. Energimerkeordningen vil synliggjøre hvor store CO₂-utslipp det enkelte bygg bidrar til, målt per m² gulvareal.

De har et utviklingsprosjekt på gang, for å få frem enklere og rimeligere vannbårne løsninger, tilpasset nye varmebehov og krav. Disse dekker opp for mye av de problemer som kan komme med eksisterende løsninger. Prosjektet er godt i gang, og de regner med fredigstillelse ved utgangen av juni. De har fått mye gode tilbakemeldinger og de tror dette legger til rette for en kostnadsbesparelse på 25 til 30 %.

5. ANALYSE OG DRØFTING

Dette kapitlet vil ta for seg den teoretiske forankringen og den empiriske analysen, og belyse de funn som er gjort gjennom en drøftelse. Drøftingen vil foregå systematisk i den forstand at den følger samme inndeling som den teoretiske forankringen, og deretter knytter empiriske data til teorien.

5.1 FORSKRIFT OM KRAV TIL BYGGVERK OG PRODUKTER TIL BYGGVERK (TEK07).

De nye energikravene var en viktig oppfølging av Soria Moria erklæringen der Regjeringen varslet at de ville gjøre lavenergiboliger til standard, redusere bruken av elektrisitet i oppvarming og øke bruken av alternative energikilder. Hovedårsaken for dette er å opprettholde Norges Kyoto-forpliktelser. I og med at dette var en såpass kraftig revisjon av kravene så er det mange som finner det veldig hensiktsmessig med en overgangsperiode på 2,5 år, hvor nye og gamle krav gjelder side om side. Dette gir byggenæringen den tiden de trenger til å omstille seg og komme med nye løsninger. Energifkravene baserer seg på kvaliteter som skal gi nybygget en bedre energistandard over tid. Det betyr i praksis bedre isolasjon i gulv, vegger og tak. I Tek97 var kravet 20 centimeter isolasjon i yttervegg, mens med Tek07 ble det minimum 25 centimeter isolasjon. Man ser da at husene blir tettere og det blir naturlig å måtte endre kravene om ventilasjonsanlegg. Men det er også kommet krav til varmegjenvinning. På denne måten får vi utnyttet energien i all ventilasjonsluften som slippes ut, og gir beboerne den friskluften de trenger.

Vi kan jo si at det er relativt ambisiøst å stramme inn kravene med 25% i henhold til eksisterende forskrift og i tillegg kreve at minimum 40% av energibehovet skal kunne dekkes av alternative energiforsyninger. Dette medfører at både bransjen, aktørene og nybyggerne må begynne å tenke helt annerledes enn tidligere. Med andre ord så må elektrisitet til panelovner som oppvarming unngås i stor grad. De fleste aktørene som har gitt innspill til denne oppgaven mener at Tek07 absolutt er et steg i riktig retning, men at dette er kraftige, innskjerpede krav. Det er spesielt VVS-bransjen som finner disse nye kravene spesielt strenge. Men overgangsperioden gjør at bransjen får muligheten til å innrette seg med de nye kravene. Det er ulike prosjekter på gang som skal fremme bruken av enkle, rimelige vannbårne løsninger. Sintef Byggforsk leder en gruppe med en rekke aktører som skal sikre utviklingen av forenklete vannbårne anlegg. Det er helt essensielt at disse løsningene blir enklere, billigere og bedre enn tradisjonell elektriske løsninger. VVS-foreningen forteller at dette prosjektet er godt i

gang og at de antar en kostnadsbesparelse på 25-30%. Resultatet av dette prosjektet foreligger i utgangen av juni og vil nok være veldig spennende i forhold til fremtiden til vannbåren varme.

Hvordan skal man kunne dekke inn minimum 40% av varmebehovet? Det finnes en rekke løsninger som har vært på markedet en stund. Eksempler som har blitt nevnt tidligere er solfanger, nær- og fjernvarme, varmepumpe, pelletskamin, vedovn, biokjel, biogass og peisovn. Hensikten med slike varmekilder er at de bruker mindre eller ingen strøm, eller fossile brensler (olje/gass). Målsetningen er at det skal spare så mye strøm at det ikke trengs å importere strøm fra andre land som benytter energikilder som ikke er CO₂ nøytrale, slik som den norske vannkraften er. Den norske kraftbalansen tilsier at vi har en gitt kapasitet på rundt 120 TWh i et normalår og forbruket ligger på gjennomsnittlig 117,6 TWh (gjennomsnittlig forbruk de siste 17 årene utifra Tabell 1). I følge "Kraftbalansen fram mot 2020" så vil det norske energiforbruket bare stige i årene som kommer. Som Enova [34] kunne fortelle så forventes det at Tek07 vil gi en årlig energibesparelse på cirka 4 til 4,5 TWh, vel å merke etter at kravene har fått virke i 10 år, sammenlignet med Tek97. Det norske importbehovet i "tørrår" har gjennomsnittlig vært på 5,751 TWh (gjennomsnittlig forbruk de siste 17 årene utifra Tabell 1 på side 22). Utifra den samme tabellen kan vi også se at med en innsparing på 4-4,5 TWh så ville vi kun ha importert strøm i 3 av de 7 årene. Dette medfører at vi vil kunne få en økt forsyningssikkerhet, samt redusere landets avhengighet til elektrisk kraft. Dette er helt klart et bra steg mot Norges forpliktelser i henhold til Kyotoavtalen, noe som også de aller fleste av aktørene som har bidratt til denne oppgaven har sett seg enige i.

VARMEBEHOV LAVERE ENN 17.000 kWh ÅRLIG?

Som det går frem av forskriften og veiledningen til denne så kan kravet om at 40% skal komme fra fornybare kilder, frafalles dersom bygget har et svært lavt energibehov eller hvis bruk av slike løsninger ikke er lønnsomt over tid. Kravet kan frafalles når bygget har et lavt energiforbruk på under 17.000 kWh per år. Hva ligger bak dette tallet? Som vi kan se utifra Statistisk sentralbyrås statistikker gjengitt i denne oppgavens teoretiske forankring så har strømforbruket per husholdning gått gradvis nedover i takt med at strømprisene har steget. I 2006 var gjennomsnittlig totalt energibruk per husholdning om lag 21.600 kWh, mens strømforbruket var på 16.200 kWh. Av dette kan vi se at en gjennomsnittshusholdning bruker allerede i dag mindre enn 17.000 kWh strøm årlig. Hvordan kan da Tek07 være et skritt i retning av lavenergiboliger og redusert strømforbruk når kravet om 40% fornybar energi kan frafalles i veldig mange tilfeller? Vi så allerede ett synkende strømforbruk før Tek07 hadde trådd i kraft. Noe som skyldes nok hovedsakelig økte strømpriser i disse årene. Dette bidro til at

vi har begrenset strømforbruket vårt, blant annet ved stort fokus på energibesparende tiltak som varmpumper, varmegjenvinning, temperaturregulering og lignende. Som mange sikkert husker så var strømprisene rekordhøye i 2003, med 87 øre/kWh totalt, noe som var et sterkt incentiv til å redusere strømforbruket og mange gikk til innkjøp av alternative varmekilder, spesielt varmpumper. Strømprisene gikk noe ned i årene 2004 og 2005, mens de i 2006 var oppe i 92 øre/kWh. Vi kommer nok til å se en videre økning av strømprisen på godt over 1 kr/kWh. Da begynner vi å nærme oss et mer europeisk nivå på strømprisene og dette vil nok endre bildet en del. Spesielt da kan man begynne å forsvare høyere investeringskostnader, gjennom inntjening på lavere alternative energipriser.

I tillegg har media, politikere og miljøorganisasjoner rettet et sterkt fokus på energiforbruk og klimaeffekter noe som kan ha medvirket til reduksjonen. Denne oppgaven handler mer spesifikt om eneboliger. Det er viktig å se forskjellen mellom gjennomsnittet på landsbasis og gjennomsnitt for kun eneboliger som hustype. Her er det store variasjoner i strømforbruket. Som vi kan se av den teoretiske forankringen så var energiforbruket i våningshus og eneboliger henholdsvis ca. 32.900 og 26.700 kWh i 2006 [SSB 2006, 9]. I blokkleiligheter var gjennomsnittsforbruket under halvparten av forbruket i en enebolig, 12.600 kWh i 2006. Forskjellene kan forklares med at det er større boligareal i gjennomsnitt i eneboliger og våningshus enn i blokkleiligheter. Det har også sammenheng med at frittliggende boliger har flere yttervegger, mens blokkleiligheter får varme fra boliger omkring. Dette gjelder til dels også rekkehus, som har et energiforbruk som ligger mellom gjennomsnittsforbruket i blokkleiligheter og eneboliger.

Forbruk av ved er størst i våningshus. Dette skyldes hovedsakelig tilgangen på ved fra egen skog, eller at får kjøpt ved billig fra andre gårdeiere. Det høye energiforbruket i våningshus kan ha sammenheng med at ved har en lavere virkningsgrad enn andre energikilder. Hvis man regner om energiforbruket til nyttiggjort energi reduseres forskjellen i energiforbruk mellom våningshus og eneboliger. Energiforbruket i blokkleiligheter består av over 90 % elektrisitet. I eneboliger kan vi derimot se at andelen elektrisitet ligger på rundt 77 prosent. Figur 8 viser at areal og størrelsen på boligarealet er en vesentlig faktor for energiforbruket i en husholdning. I boliger over 150 m² brukes det over tre ganger så mye energi som i en bolig under 60 m². Figuren viser også at elektrisitet er den dominerende energikilden i de minste boligene, noe som har sammenheng med at mange av disse er blokkleiligheter med kun mulighet elektrisk oppvarming. Det generelle energiforbruket øker ikke proporsjonalt med arealet. Dette er fordi mindre deler av arealet varmes opp i store hus enn i små hus, og at energiforbruk til andre formål enn oppvarming, som f.eks. kjøleskap, fryser osv. ikke øker selv

om arealet øker.

Men kravet i Tek07 er at hus som har et varmebehov på mindre enn 17.000 kWh er fritatt fra regelen om at 40% av energibehovet skal komme fra fornybare kilder. Av Figur 7 presentert i tidligere avsnitt så kan vi se det generelle strømforbruket i norske boliger. Dette forbruket representerer all elektrisiteten inn til huset. Som nevnt tidligere er andelen brukt til romoppvarming og vannoppvarming på ca 65% av elektrisitetsforbruket i henhold til Figur 6. Dette gjenspeiles også i beregningshusene som ble simulert i SIMIEN, der ligger også andelen brukt til romoppvarming og vannoppvarming på rundt 65%. Da kan vi ta for oss Figur 7 og se at eneboligenes elektrisitetsforbruk er på gjennomsnittlig ca 19.500 kWh. Da får vi at 12.675 kWh benyttes til romoppvarming og oppvarming av varmtvann. I tillegg kommer da tilskuddet fra parafin, fyringsolje, og ved som direkte oppvarmingskilde, og representerer ca 7.200 kWh. Vi havner da på 19.875 kWh som gjennomsnittlig energibehov i norske eneboliger. Når kravet for fritagelse fra energikravene i Tek07 er på 17.000 kWh, er da Tek07 egentlig så veldig ambisiøs? Dette gjennomsnittet er med boliger fra 1930 og oppover. Dette kan gi et litt feil bilde av forbruket. La oss fordype oss litt mer i hvilket varmebehov en typisk enebolig har. Tidligere har jeg forklart hvordan jeg har utført beregninger i et programmet SIMIEN [31]. Her har det blitt lagt inn de nye bygningsmessige kravene og simulert hva slags forbruk et slikt hus står ovenfor. Det har blitt simulert med 5 ulike eneboliger av samme type, men med ulikt bruksareal. Programmet tar for seg en rekke variabler som utetemperaturer, isolasjonstykkelse, grunnmurtykkelse, u-verdier, solinnstråling, med mer. Utifra dette kan vi se om energibehovet samsvarer med de tallene som Tek07 benytter seg av og forskjellene i forhold til landsgjennomsnittet på 19.875 kWh. Vi vet at 53,74% av boligene i Norge er eneboliger og som det går frem av Figur 4 så ser vi at disse eneboligene fordeler seg med flest eneboliger i størrelsene fra 80 til 250 kvm. Jeg har derfor simulert med 5 ulike boliger. Henholdsvis 100, 120, 147,4, 200 og 250 kvm. Det bor 4 mennesker i alle husene og alle har et gjennomsnittlig forbruk av energi til oppvarming av rommene og varmtvann.

- Beregningshus nr 1 har et bruksareal (BRA) på 100 m² og en grunnflate på 64,6 m². Som det går frem av beregningene får vi at varmebehovet til romoppvarming er på 5256 kWh, vifter og pumper 675 kWh og vannoppvarming er på 4125 kWh. Til sammen utgjør dette et varmebehov på 10056 kWh. I veilederen til Tek07 [6] heter det *”En vesentlig del av netto varmebehov skal kunne dekkes av annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler hos sluttbruker. Med dette menes cirka halvparten, men minimum 40 prosent, av beregnet netto energibehov til*

romoppvarming (inkludert oppvarming av ventilasjonsluft) og varmtvann, beregnet etter NS 3031". Netto varmebehov er definert i Energi temaveilederen [BE 2007, 43] som: *"byggets netto energibehov for romoppvarming (inkludert oppvarming av ventilasjonsluft) og varmtvann"*. Videre sier Tek07 og veilederen til denne at ved lavt energibehov på under 17000 kWh i året kan kravet om minimum 40% av varmebehovet skal kunne dekkes av annen energiforsyning enn elektrisitet frafalles. Dette gjør at beregningshus nr 1 hadde, med riktig dokumentasjon og kravene overholdt i henhold til §8-21 a, b, c, ikke trengt å gjøre noe annet enn å ha en peis/vedovn installert.

- **Beregningshus nr 2** har et bruksareal (BRA) på 120 m² og en grunnflate på 77,5 m². Dette huset kom ut med et varmebehov til romoppvarming på 6198 kWh, vifter og pumper 809 kWh og vannoppvarming er på 4950 kWh. Til sammen utgjør dette et varmebehov på 11957 kWh. Noe som er vesentlig under kravet på 17.000 kWh i Tek07. Dette gjør at dette huset hadde, med riktig dokumentasjon og kravene overholdt i henhold til §8-21 a, b, c, ikke trengt å gjøre noe annet enn å ha en peis/vedovn installert.

- **Beregningshus nr 3** har et bruksareal på 147,4 m² og en grunnflate på 95,2 m². Dette huset kom ut med et varmebehov til romoppvarming på 7264 kWh, vifter og pumper 994 kWh og vannoppvarming er på 6081 kWh. Til sammen utgjør dette et varmebehov på 14339 kWh. Dette er også under kravet på 17.000 kWh i Tek07. Dette gjør at dette huset hadde, med riktig dokumentasjon og kravene opprettholdt i henhold til §8-21 a, b, c, ikke trengt å gjøre noe annet enn å ha en peis/vedovn installert.

- **Beregningshus nr 4** har et bruksareal på 200 m² og en grunnflate på 129,2 m². I følge beregningsprogrammet kom dette huset ut med et varmebehov til romoppvarming på 9659 kWh, vifter og pumper 1349 kWh og vannoppvarming er på 8250 kWh. Til sammen utgjør dette et varmebehov på 19258 kWh. Dette er over 17.000 kWh kravet i Tek07 og dette huset måtte ha installert alternative varmekilder tilsvarende minimum 40% av varmebehovet i boligen.

- **Beregningshus nr 5** har jeg tatt med for at denne størrelsen utgjør en relativt stor andel av norske eneboliger. Denne boligen har et bruksareal på 250 m² og en grunnflate på 161,5 m². I følge beregningsprogrammet kom dette huset ut med et varmebehov til romoppvarming på 11724 kWh, vifter og pumper 1686 kWh og vannoppvarming er på 10317 kWh. Til sammen utgjør dette et varmebehov på 23727 kWh. Dette er en del over 17.000 kWh kravet i Tek07 og dette huset må installere alternative varmekilder tilsvarende minimum 40% av varmebehovet i boligen.

Av dette kan vi se at grenseverdien på 17.000 kWh vil tilsvare et hus i størrelsen ca 175

m². (Som er en interpolering av beregningshus nummer 3 og 4). Så denne grenseverdien vil omfatte over halvparten av Norges eneboliger i henhold til Figur 3. Da kan det vurderes hvor ambisiøst denne forskriften egentlig er. Utifra statistikken på Figur 8 så ser vi at gjennomsnittsforsbruket for eneboliger i størrelsesordenen 100-149 m² ligger på ca 25.000 kWh årlig og for boliger over 150 m² så er gjennomsnittsforsbruket 32.000 kWh. Da kan vi se dette i sammenheng med simuleringene i SIMIEN og se hvor mye lavere enn gjennomsnittet husene bygget etter Tek07 har. For beregningshus 1, 2 og 3 så er energiforbruket henholdsvis 14.375, 17.140 og 20.705 kWh. Dette gir et gjennomsnitt på 17.407 kWh, noe som er ca 7.600 kWh lavere enn gjennomsnittet. Tek07 representerer i henhold til statistikken en reduksjon et sted mellom 5.000 til 9.000 kWh for eneboliger med størrelser fra 100 til 149 m². For beregningshus 4 og 5 så er energiforbruket simulert til 27.895 og 34.524 kWh. Dette gir et gjennomsnitt på 31.210 kWh og disse plasserer seg mer på gjennomsnittet til statistikken. Beregningshus 4 legger seg rundt 4.000 kWh under statistikken, mens beregningshus 5 legger seg over gjennomsnittet i statistikken. Utifra denne sammenlikningen så kan vi si at en bolig bygget etter Tek07 vil redusere energibehovet fra 4.000 til 9.000 kWh per år. Det er en del, men forskriften er kanskje ikke så ambisiøs som først antatt, med grunnlag at det finnes muligheter for å frafalle kravene ved energibehov under 17.000 kWh årlig. På en annen side så er det klart at dette vil være et incentiv som virker etter hensiktene og det er å oppfordre folk til å bygge boliger som ligger rundt og under gjennomsnittet.

