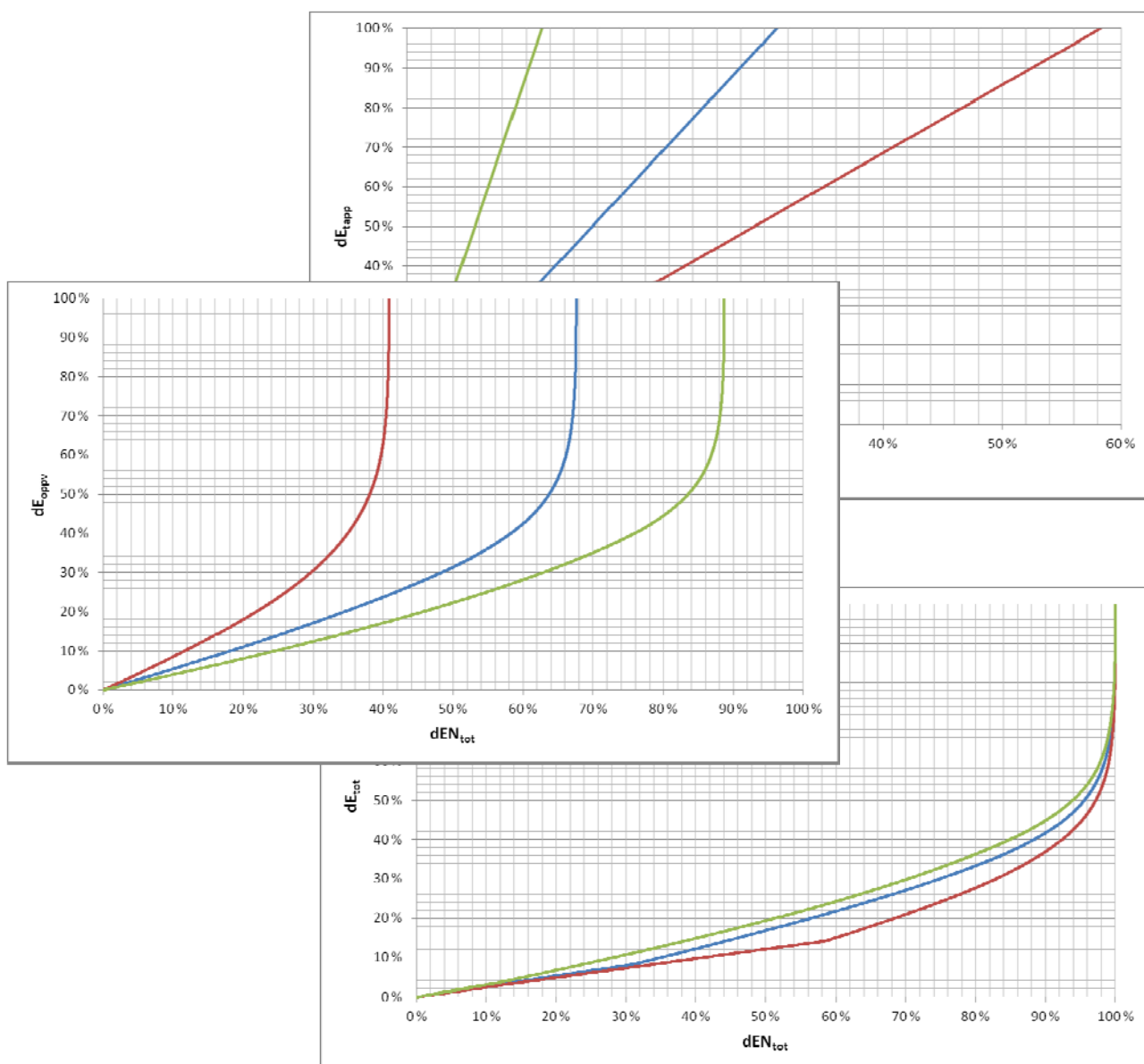


Ida H. Bryn, Arnkell J. Petersen og Søren Gedsø

Varmeløsninger og deres dekningsgrader



Erichsen & Horgen A/S



Varmeløsning og deres dekningsgrader

Redaktør : Ida H. Bryn

Forfattere : Ida H. Bryn, Arnkell J. Petersen og Søren Gedsø

År : 2011

Kopirett : Erichsen & Horgen A/S

ISBN : 978-82-92982-01-3

Forord

TEK 10 § 14-7 setter krav til at bygninger under 500 m² BRA skal prosjekteres og utføres slik at 40 % av netto varmebehov kan dekkes av annen energiforsyning enn direktevirkende elektrisitet eller fossile brenslers hos sluttbruker. For bygninger over 500 m² BRA gjelder kravet for 60 % av bygningens netto varmebehov.

Det har kommet innspill fra byggenæringen om at det kan være utfordrende å dokumentere oppfyllelse av forskriftskravene i TEK10 § 14-7, særlig i mindre byggeprosjekter der det ikke benyttes egne prosjekterende på varmesiden. Lavenergiprogrammet har tatt initiativ til et utredningsarbeid for å finne frem til enkel metodikk og retningslinjer for å anslå dekningsgrad for ulike varmeløsninger og noen vanlige kombinasjonsløsninger i boliger, barnehage, skole og mindre kontorbygninger. Rapporten er relevant for nye eller totalrehabiliterede bygninger. Det er kun gjort en enkel analyse for dekningsgrader i et eldre småhus, for å vurdere mulig overførbarehet av metodikken mht. eldre bygninger og eldre tekniske varmesystemer.

Resultatene i rapporten verken kan eller skal benyttes som dokumentasjon opp mot krav i TEK10 eller for fastsettelse av oppvarmingskarakter ved energimerking av bygninger. Dekningsgrad for varmeløsningene, og kombinasjoner av disse, som benyttes i reelle byggeprosjekter kan avhenge av bygningens varmebehov, varmeløsningens tekniske egenskaper, virkningsgrader, romløsninger og plassering i bygget, klimatiske forhold, osv., og må dokumenteres i det enkelte tilfelle.

Rapporten kan likevel gi en pekepinn på hvilke varmeløsninger og vanlige kombinasjoner som vil kunne gi en dekningsgrad på over 40 % og 60 % av bygningens netto varmebehov, mht. kravene i TEK10. Dette kan være til nytte ved valg av varmeløsninger i byggeprosjekter der det ikke er egne prosjekterende på varmesiden.

Rapporten tar utgangspunkt i beregninger av bygningens netto energibehov. Det bør nevnes at det er forskjell mellom TEK10 og energimerkeforskriften. TEK10 regulerer netto energibehov, mens energimerking av bygninger baseres på levert energibehov. Energimerkeforskriften har heller ikke definert begrepet direktevirkende elektrisitet.

Gunnar Grini
Lavenergiprogrammet



14. desember 2011

\\ios0d1e001\dokument\ihb\9995 -lavenergi-e\05-rapporter\varmeløsninger og deres dekningsgrader- ferdig raport.docx

VARMELØSNINGER OG DERES DEKNINGSGRADER

Prosjektansvarlig:

Ida Hedvig Bryn

Forfattere:

Ida Hedvig Bryn

Arnkell Jónas Petersen

Søren Gedsø

Oppdragsgiver:

Lavenergiprogrammet

Oppdragsgivers referanse:

Guro Hauge

Sammendrag:

TEK10 stiller krav til hhv. 40 % og 60 % av netto varmebehov kan dekkes med annen energiforsyning enn direktevirkende elektrisitet eller fossile brensler hos sluttbruker.

Rapporten foreslår metode for å dokumentere energidekningsgrad for ikke fossile og direktevirkende elektriske varmeløsninger. Rapporten viser regneeksempler for småhus iht. TEK10, passivhus og for gammelt hus, samt boligblokk, kontor og barnehage iht. TEK10.

Rapporten beskriver ulike aktuelle varmesystemer og kombinasjoner av disse. Beskrivelsen indikerer mulig dekning fra løsningene. Rapporten viser eksempler på hvordan diagrammene kan benyttes til å dokumentere energidekning for egne anlegg.

Stikkord gruppe:

Dekningsgrader, varmekilde, oppvarming, systemløsninger, TEK10

Antall sider:

91

INNHOLDSFORTEGNELSE

1. INNLEDNING.....	4
2. MYNDIGHETSKRAV TIL ENERGIFORSYNING.....	5
2.1 BYGGETEKNISK FORSKRIFT – TEK10	5
2.2 ENERGIMERKE	7
2.3 OPPSUMMERING.....	7
3. TEKNISK INFRASTRUKTUR OG MULIGHETER FOR FLEKSIBEL ENERGIBRUK.....	8
3.1 VANNBÅREN VARME.....	8
3.2 TEMPERATURNIVÅ	8
3.3 AKKUMULATORTANK	8
3.4 PUNKTKILDER	9
4. UNDERLAG FOR EVALUERING AV DEKNINGSGRAD.....	10
4.1 BEGREPER	10
4.2 TEK10 - SMÅHUS	12
4.3 PASSIVHUS – SMÅHUS.....	18
4.4 GAMMELT SMÅHUS	23
4.5 OPPSUMMERING SMÅHUS.....	28
4.6 TEK10 – BOLIGBLOKK	31
4.7 TEK10 - KONTOR	37
4.8 TEK10 - BARNEHAGE.....	41
4.9 OPPSUMMERING ALLE KATEGORIER.....	47
5. EKSEMPEL PÅ BEREKNING AV DEKNINGSGRAD	48
5.1 BOLIGBYGG	48
5.2 YRKESBYGG.....	50
6. FORHOLDET MELLOM EFFEKT OG ENERGI.....	51
6.1 ERFARINGSTALL	51
6.2 EKVIVALENT DRIFTSTID FOR VARMEFORSYNING	52
7. VARMEFORSYNINGSLØSNINGER OG ERFARINGSBASERTE DEKNINGSGRADER	53
7.1 KRITERIER FOR INKLUDERING AV ENERGIFORSYNINGSLØSNINGER	53
7.2 FORDELER, ULEMPER OG MAKSIMAL DEKNINGSGRAD.....	53
7.2.1 FJERNVARME.....	54
7.2.2 SOLFANGER.....	54
7.2.3 VARMEPUMPER	55
7.2.3.1 LUFT-LUFT VARMEPUMPE.....	56
7.2.3.2 LUFT-VANN VARMEPUMPE	57
7.2.3.3 VÆSKE-VÆSKE VARMEPUMPE	58
7.2.4 BIOENERGI – DIREKTE VEDFYRING	59
7.2.5 BIOENERGI – PELLETS	60
7.2.5.1 PELLETSKAMIN.....	60
7.2.5.2 PELLETSKJEL	61
7.2.6 BIOOLJEKJEL	62
7.3 VARMEFORSYNINGSKOMBINASJONER OG DERES DEKNINGSGRADER.....	63
7.4 SENTRALE ANTAGELSER OG FORUTSETNINGER	67
8. METODER TIL DETALJERT VURDERING AV DEKNINGSGRADER.....	68
8.1 IDA ESBO.....	68
8.2 EKSEMPEL.....	72
8.3 OPPSUMMERING.....	75

9. OPPSUMMERING OG ANBEFALING	76
9.1 PROBLEMSTILLINGER	76
10. FORSLAG TIL VIDERE ARBEIDER	77
A. LITTERATURLISTE	78
B. MÅNEDSVERDIER FOR ENERGIBEHOV	79
C. KURVER FOR DEKNINGSGRADER VED BRUK AV VARMEPUMPER	80
C.1 SMÅHUS – TEK10	81
C.2 SMÅHUS – PASSIVHUS	83
C.3 SMÅHUS – GAMMEL	85
C.4 BOLIGBLOKK – TEK10	87
C.5 KONTOR – TEK10	89
C.6 BARNEHAGE – TEK10	90

1. INNLEDNING

Det termiske energibehovet til oppvarming i bygg fordeler seg på energi til romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft og varmtvann. Disse har svært ulike effektprofiler i løpet av et år. Oppvarming av varmtvann er uavhengig av uteklime, mens de øvrige varierer med uteklime. Alle behovene varierer med brukernes adferd, men variasjonen er muligens størst for varmtvann. Ytterligere avhenger bygningers energibehov, og variasjonen av disse, av kvaliteten på både de varmetekniske og bygningstekniske løsningene samt størrelse og kapasitet på anleggene.

Det finnes ulike systemer for å levere varme. Leveransemetode påvirker bl.a. regulerbarhet, virkningsgrad, responstid og kapasitet og derfor også dekningsgrad. Et hovedskille for ulike varmeløsninger går gjerne mellom luftbårne og vannbårne systemer.

Denne rapporten har til formål at danne grunnlag for og komme med anbefalinger til veiledende dekningsgrad for varmforsyningsløsninger. Arbeidet tar utgangspunkt i beregnet netto energibehov til kontor, barnehager og boliger forutsatt at disse ikke har kjølebehov. Rapporten tar sikte på å gi underlag for å dokumentere at § 14-7 i TEK10 er oppfylt, dvs. hvordan en viss % av netto varmebehov kan dekkes med annen energiforsyning enn direktevirkende elektrisitet eller fossile brenslers hos sluttbruker. Det betyr at den ikke tar hensyn til systemvirkningsgrader for de ulike løsningene så lenge de leverer den oppgitte effekt med den påfølgende energidekning det gir. Elektrisitet til varmepumpe tas derfor ikke med i vurderingen, annet enn at det belyses i et siste kapittel som viser hvordan dette kan dokumenteres ved mer detaljert beregning.

Alle energiproduserende enheter har et optimalt driftspunkt der virkningsgraden er høyest. Ved oppbygging av energiforsyningsentraler kombinerer en derfor gjerne to eller flere enheter slik at en får optimal drift både på lav, middels og høy belastning. Dersom en har en nokså fast grunnlast over året vil gjerne en av enhetene ha en kapasitet som ligger like over denne. Dette vil imidlertid variere noe avhengig av om det f.eks. er sol eller varmepumpe som er kilden, samt anleggets størrelse. Det er begrenset viten om systemvirkningsgradene for de forskjellige systemer, og hvordan disse varierer med lasten. Teoretisk er det mulig å beregne variasjonen i systemvirkningsgrad løpende under simulering, men inntil videre er det få programmer som makter dette. Etterspørselen etter slike tjenester er lav og tidsforbruket er uhensynsmessig for de fleste prosjekter. Derfor er det et sterkt behov for tabellverdier, som beskriver virkningsgraden til de forskjellige systemer samt hvor stor andel av varmebehovet det er hensynsmessig å dimensjonere systemet for. Denne informasjonen er avgjørende for å dokumentere levert energi og for energimerking, men har ingen betydning for dokumentasjon av dekningsgrad iht. TEK 10.

2. MYNDIGHETSKRAV TIL ENERGIFORSYNING

Tidligere var det liten fokus på energiforsyningens sammensetning i Norge, men de siste år har myndighetene satt fokus på å redusere andel fossile brensler og direktevirkende elektrisitet i energiforsyningen. Virkemidlene er bl.a. TEK10 og energimerkeforeskriften. Begge disse virkemidler vil forklares kort i dette kapitlet. Viktige hovedprinsipper:

- **TEK10** stiller krav knyttet til netto energibehov.
- **Energimerket** krav knyttet til levert energibehov.

2.1 Byggeteknisk forskrift – TEK10

Krav til energiforsyning ble for første gang introdusert i TEK07, og er videreført i TEK10. Kravet fokuserer på varmforsyning, og har til formål å begrense andel fossilt brensel og direktevirkende elektrisitet i bygninger. Bygninger innenfor fjernvarmekonsesjonsområder skal ha vannbårne varmeanlegg parat til tilknytning til fjernvarme.

De relevante paragrafer i TEK10 er:

§ 14-7. Energiforsyning

(1) Det er ikke tillatt å installere oljekjel for fossilt brensel til grunnlast.

(2) Bygning over 500 m² oppvarmet BRA skal prosjekteres og utføres slik at minimum 60 % av netto varmebehov kan dekkes med annen energiforsyning enn direktevirkende elektrisitet eller fossile brensler hos sluttbruker.

(3) Bygning inntil 500 m² oppvarmet BRA skal prosjekteres og utføres slik at minimum 40 % av netto varmebehov kan dekkes med annen energiforsyning enn direktevirkende elektrisitet eller fossile brensler hos sluttbruker.

(4) Kravet til energiforsyning etter annet og tredje ledd gjelder ikke dersom det dokumenteres at naturforhold gjør det praktisk umulig å tilfredsstille kravet. For boligbygning gjelder kravet til energiforsyning heller ikke dersom netto varmebehov beregnes til mindre enn 15 000 kWh/år eller kravet fører til merkostnader over boligbygningens livsløp.

(5) Boligbygning som etter fjerde ledd er unntatt fra krav om energiforsyning skal ha skorstein og lukket ildsted for bruk av biobrensel. Dette gjelder likevel ikke boenhet under 50 m² oppvarmet BRA eller bolig som tilfredsstiller passivhusnivå.

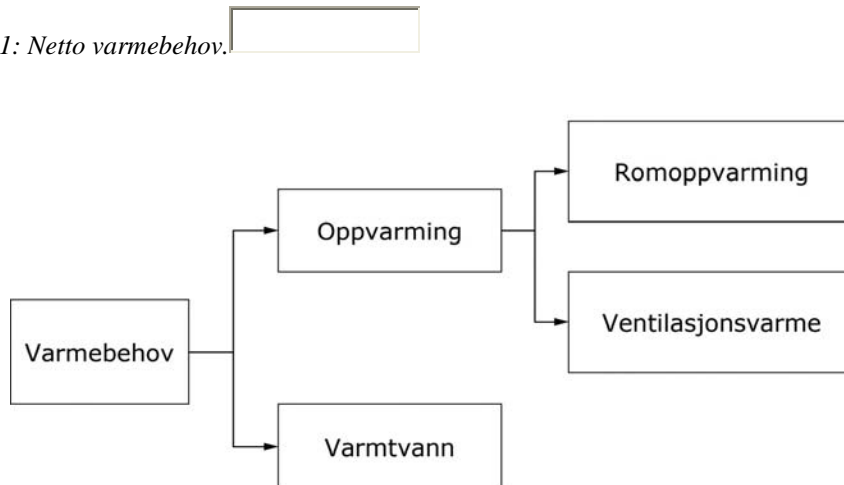
§ 14-8. Fjernvarme

Der hvor det i plan er fastsatt tilknytningsplikt til fjernvarmeanlegg etter plan- og bygningsloven § 27-5, skal nye bygninger utstyres med varmeanlegg slik at fjernvarme kan nyttes for romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmtvann.

Følgende er hentet fra veiledningen til TEK 10 § 14-7:

Prosentkravet er satt i forhold til bygningens netto varmebehov, det vil si energibehovet til romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmt tappevann, se figur 1.

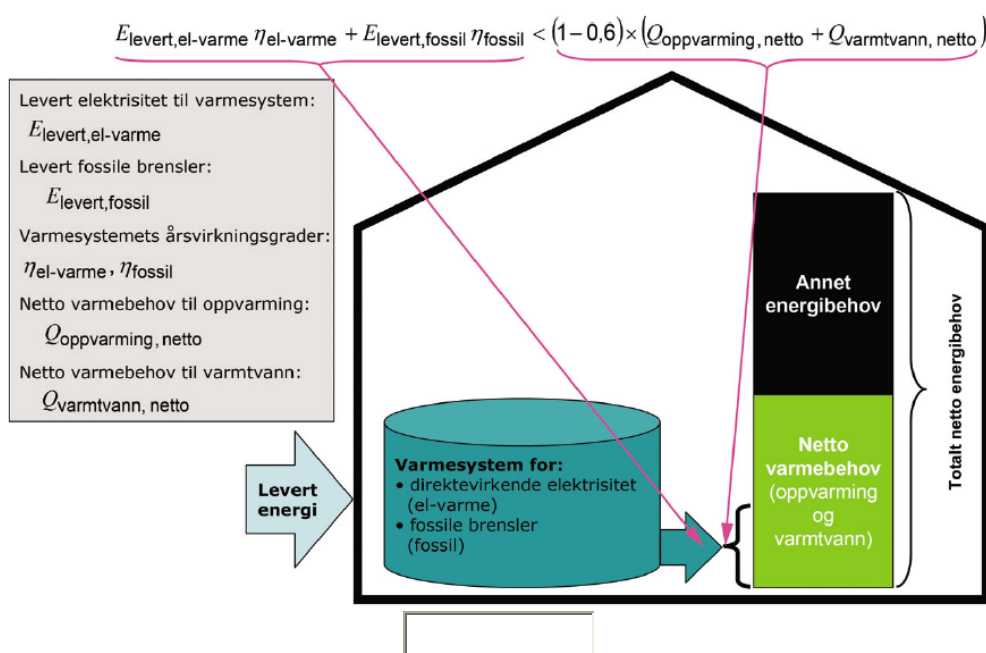
§ 14-7 Figur 1: Netto varmebehov.



Netto varmebehov beregnes etter NS 3031 Beregning av bygningers energiytelse – Metode og data. Det skal benyttes faste og standardiserte verdier for bruksavhengige data.

Til forskjell fra kontrollberegning opp mot energirammene i § 14-4 kan det imidlertid her benyttes lokale klimadata som er aktuelle for bygningens plassering, jf. NS 3031 tillegg M. Dette begrunnes med at prosentandelen av bygningens netto varmebehov som den tiltenkte varmeløsningen kan forventes å dekke kan være avhengig av lokalt klima og at dimensjonering av varmeanlegget uansett må ta utgangspunkt i lokale forhold. Forskriftskravet er illustrert i figur 2.

§ 14-7 Figur 2: Energiforsyning



Typiske løsninger for å tilfredsstille kravet kan være solfanger, fjernvarme, varmepumpe, pelletskamin, vedovn, biokjel, biogass, bioolje, etc.

Overskuddsvarme fra faste installasjoner som f.eks. serverparker, kjøledisker e.l. kan også medregnes ved oppfyllelse av kravet, forutsatt at varmen overføres via et vannbårent system.

Kravet i TEK10 er knyttet til netto energibehov og hvor mye av det som kan dekkes av en ikke fossil eller direktevirkende energikilde. Systemvirkningsgrader kommer derfor ikke inn som noen faktor. For en varmepumpe vil denne metoden regne den leverte effekt uansett varmefaktor. Den vil derfor i liten grad differensiere på ulike typer varmepumper og deres egenskaper. Det viktige er hvilken del av energibruken varmepumpen kan dekke, f.eks. om den kan dekke bare romvarme eller også varmtvann.

2.2 Energimerke

Energimerkeordningen ble introdusert tidlig sommer 2010 og medfører at alle bygg som selges, leies eller ferdigstilles og alle yrkesbygg over 1000 m² skal ha energimerke. Energimerket består av både en karakter, som angir relativ ytelse i den aktuelle bygningskategori, samt en oppvarmingskarakter som angir i hvor stor grad en bygning kan varmes opp med andre energivarer enn fossilt brensel og strøm Grønt angir at en høy andel av bygningens varmebehov kan dekkes av annen energiforsyning enn fossile brensler og elektrisitet, mens rødt angir lav andel (Tabell 2-1). Oppvarmingskarakter er uavhengig av energikarakteren.

Merkets farge					
Maksimal andel el og fossil brensel [%]	30,0	47,5	65,0	82,5	100

Tabell 2-1 Oppvarmingskarakterens farge avhengig av andel el og fossil brensel.

2.3 Oppsummering

Følgende hensyn må derfor tas ved valg av energiforsyning:

- Det er ikke tillatt å installere oljekjel for fossilt brensel som grunnlast
- Grensen for andel varmebehov som kan dekkes av annet enn direktevirkende el eller fossile brensler må ivaretas
- I konsesjonsområder for fjernvarme skal det benyttes vannbåren varme.
- Andel varme fra elektrisitet og fossile brensler bør minimeres hvis en god oppvarmingskarakter ønskes.

3. TEKNISK INFRASTRUKTUR OG MULIGHETER FOR FLEKSIBEL ENERGIBRUK

Følgende faktorer er avgjørende for dekningsgraden for en energikilde:

- Hvilke behov som dekkes av kilden, dvs. romoppvarming, varmtvann og ventilasjonsoppvarming.
- I tillegg er det avgjørende å vite om det er en eller flere punktkilder i huset.
- Løsningene rundt dette gis av infrastrukturen både teknisk og arkitektonisk i bygget, dvs. f.eks om det er vannbåren varme eller ikke og hvordan energien kan spres fra en punktkilde i huset.

3.1 Vannbåren varme

Vannbåren varme er et viktig virkemiddel for å oppnå full energifleksibilitet. Ved riktig design av energisentral kan en senere bytte til hvilken som helst energikilde ettersom energipriser og teknologi utvikler seg.

Vannbåren varme kan varme opp rommene både ved gulvvarme og radiatorer. Dersom spredenettet blir stort, temperaturene i systemet høye eller det er dårlig isolert kan det gi redusert systemvirkningsgrad.

Et vannbåret system er i de aller fleste tilfeller utformet slik at det dekker varmtvann og romoppvarming for boliger og varmtvann, rom og ventilasjonsoppvarming for yrkesbygg.

Et vannbåret system kan dekke alle rom og gi ønsket temperaturnivå og komfort styrt av individuelle innstillinger. Det gir også fleksibilitet i forhold til endring i bruk.

3.2 Temperaturnivå

Dersom en skal ha maksimal energifleksibilitet bør temperaturnivået i oppvarmingssystemet være så lavt som mulig. Det er viktig for ytelsen til de fleste varmepumper og avgjørende for dekningsgraden til solvarmesystemer. Gulvvarme basert på lavt temperaturnivå kan derfor være gunstig.