PRIVATØKONOMISK LØNNSOMHET

Den andre forutsetningen for at du som boligbygger må dekke 40% av varmebehovet ditt fra alternative energikilder, er at dette skal være privatøkonomisk lønnsomt. Disse nåverdiberegningene benyttes som et mål på merkostnadene over bygningens livsløp. Tek07 påstår at alle typer nybygg skal bli så bra som mulig innenfor akseptable økonomiske rammer, og investeringene til de foreslåtte energiltakene er moderate. Men dersom utbygger opplever at nåverdiberegningene kommer ut negative kan energikravet frafalles. Det må vel og merke være påvist gjentatte ganger negativ nåverdi for de ulike alternativene til elektrisitet og/eller fossil oppvarming før hovedkravet til energiforsyning kan fravikes. På lik linje med netto varmebehov under 17.000 kWh per år, hvor hovedkravet til energiforsyning fravikes, skal boliger over 50 m² ha skorstein og lukket ildsted for bruk av biobrensel, for eksempel vedovn eller biopelletskamin. Formelarket som er vedlagt i Tek07 kan være noe uklart for mange. La oss se litt nærmere på akkurat hvordan disse beregningene skal utføres. Oppvarming med direkte bruk av el, har som regel lavest investeringskostnader. Andre løsninger basert på

varmepumper, solfangere, solcellepanel, pellets, krever ofte høyere investeringskostnader. Investeringskostnadene, virkningsgrad og oppvarmingsbehov er avgjørende for lønnsomhetsvurderingene. I tillegg kommer prisforventninger til de ulike energibærerne, og avkastningskrav/realrente. Tek07 har gitte eksempler på hvordan slike beregninger skal utføres. La oss nå ta beregningshus nr 4 som vi kjenner fra tidligere og utføre en eksempelberegning. Dette huset hadde et varmebehov som overskridet 17.000 kWh og må derfor dekke minimum 40% av varmebehovet med alternative varmekilder. Nåverdiberegningen utføres med pelletskjel tilknyttet vannbåren gulvvarme mot panelovner med varmekabler på bad. Det første som må innhentes er investeringskostnaden. Investeringskostnaden er den summen som må betales i dag, og omfatter alt forbundet med installering og innkjøp. For å gjøre en nåverdiberegning trenger vi litt bakgrunnsinformasjon.

Benytter formelen som Tek07 og veiledningen til denne fastsetter og forklart nærmere i kapittel 2.6.1 i den teoretiske forankringen.

$$Nåverdi = B \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r} - \left[\sum (I_0 + I_1 + I_2 + \dots) - \sum (I_{el/fos-0} + I_{el/fos-1} + I_{el/fos-2} + \dots) \right]$$

Benytter en pellets kamin og vannbåren gulvvarme til eksempelhuset på 200 m². I følge Sintef Byggforsk settes levetiden for bygninger til 50 år og kalkulasjonsrente (r) settes til = 4 %. Prisene som er benyttet er en kombinasjon av ulike priser funnet på nettet og er kun ment som en demonstrasjon i forhold til nåverdiberegninger.

Investeringskostnader for pellets kamin I₀

Vannbåren gulvvarme = kr 45000
 + Dobbelmantlet bereder til forbruksvann = kr 15000
 + Pellets kamin til vann, inkludert innebygget pellets lager og utstyr = kr 50000
 = Total investering = 110000

Reinvesteringskostnad etter 20 år = kr 60000

Investeringskostnader for varmesystem basert på elektrisitet I_{el/fos-0}

8 panelovner a kr 1500, inkludert styringssystem = kr 12000
 + Installasjon (strekking av kabler osv) = kr 4000
 + Enkeltmantlet varmtvannsbereeder = kr 10000

+ Tillegg gulvvarme i to rom = kr 12000
 + Vedovn = kr 5000
 = Total investering = 43000 kroner

Reinvestering (etter 20 år) = kr 27000

$$I_1 = \frac{I}{(1+r)^{m-1}} = I_1 = \frac{60000}{(1,04)^{20}} = 27400$$

$$I_2 = \frac{I}{(1+r)^{m-1}} = I_2 = \frac{60000}{(1,04)^{40}} = 12500$$

$$I_{el/fos-1} = \frac{I_{el/fos}}{(1+r)^{m-1}} = I_{el/fos-1} = \frac{27000}{(1,04)^{20}} = 12500$$

$$I_{el/fos-1} = \frac{I_{el/fos}}{(1+r)^{m-2}} = I_{el/fos-2} = \frac{27000}{(1,04)^{40}} = 5500$$

Levetiden for el-installasjonen settes normalt til 20 år. Levetid for det vannbårne systemet regnes like lang som byggets levetid. Dette er generelle levetider for teknisk utstyr og kan avvike fra produkt til produkt. Dekningsgraden på pelletskjelen antas å være på 90% og det årlige varmebehovet som dekkes av pelletskjelen blir da:

$$Q = 19258 \text{ kWh} \cdot 0,90 = \underline{17332,2 \text{ kWh}}$$

B er den årlige privatøkonomiske besparelsen

$$B = Q \cdot \left(\frac{P_{el/fos}}{\eta_{el/fos}} - \frac{P_{alt}}{\eta_{alt}} \right) = 17332,2 \cdot \left(\frac{0,85}{1,0} - \frac{0,69}{0,85} \right) = \underline{662,7 \text{ kroner}}$$

- $P_{el/fos}$ er aktuell årsgjennomsnittlig kWh-pris, inkludert distribusjon, avgifter og nettleie, på elektrisitet = 0,85 kr/kWh [Dine Penger 11/2007, 32]
- P_{alt} er aktuell årsgjennomsnittlig kWh-pris, inkludert distribusjon og avgifter, på varme fra pelletskamin = 0,69 kr/kWh [Dine Penger 11/2007, 32] (1 tonns sekk fra felleskjøpet koster 2800 kroner, 85% energiutnyttelse)
- $\eta_{el/fos}$ er virkningsgrad for varmesystem basert på elektrisitet = 1,0
- η_{alt} er virkningsgrad for varmesystem basert pelletskamin = 0,85.

$$Nåverdi = B \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r} - \left[\sum (I_0 + I_1 + I_2 + \dots) - \sum (I_{el/fos-0} + I_{el/fos-1} + I_{el/fos-2} + \dots) \right]$$

setter inn tallene fra utregningene over og får

$$Nåverdi = 662,7 \cdot \frac{1 - (1,04)^{-50}}{0,04} - \left[\sum (110000 + 27000 + 12500) - \sum (43000 + 12500 + 5500) \right] = -74698,02$$

Nåverdien for dette eksemplet blir da -74698 kroner. Dette eksemplet ga oss en negativ nåverdi for pelletskjelen sammenliknet med elektrisk oppvarming gjennom boligens levetid. Dette alternativet medfører en merkostnad i henhold til energikravene i Tek07 og du kan dermed bruke panelovner og en peis. Men kravet til u-verdiene må opprettholdes i henhold til Tek §8-21 a, b, c. Av dette kan vi også se at forskjellen ble veldig stor og mye av dette skyldes prisen på pellets og høye investeringskostnader. Prisen på pellets er avhengig av hvor store kvanta du kjøper og om du henter selv. Dette regnestykket vil gå i pluss hvis du klarer å skaffe pellets til 0,52 kr/kWh, noe som i dag ikke er så enkelt. Nåverdien vil også bli positiv dersom strømsprisene alene passerer rett over 1 krone/kWh, noe som absolutt kan være en realitet i fremtiden (Forutsatt at prisen på pellets holder seg på 0,69 øre/kWh). Her finnes det omfattende muligheter til å regne seg bort fra alternative energikilder og vannbåren varme hvis man ønsker det. Forskriftene sier at hvis alternativ oppvarming er ulønnsomt i byggets livsløp, er det ikke krav om bruk av alternativ energi.

Forskriftene fastsetter at det skal brukes en rente på 4 %, men forskriften sier ikke noe om hvordan grunnlaget for investeringer eller energipriser skal være. Mange byggeprosjekter utvikles av investorer som er ute etter raske fortjenester. Her er det essensielt å bygge billigst og selge dyrest. Alternative energikilder og vannbåren oppvarming kan være bli sett på som en unødvendig utgift. Når det gjelder energiprisene kan man beregne med et vilkårlig tall. Men det er meget vanskelig å spå hva energiprisen vil være 50 år fremover. Her åpner det for mange muligheter for de som vil regne seg bort fra alternativ oppvarming. Entreprenører bruker ofte konsulenter som gjør energiberegningene i et byggeprosjekt. Her er det et kjempemarked for useriøse konsulenter som kan regne ut de tallene som entreprenøren vil ha. Man må jo bare håpe at det fortsatt finnes mange fornuftige sjeler som etterspør alternativ oppvarming, slik at et slikt marked ikke oppstår.

Hvem skal kontrollere at disse utregningene er de billigste og at utbygger ikke har bevist manipulert resultatet i favør av elektrisk oppvarming? Utover det som går frem av

søknadsskjemaer og kontrolldokumentasjon, så får ikke myndighetene tilsendt noen form for dokumentasjon på byggets energikvaliteter i forbindelse med byggesaken. Men myndighetene har anledning til å be om å få tilsendt dokumentasjon, gjerne i forbindelse med en forhåndskonferanse. Her er det viktig at kommunene trapper opp tilsynet på energiområdet, for at de nye energikravene i TEK skal oppnå ønsket effekt. Kommunalt tilsyn med hensyn til energibestemmelsene vil bli utført på to nivåer. Ved den enkleste formen er det ikke forutsatt at det skal gjøres en teknisk vurdering av prosjekteringen. I første omgang vil det være tilstrekkelig å vurdere om energistrategien oppfyller kravene i forskriften. Formålet med denne første fasen er å undersøke om dokumentasjonen fra prosjekteringen inneholder vesentlige og nødvendige opplysninger. Det vil da avklares om det er nødvendig å løfte tilsynet opp til neste nivå og undersøke dokumentasjonen ytterligere, det vil si om løsningene valgt i detaljprosjekteringen, samsvarer med forutsetningene for å oppfylle forskriftkravene og om utførelsen virkelig samsvarer med tegningene. Dersom energitiltaksmodellen i TEK § 8-21 a) [Vedlagt som vedlegg nr 9.1] legges til grunn for oppfyllelse av energikravene og byggets ytelsesnivåer avviker fra tiltakene i forskriften, skal varmetapstallet være regnet ut, slik at det kan dokumenteres at byggets energibehov ikke øker som følge av omfordeling mellom tiltakene. Dersom beregning av byggets netto energibehov etter NS 3031:2007 [Pronorm 2007, 5] legges til grunn vil det være relevant å kontrollere inndataene i sjekklister mot de tiltakene som er lagt til grunn som strategi for å oppfylle energikravene. Ved mistanke om at bygget vil overstige energirammene i forskriften kan kommunen forlange tredjepartskontroll for å ettergå energiberegningene som skal være utført i samsvar med i NS 3031:2007 [Pronorm 2007, 5]. En indikasjon på om byggets energibehov vil overstige energirammen i forskrift kan være at inndataene avviker vesentlig fra energitiltakene i TEK § 8-21 a) [Vedlagt som vedlegg nr 9.1] uten at det kan redegjøres for hvilke kompenserende tiltak som er gjort. For energiforsyningskravet i § 8-22 [Vedlagt som vedlegg nr 9.1] så må man dokumentere at bygget er tilrettelagt slik at 40 %, av det årlige energibehovet til romoppvarming (inkludert oppvarming av ventilasjonsluft) og varmtvann kan dekkes av annen energiforsyning enn elektrisitet, olje, gass og/eller parafin. Ved tilsyn skal kommunen kontrollere eventuelle nåverdiberegninger. Inndataene må derfor være transparente og på en sånn form at de er mulige å kontrollere. Det må undersøkes flere relevante varmeløsninger før man kan konkludere med at en annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler medfører merkostnader over byggets livsløp.

5.2 LAVENERGIBOLIGER

Gjennom Soria Moria erklæringen og Tek07 går det frem at vi skal gjøre lavenergiboliger til standard. Definisjonen på lavenergiboliger er at totalt energibruk skal være under 100 kWh/m² år. Gjennom mine beregninger for eksempelhusene så ser vi at vi oppnår et totalt energibruk på rundt 140kWh/m² år. Dette er et lite stykke unna lavenergistandard, og man har mye å jobbe med for å få ned forbruket og behovet på lavenerginivå. Isolasjonstykkelsen må økes mer, men det er begrenset hvor mye man kan øke tykkelsen på isolasjonen før isolasjonseffekten flater ut. I samsvar med økt isolasjon og bedre tetting, vil da den naturlige infiltrasjonen bli vesentlig mindre og balansert ventilasjon er eneste fullverdig løsning. Men for at ikke all varmen skal ventileres ut må det installeres høyeffektiv varmeveksler. Som det også går frem av beregningene så er det også mange andre faktorer som bidrar til økt energibruk. Elektrisk utstyr og belysning kan være av lavenergitype. Led-belysning, energimerkede hvitevarer, sparedusj og styringssystemer for reduksjon av ventilasjon og belysning når boligen ikke er i bruk er typiske virkemidler for å kunne klare å oppnå lavenergistandard. Dette nevner ikke Tek07 noen ting om.

Mange mener at Tek07 er et steg i riktig retning, men er ikke så ambisiøs som den kunne ha vært. Som det går frem av Figur 6 i den teoretiske forankringen så kunne vi se at oppvarming og varmtvann utgjorde 65% av forbruket. Dette er en vesentlig andel av strømforbruket og det er også denne delen man enklest kan redusere ved hjelp av nettopp alternative energikilder. Men lavenergiboliger i seg selv vil koste vesentlig mer enn det en bolig etter dagens Tek07. Som det går frem av Figur 2 så kan vi se forskjellene fra dagens boliger til Tek07, og spranget derifra og ned mot lavenergiboliger. Av dette ser vi at forbruket må reduseres med 40-50 kWh/m² år for å komme ned på lavenerginivå. Dette er et ganske drastisk steg videre fra der vi er i dag, men det er i alle fall et steg i riktig retning. Fordelene ved en lavenergibolig er mange, men også ulempene er såpass store at de absolutt ikke kan neglisjeres. Forskriften er litt vag med sine definisjoner av lavenergiboliger og de utfordringene lavenergiboligene representerer. Bare i rene byggekostnader må vi regne med opptil 10% økning kontra en vanlig bolig. Men også kompetansen rundt dette er et kritisk moment. Håndverksutførelsen og prosjekteringen må gjøres nøye og kritisk, og den arkitektoniske utformingen er en vesentlig større utfordring. Fordelene ved et godt prosjektert og utført lavenergibolig er mange, og vil være et godt steg på vei mot en reduksjon av strømforbruket i kraftbalansen. Den samfunnsøkonomiske effekten vil være gunstig, samt et nødvendig steg mot målsetningen om at Norge skal være CO₂ nøytrale i sitt strømforbruk.

5.3 INNEKLIMA

Inneklima blir som en direkte følge av Tek07 også et meget viktig emne. Husene får mer isolasjon og bedre tetting av husene medfører lavere naturlig infiltrasjon og det er da ekstremt viktig at vi tilføyer nok luft. Men det er også veldig viktig å se på temperaturnivå, lufthastighet og luftfuktighet. Tradisjonelt benytter flesteparten av norske boliger elektriske panelovner til oppvarming. Elektriske konveksjonsovner kan forverre luftkvaliteten både fordi de leverer varm luft og fordi de kan svi og dermed forverre støvforurensninger i inneluften. Slike elektriske ovner avgir luftstrømmer som inneholder et stort antall superfine partikler og ulike flyktige organiske forbindelser som følge av at støv varmes opp til temperaturer som er vanlig i elektriske panelovner. Dette kan føre til irritasjon av slimhinner i øyne og luftveier, hoste og i noen tilfeller kanskje astma, eventuelt også hodepine og unormal tretthet. Vannbåren varme har derimot den fordel at den har lavere overflatetemperatur enn panelovner. Dermed unngår du å svi støvet slik du gjør med mange panelovner. I tillegg forhindrer du transport av støv som følge av store temperaturforskjeller og luftstrømninger.

Grunnen til at mange ønsker seg vannbåren varme er hovedsakelig at det tradisjonelt gir en jevnere spredning av varmen enn tradisjonelle varmeløsninger som panelovner. Det store salgsargumentet ved å ha vannbåren varme i gulv er ”Et sunnere inneklima”. Dette er i og for seg en sannhet som kan begrunnes teoretisk med at varmen stiger naturlig fra gulvet og oppover, noe som gir den ideelle temperaturfordelingen [Woodson 1999, 18]. Dette gjør at føttene holdes varme og gir en god temperaturfølelse. Ved å benytte P.O Fangers ”PMV” modell [Fanger 1970, 16] kan vi se at mennesker opplever et ubehag når lufttemperaturforskjellen mellom hode- og ankelhøyde blir for stor. Eksempelvis ser vi at ved en vertikal temperaturforskjell på 3°C mellom hode og ankelhøyde så vil 5% være misfornøyde. Øker vi temperaturforskjellen til 6°C mellom hode og ankelhøyde så vil hele 40% være misfornøyde. Når det benyttes et vannbårent gulvvarmeanlegg vil lufttemperaturen være høyest ved gulvet, men tilnærmet lik fra ankelhøyde til hodehøyde. Med gulvvarme kan innetemperaturen senkes med én til to grader uten at det kjennes kjøligere. Tradisjonelt sier vi at ved å redusere innetemperaturen med én grad så reduseres energibehovet til oppvarming med over fem prosent. Temperaturen er som vi forstår, viktig for å oppnå ett riktig inneklima. Temperaturnivået for gulvvarme er best rundt 20-25°C ved bruk av lett fottøy.

Takvarme har blitt benyttet flere steder, men har noen svakheter. Mange får hodepine av varmestrålingen mot hodet, og flater under bord o.l. har lett for å bli gulvkalde. Takvarme avviker mye fra den ideelle temperaturfordelingskurven og man vil oppleve større

temperaturforskjeller fra ankel- til hodehøyde [Woodson 1999, 18]. Det er nettopp at varmetilførselen kommer ovenfra som gjør at takvarme kan oppleves som ubehagelig. Slike løsninger leveres fortsatt, men har i de senere år blitt lite benyttet.

Ved bruk av radiatorer vil man oppleve strålingsvarme som ved en panelovn. Radiatoren har lavere temperatur som ikke svir støvet. I tillegg er den ikke skadelig å ta på (spesielt viktig med små barn i huset) og gardiner antenner ikke ved berøring. Temperaturmessig vil radiatorene ofte ha en stor flate, men med lavere temperatur enn panelovner og vil tilsvarende temperaturspredning som en panelovn.

Viftekonvektorer er en type radiatorer med stor overflate som kan dra gjennom 200 til 500 m³ luft i timen og avgi fra 1500 til 3000 watt. Ulempen med denne varmekilden er høy oppvarming av luften, viftebruken bidrar til mer svevestøv og gir fra seg en suselyd. Denne typen radiatorer er omtrent på lik linje med en elektrisk vifteovn ofte relativt uegnet som oppvarmingsmedium.

Norges Astma og allergiforbund sier at de anbefaler vannbåren varme som oppvarmingsystem. Dette er forutsatt at installasjonene foretas meningsfylt og kostnadseffektivt i de individuelle forholdene.

For å understreke komforten og fordelene med inneklime må jeg nesten nevne Byggforsks rapport [Byggforsk 2005, 44]. Der de kartla energibruken i 300 nye eneboliger og 250 leiligheter med vannbåren varme. Her kom det frem at de aller fleste var fornøyde eller meget godt fornøyd med komforten knyttet til golvvarmeanleggene. Anleggene hadde vært i drift i 1-3 år og undersøkelsen vil derfor også kartlegge eventuelle innkjøringsproblemer. Det gikk frem av undersøkelsen at hele 99 % var fornøyd eller meget godt fornøyd med komforten knyttet til golvvarmeanleggene. Kun 1 % var misfornøyd. Dette understreker at vannbåren varme er et viktig element for å oppnå et godt inneklime.

5.4 ENERGIMERKING

Energimerking er i veldig manges øyne et fornuftig forslag til økt energieffektivitet i boligmassen. Ved å kunne synliggjøre hvor mye energi boligen din bruker, kan man rette mye fokus på energibruken i boligen. Vi kan sammenlikne dette med forbruket av bensin/diesel i biler. Her fokuseres det mye på bilenes drivstofforbruk, noe som gjør at folk ser mye på hva bilen vil benytte i liter/mil. Dette fordi at det utgjør en stor del av kostnadene forbundet med bruken av bilen. På samme måte kan man gjøre det i boligmarkedet ved å innføre energimerkeordningen. Da vil det bli mer naturlig å se på ”drivstofforbruket” til boligen. Dette vil da typisk bli utredet som en del av taksteringen av boligen og folk vil etter hvert velge boliger med lavt energinivå. Det er klart at dette vil være mest relevant for nye boliger, men også ved salg av eldre boliger så kan en slik merkeordning være et viktig salgsargument ved kjøp/salg av boliger i fremtiden.

Et kritisk moment for at dette skal fungere er graden av kontroll. For at dette skal ha en hensikt, må det nok inn en uavhengig tredjepart, gjerne tilknyttet som en del av taksten på boligen. Hvis dette skal foregå ved egenmelding i form av en selvangivelse slik som det har blitt foreslått, så har dette tiltaket veldig lett for å miste all sin hensikt og bli helt verdiløst. Det betyr blant annet at man må vite hva som brukes av energi og til hvilket formål. Det er det svært få bygningseiere som har oversikt over i dag. Totalt energibruk kan man enkelt konstatere, men fordelingen til de ulike formålene er det verre med. Derfor tror jeg at det behov for uavhengige konsulenter gjør energimerkevurderingene, og det må på plass en godkjenningssystem for konsulenter som skal gjøre denne type vurderinger. Eventuelle takstmenn må kunne dokumentere at de har tilstrekkelig byggteknisk og energifaglig kompetanse, men det er ennå ikke bestemt om man må søke om forhåndsgodkjenning for å kunne ta slike oppdrag.

Energimerkeordningen vil nok være et viktig hjelpemiddel for å unngå at utbyggere/entreprenører bevisst regner seg bort fra alternative energikilder og vannbåren varme. Da vil det i så fall bli vesentlig mer synlig for forbruker/kjøper/leietager og dermed også være med å bidra til boligprisens utfall. Man vil nok se en større betalingsvillighet i fremtiden for boliger som er energimerket og som kan dokumentere hva forbruket til boligen vil være. De fleste aktørene som er kontaktet i denne oppgaven har vært veldig positive til denne energimerkeordningen, men med unntak av Block Watne. De har liten tro på at energimerkeordningen vil være med på å skape bevissthet rundt energiforbruk. At dette kommer fra en av landets største boligbyggere understreker jo helt klart ulempene med en slik

ordning. Der er per i dag ingen norske boliger som innehar et slikt energimerke. For at dette skal være virkningsfullt må alle eller veldig mange nye boliger ha et slikt energimerke. Det har vært en del diskusjon rundt forvaltningen av denne ordningen og i høringsuttalelsene så har det vært en del kritikk av at denne ordningen har blitt lagt under Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Regler for energibruk i bygg og energimerking henger så mye sammen at de bør forvaltes av samme myndighetsorgan. Det er i alle fall politisk vedtatt at direktivet skal implementeres i Norge og det er NVE som har det nasjonale ansvaret for iverksetting av direktivet. Den videre tidsplanen for iverksetting er at dette skal iverksettes rundt 01.01.09.

For vannbåren varmes del er energimerking et incentiv til å sette fokus på alle de fordelene som vannbåren varme har å tilby, med energifleksibilitet og deretter gode energiløsninger. Det forutsetter at det i attesten kommer klart fram hva slags oppvarming bygningen/boligen bruker. Det må komme fram på energiattesten at oppvarming som baserer seg på fossil energi eller elektrisitet er negativt og vil få en dårlig karakter. Elektrisitet er en høyverdig energiform og bør ikke brukes til oppvarmingsformål, det er sløsing med verdifulle ressurser. Energimerkeordningen kan da være med å stimulere til et skifte fra elektrisk oppvarming og fossil oppvarming til mer miljøvennlige oppvarmingsmetoder som fjernvarme, bioenergi, varmepumper eller solvarme i kombinasjon med vannbåren distribusjon. Investeringene du gjør i energibesparende tiltak er skjulte investeringer. Det synes jo ikke akkurat på huset ditt at du har brukt masse penger på å etterisolere det, derimot så ser alle om du har satt opp tapet på en vegg. Nordmenn verdsetter stort sett synliggjøring. Energimerkeordningen vil nok medføre at de som velger å investere i gode energiløsninger får antagelig mer betalt for å ha gjort disse gode energivalgene.

Et annet viktig moment er at toppkarakteren på energimerkeskalaen bør henge høyt. I og med at Tek07 kun er ment som en minimumsforskrift så bør boliger og bygninger som oppfyller disse minimumskravene i Tek07 kun få karakteren C og får å oppnå en A må de strekke seg vesentlig lenger enn forskriftens krav. Sintef [Byggforsk 2005, 41] har foreslått at det brukes to karakterer. En karakter for hvor miljøvennlig og effektivt boligen kan varmes opp, og en karakter for hvor stort varmetap boligen har. Akkurat hvordan karaktersystemet blir seende ut er ennå ikke bestemt. Problemer knyttet til klimaforskjeller er blant emnene som gjenstår. For eksempel så må man finne ut om et hus som ligger på en øy på Sørlandet skal karaktersettes ut fra de samme kriteriene som et hus i Karasjøk. Derimot er det sikkert at energiattesten også skal inneholde en liste over mulige tiltak for å redusere energibruken, og at attesten vil være gyldig i 10 år. Fritakene fra ordningen dreier seg hovedsakelig om historiske bygg, kirker, hytter og små hus på under 50 kvadratmeter.

I en rapport skrevet for NVE av KanEnergi, MMI og Siste Skrik Kommunikasjon [KanEnergi 2005, 42] fra 2005 så har de kartlagt holdninger rundt energiattestens utseende og innhold, og konkludert med at huseierne tror en energiattest vil ha en positiv effekt og virkning. Dette er en vurdering og evaluering huseier føler nytten av, selv i en situasjon hvor huseier ikke skal selge huset i nærmeste fremtid. Det huseierne fryktet mest i forhold til en energiattest er at de sitter igjen med regningen som følge av dyrere takst og at energiattesten vil bli et grunnlag for økte avgifter i fremtiden. De profesjonelle deltagerne i denne undersøkelsen har mye av de samme synspunktene og føler at det er helt absurd å motsette seg innføringen av en slik attest. Dette vil kun lede til/tvinge frem en oppdatering av de dårlige byggene og energiløsning vil bli et viktigere konkurranseparameter. De ser også den samfunnsøkonomiske effekten dette vil ha.

5.5 LØSNINGER

5.5.1 VANNBÅREN GULVVARME

Som vi har sett så avgir vannbåren gulvvarme varmen gjennom lavtemperatur termisk stråling gjennom boligens gulvflate og avgir effekter i størrelsesordenen 20-30 W/m², ved vanntemperatur på 28-33°C. Rørene som benyttes i slike gulvvarmeanlegg forventes å ha en levetid på 80-100 år, og må legges uten skjøter i golvet. På grunn av den lave temperaturen, kan vannbåren gulvvarme legges under tregulv og parkett og egner seg dermed særlig i kombinasjon med varmepumpe som varmekilde.

Fordelen med vannbåren gulvvarme er at man går på selve varmekilden og det kan derfor i rom med gulvvarme holdes en litt lavere lufttemperatur enn når det brukes andre varmekilder. Det betyr at energibruken ved gulvvarme teoretisk sett er lavere enn ved andre oppvarmingsmetoder. Fordelene med vannbåren gulvvarme er som nevnt tidligere at de gir god komfort, varme gulv oppfattes som behagelig av de fleste. Samt relativt lav overflatetemperatur eliminerer sjansene for støvforbrenning og sterke konveksjonsstrømmer som ofte fører til klage på tørr luft. Dagens løsninger er relativt enkle og tar ikke så lang tid å installere.

Ulempene rundt dette med vannbåren gulvvarme er regulerbarheten. Varmeavgivelsen fra et gulvvarmesystem reguleres hovedsakelig ved bruk av romtermostater og separat regulering av hvert enkelt rom. Dette kan være vanskelig å regulere nøyaktig, og kan i perioder føre til overoppvarming og sløsing med energi. Man ser dette problemet særlig i støpte løsninger som har stor termisk treghet, men kan også oppstå i lette trebjelkelag. Når forskjellen i responstiden for gulvvarmesystemer i betong og trebjelkelag er så stor at det er snakk om

timer så kan vi se ulempen veldig tydelig. Ved behov for en temperaturendring så kan reguleringen av denne i betonggulv ta flere timer. I en bolig skjer det ofte hurtige endringer i varmebehovet som følge av internlastene og ofte klarer ikke gulvvarmesystemer helt å henge med i denne hurtige svingningen i varmebehovet. På grunn av denne varmetregheten i golvkonstruksjonene, kan man i streng kulde trenge supplerende varmetilførsel og ved mildvær ha behov for å luften ut overskuddsvarme. Dette bidrar til å øke energibruken og ansees som den største ulempen ved bruk av slike systemer. Den økte temperaturen i gulvet vil føre til at varmetapet fra gulvet, til det fri, til grunnen eller til andre rom øker. For gulv på grunn kan dette føre til at varmetapet øker med fra 20-45 % [Dokka 2006, 8] sammenlignet med vanlig romoppvarming. Dette kan reduseres noe med ekstra isolering av gulvet. I rehabiliterte boliger eller etterinstallasjon av gulvvarme kan være noe problematisk som følge av den nye oppbyggingen av gulvet. Teppe under salong og spisebord er et mer eller mindre vanlig syn i norske boliger. Dette frarådes med gulvvarme fordi teppe virker isolerende og dermed uteblir romoppvarmingen.

I lette løsninger som tregulv vil ofte varmemotstanden fra varmesjiktet og til romluften være så stor at man må ha relativt høy tilførselstemperatur for å få nødvendig avgitt effekt. I mange tilfeller må tilførselstemperaturen være 45-50 °C. Som følge av dette så får vi stort varmetap fra gulvet, og at utnyttelse av lavtemperaturkilder som varmpumper og solfangere blir mindre effektivt. Mange har også påpekt at ved senere ombygginger så kan gulvvarme gi problemer ved for eksempel flytting av vegger slik at oppdelingen blir en annen, eller at rør punkteres. Dette understrekes av blant annet Block Watne som er generelt skeptiske til å legge vannbåren varme i tregulv fordi det kan oppstå misfarging og sprekker i tregulv hvor det benyttes for høy gulvtemperatur. Dette kan også settes i sammenheng med faren for lekkasjer, men denne risikoen skal være relativt liten så lenge arbeidet er utført riktig. Når det gjelder gulvvarmes energibruk så kan man si at hvis målsetningen er å komme ned på lavenergi- og passivhusnivå med et lite og variabelt oppvarmingsbehov så vil integrerte oppvarmingssystemer som gulvvarme være en lite egnet oppvarmingsmåte. Unntaket er våtrom og eventuelt éntre der man ønsker en komfortvarme store deler av året. Mange av de som har blitt konsultert med i denne oppgaven påpeker at vannbåren gulvvarme blir sett på som Rolls Roycen av oppvarmingssystemene og blir ofte sett på som et luksusfenomen. De som velger slike systemer har ofte et større budsjett og har ofte satt av mer penger for å få nettopp vannbåren gulvvarme på grunn av den gode komforten det gir og ikke på grunn av at det gir lavere energibruk. Men som vi ser av statistikken så er det allikevel en stor andel av nye eneboliger som velger vannbåren gulvvarme. Det er derfor god grunn til å si at vi kommer nok

ikke til å se noen nedgang med det første, men heller en omprioritering. Vannbåren gulvvarme på bad og eventuelle andre komfortsoner i huset kommer nok til å forbli. Gulvvarme på bad er et veldig norsk fenomen og er nok kommet for å bli.

I en rapport laget av Byggforsk [Byggforsk 2005, 44] hvor energibruken i 300 nye eneboliger og 250 leiligheter med vannbåren varme ble rapportert, ble det antydnet at gulvvarmesystemer fører til høyere energibruk til oppvarming enn for boliger med ordinær romoppvarming (direkte varmeavgivelse). Rapporten avslørte også at de tekniske problemene knyttet til disse anleggene var typiske igangkjøringsproblemer, noe som innebærer feil på varmpumper, temperaturfølere, termostater og luft i systemet. Dette var problemer som imidlertid ble rettet på i løpet av garantitiden.

5.5.2 RADIATORER

Mange av de aktørene som har bidratt til denne oppgaven har påpekt at det er radiatorer som er en del av fremtidens vannbårne løsninger. Dette er hovedsakelig fordi radiatorene avgir mindre varme kontra gulvvarme og passer derfor bedre i den nye boligmassen som nå bygges etter Tek07. Radiatorer kan utstyres med ulike former for termostatiske ventiler/elektroniske termostater for å sikre en mest mulig effektiv energibruk. Ovnene kan også styres fra termostater i rommet som er tilkopleet en sentral styring for hele bygningen. Endringsevnen til radiatorer er god i og med at samme løsning kan brukes selv om bruken av rommene endres eller det gjøres ombygginger. Eventuelt kan radiatorene skiftes ut med større eller mindre type. Problematikken rundt plasseringsvennligheten til radiatorer er nesten på lik linje med panelovner, men dette blir et mindre problem når boligene nærmer seg lavenergivivå da disse trenger mindre oppvarmingspunkter. Det er klart at mange forbinder radiatorer med store massive støpejernsklumper som er montert under vinduet. Det trenger ikke være slik at radiatoren skal være en stygg klump. Som gjengitt på Figur 19 så kan vi se ta radiatoren kan være en del av et design og utformingen kan absolutt være tidsriktig. Dette gjør også at den er langt mer plasseringsvennlig enn tidligere, og også størrelsen vil kunne bli vesentlig mindre nå som energibehovet synker.