3.3 Akkumulatortank

Det er viktig å planlegge å installere en akkumulatortank i forbindelse med en varmesentral. Dette er en nødvendig komponent dersom flere energikilder skal benyttes i varmesentralen eller at solenergi skal brukes til oppvarming. Det er også nødvendig med akkumulatortank ved ikke-modulerende kjeler (start-stopp-kjeler). I praksis er det gass-, el- og større biokjeler, som er modulerende. Noen større pellets- og fliskjeler er ved vinterdrift modulerende i intervallet 30-100 %, mens de ved sommerdrift fungerer som ”start-stopp”-kjeler.

For at en akkumulatortank skal fungere best mulig etter hensikten er det nødvendig å oppnå en god varmesjiktning i tanken. Sjiktningen påvirkes av dimensjonering og plassering av tank, rørføring og pumper. For å styre effektnivået måles temperaturen i en akkumulatortank med følere på forskjellige steder i tanken. Varmt vann har mindre egenvekt enn kaldt vann, og derfor blir det varmeste vannet liggende i toppen av akkumulatortanken. Dette medfører at etterhvert som varmtvann brukes fra akkumulatortanken og kaldt vann returnerer, gir temperaturfølerne i

tanken beskjed om å øke effekten på kjelen. Dette sikrer at det disponible energiinnholdet i tanken kan dekke det momentane energibehovet til enhver tid.

Det eksisterer 3 typer akkumulatortanker:

- En ren akkumulatortank, som bare har som oppgave å lagre energi for å kunne dekke et varierende energibehov.
- Akkumulatortank med spiral(er) vil i tillegg til å lagre energi også tjene som varmeveksler. Den kan da separere de forskjellige kretsene fra hverandre (biokjel, varmepumpe, solfangere og el-kolbe) samtidig som den gir best mulige driftsforhold for de forskjellige varmekildene.
- En varmtvannsbereder vil også kunne fungere som en akkumulatortank.

3.4 Punktkilder

Punktkilder som ikke er knyttet til et vannbåret system varmer i prinsippet kun opp det rommet det er plassert i. Avhengig av plasseringen vil det kunne være større og mindre deler av huset.

Dersom kilden plasseres i kjeller og det er åpent opp i flere etasjer vil varmen spre seg opp. Den vil fordele seg i hver etasje i en viss utstrekning. Varmefordelingen skjer ofte ved naturlig konveksjon og drives av temperaturforskjeller. For varmepumpe, pellets- og vedkaminer benyttes vifte til å spre varmen ut i rommet.

Utsprekningen en kilde dekker pr. etasje avhenger av utformingen av og størrelsen på arealet. En punktkilde vil i de fleste tilfeller kunne dekke et areal på 50-60 m² åpent rom. Det tilsvarer et effektbehov i størrelsesorden 2500-3000 W.

I moderne hus vil oftest soverom og bad i boliger være lukkede rom uten punktvarmekilde. Disse vil da ikke få dekket varmebehovet av punktvarmekilden.

For å svare opp energidekning for punktvarmekilder kan en fordele areal som er dekket av punktvarmekilde og areal som ikke er det og beregne vektet midlere energidekningsgrad.

Punktkilder som er manuelle og som ikke har automatikk foreslår vi at gis en redusert energidekningsgrad med 25 %, sammenlignet med samme installasjon med automatisk styring. Her anses en vedovn som manuell og et eksempel på en automatisk punktkilde er kamin.

4. UNDERLAG FOR EVALUERING AV DEKNINGSGRAD

Formålet med denne seksjonen er å vise hvordan sammenhengen er mellom effekt til ulike behov (romoppvarming, ventilasjon og varmtvann) og energibehov. Det er gjort beregninger for småhus, blokk, barnehage og kontor for å illustrere sammenhengene. Beregningene er gjort for Oslo klima. Netto varmebehov er beregnet etter *NS 3031 Beregning av bygningers energiytelse – Metode og data*. Programmet SIMIEN er benyttet i disse beregningene.

Resultatene er vist i et effektvarighetsdiagram som kan benyttes til å illustrere hvor stor andel av energien som kan dekkes av en effekt. Dette er så benyttet til å lage et diagram som viser sammenhengen mellom effekt og energidekning. Slike diagram er mye benyttet for å planlegge effektdekning fra ulike energiforsyningskilder og er beskrevet i *Prenøk 2.0 Varighetsdiagram – Grunnlag og teori* og *2.6 Varighetsdiagram - Bruk til dimensjonering av varmesentraler*.

I det følgende gjennomgås evalueringen av energidekningsgraden for småhus, boligblokk, kontor og barnehage. Gjennomgangen av forutsetningene til de ulike beregningene og bruken av diagrammene til å bestemme energidekningsgraden er laget grundig for småhus, mens det i de resterende bygningstyper henvises til beskrivelsen i avsnittet om småhus.

For småhus er det også gjort diagrammer for passivhus og gamle hus selv om passivhus i de fleste tilfeller ikke kommer innenfor kravet pga. lavere netto varmebehov enn 15 000 kWh i året.

Tanken er at en som leser dette skal kunne finne en varmeløsning for sitt hus, bestemme hvilke oppvarmingsdeler det dekker og hvor stor effektandel. På grunnlag av dette kan en så anslå hvor stor energidekning energikilden gir.

4.1 Begreper

For å konkretisere hvilke verdier vi jobber med har vi innført en del variabelnavn og forholdstall for å definere dekningsgrad og deler av dekningsgrad. Det kan fungere som praktisk hjelpemiddel for å forstå sammenhengene og å dokumentere dekningsgraden for konkrete bygg. Begrepene benyttes videre i kapitlet.

Benytter følgende begreper i dokumentasjonen:

Oppv:	Oppvarming
Vent:	Ventilasjon
Vann:	Varmtvann
Tot:	Samlet termisk oppvarmings energi innenfor NS 3031

Variable og sammenhenger i det følgende er lik de definerte størrelser og enheter i NS 3031:

Dimensjonerende netto effektbehov til varme

$$Q_{tot} = q_{oppv} + q_{vent} + q_{vann} \text{ [W/m}^2\text{]}$$

Årlig netto energibehov til varme

$$Q_{tot} = Q_{oppv} + Q_{vent} + Q_{vann} \text{ [kWh/m}^2\text{]}$$

Energi til oppvarming som dekkes fra kilde

$$Q_{oppv,kilde} \text{ [kWh/m}^2\text{]}$$

Energi til oppvarming av ventilasjon som dekkes fra kilde

$$Q_{vent,kilde} \text{ [kWh/m}^2\text{]}$$

Energi til oppvarming av varmtvann som dekkes fra kilde

$$Q_{tapp,kilde} \text{ [kWh/m}^2\text{]}$$

Dekningsgrad energikilde for årlig energibruk:

$$dQ_{tot} = \frac{Q_{oppv,kilde}}{Q_{tot}} + \frac{Q_{vent,kilde}}{Q_{tot}} + \frac{Q_{vann,kilde}}{Q_{tot}} \text{ [%]}$$

$$dQ_{tot} = dQ_{oppv} + dQ_{vent} + dQ_{vann} \text{ [%]}$$

Formelen uttrykker andel energidekning fra kilde i forhold til totalt energibehov. Ved å benytte denne fremstillingen kan en legge sammen to dekningsgrader fra to ulike kilder til ulike formål. Eksempelvis varmtvann som dekkes av solvarme og romoppvarming som dekkes av luft-luft varmepumpe.

Effektdekning for kilde i forhold til dimensjonerende effekt:

I Når kilden dekker romoppvarming, ventilasjonsoppvarming og varmtvann:

$$dq_{tot} = \frac{q_{kilde}}{q_{tot}} = \frac{q_{oppv,kilde}}{q_{oppv}} * \frac{q_{oppv}}{q_{tot}} + \frac{q_{vent,kilde}}{q_{vent}} * \frac{q_{vent}}{q_{tot}} + \frac{q_{vann,kilde}}{q_{vann}} * \frac{q_{vann}}{q_{tot}} \text{ [%]}$$

II Når kilden dekker bare romoppvarming:

$$dq_{oppv} = \frac{q_{oppv,kilde}}{q_{oppv}} \text{ [%]}$$

III Når kilden dekker bare varmtvann:

$$dq_{tapp} = \frac{q_{vann,kilde}}{q_{vann}} \text{ [%]}$$

IV Når kilden dekker bare romoppvarming og varmtvann:

$$dq_{oppv,tapp} = \frac{q_{oppv,kilde}}{q_{oppv}} + \frac{q_{vann,kilde}}{q_{vann}} \text{ [%]}$$

4.2 TEK10 - Småhus

I det følgende brukes SINTEF sin bygningsmodell for småhus (korrigert etter TEK10 og NS 3031: 2007/A1:2010). Settpunkttemperaturen for romoppvarming er 21 °C hele døgnet for å balansere effektbehov og energibehov, i tillegg til dette er det inkludert frostsikring på varmegjenvinneren på ventilasjonsanlegget.

Tabell 4-1 viser energibehovet til bygningsmodellen sammenholdt med rammekravet i TEK10, og den maksimale effekt til termisk oppvarming. Begge parametre er kalkulert ved en årssimulering i SIMIEN. I den maksimale effekt til termisk oppvarming inngår dermed effekten til ventilasjon, oppvarming og varmtvann. I denne beregningen inngår likeledes internlastene fra NS 3031 og er basert på klima for referanseåret som er definert i NS 3031, dvs. Oslo klima.

	Energibehov i regnecase [kWh/m ²]	Rammekrav TEK10 [kWh/m ²]
Romoppvarming	65	
Ventilasjonsoppvarming	1	
Varmtvann	30	
Vifter og pumper	7	
Belysning	11	
Teknisk utstyr	18	
Romkjøling	0	
Kjølebatterier	0	
Totalt småhus	132	130

	Energibehov i regnecase [kWh/m ²]	Maksimal effekt til termisk oppvarming, årssimulering SIMIEN [W/m ²]
Romoppvarming	65	
Ventilasjonsoppvarming	1	
Varmtvann	30	
Sum oppvarming småhus	96	41,5

Tabell 4-1 Energebbehov og maksimal effekt til termisk oppvarming ved årssimulering i SIMIEN for bygningsmodellen til småhus.

Den maksimale effekten gitt i Tabell 4-1 er både påvirket av solstråling, internlaster og temperaturer ned til -25 °C, alle forutsetninger som er forskjellige i forhold til den vanlige beregningen av maksimal effekt til oppvarming basert det dimensjonerende varmetap. Ved beregning av den maksimale effekten til termisk oppvarming anvendes bygningsmodellens totale varmetap, se Tabell 4-2, og baseres på en innetemperatur på 20 °C og en utetemperatur på -20 °C. Temperaturvirkningsgraden til varmegjenvinneren er korrigert for frostsikring ved beregning av varmetapstallet.

	Varmetapstall [W/m ² K]
Yttervegg	0,18
Tak	0,07
Gulv på grunn/mot det fri	0,08
Glass/vinduer/dører	0,24
Kuldebroer	0,03
Infiltrasjon	0,16
Ventilasjon	0,08
Totalt	0,84

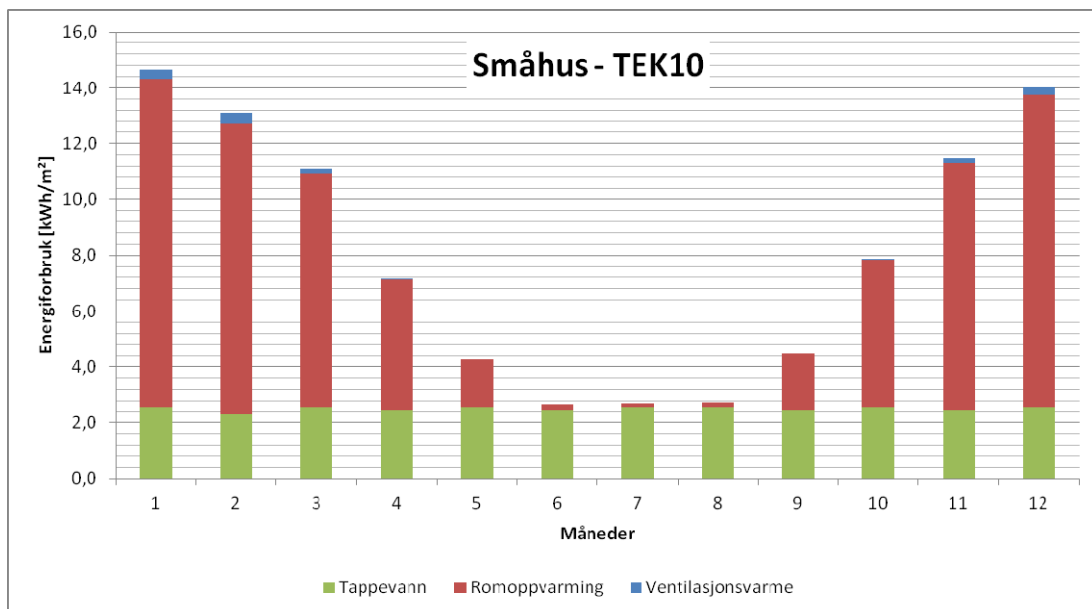
Tabell 4-2 Varmetapsbudsjett for bygningsmodellen til småhus

Effekten ved det dimensjonerende varmetap er beregnet manuelt og ved bruk av SIMIEN, verdiene fremgår av Tabell 4-3. Effekten til varmtvann inngår i verdiene, dvs. 3,4 W/m².

	Manuel beregning	SIMIEN beregning
q_{tot} [W/m ²]	37	37

Tabell 4-3 Effekt ved dimensjonerende varmetap inklusiv effekt til varmtvann.

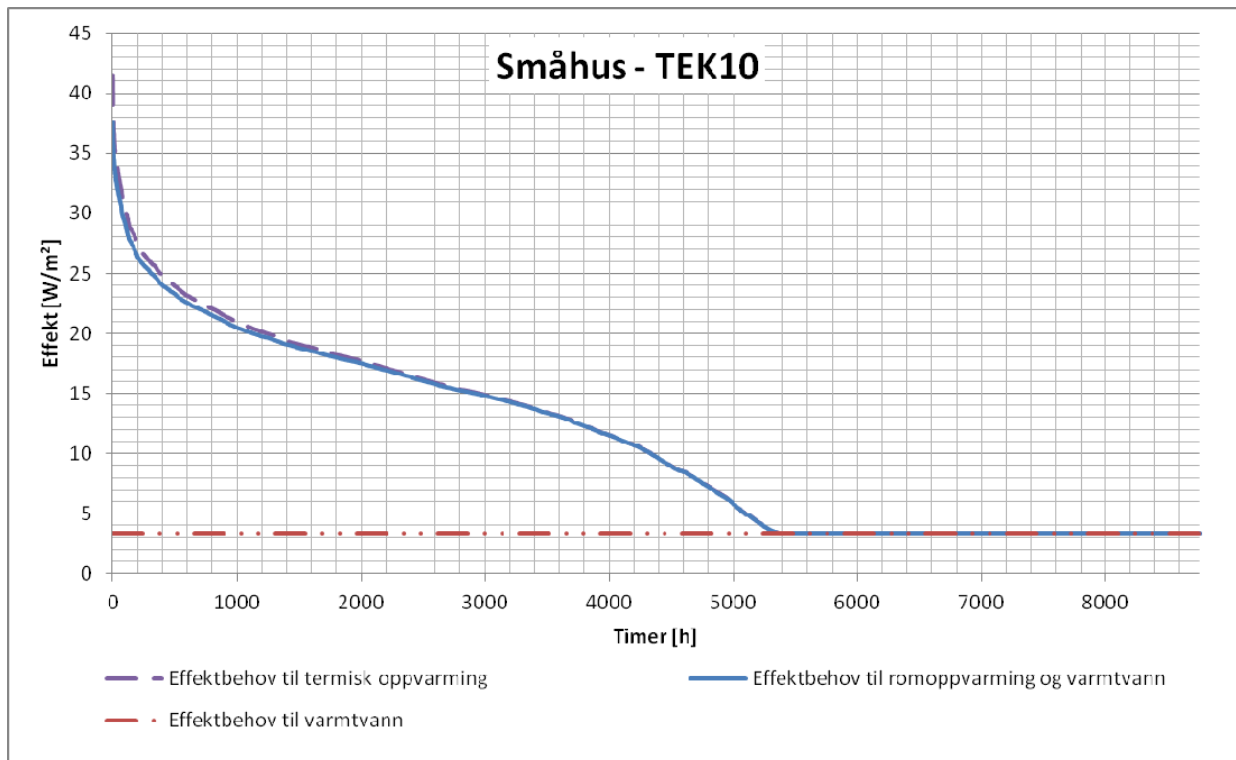
De ulike forutsetninger for beregningen av den maksimale effekten fører til forskjell i størrelsen på effekt. I det følgende tas det utgangspunkt i årssimuleringen av energi- og effektbehovet basert på forutsetningene for simuleringen i Tabell 4-1. Figur 4-1 viser variasjonen i energibehovet til romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmtvannsoppvarming i løpet av et år.



Figur 4-1: Variasjon i energibehov til romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmtvannsoppvarming i løpet av et år. Beregningen er basert på klima for referanseåret som definert i NS 3031, dvs. Oslo klima.

Figur 4-2 viser en varighetskurve for det totale effektbehovet til termisk oppvarming i løpet av et år og en varighetskurve for effektbehovet til romoppvarming og varmtvannsoppvarming. I Figur

4-2 skal det bemerkes at arealet under den røde kurve er lik energibehovet til oppvarming av varmtvann, arealet mellom den røde og blå kurve er lik energibehovet til romoppvarming og arealet mellom den blå og lilla kurve er lik energibehovet til ventilasjonsoppvarming.



Figur 4-2: Varighetskurver for effektbehov til romoppvarming, ventilasjonsvarme og oppvarming av varmtvann i løpet av et år. Beregningen er basert på klima for referanseåret som definert i NS 3031, dvs. Oslo klima.

På grunnlag av resultatet som er fremstilt i Figur 4-2 har vi beregnet energidekningsgraden for energikilden som funksjon av effektdekningen for fire alternativer:

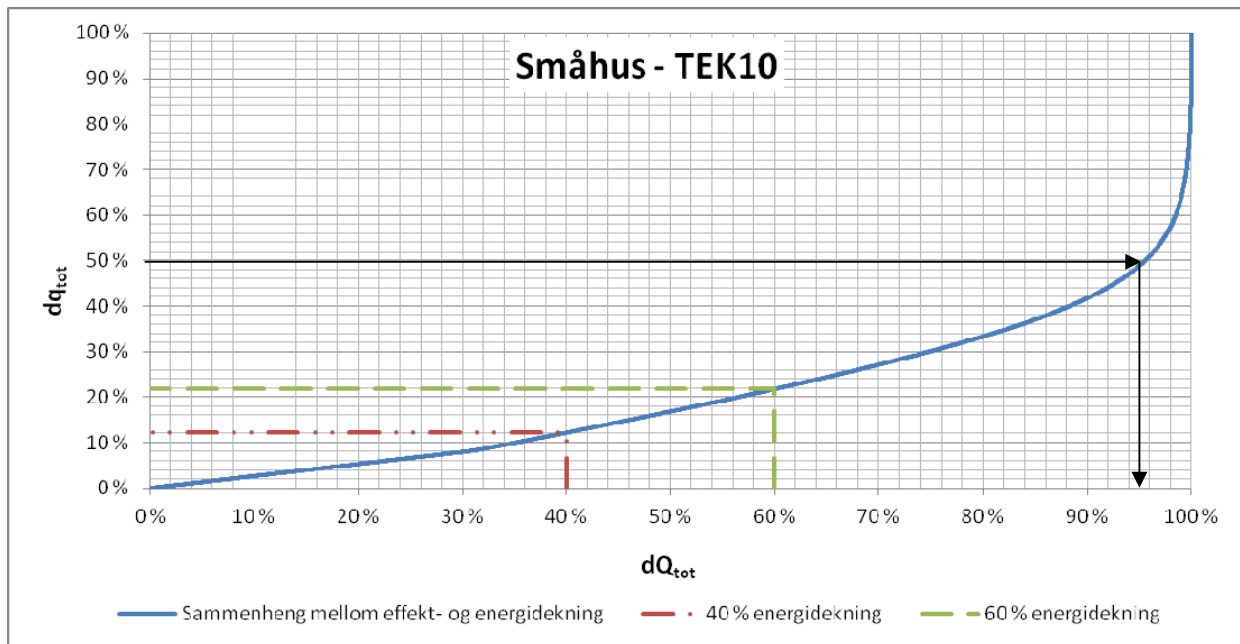
- I** Når kilden dekker romoppvarming, ventilasjonsoppvarming og varmtvann
- II** Når kilden dekker kun romoppvarming
- III** Når kilden dekker kun oppvarming av varmtvann
- IV** Når kilden dekker rom- og varmtvannsoppvarming

Disse diagrammene kan så benyttes enkeltvis og sammen for å dokumentere energidekning fra energikilder. Varmesystem som dekker ventilasjonsvarme alene er utelatt, da energimengden er liten sammenlignet med det totale varmebehov.

I Når kilden dekker romoppvarming, ventilasjonsoppvarming og varmtvann

Figur 4-3 viser energidekningsgraden (dQ_{tot}) for en gitt installert effektdekning fra en energikilde (dq_{tot}) for regneeksempelet. Dette diagrammet kan benyttes for et overslag av energidekningen dersom en har en tilsvarende bolig. Kurven i diagrammet viser de sammenhengende verdier for den prosentvise effektdekningen (dq_{tot}) og den prosentvise energidekningen (dQ_{tot}). Ved å følge pilene er det tydelig hvordan kurven viser hvor stor en andel av årets energibehov en viss effekt kan dekke. Av Figur 4-3 fremgår det at en effektdekning (dq_{tot}) på 50 % fører til en energidekning (dQ_{tot}) på ca. 96 %. Den røde og grønne

markering viser effektdekning (dq_{tot}) ved henholdsvis en energidekning (dQ_{tot}) på 40 % og 60 %. Diagrammene viser at det er lite å vinne rent energimessig ved å øke effekten over 50 %.



Figur 4-3 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} , for småhus basert på dq_{tot} .

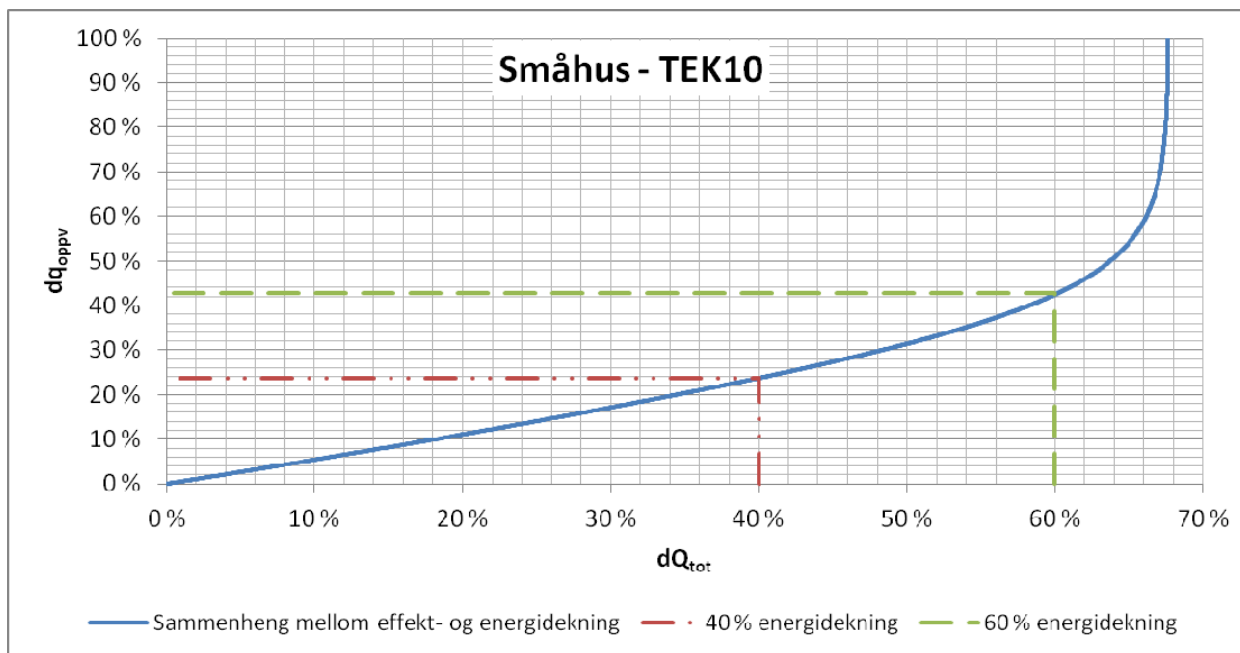
Tabell 4-4 viser nødvendig effektdekning (dq_{tot}) ved en energidekning (dQ_{tot}) på 40 % og 60 %.

	dq_{tot} ved en dQ_{tot} på 40 % [%]	dq_{tot} ved en dQ_{tot} på 60 % [%]
Småhus TEK10	12	22

Tabell 4-4 Nødvendig effektdekning for å ivareta TEK10s krav til energidekning, angitt både for 40 % og 60 % energidekning.

II Når kilden dekker bare romoppvarming

Figur 4-4 illustrerer sammenhengen mellom effektdekningen for romoppvarmingen (dq_{oppv}) og energidekningen (dQ_{tot}). Bruken av Figur 4-4 er lik bruken av Figur 4-3 dvs. en effektdekning (dq_{oppv}) på 50 % fører til en energidekning (dQ_{tot}) på ca. 64 %. Den røde og grønne markering viser nødvendig effektdekning for romoppvarming (dq_{oppv}) ved henholdsvis en energidekning (dQ_{tot}) på 40 % og 60 %. En effektdekning for romoppvarmingen (dq_{oppv}) på 100 % gir høyest en energidekning (dQ_{tot}) ca. 68 %.