Vannbårne radiatorer er robuste med lang levetid, men er generelt dyrere enn panelovner. Moderne reguleringsteknikk og termostater gjør også at temperaturen kan reguleres rimelig raskt og nøyaktig, noe som spesielt viktig i lavenergiboliger og passivhus. Radiatorer kan også dimensjoneres slik at lavtemperatur energikilder som varmpumper og solfangere kan

brukes. Ved bruk av varmpumper i denne type anlegg, er det viktig å benytte radiatorer som har en stor varmeavgivende flate fordi varmpumpene som regel ikke er i stand til å levere varme ved så høy temperatur. Det gjør også til at overflatetemperaturene blir lave, noe som igjen er veldig gunstig for innklimaet. Radiatorer er en oppvarmingsløsning som mest sannsynlig kommer til å bli mer vanlig i boliger bygget etter Tek07. En vannbåren radiator gir mulighet for valg av miljøvennlige energikilder og kan i mange tilfeller være det eneste kostnadmessige forsvarlige distribusjonsløsningen for vannbåren varme. Det er derfor grunnlag for å anta at det er en større andel av boliger med vannbåren varme kommer til å benytte radiatorer som varmeavgivende element. Det kan også bekreftes i henhold til statistikken over andelen nye eneboliger med vannbåren varme på Figur 9. Her ser vi en jevn stigning av andelen som benytter radiatorer som varmeelement. Det er god grunn til å anta at denne andelen kommer til å øke vesentlig med tanke på de nye energikravene det lavere energibehovet det medfører.

5.5.3 KONVEKTORER

Konvektorer har stort sett de samme fordelene som en radiator. Men ulempene ved en konvektor gjør at denne blir mindre brukt i boliger. Dette skyldes det relativt høye støynivået fra en viftekonvektor gjør de ofte uønsket, men i tillegg kommer også støvproblemer som følge av luftstrømmen fra en slik konvektor. Konvektoren egner seg best i hus med store åpne planløsninger. Tradisjonelt sett er ikke dette en veldig vanlig løsning i boliger og det finnes heller ikke noe grunnlag for å anta at dette kommer til å endre seg med tiden.

5.5.4 VEGGVARMESYSTEMER

Veggvarmesystemer er merkelig nok er nesten ukjent i Norge. Dette skyldes at det finnes relativt mange andre gode løsninger på markedet. I tillegg så er det få leverandører, noe som gjør at det er lite utbredt løsning. Denne løsningen krever i tillegg ekstra isolasjon av veggene, og "spiser" opp det innvendige arealet i boligen. Denne løsningen kommer vi nok ikke til å se noen stor endring av i framtiden.

5.5.5 BEST BOARD VARMELIST

Et annet alternativ til radiatorer og gulvvarme er "Best Board" vannbåren varmelist.

Dette er et bra eksempel på hvordan bransjen kan tenke innovativt og løse en del av de problemene som finnes med tradisjonelle løsninger som gulvvarme og radiatorer. Denne listen

utnytter mange av fordelene som gulvvarme og radiatorer har, samt legger til andre fordeler som tradisjonell gulvvarme og radiatorer ikke har. Best Board er lett regulerbar, har nattsinking, lavere energibruk ved bruk av lavtempererte energikilder, brenner ikke støv, ingen fare for forbrenning eller antennelse ved berøring, gir jevn temperatur fra gulv til tak, enkel å montere, lite synlig utførelse, lydløs og utnytter fleksibiliteten i valg av energikilde. Kostnadmessig så sier de at på nybygg så blir investeringen omtrent den samme som for gulvvarme, men på rehabilitering og ombygging er det mye å spare. Der er kostnadene ved gulvvarme formidable, så der blir listen 50 % billigere. Varmelisten koster nesten det samme på rehabilitering som til nybygg.

5.6 ØKONOMI OG LØNNSOMHET VED BRUK AV VANNBÅRNE LØSNINGER

For nybyggere med noe begrenset finansiering eller i gamle boliger med installerte panelovner, virker gjerne elektrisitet som den beste løsningen. Dette så man spesielt i den tiden da Norge var selvforsynt med billig og ren elektrisitet fra vannkraftverk. Da var det få argumenter som kunne slå de åpenbare fordelene. Som allerede nevnt er imidlertid Norge i en særstilling hva vannkraft og elektrisitet per innbygger gjelder. Strøm har tradisjonelt sett hatt en lav investeringskostnad. Noe som kommer av at panelovner er relativt billige i innkjøp og at kostnadene ved tilknytning til strømmettet betales av det «fellesskapet» som allerede er tilknyttet strømmettet. Når det gjelder kostnadene for systemer med vannbåren varme, så må dette betales av den enkelte. Ett av innsparingsområdene som har blitt nevnt i forhold til vannbårene varmeløsninger er energi knyttet til pumper. Tidligere ble pumper dimensjonert for maksimalt turtall og full effekt hele året, til tross for at varmebehovet avtar med stigende utetemperaturer. Nye pumper regulerer effekten etter varmebehovet, og denne teknikken kan utnyttes langt mer offensivt i nye boliger. Norge har en vane for å overdimensjonere røranlegg og dette fordyrer ofte vannbåre anlegg. Ved bruk av turtallsregulerte pumper, kan man øke den spesifikke motstand som er lagt til grunn for dimensjoneringen. Potensiale her er en kapasitetsøkning i rørnettet på ca 30 – 50 %, noe som kan være med på å få ned investeringskostnadene.

Hovedargumentet for et vannbårent distribusjonssystem er fleksibiliteten for å benytte varme fra alternative energibærere som bergvarme, jordvarme, sjøvarme, solenergi, biobrensel, varmepumper osv. Det er ofte dette valget som avgjør om investeringen i vannbåren varme blir lønnsomt eller ikke. Hvilken energibærer som foretrekkes, kan avhenge av mange forhold. Som oftest er det kriteriene privatøkonomisk lønnsomhet, effekt og ønske om å redusere

klimagassutslippene som danner grunnlaget for disse avgjørelsene. Alle de nevnte energibærerne vil ha sine respektive markeder og valg av løsning velges ofte individuelt i forhold til leverandør, beliggenhet, erfaring og kunnskap, og selvfølgelig prisen. Den mest tradisjonelle innvendingen mot vannbåren varme og alternative energikilder er at løsningene ofte er for dyre i forhold til direkte elektrisk oppvarming, noe som også gjenspeiles i energikravene i Tek07 § 8-22, om frafall fra kravet om alternativ energi hvis det foreligger en merkostnad ved valg av slik løsning. Vi vet imidlertid at et anlegg for vannbåren oppvarming kan ha lavere direkte energikostnader og har en noe lengre levetid. Økonomisk sikring mot kostnadsstigning er derimot en faktor som mange ikke legger til grunn ved valg av energikilde og distribusjonsmetode. Når man har tatt utgangspunkt i vannbåren varme som distribusjonsmetode så kan energibærer byttes med en annen energibærer uten at det nødvendigvis betyr en altfor stor kostnad.

Investeringskostnader for ulike typer alternative energikilder og arbeidet knyttet til installering varierer mye avhengig av størrelsen på leveransen, hvor i landet boligen er, rabatter og avtaler, osv. Det å finne kostnadstall for ulike løsninger som kan brukes i systematiske analyser av energisparetiltak er en meget omfattende oppgave. Når man skal vurdere lønnsomheten til de ulike energisparetiltakene i byggeprosjekter, bør man derfor i hvert enkelt tilfelle innhente tilbud på de ulike leveransene fra flere forskjellige firmaer. Prisforskjellen og utforming kan variere veldig. Alternative energikilder som skal kunne dekke inn de minimum 40% i Tek07 vil nok i størst omfang dreie seg om pelletskjel eller varmepumpe (luft-vann) i boliger i fremtiden. Dette er basert på mine antagelser og avgrensinger av denne oppgaven.

5.6.1 PELLETSKJEL

Pellets er en energikilde som er laget av treflis. Treflisen blir kokt under trykk og presset sammen uten bruk av bindemidler. Pellets brenner svært rent med svært lave verdier av sot og partikler. Brenningen av pellets foregår i en pelletskjel. I forhold til ved er energiinnholdet i pellets ca. tre ganger så høyt og det er derfor mer økonomisk gunstig å bruke pellets til oppvarming enn ved bruk av ved [Wikipedia 2008, 45]. Pelletskjelen varmer så vann som sendes rundt i boligen via en lukket røkrings i for eksempel radiatorer eller vannbåren gulvvarme. I tillegg kan pelletskjelen brukes til å varme tappevann. En pelletskjel forutsetter at du har et sentralvarmeanlegg. Dersom du har vannbåren varme, men ikke fyrrom, kan du bruke en pelletskamin som kombinerer direkte og sentral oppvarming. Den kan plasseres i et oppholdsrom hvor den avgir direkte varme. I tillegg kobles kaminen til et vannbårent anlegg.

Pelletskjel kan dekke hele behovet for romoppvarming samt varming av tappevann. Derfor kan pelletskjel være en fullverdig løsning for å redusere strømforbruket med minimum 40% i henhold til Tek07. Det finnes selvsagt både fordeler og ulemper med pelletskjeler. Fordelene ved pelletskjeler er at de har en høy toppeffekt og i motsetning til en varmepumpe kan pelletskjelen dekke hele oppvarmingsbehovet, også i de kaldeste periodene. Det er nettopp i disse periodene at strøm- og oljeprisene er høyest. Pellets er mindre plasskrevende, lett å regulere og har lavt utslipp. Pellets er regnet som en fornybar ressurs som ikke øker utslipp av CO₂. Pelletskjelen kan for eksempel brenne døgkontinuerlig med hjelp fra automatikk. Det vil si at når det er behov for varme så starter pelletskjelen automatisk. Prisen per kWh for pellets har historisk sett vært vesentlig lavere enn for både olje og strøm. Ulempene ved en pelletskjel er at de krever en del oppfølging. Pellets brenner godt og bør derfor lagres i beholder som ikke kan brenne.

LØNNSOMHET

La oss ta en titt på lønnsomheten som er knyttet til en pelletskjel. Pelletskjeler koster normalt fra 50.000 kroner og oppover i innkjøp, mens prisene på pellets normalt ligger rundt 60–70 øre/kWh. Prisen blir enda lavere ved "bulkleveranse" eller om du henter selv fra fabrikk. Som vi kan se av Tabell 4 så blir besparelsen for en pelletskjel kontra elektrisitet slik:

Totalt energibehov (kWh/år) ¹	Andel til varme og varmt vann - dekket av pelletskjel (kWh/år) ²	Årlig Besparelse (kr/år) ³
10000	7500	1875
15000	11250	2812,5
20000	15000	3750
25000	18750	4687,5
30000	22500	5625
35000	26250	6562,5
40000	30000	7500
45000	33750	8437,5
50000	37500	9375
55000	41250	10312,5
60000	45000	11250

Tabell 4: Årlig besparelse kr/år *

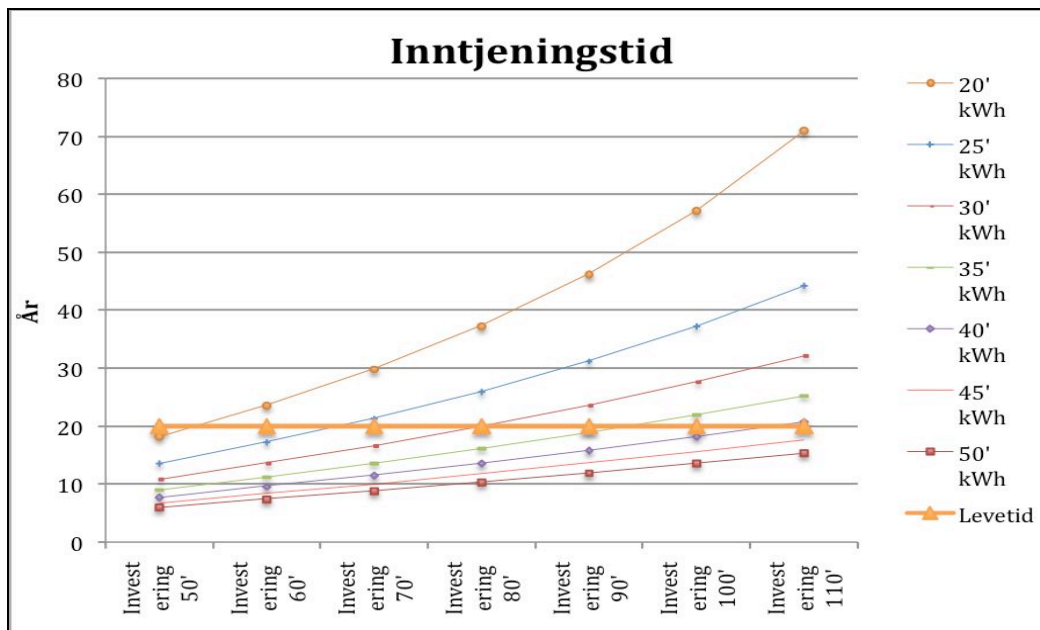
¹ Her er 75% av totalt energiforbruk beregnet brukt til oppvarming og tappevann. Denne andelen er ofte større ved stort forbruk.

² I dette eksemplet dekker pelletskjelen 100 % av årsbehovet for varme og varmt vann.

³ Beregnet ut fra en forskjell i strøm-/oljepris og pelletspris på 25 øre/kWh.

* Se vedlegg 99.3 for utregningsgrunnlag

Med en kalkulasjonsrente på 4% og en teknisk levetid på 20 år, se hvilket forbruk og hvilke investeringer som vil spares inn i løpet av levetiden i henhold til Figur 56.



Figur 56: Inntjeningsstid i forhold til forbruk, investering og levetid. Se vedlegg 9.3 for utregningsgrunnlag

Som følge av dette kan vi se at pelletskjel gir lønnsomhet for alle investeringer over 50.000 kroner og boliger som har et varmebehov fra 20.000 kWh og oppover. Det dekker akkurat kostnaden for selve kjelen, men i tillegg kommer det vannbårne systemet. Da kommer fort investeringen opp i nærmere 100.000 kroner og da er det best lønnsomhet for større boliger med stort varmebehov. Dette er under forutsetning at kalkulasjonsrenten er på 4% og at prisforskjellen mellom pellets og strøm er på 0,25 øre. Denne prisforskjellen endrer seg kontinuerlig og er en av de største variabelene i slike lønnsomhetsberegninger.

5.6.2 LUFT-VANN-VARMEPUMPE

I en slik varmepumpe hentes energien fra uteluften eller avtrekksluften, og leverer varme til vannbåren gulvvarme, radiatorer og konvektorer. En luft-vann-varmepumpe kan også dekke deler av behovet for varmt tappevann. Med en luft-vann-varmepumpe har du fleksibilitet i forhold til valg av oppvarming. Varmekilden er tilgjengelig overalt, og er regnet som billig og enkel å montere. Investeringskostnadene er moderate etter som varmeopptakssystemet er en integrert del av anlegget. Den har en høy virkningsgrad, spesielt i områder med høy middeltemperatur. Et slikt system vil gi noe lavere investeringskostnader enn større systemer som benytter vann-vann varmepumper i form av berg-, jord- og sjøvarmepumper. Men det er ikke bare fordeler med varmepumper. Ulempene med varmepumper er at de har lavest varmfaktor og varmeytelse når varmebehovet er størst. Ofte får du større behov for tilleggsvarme enn ved bruk av andre typer varmepumper som luft-luft. Ved temperaturer lavere

enn 2°C til 5°C avsettes fuktigheten i luften som rim på fordamperflaten, og du må avrime. I tillegg må anlegget ofte slås av ved temperaturer ned mot -15°C til -20°C.

LØNNSOMHET

Lønnsomheten er i vesentlig grad knyttet til korrekt dimensjonering, utforming og drift av anlegget. Prisen på luft-vann-varmepumpe inkludert installasjon kan variere vesentlig. Gode luft-vann-varmepumper koster normalt fra ca. 35.000 kroner og da kommer montering i tillegg. Levetiden er opptil 15 år, men denne kan avvike utifra ulike modeller og produsenter samt beliggenheten i landet. Som vi kan se av Tabell 5 så blir besparelsen for en luft-vann varmepumpe kontra elektrisitet slik:

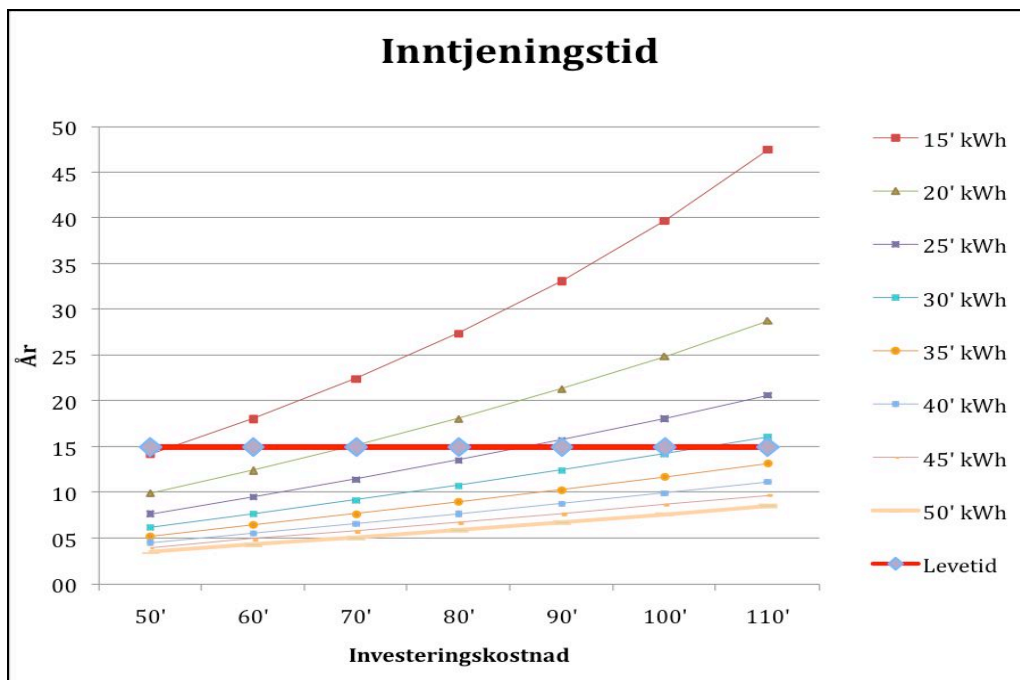
Totalt energibehov (kWh/år)	Andel varme varmt vann til varmt vann (kWh/år)	Effektfaktor 75%	Besparelse (kWh/år)¹	Besparelse (kr/år)²
10000	7500	2778	3542	3010
15000	11250	4167	5313	4516
20000	15000	5556	7083	6021
25000	18750	6944	8854	7526
30000	22500	8333	10625	9031
35000	26250	9722	12396	10536
40000	30000	11111	14167	12042
45000	33750	12500	15938	13547
50000	37500	13889	17708	15052

Tabell 5: Besparelse ved bruk av luft-vann varmepumpe *

¹ I dette eksemplet dekker luft/vann-varmepumpen 75 % av årsbehovet for varme og varmt vann og årsvarmefaktoren er satt til 2,7.

² Ved 85 øre/kWh.

* Se vedlegg 9.4 for utregningsgrunnlag



Figur 57: Inntjeningstid i forhold til forbruk, investering og levetid. Se vedlegg 9.4 for utregningsgrunnlag

Som vi kan se av Figur 57 så gir luft-vann varmpumper lønnsomhet for middels boliger med varmebehov fra ca 15000 kWh og oppover. Problemet ligger i at investeringskostnaden for et komplett system med vannbåren varme, varmpumpe og varmtvannsbreder fort kommer opp i 100.000 kroner. Da kan vi se at man skal ha et forholdsvis stort varmebehov for å kunne forsvare investeringskostnadene. Men det dette regnestykket ikke tar med i betraktningen er at det vannbårne systemet har en lengre levetid enn resten av komponentene. Så derfor begrenser reinvesteringer etter 15 år seg til ny varmpumpe og eventuelt ny varmtvannsbreder. Dette er under forutsetning at kalkulasjonsrenten er på 4% og at prisen på strøm holder seg på 0,85 øre/kWh. Usikkerhetsmomentene rundt denne beregningen er mange og igjen så er strømprisen den største variabelen.

VIRKNINGSGRAD

Flere har påpekt at vannbåren varme har en virkningsgrad som er lavere enn direkte elektrisk oppvarming. Denne virkningsgraden er avhengig av blant annet valget av varmekilde og hvordan utformingen på oppvarmingssystemene er. I henhold til NS 3031:2007 [Pronorm 2007, 5] så skal det benyttes en distribusjonsvirkningsgrad for elektrisitet på 0,98 om vi tar med tappevann. For moderne gulvvarmeløsninger med tappevann er en sannsynlig virkningsgrad på 0,95 til 0,97. Oppvarming via gulvet betyr imidlertid at vi kan holde det samme komfortnivå med en lavere romtemperatur noe som fort kan gi opptil 5% besparelse.

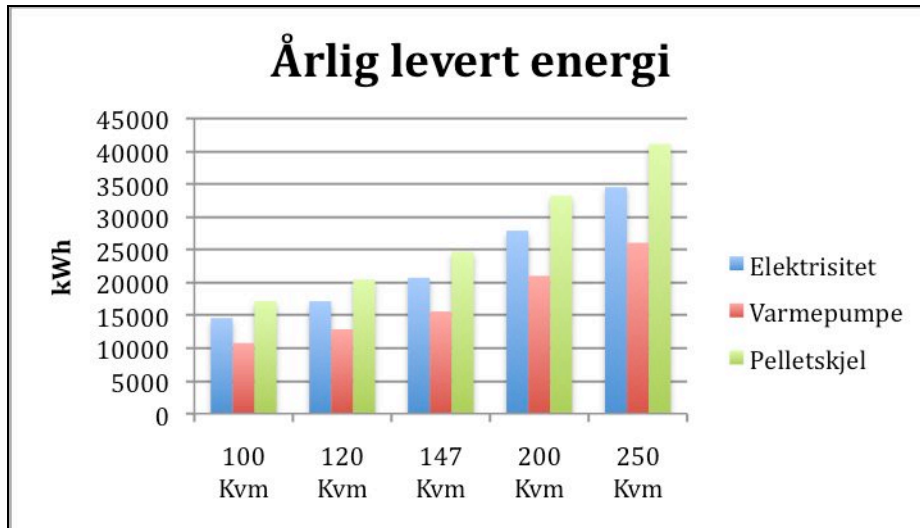
Når det gjelder virkningsgrader for varmesentralene som skal levere varmen til det vannbårne distribusjonssystemet så vil denne variere i forhold til hvilken energibærer som benyttes. Det har vært en utstyrsutvikling de siste 10-15 årene som har medført at vi kan forvente en systemeffektfaktor i henhold til NS 3031:2007 [Pronorm 2007, 5] på 2,05 for gulvvarme og 2,08 for radiatorer når vi benytter luft-vann varmepumpe. Da ser vi at vannbåren varme i prinsippet, ved riktig valg av energibærer, kan være med å yte et vesentlig bidrag til reduksjonen av CO₂ utslipp, i et kraftsystem der marginalproduksjonen leveres fra forurensende kullkraftverk.

Mange har jo sikkert sett at i de siste årene så har det vokst frem en interesse for lokale energiløsninger i form av nærvarme- og fjernvarme systemer. Problematikken rundt dette handler i dag om infrastrukturen for å ta av de varmemengder som kan produseres. Det er per i dag for liten andel av vannbåren varme og dette må bli et førstevalg innen oppvarming både i boliger, i offentlige bygninger og i næringsbygninger før vi ser en vesentlig endring i bruken av nærvarme- og fjernvarme systemer.

5.6.3 SAMMENLIKNING AV ENERGIBÆRERE

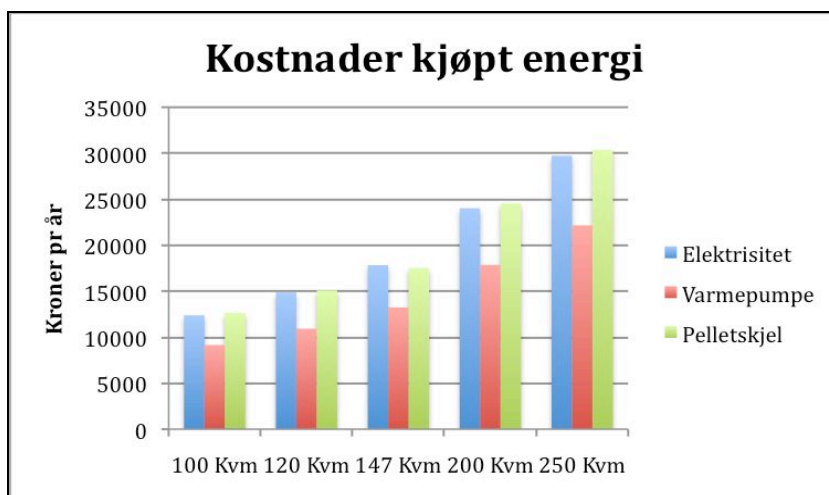
Vi har tidligere sett de 5 ulike eksempelhusene som ble laget og simulert ved hjelp av SIMIEN [Programbyggerne 2008, 31]. Vi tar utgangspunkt i de samme husene og utstyret de med vannbåren varme med radiatorer og henholdsvis luft-vann varmepumpe og pelletskjel for å se sammenhengen i levert energi, energikostnad og CO₂ utslipp. I tillegg har vi husene som vi tidligere hadde utstyrt med elektrisitet med i sammenlikningen. Simuleringen med varmepumpe har de forutsetningene at systemvirkningsgraden er på 2,08 [NS 3031, Pronorm 2007, 5] og at 75% av energibehovet til rom- og varmtvanns oppvarming kommer fra varmepumpen. For pelletskjelen så har den systemvirkningsgrad på 0,77 [NS 3031, Pronorm 2007, 5] og dekker hele energibehovet til rom- og varmtvanns oppvarming. Prisen på strøm er satt til 0,85 øre/kWh og pellets til 0,69 øre/kWh. Hva slags reduksjon i energibehovet vil vi få kontra statistikken fra SSB på figur 8? Hvis vi regner ut gjennomsnittet for levert energi for beregningshus 1, 2 og 3 så blir det 20.779 kWh med pelletskjel og 13.067 kWh for varmepumpen. Vi kan da midlertidig konkludere med at Tek07 med vannbåren varme i kombinasjon med fornybar energikilde representerer en reduksjon i forhold til statistikken på figur 8 i størrelsesordenen 4.200 til 11.900 kWh. For boligene over 150 m² så hadde de et gjennomsnittlig energibehov på 37.175 kWh med pelletskjel og 23.533 kWh for varmepumpen. Vi får et forbruk som i forhold til statistikken medfører økt energibehov for pelletskjelen, men

et lavere energibehov for varmepumpen. Ved hjelp av SIMIEN programmet [Programbyggerne 2008, 31] får vi denne fremstillingen av levert energi, kostnader for denne energien og CO₂ utslippet som følge av valgt energibærer.



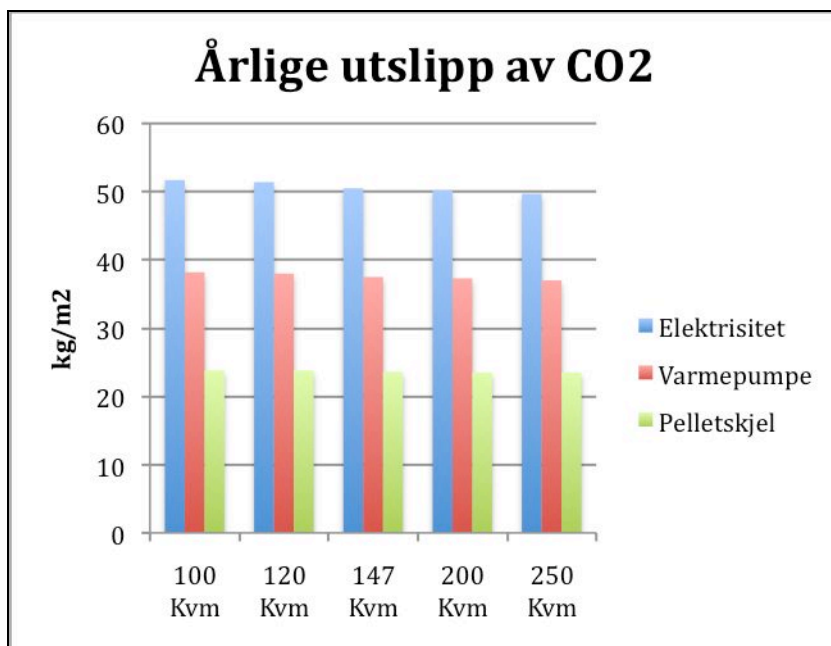
Figur 58: Årlig levert energi, kWh – SIMIEN

Av dette kan vi se at pelletskjelen trenger mer tilført energi enn elektrisitet og dette skyldes lavere virkningsgrad. Vi kan se av dette at varmepumpen kommer definitivt best ut av disse løsningene og det skyldes den høye virkningsgraden for systemet. Derfor får vi også den kostnadssammenhengen som vist på Figur 59. Der vi ser at pellets er nesten likt som elektrisitet. Dette skyldes den lavere virkningsgraden og forholdet mellom prisen på strøm og pellets. Det er i de fleste slike sammenlikninger prisforskjellen mellom energiprisene for de ulike energibærerne som blir utslagsgivende for lønnsomheten. Igjen så ser vi at varmepumpen kommer best ut sammenliknet med elektrisitet og pellets.



Figur 59: Kostnader for kjøpt energi i kroner pr år – SIMIEN

Det som vi også kan se utifra SIMIEN –simuleringene er utslippsmengdene som de ulike energibærerne slipper ut. Dette er tall som ligger programmert i programmet og gir kun en pekepinn på hvordan forholdet mellom energibærerne er. Av Figur 60 så kan vi se at elektrisitet kommer dårligst ut med rundt 50 kg/m² CO₂ per år. Varmepumpen slipper ut en del mindre med ca 38 kg/m² CO₂ per år, mens pelletskjelen slipper ut rundt 24 kg/m² CO₂ per år. Pelletsen er derimot regnet som CO₂ –nøytral da den ikke fører til økt CO₂ –utslipp.

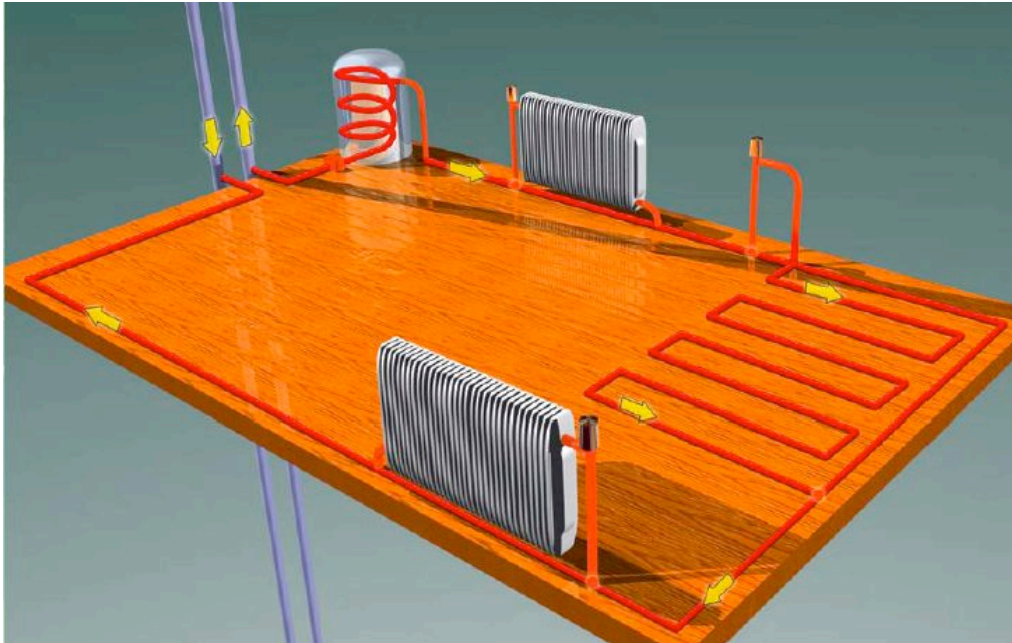


Figur 60: Årlige CO₂ utslipp som følge av valgt energibærer – SIMIEN

5.7 HVORDAN VIL FREMTIDEN TIL VANNBÅREN VARME SE UT?

Når det gjelder prognosene så langt så ser ikke forfatter at vannbåren varme vil forsvinne fra markedet, snarere tvert i mot. Så lenge boligen som skal bygges oppnår et varmebehov som overstiger 17.000 kWh, må minimum 40% dekkes av alternative kilder. Da er vannbåren varme en glimrende måte å kunne gjøre dette på, med energifleksibilitet som det viktigste argumentet. Men også fordeler som inneklime, komfort og energibruk er viktige argumenter. Som vi kan se av Figur 9 i den teoretiske forankringen så er andelen av nye eneboliger som ble bygget med vannbåren varme på rundt 40% i henholdsvis 1. og 2. kvartal 2007. Man kan også se en økning i bruken av radiatorer. Denne utviklingen kan sees som starten på en utvikling, som en direkte følge av lavere energibehov Tek07. Løsninger, som vist eksempelvis på Figur 61, knyttet til bruken av radiatorer i oppholdsrom og gulvvarme på bad er nok den løsningen vi kommer til å

se i fremtiden. Sannsynligvis med samme tur/retur temperatur på både radiator og gulvvarmen for å gjøre systemet enklere. Som energibærer vil vi nok mange velge den som gir laveste investeringskostnader og kortere inntjeningstid som følge av besparelsen. I de fleste tilfeller vil nok mange komme til å velge varmepumper.