Figur 4-4 Sammenheng mellom dq_{oppv} og dQ_{tot}

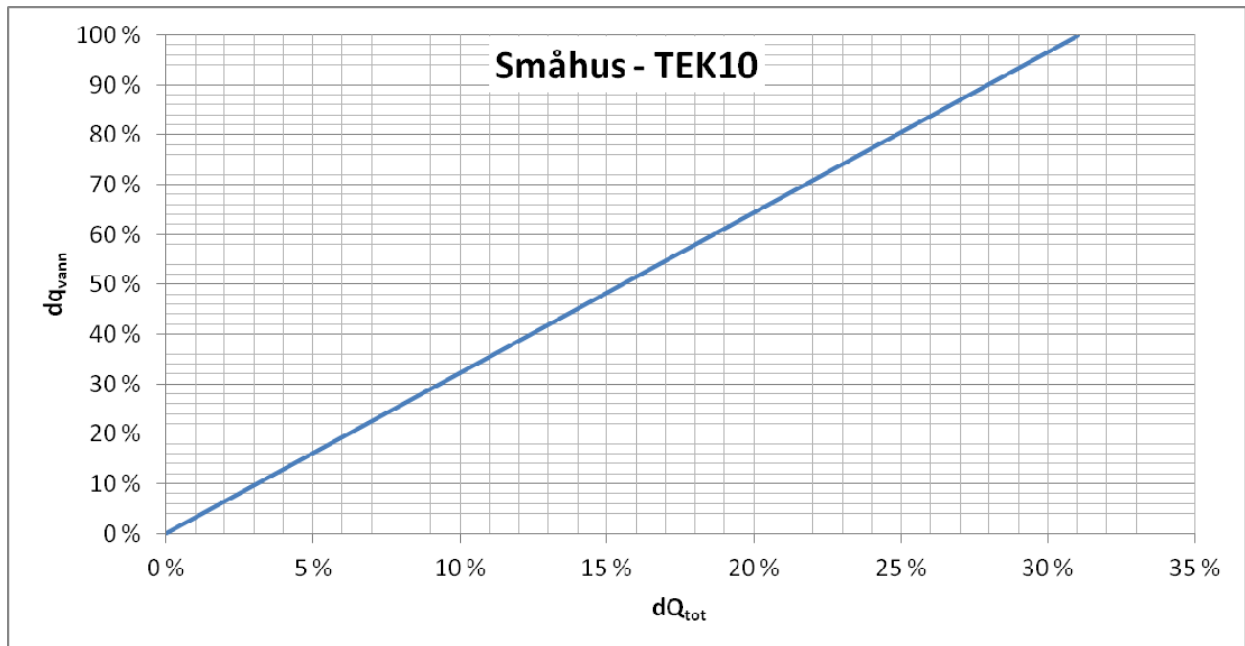
Tabell 4-5 viser nødvendig effektdekning (dq_{oppv}) ved en energidekning (dQ_{tot}) på 40 % og 60 %.

	dq_{oppv} ved en dQ_{tot} på 40 % [%]	dq_{oppv} ved en dQ_{tot} på 60 % [%]
Småhus TEK10	24	43

Tabell 4-5 Nødvendig effektdekning for å ivareta TEK10s krav til energidekning, angitt både for 40 % og 60 % energidekning

III Når kilden dekker bare varmtvann

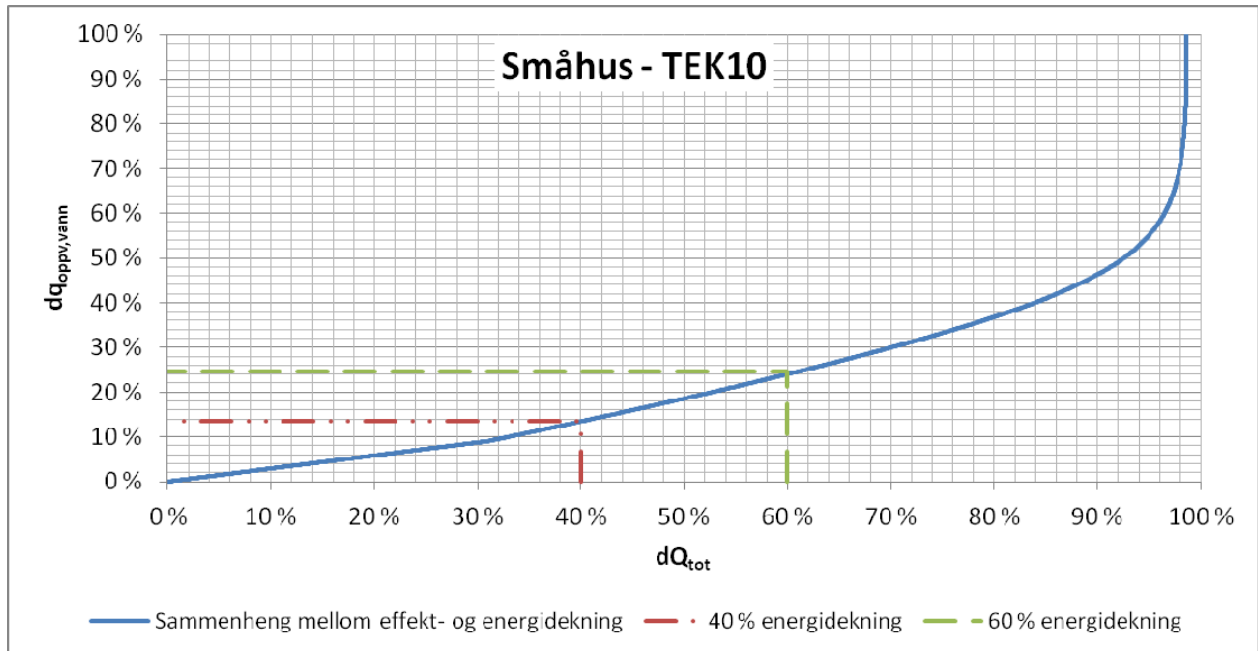
Ved å ha en effektdekning på varmtvann (dq_{vann}) på 100 % oppnås en energidekning (dQ_{tot}) på 31 %. Energidekningen er lineært en funksjon av effektdekningen. Dvs. for eksempel, at 50 % effektdekning på varmtvann gir 15,5 % energidekning, se Figur 4-5. Figuren viser at TEK10 kravet til energiforsyning ikke kan oppfylles ved tiltak på varmtvann alene for småhus med netto energibehov tilsvarende energirammen i TEK 10.



Figur 4-5 Sammenheng mellom dq_{vann} og dQ_{tot}

IV Når kilden dekker romoppvarming og varmtvann

Figur 4-6 illustrerer sammenhengen mellom effektdekningen for romoppvarmingen og oppvarming av varmtvann ($dq_{oppv,vann}$) og energidekningen (dQ_{tot}). Av figuren er nødvendig effektdekning ($dq_{oppv,vann}$) ved en energidekning (dQ_{tot}) på 40 % og 60 % illustrert ved henholdsvis en rød og grønn kurve.



Figur 4-6 Sammenheng mellom $dq_{oppv,vann}$ og dQ_{tot}

4.3 Passivhus – Småhus

I det følgende brukes SINTEFs bygningsmodell for småhus korrigert etter inndata i NS 3700 og NS 3031. Settpunktstemperaturen for romoppvarming er 21 °C hele døgnet for å balansere effektbehov og energibehov. I tillegg til dette er det inkludert frostsikring på varmegjenvinneren på ventilasjonsanlegget. I NS 3700 "Kriterier for passivhus og lavenergihus - Boligbygning" finnes ikke rammekrav til totalt energibehov, men et rammekrav for netto energibehov til oppvarming og ventilasjonsvarme. Tabell 4-6 viser netto energibehov til rom- og ventilasjonsoppvarming sammenholdt med rammekravet i NS 3700. Settpunktstemperaturen brukt i beregningen fører til et litt høyere energibehov enn rammekravet. I den maksimale effekten til termisk oppvarming inngår dermed effekten til ventilasjon, oppvarming og varmtvann. I denne beregningen inngår likeledes intern lastene fra NS 3031, som er basert på klima for referanseåret som er definert i NS 3031, dvs. Oslo klima.

	Energibehov i regnecase [kWh/m ²]	Rammekrav NS 3700 [kWh/m ²]
Romoppvarming	21	
Ventilasjonsoppvarming	0,5	
Sum passivhus	21,5	19,9

	Energibehov i regnecase [kWh/m ²]	Maksimal effekt til termisk oppvarming, årssimulering SIMIEN [W/m ²]
Romoppvarming	21	
Ventilasjonsoppvarming	0,5	
Varmtvann	30	
Sum oppvarming passivhus	51,5	24,2

Tabell 4-6 Netto energibehov til rom- og ventilasjonsoppvarming og maksimal effekt til termisk oppvarming ved årssimulering i SIMIEN.

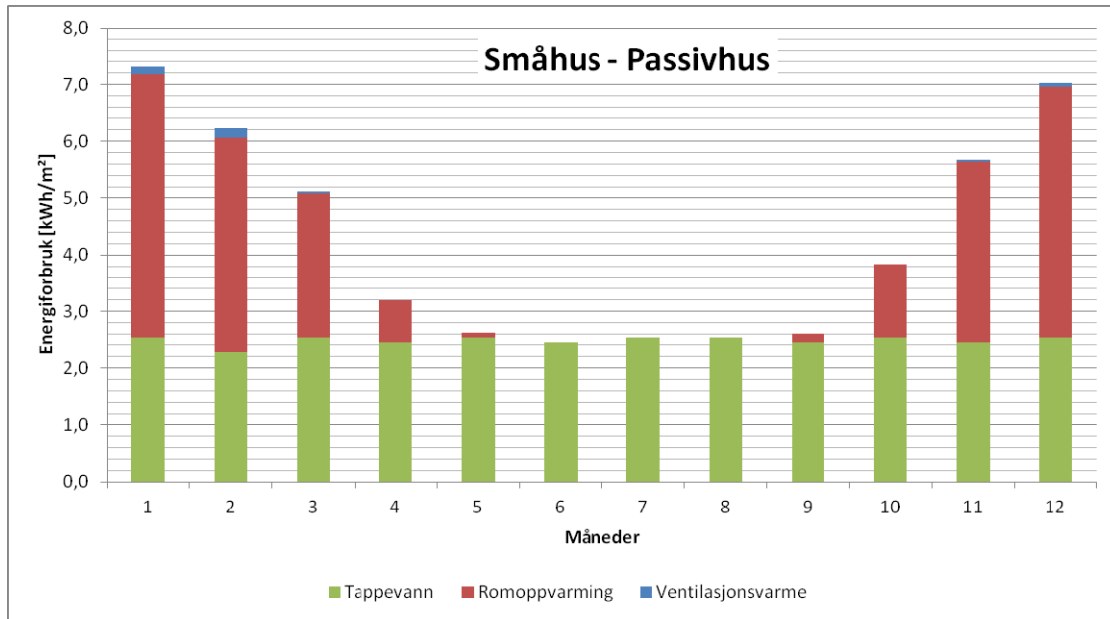
Den benyttede modellen oppfyller ikke helt rammekravet på oppvarming, men avviket er så lite og har liten betydning i denne sammenheng slik at vi benytter denne modellen i eksempelet.

Den maksimale effekten gitt i Tabell 4-6 inneholder forutsetninger som er forskjellig i forhold til den vanlige beregningen av maksimal effekt til oppvarming basert på dimensjonerende varmetap. Det totale varmetapstallet er beregnet i SIMIEN til 0,44 W/m²K. Effekten ved dimensjonerende varmetap fremgår av Tabell 4-7, og er basert på en innetemperatur på 20 °C og en utetemperatur på -20 °C. Effekten til varmtvann inngår i verdiene, dvs. 3,4 W/m². For ytterligere forklaringer, se avsnitt 4.2.

	Manuel beregning	SIMIEN beregning
q_{tot} [W/m ²]	21	22

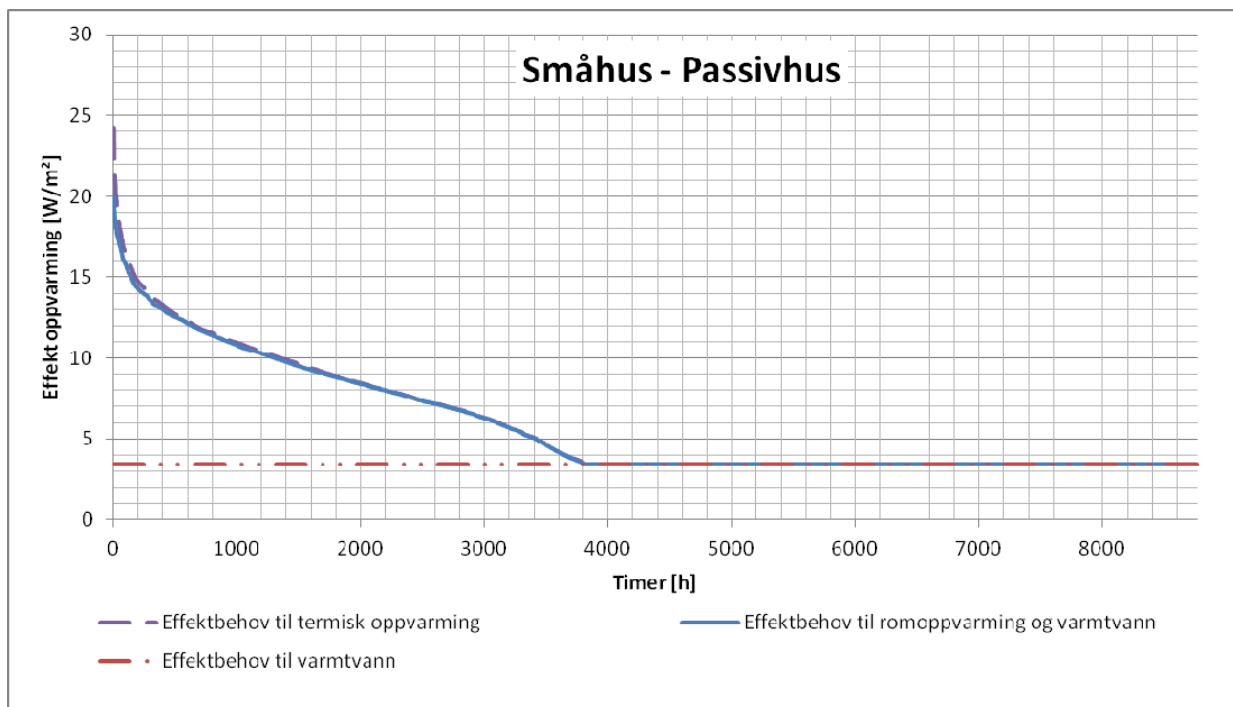
Tabell 4-7 Effekt ved dimensjonerende varmetap inklusiv effekt til varmtvann.

De ulike forutsetningene for beregning av maksimal effekt fører til forskjellen i størrelsen på effekt. I det følgende tas det utgangspunkt i årssimuleringen av energi- og effektbehovet basert på forutsetningene for simuleringen i Tabell 4-6. Figur 4-7 viser variasjonen i energibehovet til romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmtvannsoppvarming i løpet av et år.



Figur 4-7 Variasjon i energibehov til romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmtvannsoppvarming i løpet av et år. Beregningen er basert på klima for referanseåret som definert i NS 3031, dvs. Oslo klima.

Figur 4-8 viser en varighetskurve for det totale effektbehovet til termisk oppvarming i løpet av et år og en varighetskurve for effektbehovet til romoppvarming og varmtvannsoppvarming.

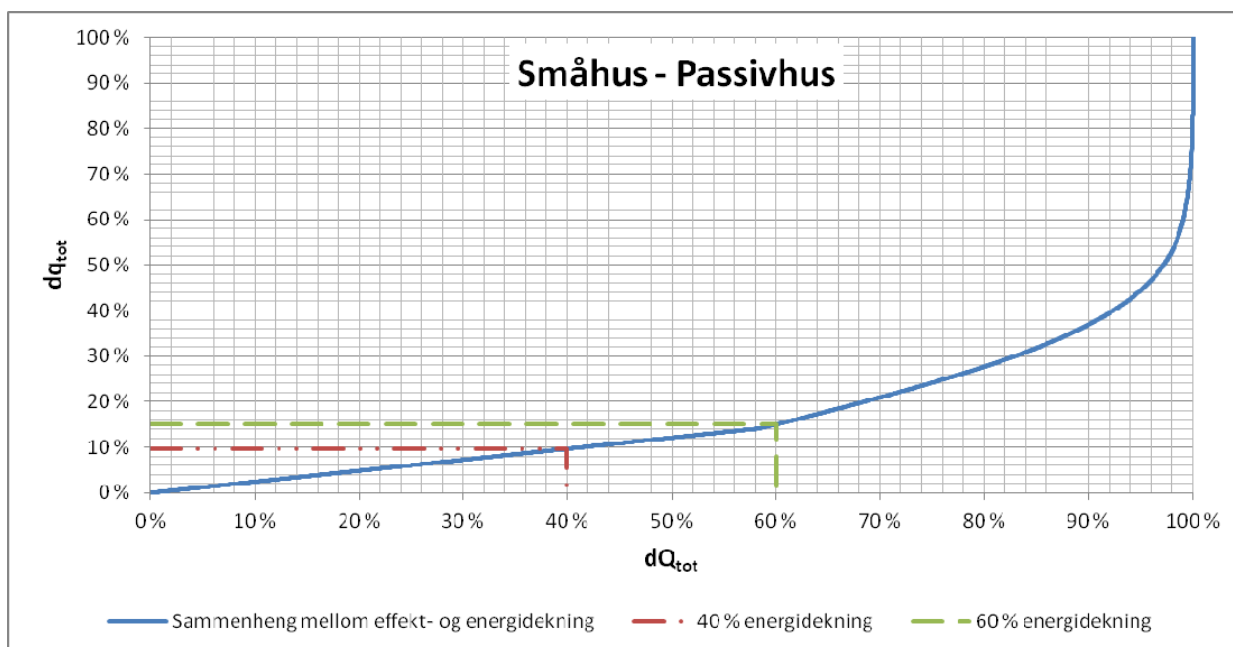


Figur 4-8 Varighetskurver for effektbehov til romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmtvannsoppvarming i løpet av et år. Beregningen er basert på klima for referanseåret som definert i NS 3031, dvs. Oslo klima.

Resultatene videre i dette kapitlet er behandlet på tilsvarende måte som beskrevet i kapittel 4.2.

I Når kilden dekker romoppvarming, ventilasjonsoppvarming og varmtvann

I Figur 4-9 fremgår effektdekningen (dq_{tot}) som funksjon av energidekningen (dQ_{tot}). For ytterligere informasjon om bruk av diagrammene henvises til avsnitt 4.2.



Figur 4-9 Bruk av varighetsdiagram for å beregne av dQ_{tot} , for småhus (passivhus) basert på dq_{tot} .

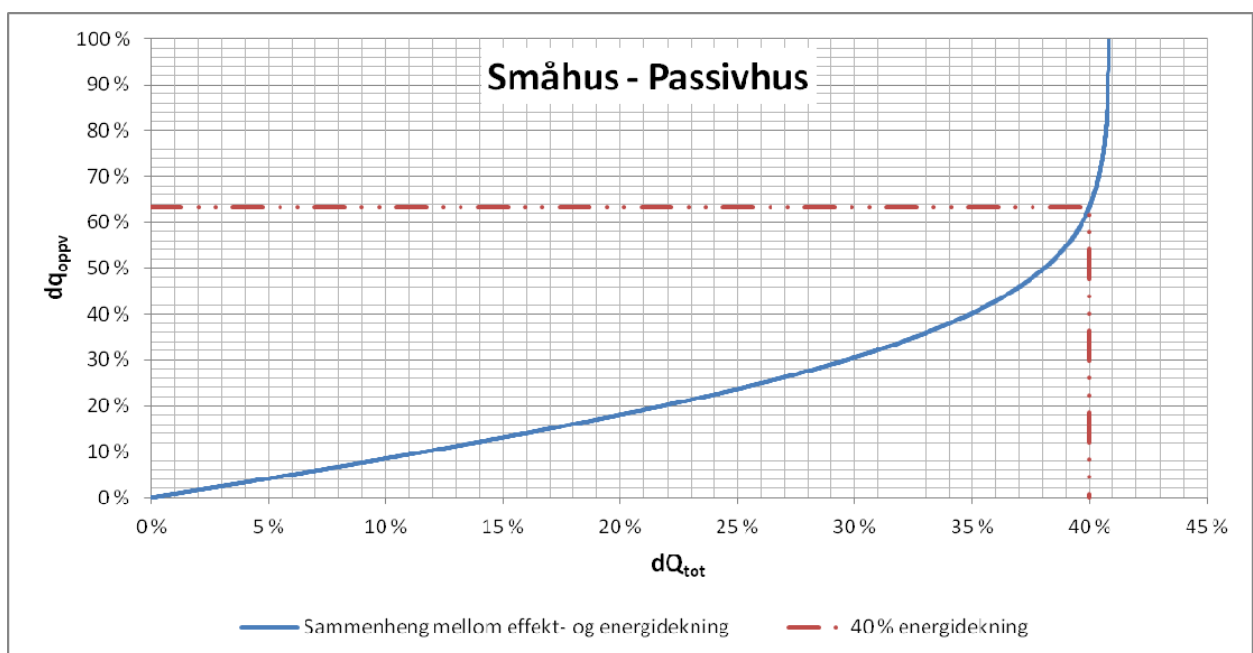
Tabell 4-8 viser nødvendig effektdekning (dq_{tot}) ved en energidekning (dQ_{tot}) på 40 % og 60 %.

	dq_{tot} ved en dQ_{tot} på 40 % [%]	dq_{tot} ved en dQ_{tot} på 60 % [%]
Passivhus	10	15

Tabell 4-8 Nødvendig effektdekning for å ivareta TEK10s krav til energidekning, angitt både for 40 % og 60 % energidekning.

II Når kilden dekker bare romoppvarming

Figur 4-10 viser sammenhengen mellom effektdekningen (dq_{oppv}) og energidekningen (dQ_{tot}). For ytterligere forklaring av bruken av figuren henvises til avsnitt 4.2. Som det fremgår av diagrammet gir en effektdekning på 100 % av romoppvarmingen kun 41 % energidekning.



Figur 4-10 Sammenheng mellom dekning av dq_{oppv} og dQ_{tot} .

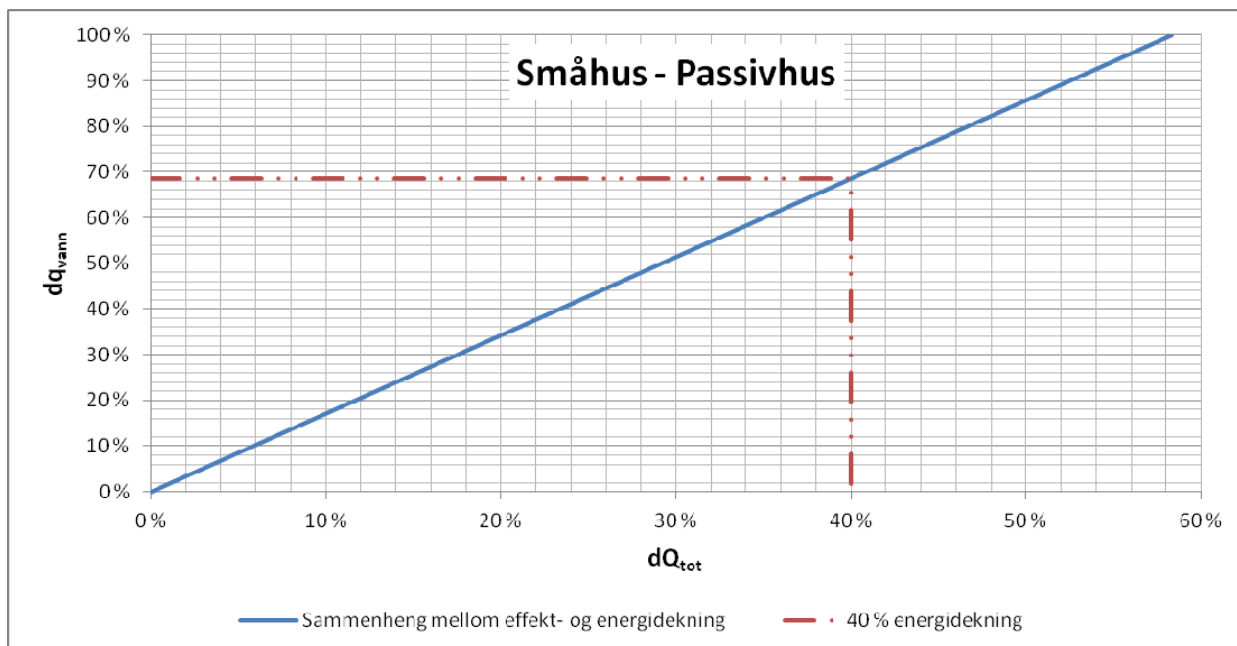
Tabell 4-9 viser nødvendig effektdekning (dq_{oppv}) ved en energidekning (dQ_{tot}) på 40 % og 60 %.

	dq_{oppv} ved en dQ_{tot} på 40 % [%]	dq_{oppv} ved en dQ_{tot} på 60 % [%]
Passivhus	63	Ikke mulig alene

Tabell 4-9 Nødvendig effektdekning for å ivareta TEK10s krav til energidekning, angitt både for 40 % og 60 % energidekning.