Figur 61: Fremtidens vannbårene distribusjonssystem?

Med den dominans elektriske oppvarmingssystemer har hatt de siste 30-40 årene har mye kompetanse om vannbårene varmesystemer gått tapt i mange ledd i byggeprosessen. Helt fra utførende rørleggere til rådgivende ingeniører og konstruktører. Dette skyldes at det tidligere ikke har vært et lite marked for vannbårene varme. Vitalt for dette er at det skjer en prosess der bransjen går i seg selv og innser at det må en tiltak til for å heve kompetansen. Ved en kompetanseheving og dermed økende kunnskap og forskning vil vannbåren varme forhåpentligvis stå ovenfor en rekke standardiserte løsninger. Hovedproblemet for vannbåren varme er investeringskostnadene. Som vi har sett så har dagens løsninger en tendens til å bli for kostbare for at lønnsomhet skal være et vinnerargument, men det er ikke umulig å oppnå lønnsomhet med vannbåren varme. Løsningene må bli enklere og billigere, både på grunn av lavere investeringskostnader og de innskjerpede energikravene i Tek07. Det er derfor viktig at bransjen får laget nye innovative produkter som kan være med å sikre en fremtidig vekst i bruken av vannbåren varme. Gjennom å standardisere løsninger slik at man kan foreta i større grad en prefabrikasjon av slike anlegg. Sette en standard for enkle anlegg som har redusert omfang og mindre unødvendige deler og komponenter. Gjennom forskningsprosjekter og kompetanseheving vil vi nok kunne se bedre løsninger i fremtiden. Derfor blir det spennende å

se utfallet av forskningsrapporten til Sintef Byggforsk og deres samarbeidspartnere som skal foreligge i utgangen av juni. Denne vil forhåpentligvis også være med å bidra til en kostnadsreduksjon og en forenkling av eksisterende systemer.

Den manglende tradisjonen for vannbåren varme er helt unik her til lands og nedover i Europa er det helt utenkelig å ikke benytte seg av vannbåren varme. Det er klart at denne manglende tradisjonen vil medføre at kostnadene i overgangsperioden vil bli store. Større entreprenører bygger etter egne byggesystemer, som vanligvis gir kostnadsbesparelser ved at byggemoduler, verktøy, støpeformer, utstyr, underleverandører for varer og tjenester, prosjekt og byggeledelse er det samme fra prosjekt til prosjekt. Endringer i slike etablerte byggesystemer medfører reelle merkostnader i en omleggingsfase, og er en barriere mot introduksjon av nye løsninger som for vannbårne varmesystemer i stedet for elektrisitet. Disse fagmiljøene spiller ofte en sentral rolle for energivalget ved oppføring eller renoveringer av bygg og boliger. Manglende kompetanse/fokus på fornybar energi i disse miljøene gjør at byggherre ofte ikke får informasjon om alternativer til fossil oppvarming eller direktevirkende elektrisk oppvarming.

Det kanskje viktigste momentet for hvordan utviklingen av vannbåren varme blir er implementeringen av energimerkeordningen. Denne vil være med på å rette fokuset mot energibesparende boliger og vannbåren varme vil da kunne få en økt oppmerksomhet. Det er imidlertid kritisk at denne ordningen blir skikkelig implementert og at ordningen får tilstrekkelig kontrollordninger slik at ordningen skaper et større fokus på energivennlige boliger.

6. KONKLUSJON

Gjennom dette kapitlet skal jeg gjennomgå mine forskerspørsmål og komme med konklusjoner på disse, basert på den teoretiske forankringen, empirien og drøftingen av oppgaven. Jeg vil også fortelle litt om videre arbeid og gi en selvkritisk vurdering av oppgaven.

1. HVILKEN PÅVIRKNING HAR ENERGIKRAVENE I TEK07 PÅ ENERGIBRUKEN I NORGE?

Som vi har sett så vil energikravene i Tek07 ha en positiv effekt fordi den setter nye krav til økt isolasjon og forbedrede u-verdier på de ulike bygningsdelene, noe som medfører et lavere varmetap i boligen. Men det mest revolusjonerende med Tek07 er kravet om at boliger som har et varmebehov over 17.000 kWh per år skal dekke minimum 40% av energibehovet fra fornybare energikilder. Dette er som vi har sett et ganske ambisiøst steg for å få ned energibruken i nye norske boliger. Det betyr at vi vil kunne bli mindre avhengige av import av strøm fra andre land som produserer strømmen gjennom lite CO₂ vennlige produksjonsmetoder som kullkraft. Målsetningen med innskjerpelsen av Tek er en årlig energibesparelse på 4-4,5 TWh. Dette representerer kun bortimot 4% av den norske produksjonskapasiteten for vannkraft, men vil på sikt gi økt forsyningssikkerhet og en redusert strømvhengighet. Denne oppgaven har rettet et kritisk fokus på mulighetene for å unngå disse kravene. Konklusjonen er at energikravene vil virke i henhold til sin hensikt, men bør revideres ved utgangen av overgangsperioden. Forskriften bør fjerne, eller i alle fall stramme inn, mulighetene for frafall av kravet om 40% fornybare energikilder. Kravet er i utgangspunktet relativt ambisiøst, men muligheten for å frafallet kravet gjør at det ikke er så vanskelig å regne seg bort fra alternativ oppvarming, gjennom negative nåverdiberegninger på alternativ oppvarming. Videre konklusjon er at rundt halvparten av Norges eksisterende eneboligmasse vil kunne avvike kravet på bakgrunn av lavere varmebehov enn 17.000 kWh årlig, basert på energisimuleringene i SIMIEN og statistikk fra Statistisk Sentralbyrå. Dette gjenspeiler igjen kritikken mot muligheten for å unngå fornybar energi. Endelig konklusjon blir da at energikravene i Tek07 har en udelte positiv effekt på energibruken, men bør revideres for å oppnå maksimal effekt.

2. ER DEN NYE FORSKRIFTEN ET SKRITT VIDERE MOT LAVENERGINIVÅ?

Begrepet lavenergiboliger dukket opp i Soria Moria erklæringen og Tek07 skulle være midlet for å gjøre lavenergiboliger til standard i Norge. Konklusjonen er at Tek07 når ikke målet om en lavenergistandard, men inneholder mange gode tiltak og er et godt skritt på veien. Noe av

årsakene til at Tek07 ikke innfridde dette målet, er hovedsakelig manglende kompetanse i bransjen og manglende tilfredsstillende løsninger. Dette gjorde at ambisjonsnivået på Tek07 ble redusert og overgangsperioden ble opprettet for å gi bransjen muligheter til å forske og utvikle nye løsninger som er tilpasset de nye reglene. Fordelene ved lavenergistandard er mange og dette er utvilsomt et viktig mål å strekke seg etter når det gjelder energisparing. Dette understreker igjen forskriftens behov for revisjon ved utløp av overgangsperioden for å bevege oss enda et skritt nærmere lavenerginivå.

3. HVORDAN SER FREMTIDEN UT FOR BRUKEN AV VANNBÅREN VARME I ENEBOLIGER I HENHOLD TIL TEK07?

Tek07 gir bransjen en gylden mulighet til å utvikle og profilere hvilket potensiale som ligger i vannbåren varme i fremtiden. Vannbåren varmes fordeler som energifleksibilitet, inneklima, komfort og energibruk gjenspeiler dette potensialet. En stor andel av nye boliger bygges allerede i dag med vannbåren varme og det vi nå ser er bare starten på en utvikling over tid. Vi vil se en økning i bruken av vannbårne løsninger, men som benytter seg av andre varmeavgivende elementer en vi tradisjonelt har sett til nå. Vannbåren gulvvarme på bad og éntre, samt radiatorer ellers i boligen er den løsningen vi kommer til å se mest av i fremtiden. Dette er det rimeligste og mest konkurransedyktige løsningen vi har i dag. Løsningene må også settes i sammenheng med prosjekteringen av boligen for å gi bedre samsvar mellom utformingen av boligen og plasseringen av de varmeavgivende elementene. Dette er for å få kortere vei fra varmesentralen til de varmeavgivende elementene, noe som gir et enklere og billigere system. Det kommer nok til å bli en utvikling av den tradisjonelle radiatoren i form av nye innovative løsninger. Valget av energibærer velges utifra faktorer som beliggenhet i landet, behov og ønske, størrelse på boligen og pris. Her er det vanskelig å gi noen konklusjon på hva slags energibærer som er fremtiden, da dette er en omfattende oppgave å kartlegge og analysere. Dette må tilpasses den individuelle boligen og lokale priser på håndverkere og lignende. Jeg kan imidlertid anta hva jeg tror vi kommer til å se som energibærer i kombinasjon med vannbåren varme, og det må være løsninger som baserer seg på luft-vann varmepumper og pelletskjel. Disse har en noe lavere investeringskostnad og det er derfor lettere å oppnå privatøkonomisk lønnsomhet.

4. HVILKE MOMENTER ER VIKTIGE FOR AT VANNBÅREN VARME SKAL OPPNÅ VEKST I FREMTIDEN?

Det kan her midlertidig konkluderes med at energimerking av boliger vil være et viktig moment for den videre veksten av vannbåren varme. Dette på grunnlag av at den er vedtatt innført i 2009 og ordningen har som hensikt å få økt fokus på energivennlige boliger. Ordningen vil kunne gi et vesentlig pluss for boliger som benytter seg av energibesparende tiltak og vannbåren varme i kombinasjon med en fornybar energikilde blir da et vesentlig pluss i henhold til en slik ordning. En slik synliggjøring vil gjenspeiles i boligprisen og boligeiere som har energibesparende tiltak vil oppleve en merverdi ved salg av boligen. Det er her kritisk at ordningen blir riktig implementert, kontrollen av slike sertifikater er grundig, lett forståelig og at man legger listen høyt for å oppnå høyeste karakter. I og med at denne ordningen ikke ferdig utviklet så bør det avventes til den er innført og ser utfallet av den før jeg kan gi noen endelig konklusjon. Standardisering og prefabrikasjon vil være en viktig moment for å oppnå videre vekst av vannbåren varme. Gjennom standardisering og prefabrikasjon så kan man få ned prisene og bli mer konkurransedyktige mot elektrisk oppvarming. Forenkling av systemer er også et moment for å øke andelen vannbåren varme. Kompetansen må heves slik at utbyggere lettere får øye på enkle løsninger som krever mindre deler. Konklusjonen her blir at det er det opp til bransjen, gjennom å utvikle standarder, muligheter for prefabrikasjon og enklere løsninger, å sørge for at vannbåren varme blir en fullverdig konkurransedyktig løsning. Noe bransjen allerede har oppfattet til en viss grad og slike prosjekter er under utvikling.

5. HVORDAN KAN VANNBÅRNE VARMEANLEGG VÆRE MED Å BIDRA TIL AT ENERGIKRAVENE I TEK07 OPPNÅR SINE MÅL?

Tek07 har som målsetning å redusere energibruket i norske bygninger. Vannbåren varmes bidrag til dette er som distribusjonsmedium for fornybare energikilder som pelletskjeler og varmpumper. Disse er avhengige av å få distribuert varmen fra den sentrale kilden og ut i alle rommene i boligen. Det er her vannbåren varme primært har det største bidraget. Jeg har imidlertid ikke funnet noen konkrete bevis for at vannbårne varmeanlegg i seg selv reduserer energibehovet spesielt mye. Ved bruk av gulvvarme kan det reduseres noe på avgitt effekt, men denne løsningen kommer vi nok til å gå mer og mer bort i fra. Endelig konklusjon er at bidraget vil komme i form av mulighetene for fornybar energi og energifleksibilitet, snarere enn som et energisparende tiltak. Boligen har stort sett samme energibehov uavhengig av om det velges

vannbåren varme som distribusjonskilde eller ikke. Det er virkningsgradene og energiprisene som fastsetter hvor stort eller lite energibesparelsen i boligen blir.

6. HVORDAN OPPLEVER BRANSJEN DE NYE ENERGIKRAVENE I TEK07 OG VANNBÅREN VARME?

Oppfatningen blant de i bransjen som har uttalt seg i forbindelse med denne oppgaven er at de er positive til de nye energikravene i Tek07. De er også alle veldig positive til energimerkeordningen og er veldig spente på hvordan denne ordningen vil påvirke folks holdninger i forhold til energibruk. De fleste opplever imidlertid at forskriften er utfordrene. Det som skiller seg ut her er at det er rørbransjen som finner de nye kravene meget strenge og setter et sterkt press på vannbåren varme. De har fått et press på seg på å utvikle nye gode løsninger for å sikre vannbåren varmes fremtid. Bransjen ser helt klart en fremtid for vannbåren varme, men da som enklere løsninger. Som konklusjon kan vi si at bransjen er stort sett positive til de nye energikravene i Tek07 og finner kravene utfordrene. Men alle har ulike synspunkter og det gjenspeiles i henhold til hvilken del av bransjen man representerer.

7. ER DET GRUNNLAG FOR Å OPPNÅ PRIVATØKONOMISK LØNNSOMHET VED INVESTERING I VANNBÅRNE VARMEANLEGG?

Mye av utfordringen for at vannbåren varme skal bli et fullgodt alternativ til tradisjonell elektrisk oppvarming er å få redusert investeringskostnadene forbundet med slike anlegg. Desto høyere investeringskostnad på den alternative energikilden, desto lengre nedbetalingstid vil du få. Beregningsgrunnlaget som Tek07, samt veiledningen til denne, oppgir for beregning av nåverdi sier at vi skal benytte årsgjennomsnittlig kWh-pris om valg av energipriser. Det er derimot vanskelig å forutse utviklingen energiprisene vil ha de nærmeste 50 årene og regnestykket kan derfor fort endre seg drastisk. Dette gjør at folk bevisst kan regne seg bort fra kravet om alternativ oppvarming ved å sette en for lav strømpris eller for høy alternativ energipris. Da går regnestykket fort i negativ favør og kravet om fornybare energikilder kan frafalles. Privatøkonomisk lønnsomhet er heller ikke helt utenfor rekkevidde. Dette må vurderes individuelt avhengig av investeringskostnadene basert på hver enkelt tilfelle og en generalisering blir derfor vanskelig. Lønnsomheten er avhengig av energibehovet for boligen, virkningsgrader, besparelsen mellom alternativ energipris og elektrisitet, samt levetiden både økonomisk og teknisk. Konklusjonen blir da at desto høyere energibehov, jo lavere investeringskostnader, jo stor forskjell mellom energiprisene, desto bedre blir den

privatøkonomiske lønnsomheten for alternative fornybare kilder i kombinasjon med vannbåren varme.

8. HVILKEN PÅVIRKNING HAR VANNBÅRNE ANLEGG PÅ MILJØET INNI OG UTENFOR BOLIGEN?

Gjennom denne oppgaven har vi sett at inn klima stort sett blir bedre som følge av vannbåren oppvarming av boligen. Dette på bakgrunn av at temperaturen på de varmeavgivende elementene er lav, noe som ikke svir støv eller transport av støv gjennom temperaturforskjeller og luftstrømninger. Vi har også sett at den termiske komforten er veldig god med vannbåren varme fordi det ofte avgir mye jevnere varme fra gulvnivå og oppover. Det finnes gode teorier og forskning som underbygger dette. Som en direkte konklusjon av dette kan vi si at vannbåren varme kan bedre inn klimaet i forhold til tradisjonelle elektriske panelovner.

Oppgaven har også tatt for seg CO₂ utslippet som følge av valgt energibærer. Vi kan konkludere med at ved å benytte vannbåren varme i kombinasjon med fornybare energikilder, som for eksempel pelletskjel og luft-vann varmpumpe, vil vi spare miljøet for henholdsvis 26 kg/m² CO₂ per år for pelletskjelen og 12 kg/m² CO₂ per år for luft-vann varmpumpen, i forhold til å benytte tradisjonell elektrisk energi. Dette er nesten en halvering av CO₂ påvirkningen for pelletsen og rundt 25 % for varmpumpen. Pellets gir imidlertid ikke noe økt bidrag av CO₂ og er regnet som CO₂ nøytral. Derfor er fornybare kilder viktig å benytte for å få ned Norges importbehov av forurensende kraft fra andre land. Konklusjon er basert på beregningene fra SIMIEN programmet og må sees på et generelt nivå.

FEILKILDER OG SELVKRITIKK

Feilkildene i denne oppgaven kan beskrives i forbindelse med simuleringen i SIMIEN. Her er husene av en generell karakter og gjengir ikke nødvendigvis norske eneboliger som helhet. Det er heller ment som en underbyggelse av hva slags forbruk, kostnader og utslipp en slik typisk enebolig har. For å rette et selvkritisk syn på oppgavens utfall så er nok den empiriske dataen litt snever. I tillegg burde det lagt mer vekt på energibærerne både teoretisk og empirisk. Det er viktig å merke seg at Tek07 er i en overgangsfase frem til 2009, energimerkeordningen ventes heller ikke innført før i 2009, samt mangelen på fullgode løsninger. Dette gjør at oppgaven leder til en del antagelser og mindre konkrete bevis som følge av mye usikkerhet.