III Når kilden dekker bare varmtvann

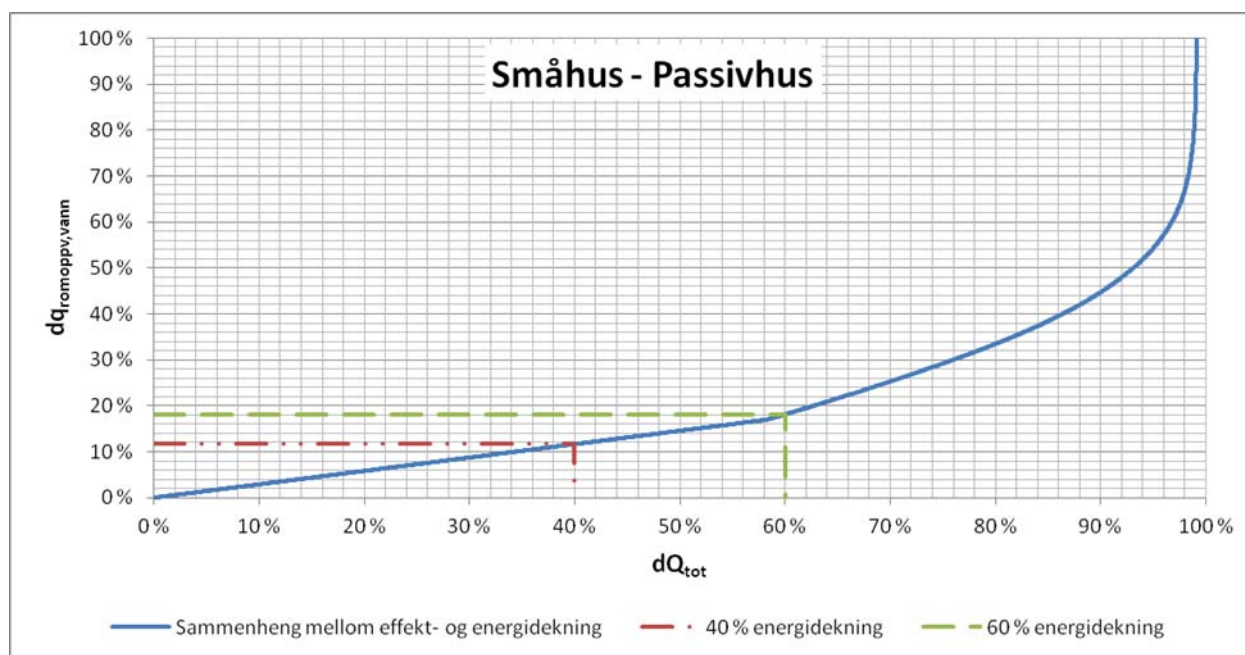
Ved å ha dq_{vann} på 100 % oppnås en dQ_{tot} på 58 %. Energidekningen er lineært en funksjon av effektdekningen. For eksempel gir 50 % effektdekning på varmtvann 29 % energidekning, se Figur 4-11.



Figur 4-11 Sammenheng mellom dq_{vann} og dQ_{tot}

IV Når kilden dekker romoppvarming og varmtvann

Figur 4-12 viser sammenhengen mellom effektdekningen ($dq_{oppv,vann}$) og energidekningen (dQ_{tot}). For ytterligere forklaring av bruken av figuren henvises til avsnitt 4.2.



Figur 4-12 Sammenheng mellom dekning av $dQ_{oppv,vann}$ og dQ_{tot}

4.4 Gammelt småhus

I det følgende brukes SINTEF sin bygningsmodell for småhus korrigert etter sannsynlige U-verdier og NS 3031. Forutsetningene for småhuset er presentert i Tabell 4-10.

Transmisjonskoeffisienter				Lekkasjetall	Kuldebro
U_{gulv} [W/m ² K]	U_{vindu} [W/m ² K]	U_{tak} [W/m ² K]	U_{vegg} [W/m ² K]	n_{50} [h ⁻¹]	Ψ' [W/m ² K]
0,5	2,4	0,5	0,5	3	0,15

Tabell 4-10 Forutsetninger for det gamle småhuset

Det er antatt at det bare er avtrekksventilasjon i huset. Settpunktstemperaturen for romoppvarming er 21 °C hele døgnet for å balansere effektbehov og energibehov. Tabell 4-11 viser energibehovet til bygningsmodellen sammenholdt med rammekravet i TEK10, og maksimal effekt til termisk oppvarming. Begge parametre er beregnet ved en årssimulering i SIMIEN. I den maksimale effekten til termisk oppvarming inngår dermed effekten til ventilasjon, oppvarming og varmtvann. I denne beregningen inngår likeledes intern lastene fra NS 3031, som er basert på klima for referanseåret som er definert i NS 3031, dvs. Oslo klima.

	Energibehov i regnecase [kWh/m ²]	Rammekrav TEK10 [kWh/m ²]
Romoppvarming	233	
Ventilasjonsoppvarming	0	
Varmtvann	30	
Vifter og pumper	7	
Belysning	11	
Teknisk utstyr	18	
Romkjøling	0	
Kjølebatterier	0	
Totalt gammelt småhus	299	130

	Energibehov i regnecase [kWh/m ²]	Maksimal effekt til termisk oppvarming, årssimulering SIMIEN [W/m ²]
Romoppvarming	233	
Ventilasjonsoppvarming	0	
Varmtvann	30	
Sum oppvarming gammelt småhus	263	99,2

Tabell 4-11 Energibehov og maksimal effekt til termisk oppvarming ved årssimulering i SIMIEN for bygningsmodellen til boligblokk.

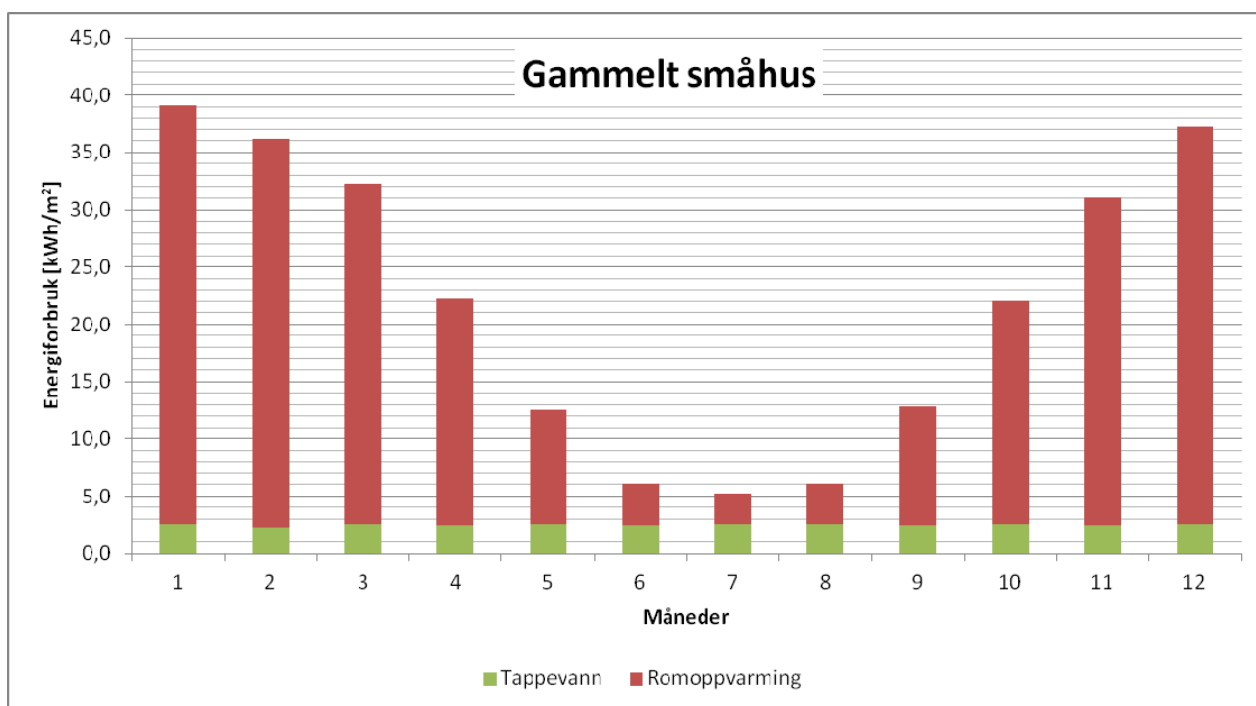
Den maksimale effekten gitt i Tabell 4-11 inneholder forutsetninger som er forskjellig i forhold til den vanlige beregningen av maksimal effekt til oppvarming basert på dimensjonerende

varmetap. Det totale varmetapstallet er beregnet i SIMIEN til 2,09 W/m²K og effekten ved dimensjonerende varmetap fremgår av Tabell 4-12, basert på en innetemperatur på 20 °C og en utetemperatur på -20 °C. Effekten til varmtvann inngår i verdiene, dvs. 3,4 W/m². For ytterligere forklaringer, se avsnitt 4.2.

	Manuel beregning	SIMIEN beregning
q_{tot} [W/m ²]	87	90

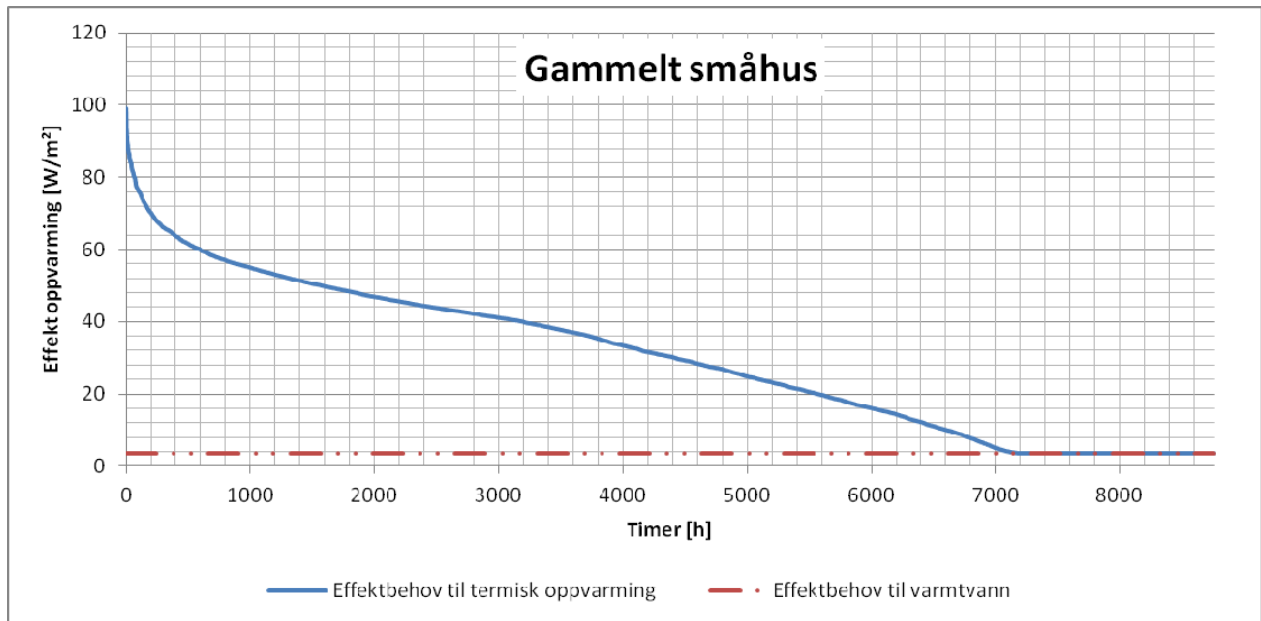
Tabell 4-12 Effekt ved dimensjonerende varmetap inklusiv effekt til varmtvann.

De ulike forutsetningene for beregningen av maksimal effekt fører til forskjellen i størrelsen på effekt. I det følgende tas det utgangspunkt i årssimuleringen av energi- og effektbehovet basert på forutsetningene for simuleringen i Tabell 4-11. Figur 4-13 viser variasjonen i energibehovet til romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmtvannsoppvarming i løpet av et år.



Figur 4-13 Variasjon i energibehov til romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmtvannsoppvarming i løpet av et år. Beregningen er basert på klima for referanseåret som definert i NS 3031, dvs. Oslo klima.

Figur 4-14 viser en varighetskurve for det totale effektbehovet til termisk oppvarming i løpet av et år og en varighetskurve for effektbehovet til varmtvannsoppvarming.

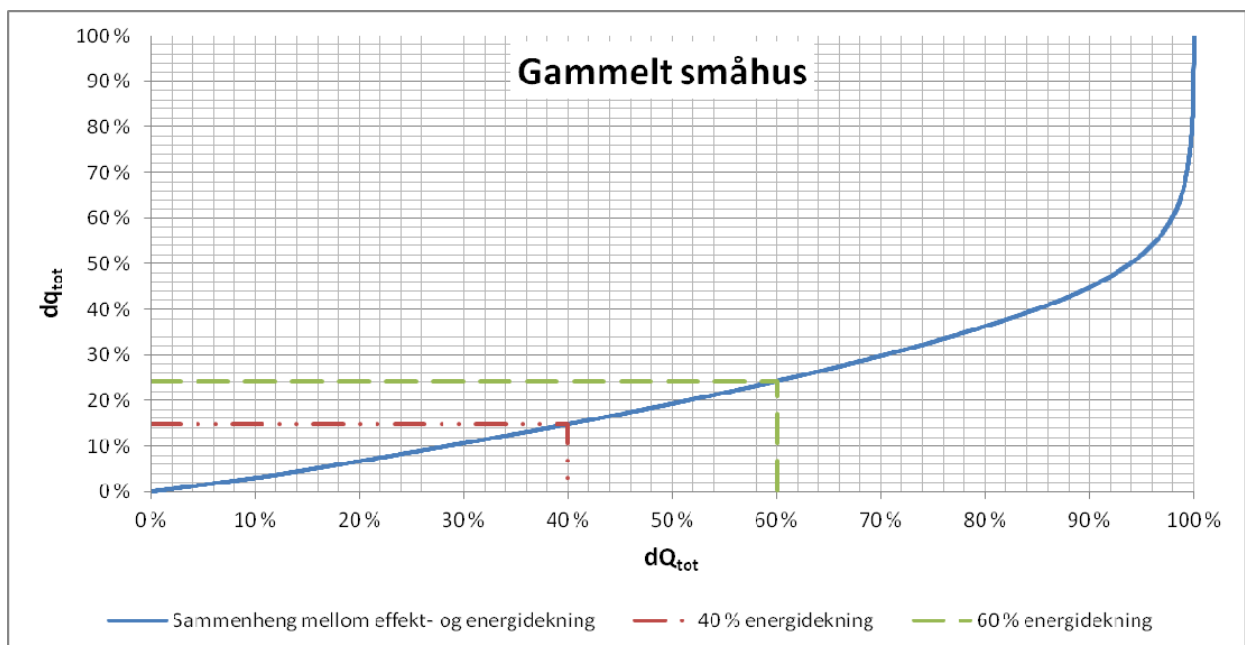


Figur 4-14 Varighetskurver for effektbehov til romoppvarming og varmtvannsoppvarming i løpet av et år. Beregningen er basert på klima for referanseåret som definert i NS 3031, dvs. Oslo klima.

Resultatene videre i dette kapitlet er behandlet på tilsvarende måte som beskrevet i kapittel 4.2.

I Når kilden dekker romoppvarming, ventilasjonsoppvarming og varmtvann

I Figur 4-15 fremgår effektdekningen (dq_{tot}) som funksjon av energidekningen (dQ_{tot}). Til denne modellen skal bemerkes at bare avtrekksventilasjon er installert. Dette fører til at energibehovet til ventilasjonsoppvarming er 0 kWh/m^2 ($q_{vent} = 0 \text{ W/m}^2$, $Q_{vent} = 0 \text{ kWh/m}^2$). For ytterligere informasjon om bruk av diagrammene henvises til avsnitt 4.2.



Figur 4-15 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} for gamle småhus basert på dq_{tot} .

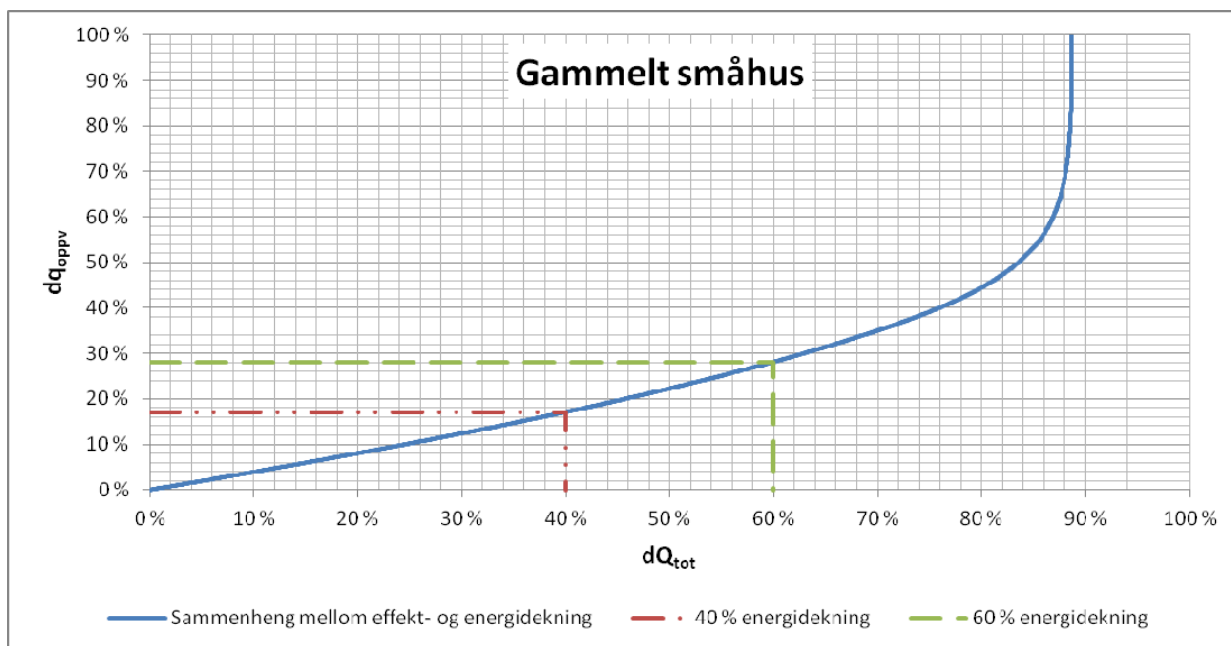
Tabell 4-13 viser nødvendig effektdekning (dq_{tot}) ved en energidekning (dQ_{tot}) på 40 % og 60 %.

	dq_{tot} ved en dQ_{tot} på 40 % [%]	dq_{tot} ved en dQ_{tot} på 60 % [%]
Gammelt småhus	15	24

Tabell 4-13 Nødvendig effektdekning for å ivareta TEK10s krav til energidekning, angitt både for 40 % og 60 % energidekning.

II Når kilden dekker bare romoppvarming

Figur 4-16 viser sammenhengen mellom effektdekningen (dq_{oppv}) og energidekningen (dQ_{tot}). For ytterligere forklaring av bruken av figuren henvises til avsnitt 4.2. Som det fremgår av diagrammet gir en effektdekning på 100 % av romoppvarmingen drøyt 88 % energidekning.



Figur 4-16 Sammenheng mellom dekning av dq_{oppv} og dQ_{tot} .

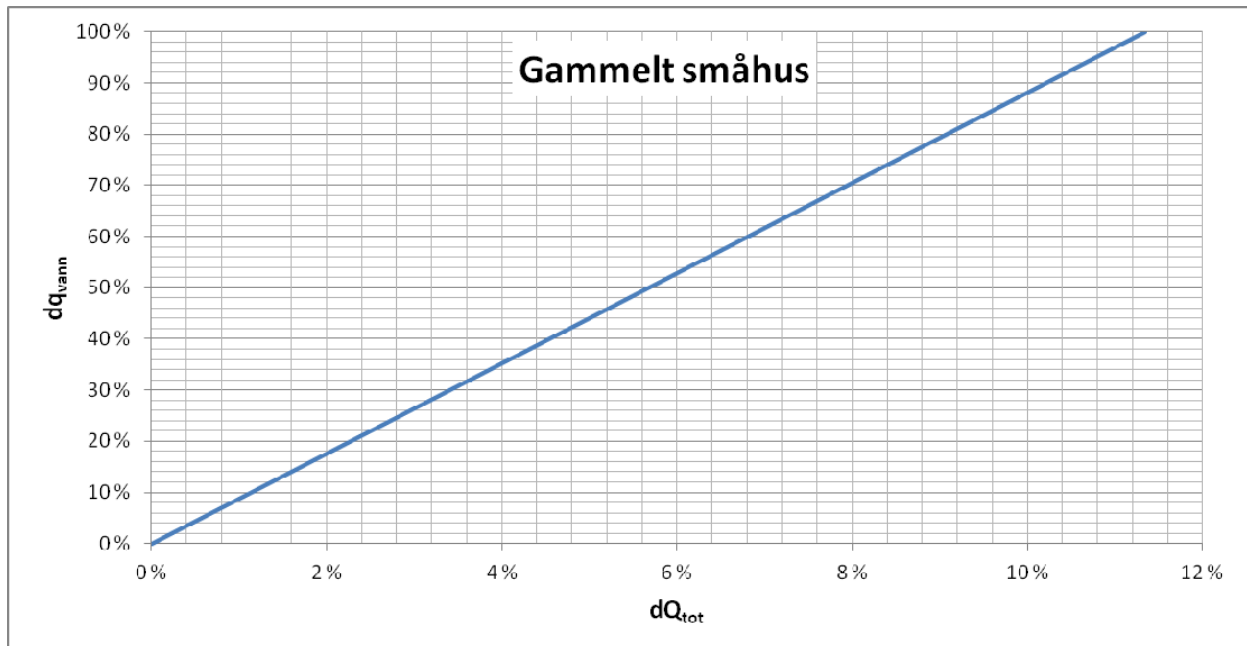
Tabell 4-14 viser nødvendig effektdekning (dq_{oppv}) ved en energidekning (dQ_{tot}) på 40 % og 60 %.

	dq_{oppv} ved en dQ_{tot} på 40 % [%]	dq_{oppv} ved en dQ_{tot} på 60 % [%]
Gammelt småhus	17	28

Tabell 4-14 Nødvendig effektdekning for å ivareta TEK10s krav til energidekning, angitt både for 40 % og 60 % energidekning.

III Når kilden dekker bare varmtvann

Ved å ha dq_{vann} på 100 % oppnås en dQ_{tot} på 11 %. Energidekningen er lineært en funksjon av effektdekningen. For eksempel gir 50 % effektdekning på varmtvann 5,5 % energidekning, se Figur 4-17.



Figur 4-17 Sammenheng mellom dq_{vann} og dQ_{tot}

IV Når kilden dekker romoppvarming og varmtvann

I modellen for det gamle småhuset er det antatt at det bare er innsatt avtrekksventilasjon. Sammenhengen mellom energidekningen (dQ_{tot}) og effektdekning til romoppvarming og oppvarming fremgår av Figur 4-15.

4.5 Oppsummering småhus

Sammenhengen mellom effektdekning og energidekning er beregnet for tre ulike småhus. Tabell 4-15 - Tabell 4-18 oppsummerer sammenhengen mellom effektdekning og energidekning på 40 % og 60 %.

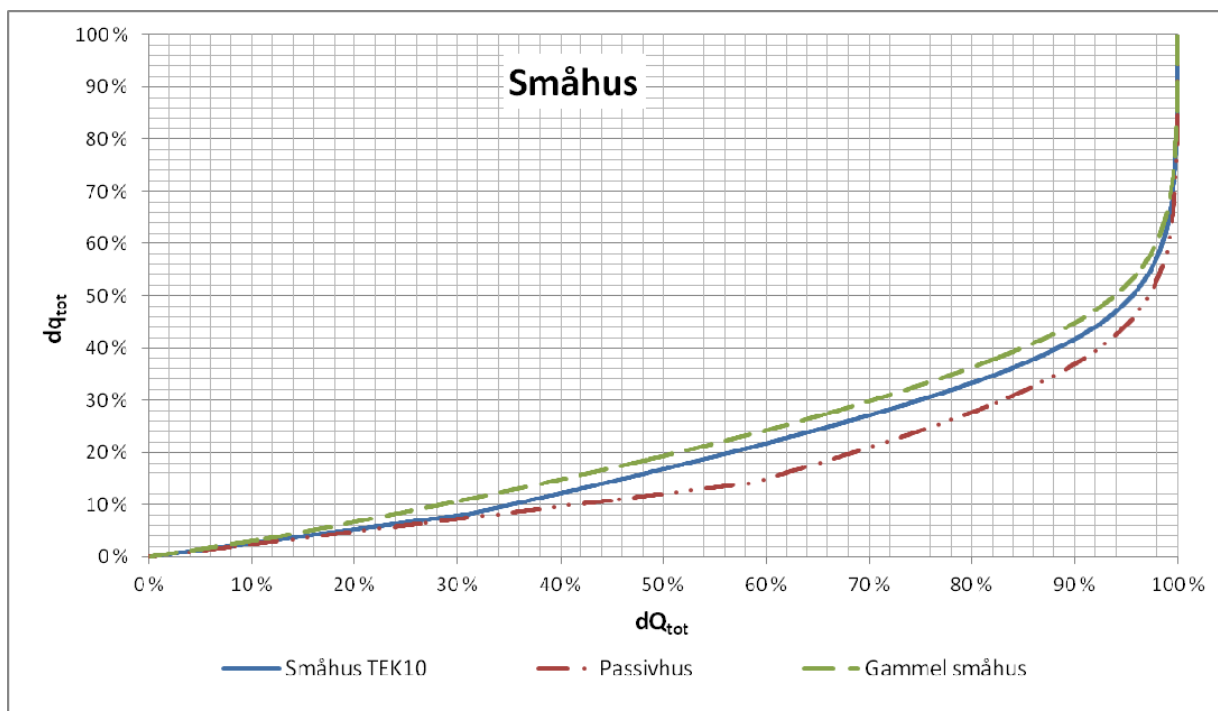
I Når kilden dekker romoppvarming, ventilasjon og varmtvann

Nødvendig effektdekning ved en energidekning på 40 % og 60 % fremgår av Tabell 4-15. For det gamle småhuset er det antatt at det kun er installert avtrekksventilasjon dvs. at energibehovet til ventilasjonsoppvarming er 0 kWh/m² ($q_{vent} = 0 \text{ W/m}^2$, $Q_{vent} = 0 \text{ kWh/m}^2$). Nødvendig effektdekning i Tabell 4-15 er derfor lik nødvendig effektdekning i Tabell 4-18.

	dq_{tot} ved en dQ_{tot} på 40 % [%]	dq_{tot} ved en dQ_{tot} på 60 % [%]
TEK10	12	22
Passivhus	10	15
Gammelt	15	24

Tabell 4-15 Nødvendig effektdekning for å ivareta TEK10s krav til energidekning, angitt både for 40 % og 60 % energidekningsgrad.

Figur 4-18 viser en sammenligning av kurvene for sammenhengen mellom effektdekning (dq_{tot}) og energidekningen (dQ_{tot}) for de tre ulike småhusene. Figuren viser at grafene er veldig like og det er lite å vinne rent energimessig ved å øke effekten over 40 %.



Figur 4-18 Sammenligning av sammenhengen mellom dq_{tot} og dQ_{tot} for tre ulike småhusene.

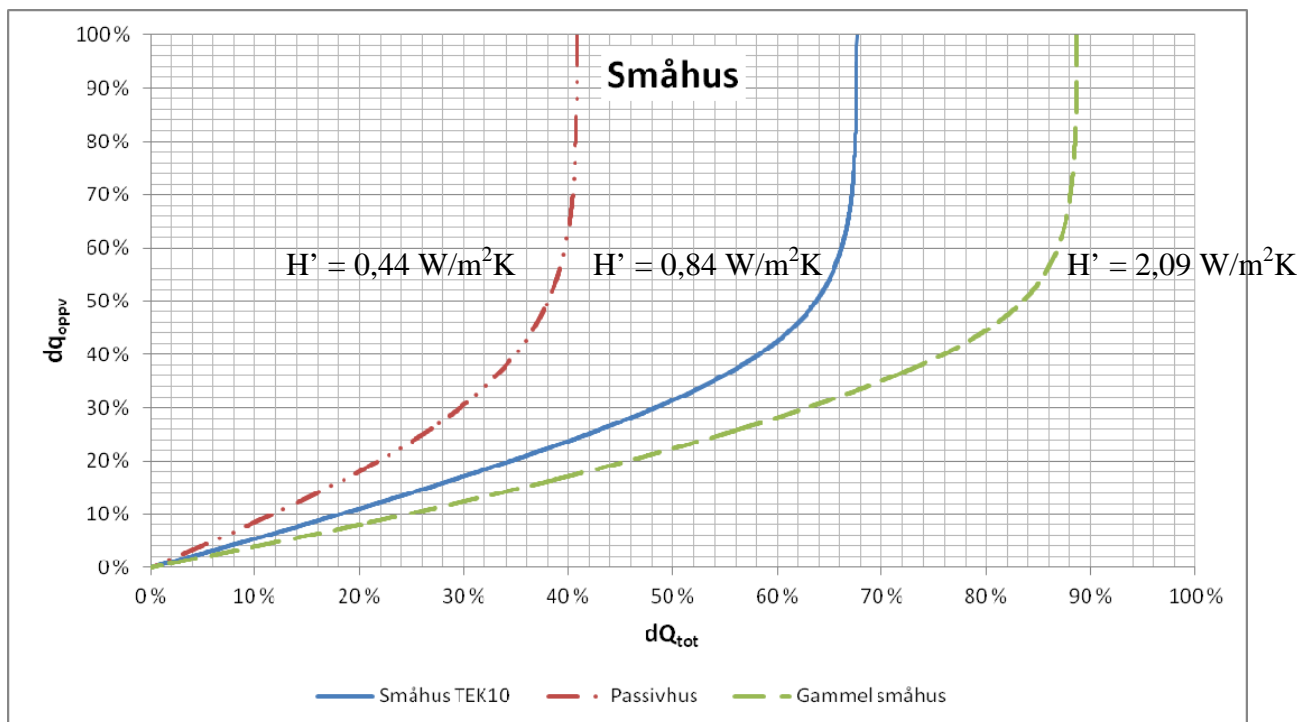
II Når kilden dekker bare romoppvarming

Nødvendig effektdekning ved en energidekning på 40 % og 60 % fremgår av Tabell 4-16.

	dq_{oppv} ved en dQ_{tot} på 40 % [%]	dq_{oppv} ved en dQ_{tot} på 60 % [%]
Småhus TEK10	24	43
Passivhus	63	Ikke mulig alene
Gammelt	17	28

Tabell 4-16 Nødvendig effektdekning for å ivareta TEK10s krav til energidekning, angitt både for 40 % og 60 % energidekning.

Figur 4-19 viser sammenhengen mellom effektdekning til romoppvarming (dq_{oppv}) og energidekning (dQ_{tot}) for de tre ulike bygningsmodellene. Det er stor forskjell mellom hvor mye effektdekning til romoppvarming utgjør av energidekningen. Det totale varmetapstallet, H' , fremgår likeledes av figuren.



Figur 4-19 Sammenligning av sammenhengen mellom dq_{oppv} og dQ_{tot} for de tre småhusene.

I boliger varierer det i hvilken grad det benyttes ettervarme på ventilasjonen eller ikke. Dersom det ikke benyttes kan en regne at en kilde til oppvarming også vil dekke ventilasjonsoppvarming. Dersom tilluften ettervarmes med elektrisitet i ventilasjonsaggregatet må en ta hensyn til dette ved beregning av dekningsgraden. Vi har derfor tatt det med i oppsummeringen.

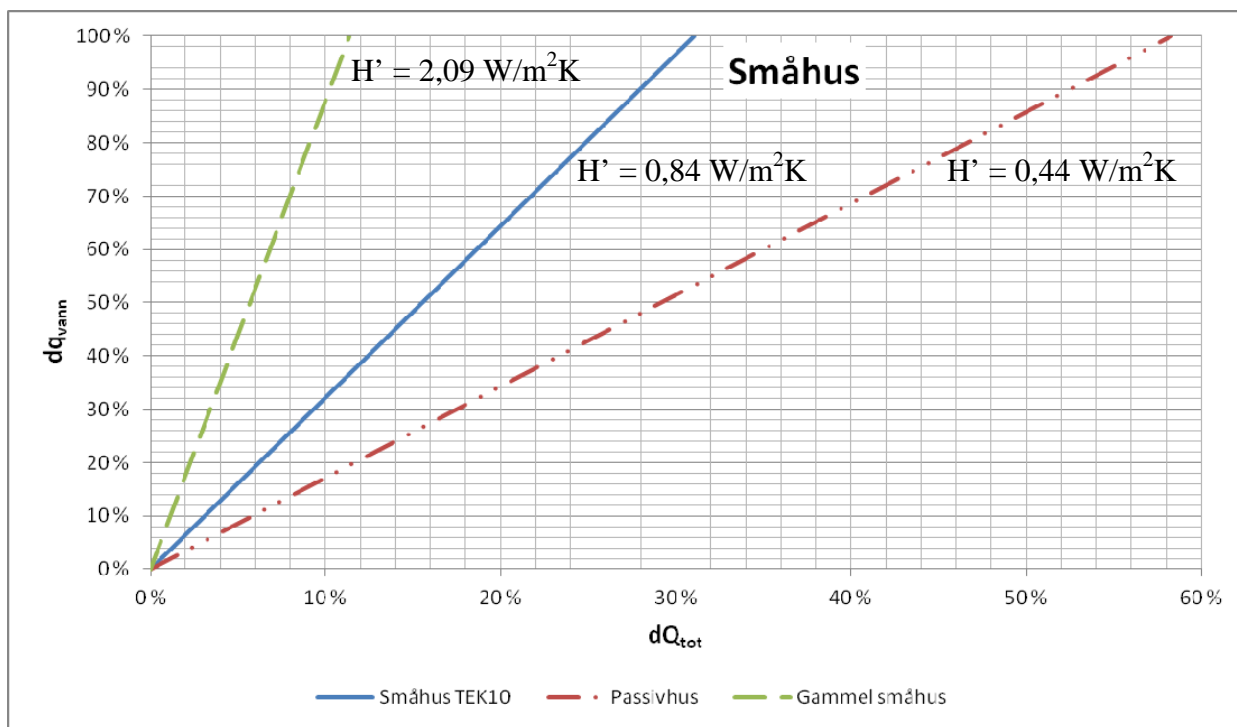
III Når kilden bare dekker varmtvann

Maksimal energidekning (dQ_{tot}) ved 100 % effektdekning (dq_{vann}) fremgår av Tabell 4-17.

	Maksimal energidekning (dQ_{tot}) ved 100 % effektdekning (dq_{vann}) [%]
Småhus TEK10	31
Passivhus	58
Gammelt småhus	11

Tabell 4-17 Maksimal energidekning (dQ_{tot}) ved 100 % effektdekning (dq_{vann}) for småhus.

Figur 4-20 viser en sammenligning av sammenhengen mellom effektdekning til varmtvann (dq_{vann}) og energidekning (dQ_{tot}) for de tre ulike småhusene. Det er stor forskjell på hvor mye effektdekning til varmtvann utgjør av energidekningen og det bare er passivhuset som kan oppnå en dQ_{tot} på 40 % alene ved dq_{vann} . Det totale varmetapstallet for småhusene fremgår også av figuren.



Figur 4-20 Sammenligning av sammenheng mellom dq_{vann} og dQ_{tot} for de tre småhuser.

IV Når kilden dekker romoppvarming og varmtvann

Nødvendig effektdekning ved en energidekning på 40 % og 60 % fremgår av Tabell 4-18.

	$dq_{oppv,vann}$ ved en dQ_{tot} på 40 % [%]	$dq_{oppv,vann}$ ved en dQ_{tot} på 60 % [%]
Småhus TEK10	13	24
Passivhus	12	18
Gammelt	15	24

Tabell 4-18 Nødvendig effektdekning for å ivareta TEK10s krav til energidekning, angitt både for 40 % og 60 % energidekning.

4.6 TEK10 – Boligblokk

I det følgende brukes SINTEFs bygningsmodell for boligblokk (korrigert etter TEK10 og NS 3031). Samme forutsetninger er gjeldende for boligblokk som for småhus, dvs. at setpunktstemperaturen for romoppvarming er 21 °C hele døgnet for å balansere effektbehov og energibehov. I tillegg til dette er det inkludert frostsikring på varmegjenvinneren på ventilasjonsanlegget. Tabell 4-19 viser energibehovet til bygningsmodellen sammenholdt med rammekravet i TEK10, og maksimal effekt til termisk oppvarming. Begge parametre er beregnet ved en årssimulering i SIMIEN. I den maksimale effekten til termisk oppvarming inngår effekten til ventilasjon, oppvarming og varmtvann. I denne beregningen brukes internlastene fra NS 3031, som er basert på klima for referanseåret som er definert i NS 3031, dvs. Oslo klima.

	Energibehov i regnebase [kWh/m ²]	Rammekrav TEK10 [kWh/m ²]
Romoppvarming	39	
Ventilasjonsoppvarming	1	
Varmtvann	30	
Vifter og pumper	7	
Belysning	11	
Teknisk utstyr	18	
Romkjøling	0	
Kjølebatterier	0	
Totalt boligblokk	106	115

	Energibehov i regnecase [kWh/m ²]	Maksimal effekt til termisk oppvarming, årssimulering SIMIEN [W/m ²]
Romoppvarming	39	
Ventilasjonsoppvarming	1	
Varmtvann	30	
Sum oppvarming boligblokk	70	30,6

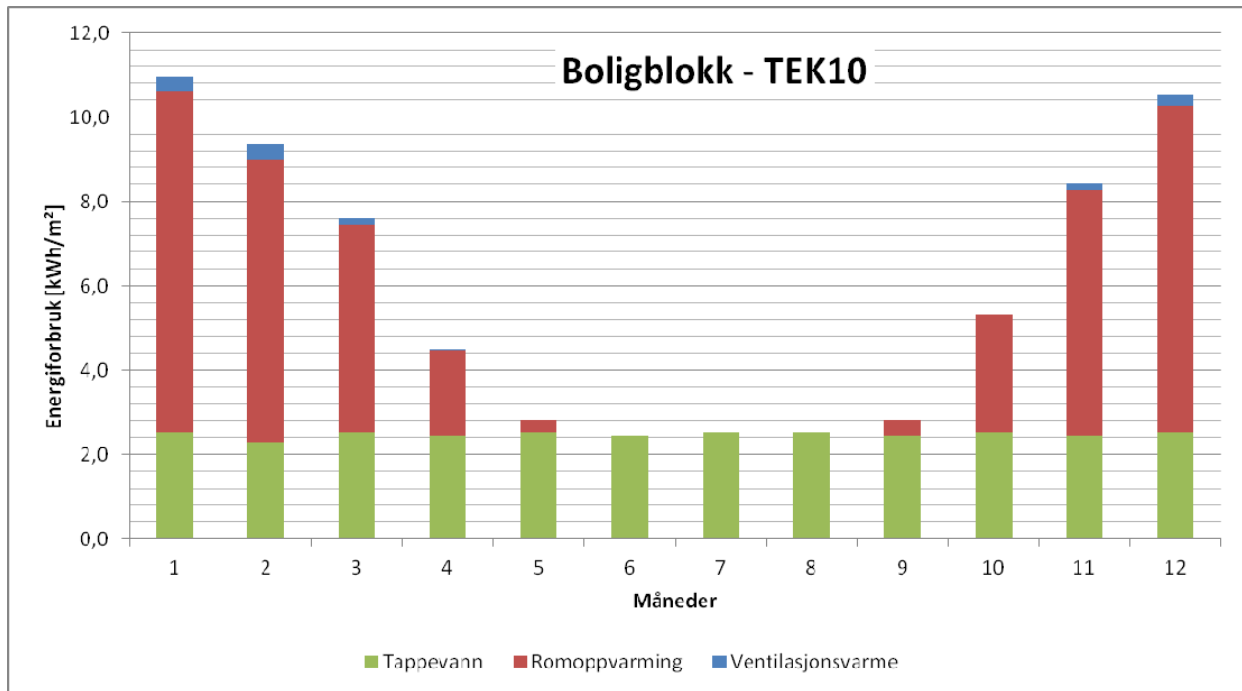
Tabell 4-19 Energibehov og maksimal effekt til termisk oppvarming ved årssimulering i SIMIEN for bygningsmodellen til boligblokk.

Den maksimale effekten gitt i Tabell 4-19 inneholder forutsetninger som er forskjellig i forhold til den vanlige beregningen av maksimal effekt til oppvarming basert på dimensjonerende varmetap. Det totale varmetapstallet er beregnet i SIMIEN til 0,64 W/m²K og effekten ved dimensjonerende varmetap fremgår av Tabell 4-20, og er basert på en innetemperatur på 20 °C og en utetemperatur på -20 °C. Effekten til varmtvann inngår i verdiene, dvs. 3,4 W/m². For ytterligere forklaringer, se avsnitt 4.2.

	Manuel beregning	SIMIEN beregning
q_{tot} [W/m ²]	29	30

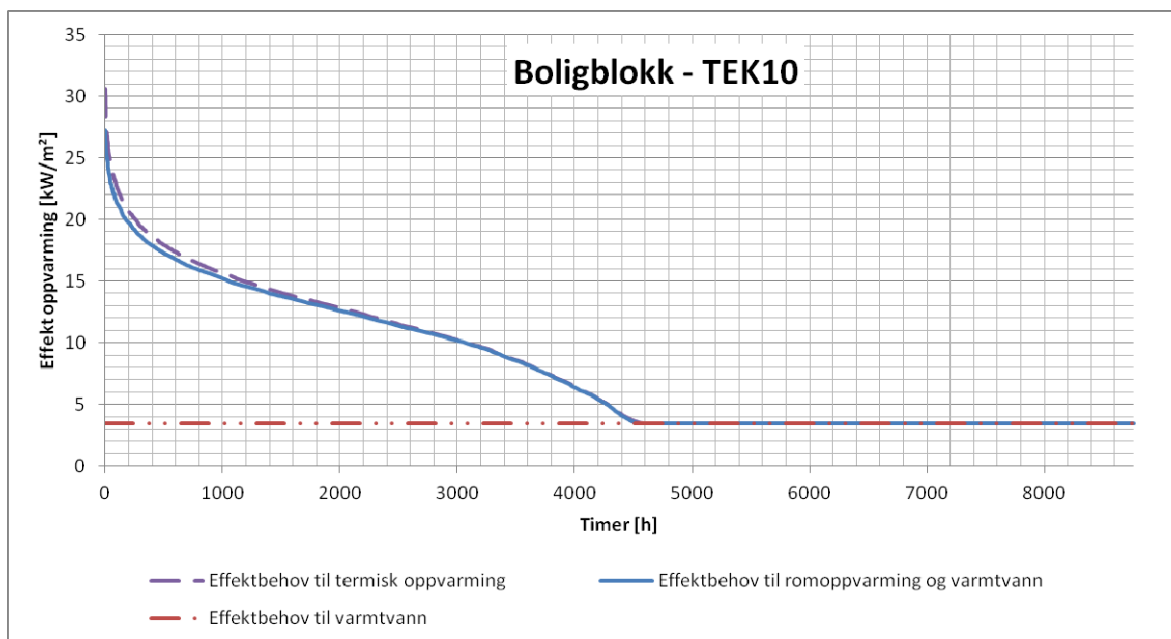
Tabell 4-20 Effekt ved dimensjonerende varmetap inklusiv effekt til varmtvann.

De ulike forutsetningene ved beregningen av maksimal effekt fører til forskjellen i størrelsen på effekt. I det følgende tas det utgangspunkt i årssimuleringen av energi- og effektbehovet basert på forutsetningene for simuleringen i Tabell 4-19. Figur 4-21 viser variasjonen i energibehovet til romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmtvannsoppvarming i løpet av et år.



Figur 4-21: Variasjon i energibehov til romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmtvannsoppvarming i løpet av et år. Beregningen er basert på klima for referanseåret som definert i NS 3031, dvs. Oslo klima.

Figur 4-22 viser en varighetskurve for det totale effektbehovet til termisk oppvarming i løpet av et år og en varighetskurve for effektbehovet til romoppvarming og varmtvannsoppvarming.

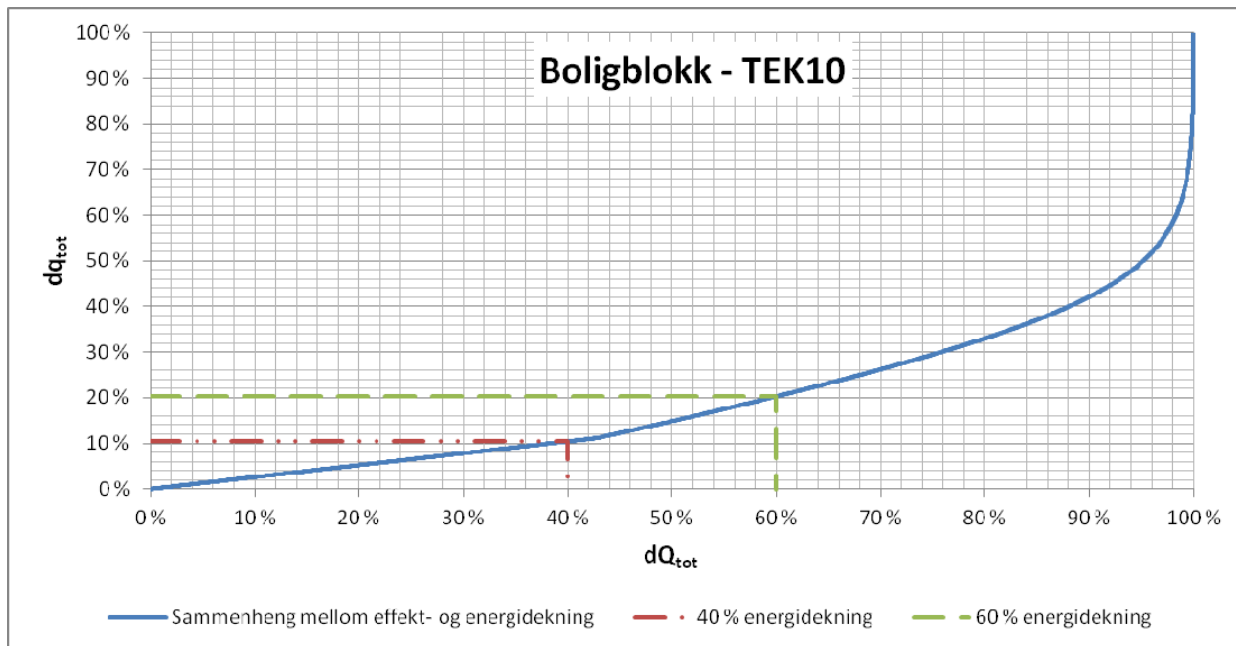


Figur 4-22: Varighetskurver for effektbehov til romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmtvannsoppvarming i løpet av et år. Beregningen er basert på klima for referanseåret som definert i NS 3031, dvs. Oslo klima.

Resultatene videre i dette kapitlet er behandlet på tilsvarende måte som beskrevet i kapittel 4.2.

I Når kilden dekker romoppvarming, ventilasjonsoppvarming og varmtvann

I Figur 4-23 fremgår effektdekningen (dq_{tot}) som funksjon av energidekningen (dQ_{tot}). For ytterligere informasjon om bruk av diagrammene henvises til avsnitt 4.2.



Figur 4-23 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} , for boligblokk basert på dq_{tot} .

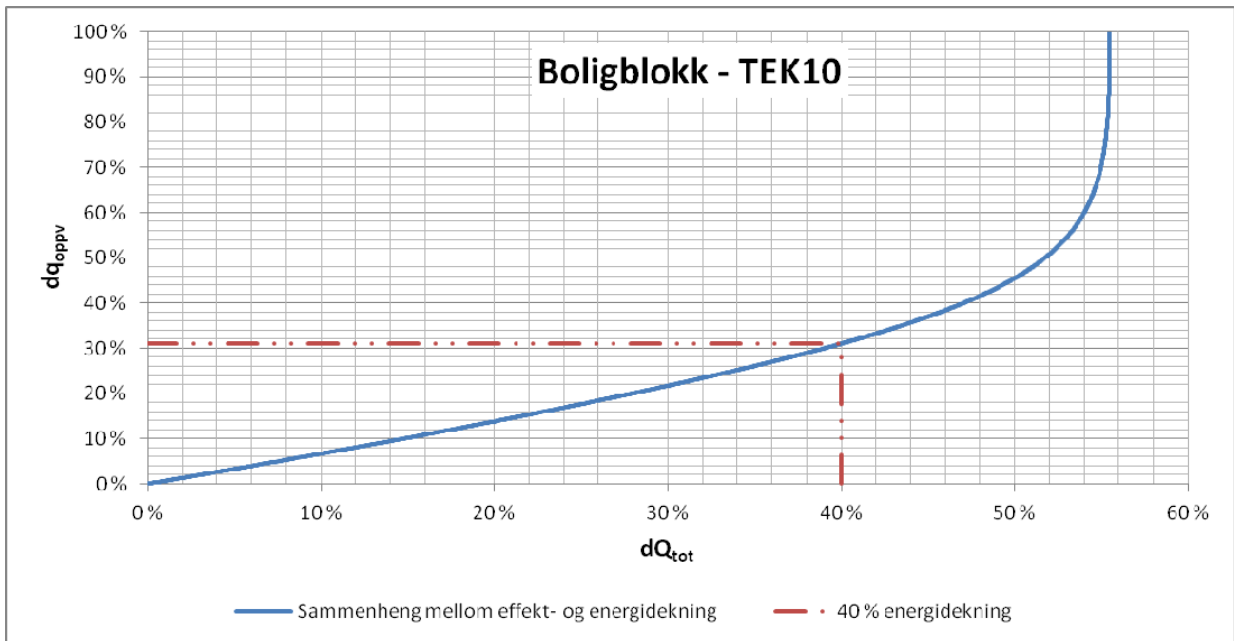
Tabell 4-21 viser nødvendig effektdekning (dq_{tot}) ved en energidekning (dQ_{tot}) på 40 % og 60 %.

	dq_{tot} ved en dQ_{tot} på 40 % [%]	dq_{tot} ved en dQ_{tot} på 60 % [%]
Boligblokk TEK10	10	20

Tabell 4-21 Nødvendig effektdekning for å ivareta TEK10s krav til energidekning, angitt både for 40 % og 60 % energidekning.

II Når kilden dekker bare romoppvarming

Figur 4-24 viser sammenhengen mellom effektdekningen (dq_{oppv}) og energidekningen (dQ_{tot}). For ytterligere forklaring av bruken av figuren henvises til avsnitt 4.2. Som det fremgår av diagrammet gir en effektdekning på 100 % av romoppvarmingen drøyt 55 % energidekning.



Figur 4-24 Sammenheng mellom dekning av dq_{oppv} og dQ_{tot} .