En kvantitativ undersøkelse ble påbegynt, blant personer som skal bygge ny enebolig, for å kartlegge deres holdninger til vannbåren varme. Det ble lagt ned en del arbeid i dette, men fikk dessverre ikke fremskaffet tilstrekkelig datamateriale for å kunne foreta en slik kvantitativ

undersøkelse. En del av problemene var knyttet til godkjenning og konsesjon etter personopplysningsloven i forbindelse med uthenting av personinformasjon hos byggeteknisk etat. En slik undersøkelse krever mye tid for å finne personer som er relevante og at personene er villige til å stille opp i en slik undersøkelse. En undersøkelse av denne typen kunne bidratt til å få en bedre oversikt over hva folks holdninger er til vannbåren varme, for å gi bedre grunnlag for fremtidens spådommer.

VIDERE ARBEID

Videre arbeid bør gjennomføres når overgangsperioden for Tek07 er over, energimerkeordningen er innført og utviklingsprosjektene for enklere vannbårne varmeanlegg foreligger. Da vil vi kunne få et bedre bilde av hvordan fremtidens vannbårne varmeanlegg ser ut samt påvirkningen Tek07 får for vannbårne anlegg.

7. KILDE- OG REFERANSELISTE

1. Soria Moria Erklæringen;
<http://www.regjeringen.no/upload/kilde/smk/rap/2005/0001/ddd/pdfv/260512-regjeringsplattform.pdf>
2. Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk (TEK);
<http://www.lovdata.no/cgi-wift/lldles?doc=/sf/sf/sf-19970122-0033.html>
3. Stortingsproposisjon (St.prp) nr. 79;
<http://www.regjeringen.no/Rpub/STP/20032004/079/PDFS/STP200320040079000DDDPDFS.pdf>
4. Norsk Standard NS 3940:2007; "Areal- og volumberegning av bygninger", <http://www.pronorm.no>
5. Norsk Standard NS 3031:2007; "Beregning av bygningers energiytelse", <http://www.pronorm.no>
6. Veiledning til teknisk forskrift 1997, 4. utgave mars 2007,
<http://www.be.no/beweb/regler/veil/tekveil07/TekVeil07.zip>
7. Passivhusinstituttet i Darmstadt, www.passivehouse.com
8. Dokka T.H, Hermstad K; "Energieffektive boliger for fremtiden", SINTEF Byggforsk 2006
9. Energiforbruk per husholdning, 2006; Statistisk Sentralbyrå (SSB),
<http://www.ssb.no/husenergi/tab-2008-04-28-01.html>
10. Energiforbruk per husholdning, 2004; Statistisk Sentralbyrå (SSB),
<http://www.ssb.no/vis/emner/01/03/10/husenergi/arkiv/art-2007-05-23-01.html>
11. Hafslund; <http://www.hafslund.no/>
12. Elektrisitetsstatistikk, februar 2008; Statistisk Sentralbyrå (SSB),
<http://www.ssb.no/vis/emner/10/08/10/elektrisitet/arkiv/art-2008-04-10-01.html>
13. "Kraftbalansen i Norge mot 2020"; NVE 2005
14. Krog, B.R., Axelsen, E.P., Gundersen, P.; "Vannbåren lavtemperatursystemer kombinert med ventilasjon i bygninger", Byggforsk Prosjektrapport 2003
15. Hansen, H.E., Kjerulf-Jensen, P. og Stampe, O.B.; "Danvak – Varme og klimateknikk", Grundbog 1997
16. Fanger, P. O.; "Thermal Comfort"; Danish Technical Press 1970
17. Norsk Standard NS-EN ISO 7730:2005; "Ergonomi i termisk miljø", <http://www.pronorm.no>
18. Woodson, R. Dodge; "Radiant Floor Heating", McGraw-Hill, 1999
19. Stene, J.; "Oppvarmingssystemer for lavenergiboliger", Sintef Energiforskning 2006
20. Folkehelseinstituttet (FHI), Spørsmål og svar om legionella, <http://www.fhi.no>
21. Prenøk; "Vannbåren gulvvarme", Skarland Press 2005
22. Gundersen, P.; "Energieffektive varmeanlegg med vannbåren lavtemperaturvarme", Norsk VVS 1998
23. Gundersen, P., Schild, P.G.; "Low Exergy Ceiling Heating/cooling Systems for Future Buildings", 7th Nordic Symposium on Building Physics, Reykjavik, Island, 12-15 June, 2005
24. Byggforsk; "El.konvertering – vannbåren varme i eksisterende småhus – utvikling av nye løsninger for lavtemperatur vannbåren varme for småhus med direkte elektrisk oppvarming", Norges byggforskningsinstitutt (NBI) 2002
25. Pettersen, T.D., Myhre, L., Wigenstad, T., Dokka, T.H.; "Energimerking av boliger", Prosjekt O 20461. Byggforsk 2005
26. Bøhn, T.I., Ulriksen, T., Weydahl, E.; "Energiatestens tiltaksliste", Multikonsult 2006
27. Zahl-Begnum, O.H.; "Arbeids- og organisasjonspsykologi", NKS-forlaget 1985

28. Selnes, F.; *“Markedsundersøkelser”*, Tano 1993
29. Gripsrud, G., Olsson, U, H.; *”Markedsanalyse”*, Høyskoleforlaget 2000
30. Churchill, G.A.; *“Marketing Research; Methodological Foundation”*, The Dryden Press 1999
31. Programmet SIMIEN, <http://www.programbyggerne.no/>
32. Artikkel *”Fyringsinvestering i enebolig”*; Dine Penger Nr 11, 2007
33. Agder Energi Nettkonsult ved Arild Olsbu, Egbert Bak, Kristoffer Oustad og Terje Erlandsen
34. Enovas svartjeneste ved energirådgiver Torben Søraas
35. Enøk-Senteret ved Harald Lillebø
36. Norsk Varmeteknisk Forening ved Øistein Hagen.
37. Norske Rørleggerbedrifters Landsforening (NRL) ved Ole Larmerud
38. Block Watne ved Sverre Kirkevold
39. Ener-Produkt AS ved Helge Folkestad
40. Norsk VVS Energi- og Miljøteknisk Forening ved Generalsekretær Leif Amdahl
41. *”Energimerking av boliger”*. Prosjekt O 20461, Byggforsk 2005
42. *”Rapport vedr. utvikling og testing av energiattest”*, NVE, Siste Skrik, KanEnergi, MMI 2005
43. *”Energi Temaveiledning”*, Statens bygningstekniske etat, 2007
44. *”Undersøkelse av energibruken i nye boliger med vannbåren gulvvarme”*, Prosjekt O 18088. Byggforsk, 2005.
45. Wikipedia, <http://no.wikipedia.org/wiki/Pellets>

8. FIGUR OG TABELLISTE

Figur 1: Flytskjema energiforsyning, Energi Temaveilder, Statens byggetekniske etat 2007 [43].....	13
Figur 2: Formålsdelt energibruk. Tall fra "Energieffektive boliger for fremtiden", Sintef Byggforsk 2006.....	14
Figur 3: Prosentvis fordeling etter bygningstype per 1. januar 2007, SSB.....	17
Figur 4: Antall boliger, etter bruksareal, per 1. januar 2007, SSB.....	18
Figur 5: Energibruk i husholdningene fordelt på varmekilder. Tall fra NVE - bygningsdirektivet.....	18
Figur 6: Fordeling av elektrisitet til forbrukskilder. Tall fra NVE - Bygningsdirektivet.....	19
Figur 9: Andel av nye eneboliger med vannbåren varme, Tall fra SSB.....	20
Figur 7: Gjennomsnittlig energiforbruk etter hustype i 2006. kWh tilført energi per husholdning, SSB 2008.....	20
Figur 8: Gjennomsnittlig energiforbruk etter boligens areal i 2006. kWh tilført energi per husholdning, SSB 2008.....	20
Figur 10: Forbruk av strøm og annen energi i husholdninger per person i nordiske land 2001 og 2005. kWh tilført energi per person. SSB 2007.....	21
Figur 11: Produksjon og forbruk av elektrisk kraft i Norge, 1979 - 2008 (GWh), SSB 2008.....	22
Figur 12: Samlet brutto kraftforbruk i Norge [GWh], "Kraftbalansen fram mot 2020" – NVE 2005.....	24
Figur 13: Sammenhengen mellom ventet gjennomsnittlig vurdering (PMV) og ventet andel misfornøyde (PPD). (NS 7730:2005 [17]).....	26
Figur 14: Prosent misfornøyde som funksjon av forskjellen mellom lufttemperaturene i hode og ankelhøyde.....	27
Figur 15: Prosent misfornøyde som funksjon av gulvtemperaturen når det benyttes lett fottøy (NS 7730:2005 [17]).....	27
Figur 16: Vertikal temperaturfordeling for gulv- og takvarme uten mekanisk ventilasjon (Woodson 1999 [18])..	28
Figur 17: Prinsipiell skisse av et vannbårent varmeanlegg (Stene 2006 [19]).....	29
Figur 18: Eksempel på dobbeltmantlet varmtvannstank (A), enkeltmantlet tank med internrørvarmeveksler (B) og enkeltmantlet tank med ekstern tilkobling (C), (Stene, 2006 [19]).....	30
Figur 19: Eksempler på utforming av radiatorer for boliger.....	32
Figur 20: Eksempel på utforming av konvektorer for tilkobling til vannbårent varmesystem.....	33
Figur 21: Prinsipielle temperaturprofiler for ulike oppvarmingssystemer (Prenøk, 2005 [21]).....	33
Figur 22: Eksempel på utførelse av lett, flytende gulvvarmesystem mot grunnen (Gundersen, 1998 [22]).....	34
Figur 23: Legging av gulvvarmerør i profilerte aluminiumsplater og eksempel på utforming av lett gulvvarmeanlegg i mellombjelkelag (Gundersen, 1998 [22]).....	35
Figur 24: Målt vertikal temperaturgradient for gulv- og takvarmesystem ved 30°C midlere vanntemperatur i rørsystemet (Gundersen og Schild, 2005 [23]).....	36
Figur 25: Utforming av lavtemperatur takvarmesystem bestående av trefiberplater og aluminiumsplater.....	37
Figur 26: Foreliggende utkast til standard fra det europeiske standardiseringsorganet CEN (Multikonsult 2006 [26]).....	42
Figur 27: minstekrav til U-verdier, lufttetthet og luftvekslinger [2].....	48
Figur 28: Årlig netto energibudsjett, SIMIEN.....	50
Figur 29: Energibudsjett, SIMIEN.....	50
Figur 30: Resultater av evalueringen og U-verdier, SIMIEN.....	50
Figur 31: Årlig netto energibudsjett, SIMIEN.....	51
Figur 32: Energibudsjett, SIMIEN.....	51
Figur 33: Resultater av evalueringen og U-verdier, SIMIEN.....	51
Figur 34: Årlig netto energibudsjett, SIMIEN.....	52
Figur 35: Energibudsjett, SIMIEN.....	52
Figur 36: Resultater av evalueringen og U-verdier, SIMIEN.....	52
Figur 37: Årlig netto energibudsjett, SIMIEN.....	53
Figur 38: Energibudsjett, SIMIEN.....	53
Figur 39: Resultater av evalueringen og U-verdier, SIMIEN.....	53
Figur 40: Årlig netto energibudsjett, SIMIEN.....	54
Figur 41: Energibudsjett, SIMIEN.....	54
Figur 42: Resultater av evalueringen og U-verdier, SIMIEN.....	54
Figur 43: Sammenlikning av det totale energibehovet for eksempelhusene gitt i kWh/år.....	55
Figur 44: Sammenlikning av det totale energibehovet for eksempelhusene gitt i kWh/m ² år.....	55
Figur 45: Resultater for varmepumpe, SIMIEN.....	56
Figur 46: Resultater for pelletskjel, SIMIEN.....	56
Figur 47: Resultater for pelletskjel, SIMIEN.....	56
Figur 48: Resultater for varmepumpe, SIMIEN.....	56
Figur 49: Resultater for varmepumpe, SIMIEN.....	57

<i>Figur 50: Resultater for pelletskjel, SIMIEN</i>	57
<i>Figur 51: Resultater for varmpumpe, SIMIEN</i>	57
<i>Figur 52: Resultater for pelletskjel, SIMIEN</i>	57
<i>Figur 53: Resultater for pelletskjel, SIMIEN</i>	58
<i>Figur 54: Resultater for varmpumpe, SIMIEN</i>	58
<i>Figur 55: Eksempel på bruk av Best Board varmelist som gulvlist, Ener-Produkt AS</i>	67
<i>Figur 56: Innbetalingstid i forhold til forbruk, investering og levetid. Se vedlegg 9.3 for utregningsgrunnlag</i>	93
<i>Figur 57: Innbetalingstid i forhold til forbruk, investering og levetid. Se vedlegg 9.4 for utregningsgrunnlag</i>	95
<i>Figur 58: Årlig levert energi, kWh – SIMIEN</i>	97
<i>Figur 59: Kostnader for kjøpt energi i kroner pr år – SIMIEN</i>	97
<i>Figur 60: Årlige CO₂ utslipp som følge av valgt energibærer – SIMIEN</i>	98
<i>Figur 61: Fremtidens vannbårne distribusjonssystem?</i>	99

<i>Tabell 1: Produksjon, forbruk, import og eksport av elektrisk kraft i Norge, 1990 - 2007 (GWh), Tall fra Hafslund</i>	22
<i>Tabell 2: ASHRAE Termal sensation scale</i>	25
<i>Tabell 3: Merkenivå for spesifikk varmetapskoeffisient og vektet tilført energi for småhus og boligblokker (Byggforsk, 2005 [25])</i>	42
<i>Tabell 4: Årlig besparelse kr/år *</i>	92
<i>Tabell 5: Besparelse ved bruk av luft-vann varmpumpe *</i>	94

9. VEDLEGG

9.1 ENERGIKRAVENE I FORSKRIFT OM KRAV TIL BYGGVERK OG PRODUKTER TIL BYGGVERK (TEK07)

§ 8-2. Energikrav

Byggverk skal utføres slik at det fremmer lavt energibehov. Byggverk skal lokaliseres, plasseres og/eller utformes med hensyn til energieffektivitet, avhengig av lokale forhold.

Endret ved forskrift 26 jan 2007 nr. 96 (i kraft 1 feb 2007).

§ 8-21. Krav til energieffektivitet

Bygning skal være så energieffektiv at den enten tilfredsstiller de krav som er angitt til energitiltak under bokstav a eller kravene til samlet netto energibehov (rammekrav) som angitt under bokstav b. Minstekrav i bokstav c skal uansett ikke overskrides. For beregning av bruksareal (BRA) legges definisjonene i NS 3940 til grunn. For helårsbolig med laftet yttervegg gjelder kun bokstav c. For fritidsbolig under 150 m² BRA og fritidsbolig med laftede yttervegger gjelder kun bokstav c. For fritidsbolig under 50 m² BRA gjelder ikke § 8-21.

a) Energitiltak

Energitiltak i bygning skal tilfredsstille følgende nivå:

- *Samlet glass-, vindus- og dørareal: maksimalt 20% av bygningens oppvarmede bruksareal (BRA).*
- *U-verdi yttervegg: 0,18 W/m² K.*
- *U-verdi tak: 0,13 W/m² K.*
- *U-verdi gulv på grunn og mot det fri: 0,15 W/m² K.*
- *U-verdi glass/vinduer/dører: 1,2 W/m² K som gjennomsnittsverdi inkludert karm/ramme.*
- *Normalisert kuldebroverdi skal ikke overstige 0,03 W/m² K for småhus og 0,06 W/m² K for øvrige bygg, der m² angis i oppvarmet BRA.*
- *Lufttetthet: 1,5 luftvekslinger pr. time ved 50 Pa trykkforskjell. For småhus gjelder 2,5 luftvekslinger pr. time ved 50 Pa trykkforskjell.*
- *Årsmidlere temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg: 70%.*
- *Spesifikk vifteeffekt i ventilasjonsanlegg, SFP-faktor (specific fan power):*
 - *næringsbygg 2/1 kW/m³ s (dag/natt)*
 - *bolig 2,5 kW/m³ s (hele døgnet).*
- *Automatisk utvendig solskjermingsutstyr eller andre tiltak for å oppfylle krav til termisk*

komfort uten bruk av lokalkjøling.