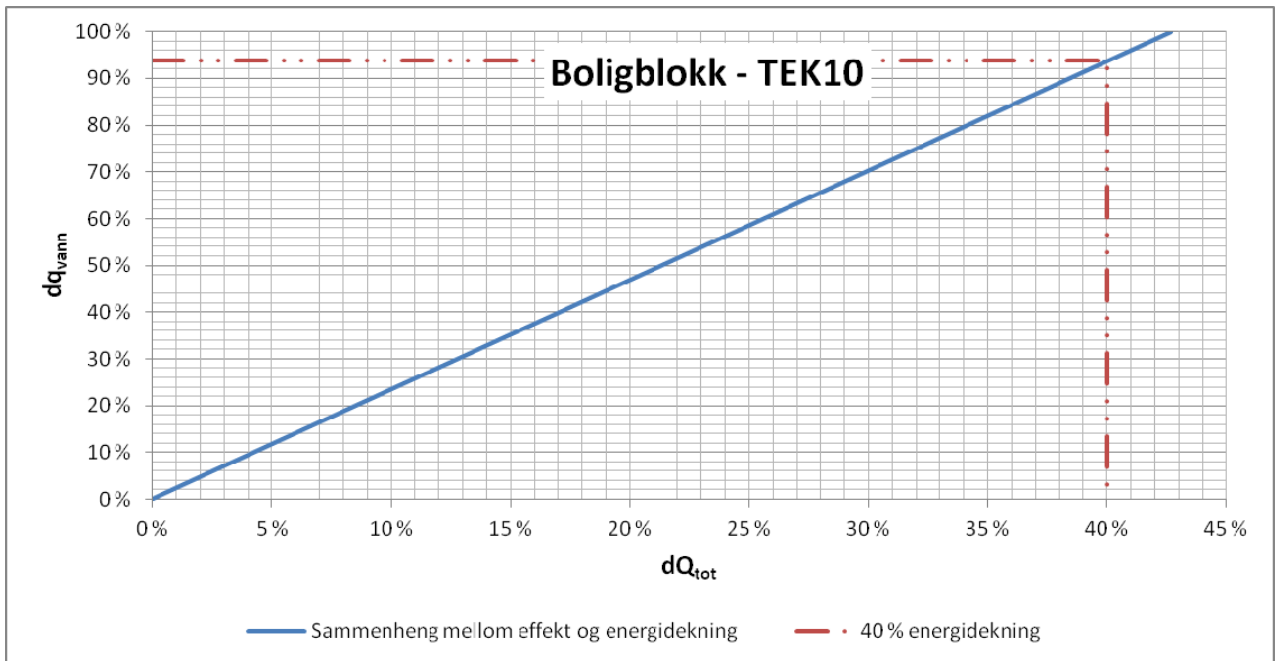
Tabell 4-22 viser nødvendig effektdekning (dq_{tot}) ved en energidekning (dQ_{tot}) på 40 % og 60 %.

	dq_{oppv} ved en dQ_{tot} på 40 % [%]	dq_{oppv} ved en dQ_{tot} på 60 % [%]
Boligblokk TEK10	31	Ikke mulig alene

Tabell 4-22 Nødvendig effektdekning for å ivareta TEK10s krav til energidekning, angitt både for 40 % og 60 % energidekning.

III Når kilden dekker bare Varmtvann

Ved å ha dq_{vann} på 100 % oppnås en dQ_{tot} på 42,6 %. Energidekningen er en lineær funksjon av effektdekningen. For eksempel gir 50 % effektdekning på varmtvann 21,3 % energidekning, se Figur 4-25.



Figur 4-25 Sammenheng mellom dq_{vann} og dQ_{tot} for boligblokk.

4.7 TEK10 - Kontor

I det følgende brukes SINTEFs bygningsmodell for kontor (korrigert etter TEK10 og NS 3031). SINTEFs bygningsmodell for kontor har oppvarmet BRA på 3600 m², men dette har liten betydning for energibehovet per m². Samme forutsetninger er gjeldende for kontor som for småhus, dvs. at settpunkttemperaturen for romoppvarming er 21 °C hele døgnet for å balansere effektbehov og energibehov. I tillegg til dette er det inkludert frostsikring på varmegjenvinneren på ventilasjonsanlegget. Tabell 4-23 viser energibehovet til bygningsmodellen sammenholdt med rammekravet i TEK10, og maksimal effekt til termisk oppvarming. Begge parametre er beregnet ved en årssimulering i SIMIEN. I den maksimale effekten til termisk oppvarming inngår effekten til ventilasjon, oppvarming og varmtvann. I denne beregningen brukes internlastene fra NS 3031, som er basert på klima for referanseåret som er definert i NS 3031, dvs. Oslo klima.

	Energibehov i regnecase [kWh/m ²]	Rammekrav TEK10 [kWh/m ²]
Romoppvarming	35	
Ventilasjonsoppvarming	5	
Varmtvann	5	
Vifter og pumper	15	
Belysning	25	
Teknisk utstyr	35	
Romkjøling	0	
Kjølebatterier	12	
Totalt kontor	131	150

	Energibehov i regnecase [kWh/m ²]	Maksimal effekt til termisk oppvarming, årssimulering SIMIEN [W/m ²]
Romoppvarming	35	
Ventilasjonsoppvarming	5	
Varmtvann	5	
Sum oppvarming kontor	45	36,9

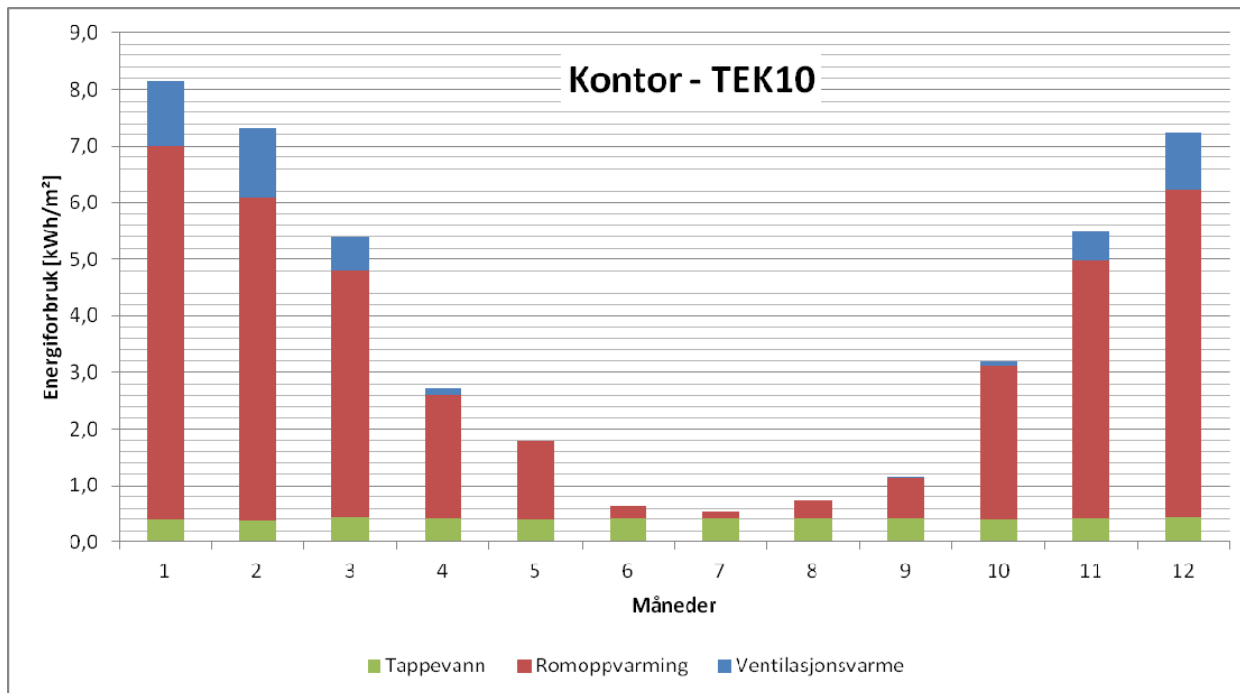
Tabell 4-23 Energibehov og maksimal effekt til termisk oppvarming ved årssimulering i SIMIEN for bygningsmodellen til kontor.

Den maksimale effekten gitt i Tabell 4-23 inneholder forutsetninger som er forskjellig i forhold til den vanlige beregningen av maksimale effekt til oppvarming basert på dimensjonerende varmetap. Det totale varmetapstallet er beregnet i SIMIEN til 0,98 W/m²K og effekten ved dimensjonerende varmetap fremgår av Tabell 4-24, basert på en innetemperatur på 20 °C og en innetemperatur på -20 °C. Effekten til varmtvann inngår i verdiene, dvs. 1,6 W/m². For ytterligere forklaringer, se avsnitt 4.2.

	Manuel beregning	SIMIEN beregning
q_{tot} [W/m ²]	41	41

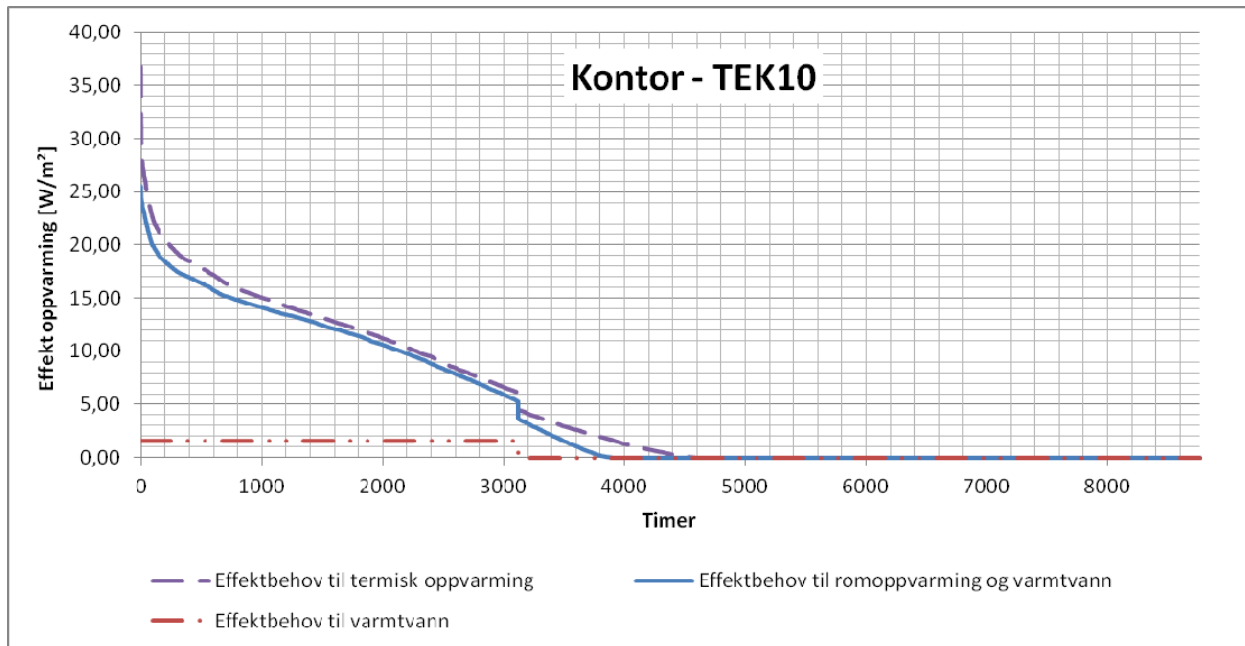
Tabell 4-24 Effekt ved dimensjonerende varmetap inklusiv effekt til varmtvann.

De ulike forutsetningene for beregning av maksimale effekt fører til forskjellen i størrelsen på effekt. I det følgende tas det utgangspunkt i årssimuleringen av energi- og effektbehovet basert på forutsetningene for simuleringen i Tabell 4-23. Figur 4-26 viser variasjonen i energibehovet til romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmtvannsoppvarming i løpet av et år.



Figur 4-26: Variasjon i energibehov til romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmtvannsoppvarming i løpet av et år. Beregningen er basert på klima for referanseåret som definert i NS 3031, dvs. Oslo klima.

Figur 4-27 viser en varighetskurve for det totale effektbehovet til termisk oppvarming i løpet av et år og en varighetskurve for effektbehovet til romoppvarming og varmtvannsoppvarming.

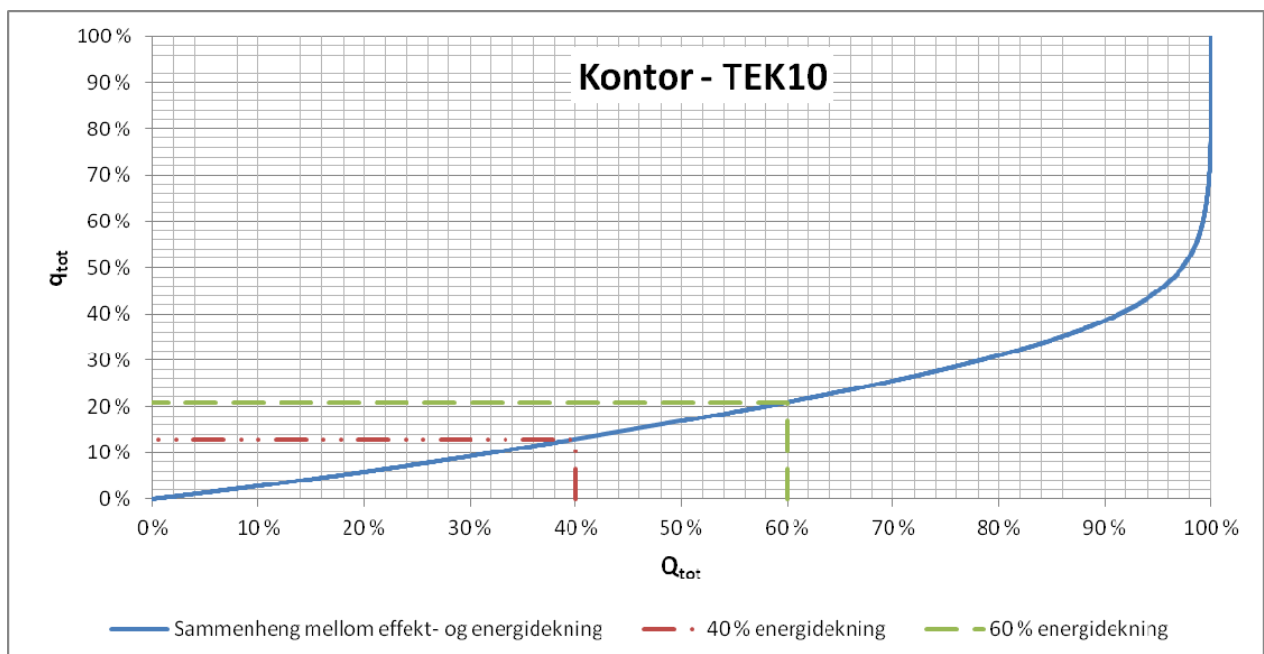


Figur 4-27: Varighetskurver for effektbehov til romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmtvannsoppvarming i løpet av et år. Beregningen er basert på klima for referanseåret som definert i NS 3031, dvs. Oslo klima.

Resultatene videre i dette kapitlet er behandlet på tilsvarende måte som beskrevet i kapittel 4.2.

I Når kilden dekker romoppvarming, ventilasjonsoppvarming og varmtvann

I Figur 4-28 fremgår effektdekningen (dq_{tot}) som funksjon av energidekningen (dQ_{tot}). For ytterligere informasjon om bruk av diagrammene henvises til avsnitt 4.2.



Figur 4-28 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} , for kontorer basert på dq_{tot} .

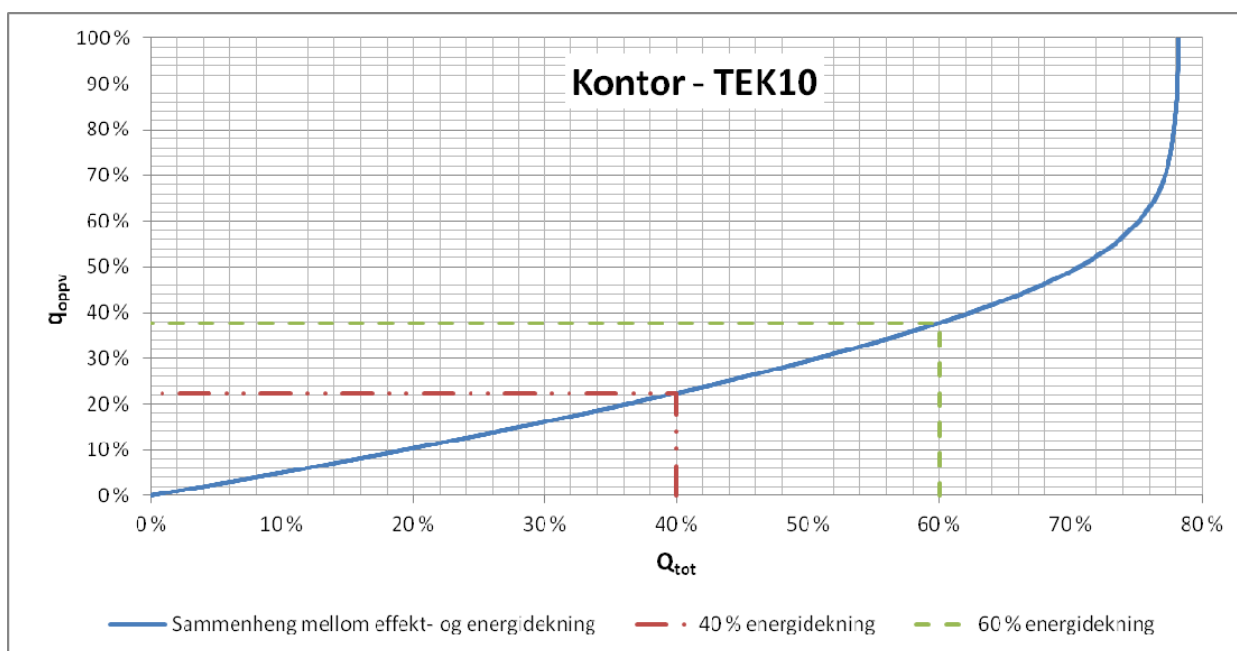
Tabell 4-25 viser nødvendig effektdekning (dq_{tot}) ved en energidekning (dQ_{tot}) på 40 % og 60 %.

	dq_{tot} ved en dQ_{tot} på 40 % [%]	dq_{tot} ved en dQ_{tot} på 60 % [%]
Kontor TEK10	13	21

Tabell 4-25 Nødvendig effektdekning for å ivareta TEK10s krav til energidekning, angitt både for 40 % og 60 % energidekning.

II Når kilden dekker bare romoppvarming

Figur 4-29 viser sammenhengen mellom effektdekningen (dq_{oppv}) og energidekningen (dQ_{tot}). For ytterligere forklaring av bruken av figuren henvises til avsnitt 4.2. Som det fremgår av diagrammet gir en effektdekning på 100 % av romoppvarmingen drøyt 78 % energidekning.



Figur 4-29 Sammenheng mellom dq_{oppv} og dQ_{tot} .

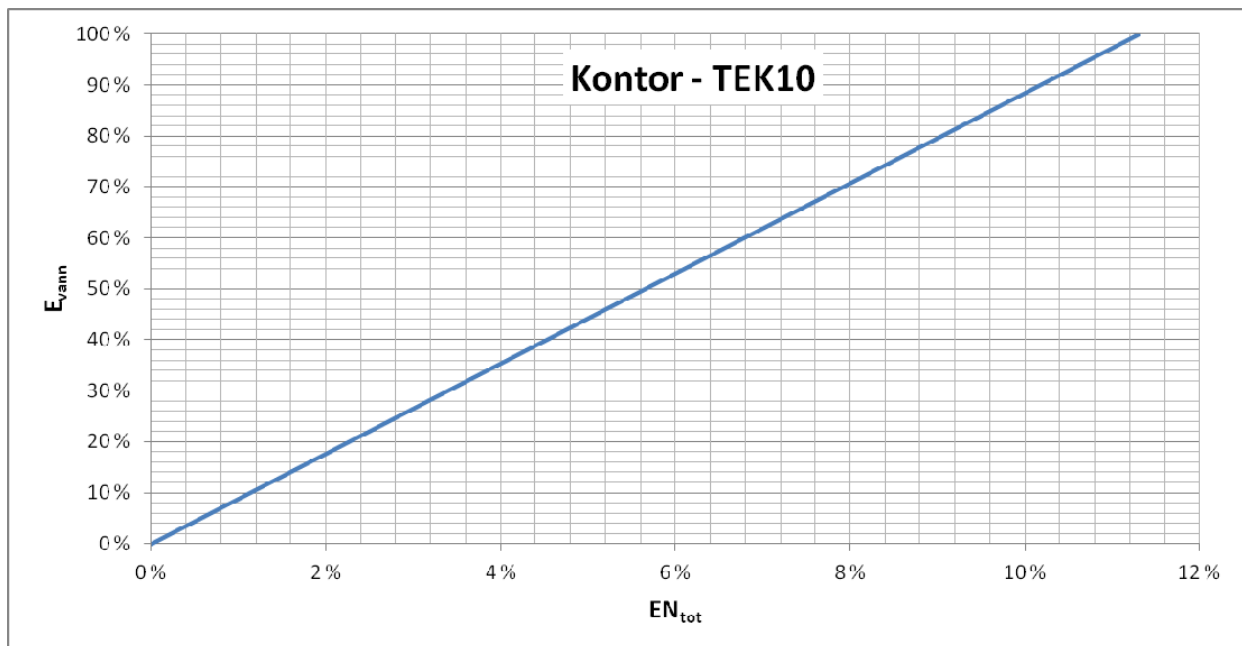
Tabell 4-26 viser nødvendig effektdekning (dq_{oppv}) ved en energidekning (dQ_{tot}) på 40 % og 60 %.

	dq_{oppv} ved en dQ_{tot} på 40 % [%]	dq_{oppv} ved en dQ_{tot} på 60 % [%]
Kontor TEK10	22	38

Tabell 4-26 Nødvendig effektdekning for å ivareta TEK10s krav til energidekning, angitt både for 40 % og 60 % energidekning.

III Når kilden dekker bare varmtvann

Ved å ha dq_{vann} på 100 % oppnås en dQ_{tot} på 11 %. Energidekningen er lineært en funksjon av effektdekningen. For eksempel gir 50 % effektdekning på varmtvann 5,5 % energidekning, se Figur 4-27.



Tabell 4-27 Sammenheng mellom dq_{vann} og dQ_{tot} for kontor.

4.8 TEK10 - Barnehage

I det følgende brukes SINTEFs bygningsmodell for barnehage (korrigert etter TEK10 og NS 3031). Samme forutsetninger er gjeldende for barnehage som for småhus, dvs. at settpunktstemperaturen for romoppvarming er 21 °C hele døgnet for å balansere effektbehov og energibehov. I tillegg til dette er det inkludert frostsikring på varmegjenvinneren på ventilasjonsanlegget. Tabell 4-28 viser energibehovet til bygningsmodellen sammenholdt med rammekravet i TEK10, og maksimal effekt til termisk oppvarming. Begge parametre er beregnet ved en årssimulering i SIMIEN. I den maksimale effekten til termisk oppvarming inngår dermed effekten til ventilasjon, oppvarming og varmtvann. I denne beregningen brukes internlastene fra NS 3031 og er basert på klima for referanseåret som er definert i NS 3031, dvs. Oslo klima.

	Energibehov i regnecase [kWh/m ²]	Rammekrav TEK10 [kWh/m ²]
Romoppvarming	79	
Ventilasjonsoppvarming	5	
Varmtvann	10	
Vifter og pumper	15	
Belysning	21	
Teknisk utstyr	5	
Romkjøling	0	
Kjølebatterier	0	
Totalt kontor	134	140

	Energibehov i regnecase [kWh/m ²]	Maksimal effekt til termisk oppvarming, årssimulering SIMIEN [W/m ²]
Romoppvarming	79	
Ventilasjonsoppvarming	5	
Varmtvann	10	
Sum oppvarming kontor	94	54,6

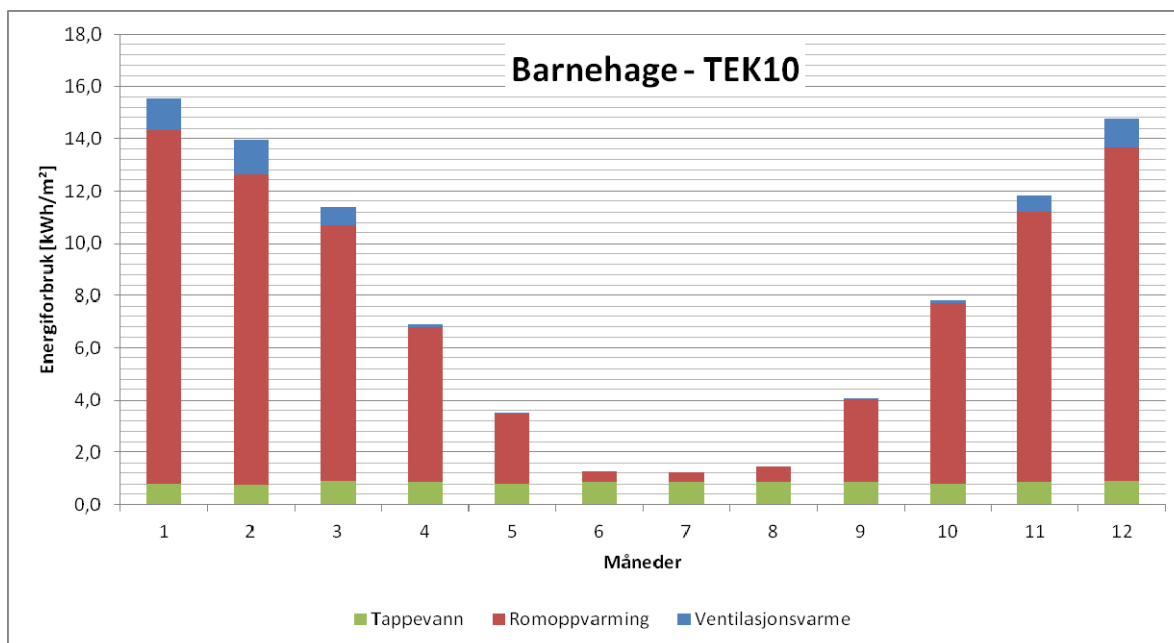
Tabell 4-28 Energibehov og maksimal effekt til termisk oppvarming ved årssimulering i SIMIEN for bygningsmodellen til barnehage.

Den maksimale effekten gitt i Tabell 4-28 inneholder forutsetninger som er forskjellig i forhold til den vanlige beregningen av maksimal effekt til oppvarming basert på dimensjonerende varmetap. Det totale varmetapstallet er beregnet i SIMIEN til 1,3 W/m²K og effekten ved dimensjonerende varmetap fremgår av Tabell 4-29, basert på en innetemperatur på 20 °C og en utetemperatur på -20 °C. Effekten til varmtvann inngår i verdiene, dvs. 3,8 W/m². For ytterligere forklaringer, se avsnitt 4.2.

	Manuel beregning	SIMIEN beregning
q_{tot} [W/m ²]	56	55

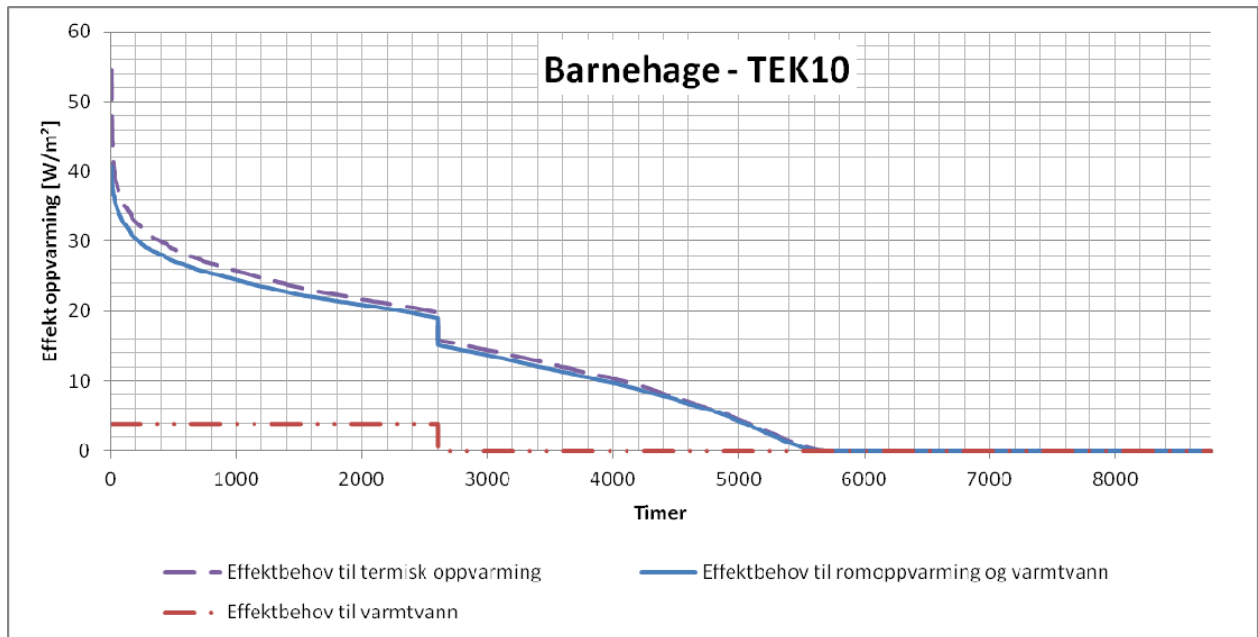
Tabell 4-29 Effekt ved dimensjonerende varmetap inklusiv effekt til varmtvann.

De ulike forutsetningene for beregning av maksimale effekt fører til forskjellen i størrelsen på effekt. I det følgende tas det utgangspunkt i årssimuleringen av energi- og effektbehovet basert på forutsetningene for simuleringen i Tabell 4-28. Figur 4-30 viser variasjonen i energibehovet til romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmtvannsoppvarming i løpet av et år.



Figur 4-30: Variasjon i energibehov til romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmtvannsoppvarming i løpet av et år. Beregningen er basert på klima for referanseåret som definert i NS 3031, dvs. Oslo klima.

Figur 4-31 viser en varighetskurve for det totale effektbehovet til termisk oppvarming i løpet av et år og en varighetskurve for effektbehovet til romoppvarming og varmtvannsoppvarming.

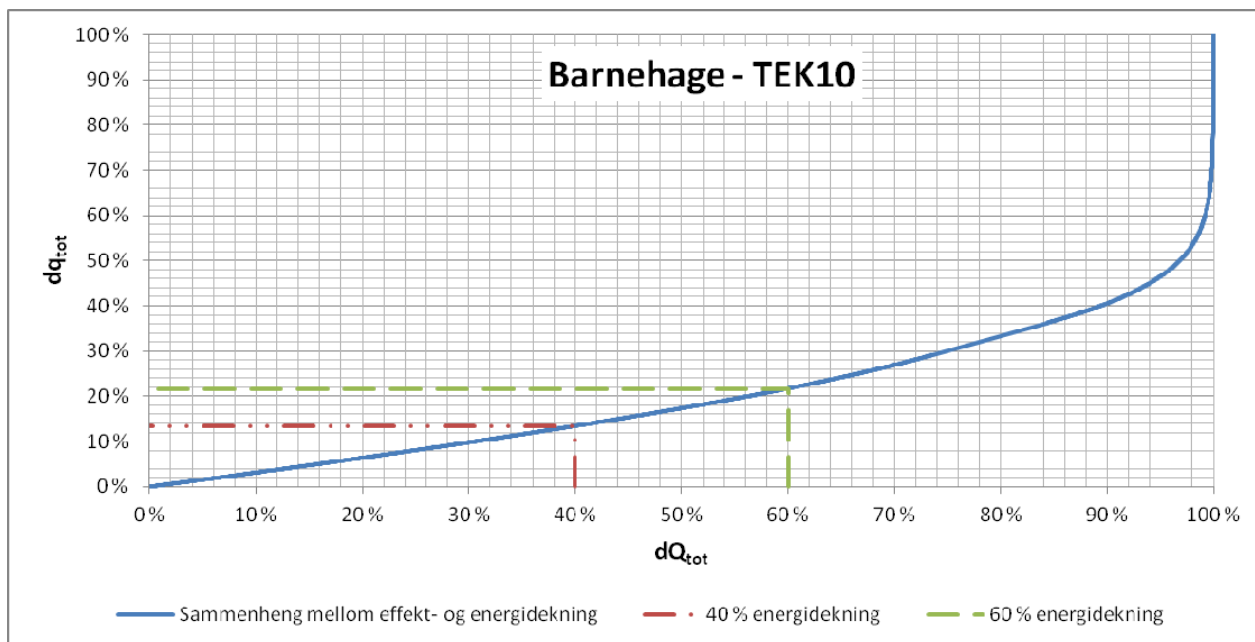


Figur 4-31: Varighetskurver for energibehov til romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmtvannsoppvarming i løpet av et år. Beregningen er basert på klima for referanseåret som definert i NS 3031, dvs. Oslo klima.

Resultatene videre i dette kapitlet er behandlet på tilsvarende måte som beskrevet i kapittel 4.2.

I Når kilden dekker romoppvarming, ventilasjonsoppvarming og varmtvann

I Figur 4-32 fremgår effektdekningen (dq_{tot}) som funksjon av energidekningen (dQ_{tot}). For ytterligere informasjon om bruk av diagrammene henvises til avsnitt 4.2.



Figur 4-32 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} , for barnehager basert på deknningen av dq_{tot} .

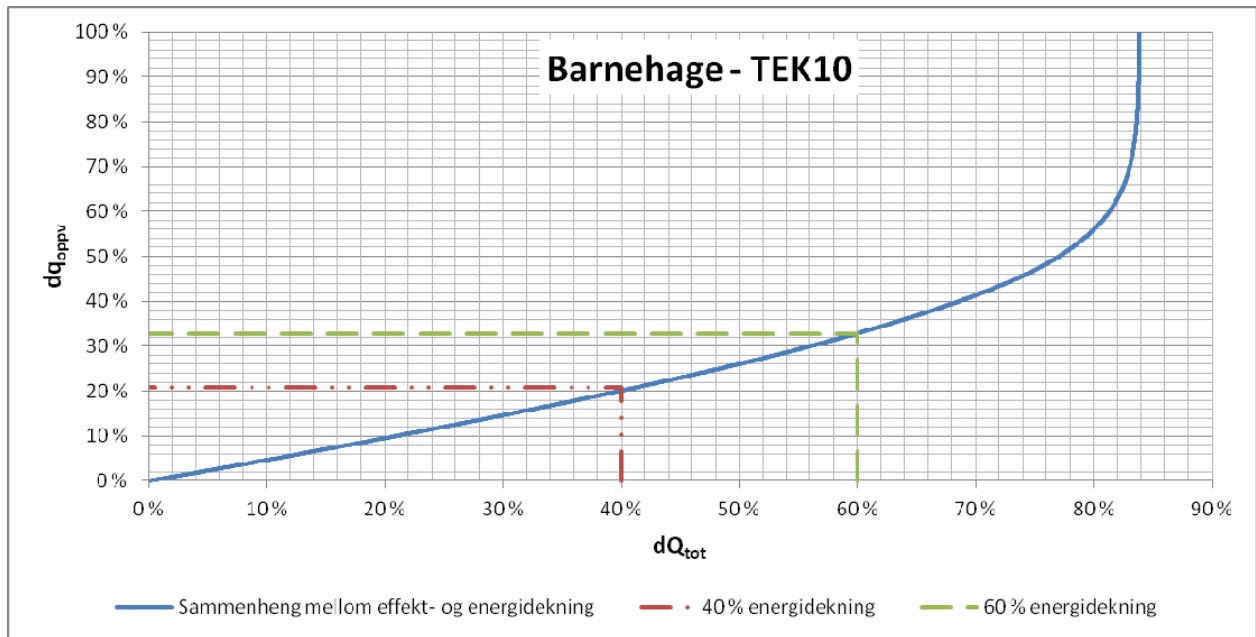
Tabell 4-30 viser nødvendig effektdekning (dq_{tot}) ved en energidekning (dQ_{tot}) på 40 % og 60 %.

	dq_{tot} ved en dQ_{tot} på 40 % [%]	dq_{tot} ved en dQ_{tot} på 60 % [%]
Barnehage TEK10	13	22

Tabell 4-30 Nødvendig effektdekning for å ivareta TEK10s krav til energidekning, angitt både for 40 % og 60 % energidekning.

II Når kilden dekker bare romoppvarming

Figur 4-33 viser sammenhengen mellom effektdekningen (dq_{oppv}) og energidekningen (dQ_{tot}). For ytterligere forklaring av bruken av figuren henvises til avsnitt 4.2. Som det fremgår av diagrammet gir en effektdekning på 100 % av romoppvarmingen drøyt 84 % energidekning.



Figur 4-33 Sammenheng mellom dq_{oppv} og dQ_{tot} .

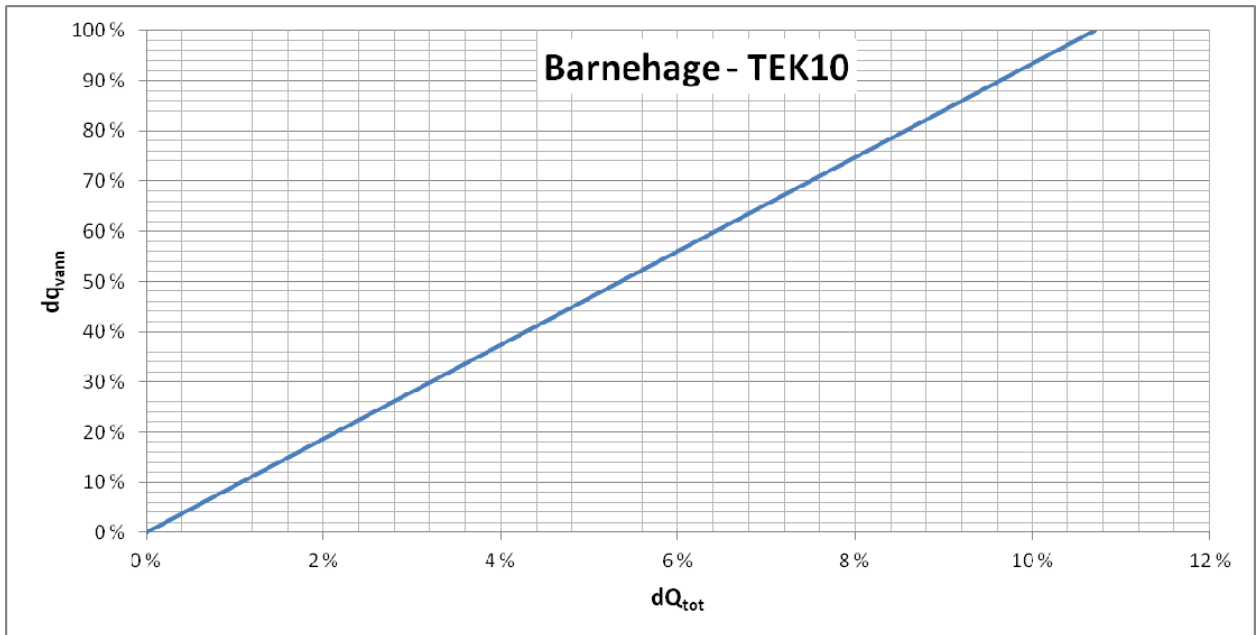
Tabell 4-31 viser nødvendig effektdekning (dq_{tot}) ved en energidekning (dQ_{tot}) på 40 % og 60 %.

	dq_{oppv} ved en dQ_{tot} på 40 % [%]	dq_{oppv} ved en dQ_{tot} på 60 % [%]
Barnehage TEK10	21	33

Tabell 4-31 Nødvendig effektdekning for å ivareta TEK10s krav til energidekning, angitt både for 40 % og 60 % energidekning.

III Når kilden dekker bare varmtvann

Ved å ha dq_{vann} på 100 % oppnås en dQ_{tot} på 11 %. Energidekningen er en lineær funksjon av effektdekningen. For eksempel gir 50 % effektdekning på varmtvann 5,5 % energidekning.



Figur 4-34 Sammenheng mellom dE_{vann} og dEN_{tot} .

4.9 Oppsummering alle kategorier

Tabell 4-32 - Tabell 4-34 oppsummerer nødvendig effektdekning for å ivareta TEK10s krav til energidekning for energikilden som funksjon av effektdekningen for alternativ **I** – **III**.

I Når kilden dekker romoppvarming, ventilasjonsoppvarming og varmtvann

	dq_{tot} en dQ_{tot} på 40 % [%]	dq_{tot} en dQ_{tot} på 60 % [%]
Småhus – TEK10	12	22
Småhus – Passivhus	10	15
Gammelt småhus	15	24
Boligblokk – TEK10	10	20
Kontor – TEK10	13	21
Barnehage - TEK10	13	21

Tabell 4-32 Nødvendig effektdekning (dq_{tot}) ved en energidekning (dQ_{tot}) på 40 % og 60 %.

II Når kilden dekker bare romoppvarming

	dq_{oppv} en dQ_{tot} på 40 % [%]	dq_{oppv} en dQ_{tot} på 60 % [%]
Småhus – TEK10	24	43
Småhus – Passivhus	63	Ikke mulig alene
Gammelt småhus	17	28
Boligblokk – TEK10	31	Ikke mulig alene
Kontor – TEK10	22	38
Barnehage - TEK10	21	33

Tabell 4-33 Nødvendig effektdekning (dq_{oppv}) ved en energidekning (dQ_{tot}) på 40 % og 60 %.

III Når kilden dekker bare varmtvann

	Maksimal energidekning (dQ_{tot}) ved 100 % effektdekning (dq_{vann}) [%]
Småhus – TEK10	31
Småhus – Passivhus	58
Gammelt småhus	11
Boligblokk – TEK10	42
Kontor – TEK10	11
Barnehage - TEK10	11

Tabell 4-34 Maksimal energidekning (dQ_{tot}) ved 100 % effektdekning (dq_{vann}).

5. EKSEMPEL PÅ BEREGNING AV DEKNINGSGRAD

I det følgende gis det eksempler på beregning av dekningsgrad for to bygg med ulike energisystemer. Byggene er bygget iht. til kravsnivået i TEK10. Dersom en har et bygg bygget etter tiltaksmetoden, men ikke har beregnet energibehovet anbefales at energitabellene som er angitt for de aktuelle bygg iht. TEK10 benyttes om en vil dokumentere energidekningen.

5.1 Boligbygg

Boligen er på 150 m² med solvarme til varmtvann og vedovn til romoppvarming. Boligen er bygd iht. kravsnivået TEK10 og har balansert ventilasjon med gjenvinning. Det er elektrisk ettervarme i ventilasjonsbatteriet.

Kravet i TEK10 vedrørende energiforsyning er på 40 % fra ikke fossile brensler og direktevirkende elektrisitet.

Vi antar at boligen har solvarmepaneller på taket som dekker 50 % av varmtvannsbehovet over året. Videre har boligen en vedovn som kan varme opp 50 % av arealet i boligen ved dimensjonerende utetemperatur. Boligen har følgende planlagte energibruk:

	Energibehov i regnecase [kWh/m ²]
Romoppvarming	65
Ventilasjonsoppvarming	1
Varmtvann	30
Vifter og pumper	7
Belysning	11
Teknisk utstyr	18
Romkjøling	0
Kjølebatterier	0
Totalt Småhus	132

Av dette har vi til termisk oppvarming:

	Energibehov i regnecase [kWh/m ²]
Romoppvarming	65
Ventilasjonsoppvarming	1
Varmtvann	30
Totalt termisk Småhus	96

96 kWh/m² av netto energibehov er termisk energi. Hvor mye kan dekket av annen energiforsyning enn direktevirkende elektrisitet eller fossile brensler hos sluttbruker?

Ved:

Vi forutsetter at vedfyringen kan dekke 100 % effekt i de rommene oven er installert, men at disse rommene kun dekker 50 % av arealet. Videre reduseres energidekningsgraden med 25 % fordi det antas at ovnen ikke brukes 100 % av tiden siden det er manuell fyring. Her vil det i realiteten være store individuelle variasjoner. 25 % reduksjon pga. manuell fyring foreslås som en standard verdi for denne type dokumentasjon.

Av Figur 4-4 ser vi at romoppvarmingen ved 100 % effektdekning og ingen tappevannoppvarming gir et energidekningsbidrag på 68 %. Korrigeres det for 50 % av arealet og 75 % for manuell fyring får vi energidekningsbidrag fra vedovnen på 26 %.

Sol:

Varmtvann utgjør 31 % av det termiske varmebehovet. 50 % av energidekningen til varmtvann kommer fra solvarme. Det gir et dekningsbidrag fra sol på 16 %.

Oppsummert

Vi har da en dekningsgrad fra ved på 26 % og sol på 16 %. Samlet dekningsbidrag blir 42 %, og kravet til 40 % energidekning er oppfylt.

Følgende tabell gir en oversikt over beregningene:

	Energi behov i regnecase	Andel av funksjon som dekkes av annen energiforsyning enn direktevirken de el eller fossile brensler	Energi kilde	Dekningsgrad for kilde i gjeldende areal	Korrek-sjon for manuell fyring	Energidekni ngsgrad med annen energiforsy ning enn direktevirke nde el eller fossile brensler
	[kWh/m ²]	[%]		[%]	[%]	[%]
Romoppvarming	65	50	ved	68	75	26
Ventilasjonsoppvarming	1	0				0
Varmtvann	30	50	solenergi			16
Samlet dekningsgrad						42

5.2 Yrkesbygg

Bygget er på 1000 m² med varmepumpe som dekker oppvarming til rom, ventilasjon og varmtvann. Bygget er bygget iht. kravsnivået TEK10 og har krav til at 60 % av varmebehovet skal kunne dekkes av annen energiforsyning enn direktevirkende elektrisitet eller fossil og di.

Bygget har en varmepumpe som dekker 50 % av maksimalt effektbehov. Varmepumpen forsyner både romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmtvann.

Bygget har følgende netto energibehov:

	Energibehov i regnecase [kWh/m ²]
Romoppvarming	35
Ventilasjonsoppvarming	5
Varmtvann	5
Vifter og pumper	15
Belysning	25
Teknisk utstyr	35
Romkjøling	0
Kjølebatterier	12
Totalt Kontor	132

Av dette har vi til termisk oppvarming:

	Energibehov i regnecase [kWh/m ²]
Romoppvarming	35
Ventilasjonsoppvarming	5
Varmtvann	5
Totalt termisk Kontor	45

45 kWh/m² av netto energibehov er termisk energi. Hvor mye kan dekkes av annen energiforsyning enn direktevirkende elektrisitet eller fossile brenslers hos sluttbruker?

Av figur 4.19 ser vi at en effektdekning på 50 % gir en energidekning på 95 %, og kravet til 60 % energidekning er oppfylt.

6. FORHOLDET MELLOM EFFEKT OG ENERGI

Det er fjernvarmeleverandørenes erfaring at de prosjekterende overvurderer effektbehovet og undervurderer energibehovet. Dette kan være forårsaket av mangt, for eksempel at de prosjekterende benytter for store marginer ved varmebehovsberegninger eller at forutsetningene ved energiberegninger ikke er beskrivende for kvaliteten på installasjoner og/eller ønsket bruksmønster.

Forholdet mellom energibehov og maksimal effekt benyttes ofte av energileverandører som tommelfingerregel mht. å gi innblikk i om forholdet mellom de verdiene som angis er som forventet. Dette forholdet har mange navn og kalles bl.a. ekvivalent drifts-/brukstid, fullasttimer, ekvivalente drifts-/brukstimer og forteller hvor mange timer anlegget ville måtte driftes på maksimal last, til å levere energimengden.

$$\tau = \frac{\text{Energibehov}}{\text{Maksimal effekt}} \quad [\text{h}]$$

Ekvivalent driftstid benyttes i mange sammenhenger, for eksempel ved undersøkelse av vindkraftverks driftsforhold [Person 2010], driftsbetingelsene til varmpumper eller til å belyse driftsforholdene til varmforsyningsløsninger på byggbasis, ved å sammenligne energibehovet til oppvarming og varmtvann med dimensjonert effekt. En slik beregning er foretatt for bygningsmodellene i kapittel 4. Den maksimale effekten brukt i beregningen er den manuelle beregning av effekten basert på varmetapstallet. Den ekvivalente driftstiden for de ulike modellene fremgår i Tabell 6-1.

	Energibehov til termisk oppvarming [kWh/m ² /år]	Effekt ved dimensjonerende Varmetap, manuell beregning [W/m ²]	Ekvivalent driftstid [h]
Småhus - TEK10	96	37	2600
Småhus - Passivhus	52	21	2450
Småhus - Gammel	263	87	3000
Boligblokk - TEK10	70	29	2400
Kontor - TEK10	45	41	1100
Barnehage - TEK10	94	56	1700

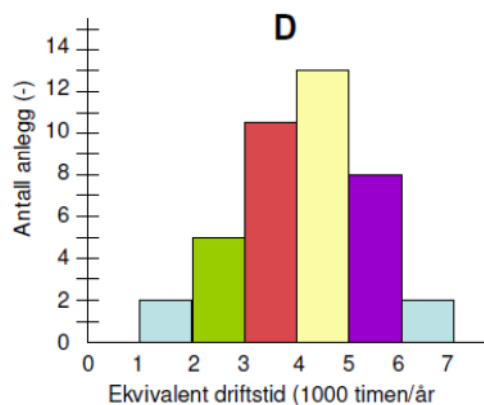
Tabell 6-1 Ekvivalent driftstid for bygningstypene i avsnitt 4.

6.1 Erfaringstall

Det finnes lite håndfast litteratur om passende verdier for ekvivalent driftstid, selv om den forekommer i mange sammenhenger.

Følgende verdier for ekvivalent driftstid er funnet ved nettsøk:

- Boliger ~2000 og kontor ~1000, en total variasjon mellom 1000-2300 [Biovarme 2011]
- Varmesentraler [NVE 2007]
 - Kjeler 2500 t
 - Varmepumper 4000 t
 - Varmesentraler 2000 t
 - Varmesentral i Vardø 3575 t
 - Varmesentral i Stavanger 2100 t
 - Moderne bygg i Oslo <1000 t
 - Blandet bebyggelse i Oslo 2000-3000 t
- Undersøkelse av 60 varmpumpeanlegg, hovedtyngden med ekvivalent driftstid rundt 4000 t, imidlertid også noen anlegg med ekvivalent driftstid mellom 1000-2000 t, dvs. kraftig overdimensjonert [Eggen 1992].



6.2 Ekvivalent driftstid for varmforsyning

Det finnes ikke en offentlig database over effekt- og energibehov, selv om det kan tenkes at energimerkeordningens database kan på sikt gi noen svar om bl.a. dette. Noe nyttig informasjon finnes dog i form av fjernvarmeselskapenes databaser, idet fjernvarmeselskapene leverer i langt de fleste tilfeller all oppvarming, da både varmtvanns- og romoppvarming.

Hafslund oppgir følgende erfaringstall fra sin fjernvarmedrift:

Type bygg	Brukstid, timer/år
Universitet/skole	1500
Store boligblokker	2200 - 2600
Hotell	1500
Små boligblokker	2300 - 3000
Store forretningsbygg	1200
Mellomstore forretningsbygg	1500

7. VARMEFORSYNINGSLØSNINGER OG ERFARINGSBASERTE DEKNINGSGRADER

Denne rapporten har som nevnt fokus på dekningsgrader til varmforsyningsløsninger i følgende bygningskategorier; småhus, boligblokk, barnehage og kontor. En fellesnevner for disse kategoriene, med mulig unntak av kontor, er at det sjelden installeres kjøleanlegg, idet de interne varmelaster er forholdsvis moderate. I det etterfølgende ses det derfor bort fra eventuelle kjøleanlegg.

De følgende avsnittene gjennomgår hvilke kriterier som benyttes ved valg av varmesystemer, de mest bemerkelsesverdige fordeler og ulemper for hver varmforsyningsløsning med særlig henblikk på dekningsgrad og krav til energiforsyning i TEK10. Etterfulgt av en vurdering av hvordan disse kan kombineres i de aktuelle bygningskategorier.