- *Natt- og helgesenking av innetemperatur til 19 °C for de bygningstyper der det kan skilles mellom natt, dag og helgedrift. Idrettsbygg skal ha natt- og helgesenking av innetemperatur til 17 °C.*
- *Det er tillatt å fravike et eller flere av energiltakene, dersom kompensierende tiltak gjør at bygningens energibehov ikke økes.*

b) Samlet netto energibehov

Samlet netto energibehov for bygningen skal ikke være større enn:

Bygningskategori	Rammekrav kWh/m² oppvarmet BRA år
<i>Småhus</i>	<i>125 + 1600/oppvarmet BRA</i>
<i>Boligblokk</i>	<i>120</i>
<i>Barnehager</i>	<i>150</i>
<i>Kontorbygg</i>	<i>165</i>
<i>Skolebygg</i>	<i>135</i>
<i>Universitet/høyskole</i>	<i>180</i>
<i>Sykehus</i>	<i>325</i>
<i>Sykehjem</i>	<i>235</i>
<i>Hoteller</i>	<i>240</i>
<i>Idrettsbygg</i>	<i>185</i>
<i>Forretningsbygg</i>	<i>235</i>
<i>Kulturbygg</i>	<i>180</i>
<i>Lett industri, verksteder</i>	<i>185</i>

Det skal benyttes faste og standardiserte verdier for bruksavhengige data, samt gjennomsnittlige klimadata for hele landet. I kombinasjonsbygg gjelder rammekravene for bygningskategoriene tilsvarende for de respektive arealene.

c) Minstekrav

Følgende minstekrav skal ikke overskrides:

	U-verdi yttervegg, W/m ² K	U-verdi tak, W/m ² K	U-verdi gulv på grunn og mot det fri, W/m ² K	U-verdi vindu, W/m ² K	Lufttetthet, luftvekslinger pr. time ved 50 Pa trykkforskjell
Bygning	0,22	0,18	0,18	1,6	3,0

For bygning med laftede yttervegger gjelder følgende minstekrav:

	U-verdi yttervegg, W/m ² K	U-verdi tak, W/m ² K	U-verdi gulv på grunn og mot det fri, W/m ² K	U-verdi vindu, W/m ² K	Lufttetthet, luftvekslinger pr. time ved 50 Pa trykkforskjell
Bygning med laftede yttervegger	0,60	0,13	0,15	1,4	-
Fritidsboliger under 150 m ² BRA med laftede yttervegger	0,72	0,18	0,18	1,6	-

0 Endret ved forskrift 26 jan 2007 nr. 96 (i kraft 1 feb 2007).

§ 8-22. Energiforsyning

Bygning skal prosjekteres og utføres slik at en vesentlig del av varmebehovet kan dekkes med annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler hos sluttbruker. Kravet til energiforsyning i første ledd gjelder ikke for bygning med et særlig lavt varmebehov eller dersom det fører til merkostnader over bygningens livsløp. Boliger som etter annet ledd unntas krav om energiforsyning etter første ledd, skal ha skorstein og lukket ildsted for bruk av biobrensel. Dette gjelder likevel ikke boliger under 50 m² BRA. For fritidsbolig under 150 m² BRA gjelder ikke § 8-22.

Endret ved forskrift 26 jan 2007 nr. 96 (i kraft 1 feb 2007).

§ 8-23. Fjernvarme

Der hvor det ved kommunal vedtekt til plan- og bygningsloven § 66a er fastsatt tilknytningsplikt til fjernvarmeanlegg, skal bygninger utstyres med varmeanlegg slik at fjernvarme kan nyttes. Omfanget av nødvendige installasjoner er beskrevet i forskriften § 9-2 og § 9-23.

Endret ved forskrift 26 jan 2007 nr. 96 (i kraft 1 feb 2007).

Vedlegget er hentet fra www.lovdatab.no: Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk (TEK).

9.2 Energikravene i Veiledningen til Teknisk forskrift

§ 8-2 Energikrav

Bygningsmassen står for store deler av den samlede energibruken i landet. Hensyn til forsyningssikkerhet, miljøet og privatøkonomi tilsier at lavt energibehov bør prioriteres når bygninger prosjekteres og oppføres. Energibehov til romoppvarming og varmtvann bør i størst mulig grad dekkes med annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler.

§ 8-21 Krav til energieffektivitet

Energikravene gjelder alle bygninger med unntak av fritidsboliger med én bruksenhet under 50 m² BRA. Fritidsboliger mellom 50 m² og 150 m² BRA og helårsbolig med alle yttervegger i laft, reguleres kun gjennom minstekravene i paragrafens bokstav c). Kravene gjelder i utgangspunktet også for søknadspliktige rehabiliteringstiltak. Dette følger av pbl § 87. Dersom oppfyllelse av nybyggkrav ikke er forenlig med bevaring av kulturminner/antikvariske verdier og en ellers hensiktsmessig oppgradering av bestående bygningsmasse, vil dispensasjonsadgangen i § 88 kunne komme til anvendelse. Oppvarmet bruksareal defineres etter NS 3031 og omfatter alle bruksarealer (BRA) som tilføres varme fra bygningens varmesystem og er omsluttet av bygningens klimaskjerm. Delvis oppvarmede glassgårder (kommunikasjonsarealer, frostfrie glassoner o.l.) regnes som fullt oppvarmede. For uoppvarmede arealer som senere kan gjøres om til en oppvarmet del av bygningen (uinnredet loft, uoppvarmet kjeller o.l.), bør konstruksjoner mot det fri isoleres iht. minstekravene i § 8-21 bokstav c. Dette gjelder også uoppvarmede glassgårder (uten varmeanlegg) som for eksempel vinterhager i tilknytning til bolighus. I lokaler hvor internt varmetilskudd åpenbart er tilstrekkelig til å dekke oppvarmingsbehovet, slik som i smelteverk, papirfabrikker, fyrhus for fjernvarmeanlegg og lignende, har varmeisolasjonen ikke til formål å redusere energibruken, men å sikre bygningsdeler mot skadelig kondens og sikre et akseptabelt arbeidsmiljø. Isolasjonsbehovet bør i slike tilfelle fastlegges med bakgrunn i de reelle forhold. Dette gjelder også bygninger som for eksempel lokaler for fysisk arbeide, skipsverft, fiskeforedlingsbedrifter, slakterilokaler, sagbruks- og høvleribedrifter og diverse lagerhaller, der tilsiktet temperatur er under 15 °C.

a. Energiltak

Kravet knyttet til bygningens energieffektivitet oppfylles dersom det kan dokumenteres at samtlige energiltak listet i § 8-21 a er gjennomført. Omfordeling mellom transmisjonstap,

infiltrasjonstap og ventilasjonstap godtas. Slik omfordeling dokumenteres ved å vise at varmetapstallet, som angir bygningens samlede spesifikke varmetap, ikke øker. Varmetapstall er definert i NS 3031. U-verdi regnes som gjennomsnittsverdi for de ulike bygningsdelene. For vindu, dører, glassfelt inkl. glasstak og glassvegger, skal eventuelle sprosser og poster inkluderes i U-verdien. Kuldebroer som fremkommer gjennom konstruksjonsmåte, som stendere i en stenderverksvegg, er inkludert i U-verdien for yttervegg etter reglene i NS-EN ISO 10211. Varmetap gjennom øvrige kuldebroer knyttet til etasjeskillere, pilastere, vinduer etc. skal reduseres til et minimum. Begrensning av varmetap gjennom kuldebroer kan anses som tilfredstillende dersom normalisert kuldebroverdi beregnet etter NS 3031 ikke overstiger 0,03 W/m²K for småhus og 0,06 W/m²K for andre bygninger, der arealet (m²) angis i oppvarmet BRA.

b. Samlet netto energibehov (energirammer)

Det må gjennomføres en kontrollberegning som viser at samlet netto energibehov ikke overskrider fastsatt energiramme, angitt i kWh/m² oppvarmet BRA per år. Rammekravsnivået for småhus er uttrykt ved formelen :

$$125 + \frac{1600}{\text{oppvarmet BRA}}$$

Arealledet er lagt til for å belønne mindre småhus og for å ta høyde for at småhus har relativt større ytterflate og tilhørende større varmetap per oppvarmet gulvareal enn større bygninger. Småhus inkluderer eneboliger, to- til firemannsboliger og rekkehus. Alle energiposter skal inngå i kontrollberegningen. Tap i varmesystemet medregnes ikke i netto energibehov.

Regler for beregning av energibehov er angitt i NS 3031. Beregningen kan enten gjøres etter NS 3031, eller man kan bruke beregningsprogrammer basert på eller validert i henhold til denne standarden. I kontrollberegningen skal det benyttes faste og standardiserte verdier for bruksavhengige data som innetemperaturer, driftstider, internvarmetilskudd, energibehov til varmtvann, belysning og elektrisk utstyr, samt klimadata for Oslo (landsgjennomsnitt). Verdiene finnes i NS 3031. Dersom innretning for temperaturstyring ikke kan dokumenteres, skal samme temperatur benyttes for hele døgnet i kontrollberegningen. Det gis anledning til å benytte lavere verdier for energibehov til (og varmetilskudd fra) belysning i

kontrollberegningen dersom bruk av effektive styringssystemer basert på dagslys og tilstedeværelse kan dokumenteres etter NS 3031. For bygningskomplekser med flere bruksfunksjoner dokumenteres det at de ulike delene oppfyller rammekravet for aktuell bygningskategori. Til informasjon vises fordelingen mellom energipostene, som ligger til grunn for energirammene i forskriften (tabell 1). Energirammene er avrundet til nærmeste femtall. De tre første radene utgjør bygningens varmebehov.

§ 8-21 Tabell 1: Beregnet årlig netto energibehov (kWh/m² oppvarmet BRA)

	Småhus	Boligblokker	Barnehager	Kontorbygg	Skolebygg	Universitets- og høyskolebygg	Sykehus	Sykehjem	Hoteller	Idrettsbygg	Forretningsbygg	Kulturbygg	lett industri, verksteder
Romoppvarming	51	30	67	33	39	33	57	49	61	48	45	65	67
Oppvarming av ventilasjonsluft	6	7	26	21	27	24	42	38	29	40	34	26	25
Vannoppvarming	30	30	10	5	10	5	30	30	30	50	10	10	10
Vifter og pumper	8	10	23	22	25	27	54	48	35	23	42	24	21
Belysning	17	17	21	25	22	25	47	47	47	21	56	23	19
Teknisk utstyr	23	23	5	34	13	34	47	23	6	3	4	3	23
Romkjøling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kjølebatterier	0	0	0	24	0	30	50	0	31	0	47	26	21
Sum netto energibehov	136	118	152	165	137	179	327	234	239	185	237	178	186
Avrundet energiramme	125 + 1600/kvm*	120	150	165	135	180	325	235	240	185	235	180	185

* oppvarmet BRA

c. Minstekrav

Både energiltaksmodellen og rammekravmodellen gir fleksibilitet med hensyn til hvilke energiltak som gjennomføres. Minstekravene er innført for å sikre en akseptabel minstestandard i alle nye bygninger. U-verdi regnes også her som gjennomsnittsverdi for de ulike bygningsdelene. Fritidsboliger mellom 50 m² og 150 m² BRA reguleres kun gjennom minstekrav til varmeisolasjon, vinduer og lufttetthet. Varmeisolasjon og god lufttetthet er robuste og langlivede energiltak som har effekt også i bygning som driftes dårlig, og bør derfor behandles særskilt. Helårsbolig og fritidsbolig med laftede yttervegger reguleres kun gjennom minstekrav til varmeisolasjon og vinduer. Det anbefales innvendig eller utvendig isolering av laftet yttervegg ved ønske om å redusere energibehovet ytterligere.

§ 8-22 Energiforsyning

En vesentlig del av netto varmebehov skal kunne dekkes av annen energiforsyning enn

elektrisitet og/eller fossile brensler hos sluttbruker. Med dette menes cirka halvparten, men minimum 40 prosent, av beregnet netto energibehov til romoppvarming (inkludert oppvarming av ventilasjonsluft) og varmtvann, beregnet etter NS 3031.

Typiske løsninger for å tilfredsstille kravet kan være solfanger, nær- og fjernvarme, varmepumpe, pelletskamin, vedovn, biokjel, biogass etc. Varmeløsningene må kunne tas i bruk med det samme bygningen er ferdigstilt og må kunne brukes kontinuerlig gjennom bygningens levetid. Eventuelt behov for elektrisitet som medgår til å drifte varmeløsningene regnes inn i bygningens varmebehov. Dette vil for eksempel være aktuelt for varmepumper som benytter elektrisitet til å få nyttiggjort omgivelsesvarme til oppvarmingsformål. Plikten etter første ledd bortfaller dersom ett av kriteriene nedenfor er oppfylt:

a) bygningens netto varmebehov er lavere enn

17.000 kWh/år.

b) tiltakshaver kan dokumentere at varme-

løsningene medfører merkostnader over

bygningens livsløp, sammenlignet med bruk

av elektrisitet og/eller fossile brensler.

I slike tilfeller skal boliger med BRA over 50 m² likevel ha skorstein og lukket ildsted for bruk av biobrensel, for eksempel vedovn eller pelletskamin. For både alternativ a) og b) kan følgende tiltak være aktuelle for å redusere varmebehovet:

- reduksjon av bygningens areal (BRA)
- ytterligere tiltak utover forskriftsnivå, for eksempel
 - økt varmeisolering
 - automatisert/behovsstyrt ventilasjon

Kolonne fire i tabell 2 nedenfor gir en oversikt over hva et varmebehov på 17.000 kWh/år betyr i kvadratmeter BRA for relevante bygningskategorier prosjektert og utført etter energitiltaksmodellen i § 8-21 a).

Tabell 2: Forenklet anslag for varmebehov og tilhørende BRA

	Avrundet varmebehov (kWh/m ²) etter tabell 1	Grense – netto varmebehov	Areal (m ²) for bygg prosjektert og utført etter energiltaksmodellen.
Småhus	85	< 17.000 kWh/år	< 200 m ²
Barnehager	105		< 160 m ²
Kontorbygg	60		< 285 m ²
Skolebygg	75		< 225 m ²
Forretningsbygg	90		< 190 m ²
Kulturbygg	100		< 170 m ²
Lett industri/verksteder	100		< 170 m ²

For alternativ b) undersøkes ulike varmeløsninger som kan dekke minimum 40 % av varmebehovet. Negativ nåverdi * er ensbetydende med at investeringen medfører merkostnader sett fra forbrukerens ståsted, sammenlignet med bruk av elektrisitet og/eller fossile brensler.

* Se kapitel ?? om nåverdibetraktninger

§ 8-23 Fjernvarme

Etter pbl § 66a kan tilknytningsplikt til fjernvarmeanlegg vedtas av kommunestyre i den enkelte kommune, der konsesjon er gitt etter energilovens § 5-1. Kommunen vil avgjøre hvilket omfang deres vedtak vil få ved å bestemme områder for tilknytningsplikt.

TEK § 9-23 setter videre krav til at bygninger i område med tilknytningsplikt til fjernvarme i henhold til § 66a i plan- og bygningsloven skal ha varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarme. Dette omfatter både varmeanlegg for romoppvarming (inkludert oppvarming av ventilasjonsluft) og varmtvann. Varmeplan og energiplan bør utarbeides i samarbeid med de kommunale bygningsmyndighetene for samkjøring med reguleringsplan.

Kilde: [Veiledning til Teknisk forskrift til Plan- og bygningsloven](#)

9.3 Beregning av levetid for Pelletskjelen

Totalt energibehov (kWh/år) *	Andel til varme og varmt vann - dekket av pelletskjel (kWh/år) **	Årlig Besparelse (kr/år) ***	Energibehov
10000	7500	1875	10' kWh
15000	11250	2812,5	15' kWh
20000	15000	3750	20' kWh
25000	18750	4687,5	25' kWh
30000	22500	5625	30' kWh
35000	26250	6562,5	35' kWh
40000	30000	7500	40' kWh
45000	33750	8437,5	45' kWh
50000	37500	9375	50' kWh
55000	41250	10312,5	55' kWh
60000	45000	11250	60' kWh

Realrente	4%
Investering 1	50000
Investering 2	60000
Investering 3	70000
Investering 4	80000
Investering 5	90000
Investering 6	100000
Investering 7	110000

Investering 50'	Investering 60'	Investering 70'	Investering 80'	Investering 90'	Investering 100'	Investering 110'
57	89	147	291	1200	-800	-338
28	37	50	66	89	123	180
18	24	30	37	46	57	71
14	17	21	26	31	37	44
11	14	17	20	24	28	32
9	11	14	16	19	22	25
8	10	11	14	16	18	21
7	8	10	12	14	16	18
6	7	9	10	12	14	15
5	7	8	9	11	12	14
5	6	7	8	10	11	12
20	20	20	20	20	20	20

9.4 Beregning av levetid for varmepumpe

Totalt energibehov (kWh/år)	Andel til varme og varmt vann (kWh/år)	Effektfaktor 75%	Besparelse (kWh/år)*	Besparelse (kr/år)**
10000	7500	2778	3542	3010
15000	11250	4167	5313	4516
20000	15000	5556	7083	6021
25000	18750	6944	8854	7526
30000	22500	8333	10625	9031
35000	26250	9722	12396	10536
40000	30000	11111	14167	12042
45000	33750	12500	15938	13547
50000	37500	13889	17708	15052

Investering	Energibehov	50'	60'	70'	80'	90'	100'	110'
50000	10' kWh	24,9	33,1	43,5	56,7	74,4	99,0	135,7
60000	15' kWh	14,2	18,1	22,5	27,4	33,1	39,8	47,5
70000	20' kWh	10,0	12,4	15,1	18,1	21,3	24,9	28,8
80000	25' kWh	7,7	9,5	11,4	13,5	15,7	18,1	20,7
90000	30' kWh	6,2	7,7	9,2	10,8	12,4	14,2	16,1
100000	35' kWh	5,2	6,4	7,7	9,0	10,3	11,7	13,2
110000	40' kWh	4,5	5,5	6,6	7,7	8,8	10,0	11,2
	45' kWh	4,0	4,9	5,8	6,7	7,7	8,7	9,7
	50' kWh	3,6	4,3	5,1	5,9	6,8	7,7	8,6
	Levetid	15	15	15	15	15	15	15

Realrente 4%