7.1 Kriterier for inkludering av energiforsyningsløsninger

Denne rapporten har til formål å angi veiledende dekningsgrader for systemløsninger som benyttes i boliger, barnehager og kontorer. Det finnes et stort antall forskjellige varmforsyningsløsninger, samt varianter av disse, som kan brukes i de aktuelle bygningstyper. Det er ikke hensiktsmessig å bruke denne rapporten på en gjennomgang av alle mulige løsninger, eller deres foreventede dekningsgrader i kombinasjon. I stedet begrenses utvalget til de varmforsyningsløsninger som anses å være mest aktuelle for de aktuelle bygningstypene i vårt klima. Denne utvelgelsen tar utgangspunkt i norsk kultur/tradisjon for varmekilder, dvs. hvilke energiforsyningsløsninger som allerede er i utbredt i Norge, samt hvilke forventes å være viktige/vanlige i tiden fremover.

De ikke elektriske og ikke fossile energiforsyningsløsninger som diskuteres er:

- Fjernvarme
- Solfanger til oppvarming av varmtvann
- Varmepumper
 - Luft-luft
 - Luft-vann
 - Vann-vann
- Bioenergi
 - Kjeler
 - Kaminer og ovner

7.2 Fordeler, ulemper og maksimal dekningsgrad

I dette avsnittet oppsummeres fordeler, ulemper samt maksimal dekningsgrad til de forskjellige energiforsyningsløsningene kortfattet. I oppsummeringen av den maksimale dekningsgraden er det viktig å poengtere at:

- Den oppgitte dekningsgraden for punktkilder dekker kun arealet kilden dekker.
- Det er antatt at en akkumuleringstank er installert i vannbårne systemer.

Eksempelvis er luft til luftvarmepumpe er en punktkilde som kan dekke en høy andel energi i det arealet den står i men ingenting i for eksempel tilsluttende soverom. Om den dekker 40 % av arealet i et TEK 10 småhus, kan den ikke dekke mer enn maksimalt 27 % av energien (100 %

effektdekning, dekningsgrad 68 % x 40 % arealdekning) .

I tillegg innvirker faktorer som:

- Komfort
- Sikkerhet
- Kultur/tradisjon
- Økonomi, investering og drift

En vesentlig del av stoffet i dette kapitlet er hentet fra ENOVAs hjemmesider. Informasjonen her er særlig nyttig for boliger og enkel bebyggelse [Enova 2011b]. Vanlig praksis er å sette opp aktuelle alternativer som dekker ønskede behov innenfor komfort, forskriftskrav (% dekning av annen energiforsyning enn direktevirkende el eller fossile brensler), sikkerhet osv. Deretter gjennomføres en økonomisk kalkyle for å avgjøre hvilke løsninger som velges.

7.2.1 Fjernvarme

Fordeler

- Kan dekke 100 % av både varmtvanns- og romoppvarming
- Termostatstyrt
- Definert som annen energiforsyning en direktevirkende el eller fossile brensler mht. energiforsyningskravet i TEK10
- Krever lite tekniske arealer
- Enkel teknisk løsning
- Høy forsyningsikkerhet
- Lave investeringskostnader
- Lite vedlikehold

Ulemper

- Bare tilgjengelig i noen områder
- Begrenset tilgjengelighet for småhus

Maksimal energidekningsgrad

- Romoppvarming 100 %
- Ventilasjonsvarme 100 %
- Varmtvannsoppvarming 100 %

7.2.2 Solfanger

Fordeler

- Utnytter en gratis energikilde og sparer derfor miljøet.
- Tilnærmet CO₂ nøytralt.
- Systemet er automatisk

Ulemper

- Solfangere er relativt lite utbredt i Norge, og det kan være vanskelig å få tak i ekspertise til installasjon og reparasjon.
- Er avhenging av solinnstråling for å fungere, noe som gjør at man får mindre energi om vinteren når det er lavere solinnstråling
- Kan være dyrt og vanskelig å installere i boliger der det ikke er lagt opp til vannbåren løsning

Maksimal energidekningsgrad

Dekningsgrad er i stor grad et spørsmål om økonomi. Tradisjonelt har det vært anslått:

- Romoppvarming 20 – 30 %
- Ventilasjonsvarme 20 – 30 %
- Varmtvannsoppvarming 50 %

Solvarme til oppvarming har et vesentlig større potensial i et dårlig enn godt isolert bygg. For mange godt isolerte nye bygg vil et rent solvarmeanlegg til varmtvann kunne være gunstig. Det gir et enklere system enn et som er kombinert både til varmtvann og oppvarming, og kan slik sett optimaliseres bedre.

Solvarme har varierende energidekning over året. Dekningsgrad kan derfor ikke dokumenteres som for andre energikilder som har en gitt konstant maksimal effekt. Solvarmeanlegg må derfor dokumenteres med beregninger for det faktiske anlegg. Månedssdata som gitt i denne rapporten kan være input til leverandør eller program som kan beregne ytelse for det faktiske anlegg. Se vedlegg B for månedssdata for energibehovet til bygningskategoriene presentert i kapittel 4. Et solvarmeanlegg krever en akkumulatortank.

Tommelfingerregel

Et godt dimensjonert system vil kunne produsere 300-700 kWh/m² solfangerareal i året. Et solvarmesystem som skal varme vann til en gjennomsnittlig familie på 3-4 personer vil typisk ha ca. 4 m² solfangerareal og en 300 liters tank og vil da kunne dekke rundt 50 % av det årlige varmtvannsbehovet med solvarme. [SINTEF 2008]

7.2.3 Varmepumper

I luft, jord, sjø og fjell finnes det energi i form av varme. Denne energien kan utnyttes til å varme opp boligen, til tross for at temperaturen i utgangspunktet er lavere enn den du ønsker inne i boligen.

I den etterfølgende angivelse av den maksimale dekningsgraden tas det ikke hensyn til systemets virkningsgrad, da dekningsgraden forholder seg til netto energibehov hvor virkningsgraden ikke inngår. Det skal imidlertid bemerkes at systemvirkningsgraden for varmpumper varierer i løpet av året, hvor variasjonen er spesielt stor for luft-luft varmpumper. Ved lave utetemperaturer får luftbaserte varmpumper lav COP, noe som igjen medfører et høyt effektbehov til ettervarme av lufta. Det er viktig å kontrollere COP for lave utetemperaturer og stenge av når drift ikke er

lønnsom.

Det er utarbeidet grafer spesielt for beregning av spesifikke energidekningsgrader ved bruk av varmepumper. Grafene gjelder Oslo klima med dimensjonerende utetemperatur (DUT) på -20 °C. Disse grafene fremgår av vedlegg. Grafene er redigert slik at energi ved temperaturer under -15 °C ikke inngår, dvs. at en energidekningsgrad på 100 % derved ikke er mulig å oppnå. For å bruke dette vedlegget er det derfor nødvendig at effekten for varmepumpen er dokumentert ved -15 °C. Ved klima med lavere DUT enn -20 °C vil dekningsgraden fra en varmepumpe falle. For klima med lavere DUT må dekningsgrad dokumenteres ved beregninger.

Det henvises til [Energimyndigheten 2011a] og [Energimyndigheten 2011b] for tester av luftbaserte varmepumper og mer informasjon om dimensjonering av disse.

7.2.3.1 Luft-luft varmepumpe

En luft-luft varmepumpe henter ut energien fra uteluften, tilfører noe elektrisitet og flytter varmen inn i huset i form av varm luft.

Fordeler

- Varmekilden (uteluft) er tilgjengelig overalt
- Unngår boring, graving, etc.; moderate investeringskostnader ettersom varmeopptakssystemet er en integrert del av anlegget
- Varmepumpen har termostatstyring
- Varmepumpen er lett å installere, og kan etterinstalleres i de fleste boliger
- Moderate investeringskostnader i forhold til besparelsen

Ulemper

- Krever elektrisitet som gir CO₂ utslipp
- Varmepumpen er en punktoppvarmingskilde og man er avhengig av å ha en åpen løsning for at varmen skal fordele seg best mulig i boligen
- Varmepumpen har lavest varmfaktor og lavest varmeytelse når varmebehovet er størst
- Behovet for tilleggsvarme fra andre varmesystemer er større enn ved andre alternative oppvarmingsmetoder
- Ved utetemperaturer lavere enn 2 til 5 °C avsettes fuktigheten i luften som rim på fordampersflatene, og avriming blir nødvendig. Ved avriming vil anleggets varmfaktor reduseres
- Fuktig og saltholdig luft kan forkorte levetiden for varmepumpens fordampere
- Luftfilteret i innedelen må støvsuges og/eller byttes jevnlig for å opprettholde varmfaktoren
- Risiko for lekkasje av kjølemedium
- Må ha 100 % effektdekning fra andre systemer ved lave utetemperaturer
- Støy fra ute og innedel

Maksimal energidekningsgrad

Se innledning om varmepumper. Dette avsnittet gjelder kun klima med DUT rundt -20°C og forutsetter at varmepumpe slås av ved -15°C . Dimensjonerende effekt må beregnes for -15°C og varmepumpe dokumenteres med avgitt effekt ved -15°C . For grafer, se vedlegg C.

En varmepumpe som dekker 50 % av dimensjonerende effekt til romoppvarming i et småhus bygd iht kravsnivået i TEK 10 er gir en total energidekning på 58 %. Luft til luft varmepumpe dekker sjelden hele huset. Soverom, bad, mv har gjerne annen oppvarming. Den maksimale teoretiske dekningsgrad gjelder for rommene hvor varmepumpen er plassert. I praksis er ofte 50 % av arealet dekket av varmepumpe. En varmepumpe som dekker 50 % av dimensjonerende effekt til romoppvarming i 50 % av arealet i et TEK 10 småhus gir da en total energidekning på 29 %.

- Romoppvarming i rom med god luftsirkulasjon med innedelen 90 %
- Ventilasjonsvarme 0 %
- Varmtvannsoppvarming 0 %

Selv om en luft-luft varmepumpe kan ha høy energidekning på romoppvarming i rommet den er plassert i gir den sjelden total energidekning over 40 %.

7.2.3.2 Luft-vann varmepumpe

En luft-vann varmepumpe henter ut energien fra uteluften, tilfører noe elektrisitet og flytter varmen inn i huset i form av vannbåren varme.

Fordeler

- Varmekilden (uteluft) er tilgjengelig overalt
- Unngår boring, graving, etc.; moderate investeringskostnader ettersom varmeopptakssystemet er en integrert del av anlegget
- Lavere investeringskostnader enn væske-væske varmepumper som berg-, jord- og sjøvarmepumper

Ulemper

- Krever elektrisitet som gir CO_2 utslipp
- Varmepumpen har lavest varmekoeffisient og lavest varmeytelse når varmebehovet er størst (lite varme å hente i uteluft på de kaldeste dagene). Dermed et større behov for tilleggsvarme enn ved bruk av væske/vann varmepumpe
- Ved temperaturer lavere enn 2 til 5°C avsettes fuktigheten i luften som rim på fordampingsflaten, og varmepumpen avrimes automatisk. Da vil effektfaktoren reduseres
- Fuktig og saltholdig luft kan forkorte levetiden til varmepumpens fordampere
- Risiko for lekkasje av kjølemedium

Maksimal energidekningsgrad

Varmepumpe til dekning av samlet energibehov til varmtvann, oppvarming og ventilasjonsvarme har størst potensiale i et godt isolert bygg. Årsaken til det er at

varmtvannsandelen er fast og utgjør relativt sett mer i et passivhus enn et godt isolert bygg. Iht. vedlegg C som gjelder luftbaserte varmepumper vil en varmepumpe som dekker 50 % av dimensjonerende effekt til romoppvarming, ventilasjon og tappevann i et gammelt småhus gi en energidekning på 84 %. Tilsvarende på et småhus bygd etter TEK10 er 87 % og passivhus 89 %.

- Romoppvarming 90 %
- Ventilasjonsvarme 90 %
- Varmtvannsoppvarming 90 %

Dekningsgraden kan synes høy, spesielt om en sammenligner med væske-væske varmepumpe. Det er imidlertid her den store forskjellen i COP for de to prinsippene er utslagsgivende til fordel for væskebaserte varmepumper.

7.2.3.3 Væske-væske varmepumpe

En væske-væske varmepumpe henter ut energien fra berg, jord, sjøen og lignende, tilfører noe elektrisitet og flytter varmen inn i huset i form av vannbåren varme.

Fordeler

- Ingen støybelastning utendørs
- Lang levetid
- Kan brukes både til oppvarming av boligen og oppvarming av varmtvann
- Lave drifts- og vedlikeholdskostnader
- Ikke behov for å lagre brensel
- Mindre følsom enn luftbaserte varmepumper i forhold til lave utetemperaturer
- Krever ikke 100 % effektdekning fra andre systemer ved lave utetemperaturer

Ulemper:

-
- Krever elektrisitet som gir CO₂ utslipp
- Relativt stor investering
- Forholdene må ligge til rette for å utnytte enten berg-, jord- eller sjøvarme som varmeopptakskilde
- Risiko for lekkasje av kjølemedium

Maksimal energidekningsgrad

Varmepumpe til dekning av samlet energibehov til varmtvann, oppvarming og ventilasjonsvarme har størst potensiale i et godt isolert bygg. Årsaken til det er at varmtvannsandelen er fast og utgjør relativt sett mer i et passivhus enn et godt isolert bygg. En varmepumpe som dekker 50 % av dimensjonerende effekt til romoppvarming i et gammelt småhus gir en energidekning på 94 %. Tilsvarende for et småhus bygd etter TEK 10 er 96 % og passivhus 97 %.

- Romoppvarming 100 %
- Ventilasjonsvarme 100 %
- Varmtvannsoppvarming 100 %

7.2.4 Bioenergi – Direkte vedfyring

Generell fordel ved alle former for bioenergi er at den kan anskaffes når det er prisgunstig og så lagres.

Fordeler:

- Lite utslipp av CO₂ i atmosfæren ved bærekraftig vedproduksjon
- Høy toppeffekt. I motsetning til en luft-luft varmepumpe, kan vedovner gi nok varmeeffekt også i de kaldeste periodene. Det er ofte i disse periodene strømprisen er høyest
- Kan være rimeligere i innkjøp enn pelletskaminer og luftvarmepumper
- Har du mulighet til å hugge ved selv, er vedfyring svært rimelig
- Ingen støy i motsetning til for eksempel luftvarmepumper
- Trenger ikke strøm og fungerer dermed som en sikkerhet ved strømbrudd

Ulemper:

- Krever noe arbeid og tilstedeværelse med hensyn til håndtering av veden og regulering av varmen. Kun egnet i bolig og hytter
- Ved kjøpt i sekker kan være dyrt – favnved er billigere
- Krever forholdsvis stor lagringsplass
- De aller fleste vedovnene har ikke mulighet til å regulere varmen via en termostat. Dette er en ulempe i forhold til andre punktoppvarmingskilder
- Kan som regel bare erstatte deler av oppvarmingsbehovet. Andre kilder må dekke grunnvarmen når man ikke har anledning til å fyre. Dersom man ønsker å benytte ved til å dekke oppvarmingsbehovet i større deler av boligen, er en vedkjel tilknyttet et vannbåren sentralvarmesystem en mulig løsning

Maksimal energidekningsgrad

I teorien kan vedfyring dekke all oppvarming i en bolig, men i praksis vil mange være borte fra huset og ikke kunne betjene ovnen. Da den er en punktkilde dekker den kun deler av arealet i boligen. Ved beregning av energidekning må en korrigere for arealandel som dekkes av ovnen. I tillegg foreslår vi en korreksjon med en faktor på 0,75 pga manglende automatikk. Se eget regneeksempel i kapittel 5.1. Vi anslår følgende som en mulig praktisk gjennomførbar dekning:

- Maksimal andel dekning av romoppvarming i rom det er plassert 75 %
- Ventilasjonsvarme 0 %
- Varmtvannsoppvarming 0 %

Den teoretisk maksimale energidekningen er 51 % (68 % energidekning fra fig 4.4 x 75 % pga. manglende automatikk). Det ville forutsette at en hadde vedfyring i samtlige rom. I praksis blir energidekningsgraden ofte 25-30 % om en regner på hele boligen, se kapitel 5.1. Energidekningsgraden for romoppvarming og varmtvann, ved beregning av hele boligen, kan

økes betraktelig dersom vedovner har innebygde vannkapper. Dekningsgraden kan da økes.

7.2.5 Bioenergi – Pellets

Trepellets er en moderne energikilde som kan brukes i automatiske kaminer. Trepellets er tørr flis som er presset sammen til sylindere med en diameter på 6–8 millimeter og en lengde på 1–3 cm. Sylindrene er lette å håndtere, har jevn kvalitet og et høyt energiinnhold.

7.2.5.1 Pellets-kamin

En pellets-kamin har en tank som etterfylles med trepellets ved behov, normalt en gang per døgn. Forbrenningen styres automatisk og foregår i et lukket kammer. Varmen fra forbrenningen spres normalt i rommet med en vifte slik at man oppnår bedre varmfordeling enn fra en vedovn. Enkelte kaminer kan også varme vann til gulvvarme, radiatorer eller forbruksvann samtidig

Fordeler:

- Kan dekke en større andel av varmebehovet enn en vedovn pga. jevn varmeproduksjon
- Erstatte en større del av strømforbruket enn luft-luft varmepumper (som drives av strøm)
- Høy toppeffekt: I motsetning til for eksempel en luft-luft varmepumpe kan en pellets-kamin gi nok varmeeffekt også i de kaldeste periodene. Det er ofte i disse periodene strømprisen er høyest
- Automatisk mater og termostat med nattsinking gir høy komfort og enkel bruk
- Trepellets har svært god brennverdi.
- Benytter ikke direktevirkende el eller fossile brensler; Lite utslipp av CO² i atmosfæren ved bærekraftig pelletsproduksjon
- Erstatte strøm til oppvarming slik at man blir mindre sårbar for høye strømpriser
- Prisen på trepellets er mer stabil enn prisen på strøm, olje og parafin
- Sikker drift. Kaminene har lukket forbrenning og lav overflatetemperatur
- Lavere utslipp av partikler enn vedovner
- Askeinnholdet er vesentlig lavere enn fra vedfyring
- Avstandskravene til brennbart materiale er mindre enn for vedovner

Ulemper:

- Krever pipe (ved bruk av eksisterende pipehull må det brukes reduksjonsoverganger pga. ulik diameter)
- Enkelte kaminer har noe viftestøy
- Ved påfylling av trepellets kan det støve noe
- En pellets-kamin er dyrere i innkjøp enn en vedovn
- Det er nødvendig med strømtilkobling. Mange pellets-kaminer har imidlertid back-up batteri
- Brennerhodet må rengjøres med jevne mellomrom
- Varmeprisen ved bruk av pellets kan variere betydelig (35-75 øre/kWh) avhengig av om man er stor kunde og kjøper pellets i bulk eller kjøper mindre sekker (12-16-20 kg)
- Dersom man skal oppnå lave priser på pellets krever dette lagringsplass. Pellets må lagres tørt og trenger kun ca en tredjedel av lagringsplassen som ved trenger

Maksimal energidekningsgrad

Ugunstig dellastregulering, og bør derfor dimensjoneres for høy maksimal effektvarighet.

- Maksimal andel dekning av romoppvarming i rom det er plassert 100 %
- Ventilasjonsvarme 0 %
- Varmtvannsoppvarming 0 %

Den teoretisk maksimale energidekningen er 68 %, se Figur 4-4. Det ville forutsette at en hadde en kamin i samtlige rom. I praksis blir total energidekningsgrad ofte 35 - 40 % om en regner på hele boligen, se kapittel 5.1. Energidekningsgraden for romoppvarming og varmtvannsoppvarming, ved beregning av hele boligen, kan økes betraktelig dersom vedovner har innebygde vannkapper. Dekningsgraden kan økes til betydelig for boliger, ref Figur 4-6, men den må justeres ned da pelletskaminen normalt ikke startes før utetemperaturen faller under en viss temperatur.

7.2.5.2 Pelletskjel

En pelletskjel fungerer nesten på samme måte som et oljefyringsanlegg. Det produseres varme ved forbrenning av trepellets i anleggets brenner, som produserer varmt vann i en kjele. Vannet distribueres i boligen gjennom en lukket rørkreds, og avgir varme i radiatorer eller som gulvvarme.

Fordeler:

- Høy topp effekt. I motsetning til en varmepumpe kan pelletskjelen dekke hele oppvarmingsbehovet, også i de kaldeste periodene. Det er ofte i disse periodene at strøm og oljeprisene er høyest
- En pelletskjel har mange fordeler i forhold til ved og flis; mindre arealbehov, lettere regulering, mindre utslipp, høyere virkningsgrad og mindre ettersyn
- Pellets tar lite plass og inneholder 3–4 ganger så mye energi som tilsvarende volum med stablet ved
- Benytter ikke direktevirkende el eller fossile brensler; Lite utslipp av CO₂ i atmosfæren ved bærekraftig pelletsproduksjon
- Høy brukerkomfort. Pelletskjelen kan for eksempel brenne døgntkontinuerlig og har dermed ikke behov for like stor akkumulatortank som en vedkjel. Kjelen er automatisk styrt; når det er behov for varme antennes pelletsen automatisk
- Kan reguleres trinnløst
- Askeinnholdet er vesentlig lavere enn fra vedfyring
- Prisen per kWh for pellets vil være lavere enn for olje og strøm
- Tilgang på pellets er blitt bra i store deler av landet
- Normalt lavere kapitalkostnad enn for vedkjel og varmepumper

Ulemper:

- En pelletskjel krever mer oppfølging enn både varmepumper, olje-, gass- og elkjeler
- Varmeprisen ved bruk av pellets kan variere betydelig (35-65 øre/ kWh) avhengig av om du kjøper pellets i bulk eller sekker
- Du må ha lagringsplass til pellets. Pellets opptar mindre volum enn ved for tilsvarende energimengde, men bør lagres i en brannsikker beholder
- Normalt høyere driftskostnader enn for vedkjel og varmepumper

Maksimal energidekningsgrad

Ugunstig dellastregulering, og bør derfor dimensjoneres for høy maksimal effektvarighet.

Mulig energidekning:

- Romoppvarming 100 %
- Ventilasjonsvarme 100 %
- Varmtvannsoppvarming 100 %

7.2.6 Bioljekjel

Biolje er et tjæreaktig produkt og kan anvendes direkte som et alternativ til industriolje og fyringsolje. Denne oljen kan lages av nær sagt alle typer plantematerialer slik som flis, bark, papir, halm, torv og til og med slam.

Fordeler:

- Vanlig oljekjel kan konvertere til bioljekjel
- Høy toppeffekt. I motsetning til en varmepumpe kan bioljekjel dekke hele oppvarmingsbehovet, også i de kaldeste periodene. Det er ofte i disse periodene at strøm og er høyest
- Benytter ikke direktevirkende el eller fossile brensler; Lite utslipp av CO² i atmosfæren ved bærekraftig bioljeproduksjon
- Høy brukerkomfort. Kjelen kan for eksempel brenne døgntkontinuerlig og har dermed ikke behov for like stor akkumulatortank som en vedkjel. Kjelen er automatisk styrt
- Kan reguleres trinnløst
- Normalt lavere kapitalkostnad enn for vedkjel og varmepumper

Ulemper:

- En bioljekjel krever mer oppfølging enn både varmepumper, olje-, gass- og elkjeler
- Varmeprisen ved bruk av olje kan variere betydelig
- Krever lagringsplass til olje
- Normalt høyere driftskostnader enn for vedkjel og varmepumper
- Stiller krav til oppvarming av oljetank for å unngå at oljen stivner. Innendørs tank ikke noe problem, ligger derimot tanken i bakken må det investeres i varmesløyfer

Maksimal energidekningsgrad

Ugunstig dellastregulering, og bør derfor dimensjoneres for høy maksimal effektvarighet.

Mulig energidekning:

- Romoppvarming 100 %
- Ventilasjonsvarme 100 %
- Varmtvannsoppvarming 100 %

7.3 Varmeforsyningskombinasjoner og deres dekningsgrader

Denne rapporten har til formål å foreslå dekningsgrader for de før beskrevne varmforsyningsløsninger. Som et ledd i dette har rapportforfatterne kontaktet fagmiljøer i andre land, samt foretatt litteratursøk, mht. å finne referanseverdier fra andre land. Dessverre har dette arbeidet avdekket forholdsvis lite data fra andre land, dvs. det er funnet anbefalte dekningsgrader for flere av de enklere systemer, for eksempel solfanger supplert med en kjelbasert spisslast, men sjelden flere marginal systemer sammen som for eksempel varmepumper i kombinasjon med solfangere. De dekningsgrader som er funnet for de enklere systemer er i all hovedsak sammenfaldende med de dekningsgrader som benyttes typisk i Norge, og er rapportert i 7.2.

Generelt ved kombinasjon av varmforsyningsløsninger er det viktig å kombinere et fåtall, fortrinnsvis kun to. Videre er det viktig å dimensjonere de ulike kildene slik at de leverer med god virkningsgrad og økonomi. Ved vurdering av kombinasjoner bør en starte med en basislast og optimalisere denne. Deretter bør en velge et annet alternativ som kan dekke resten, evt. 100 % hvis basisen er solvarme eller luft-luft varmepumpe. Solenergi og varmepumpe er typiske basislaster som kan bli ulønnsomme dersom en vurderer å la det dekke en for høy andel av det totale energibehovet.

Ved vurdering av økonomien i disse løsningene spiller pris på spisslast effekt og energi inn i stor grad. Erfaringer viser at leverandører av el og fjernvarme har svært høye priser på fastleddet, noe som gjør at både varmepumpe og solenergi ofte faller dyrt ut. I områder med konsesjon på fjernvarme kan dette vanskeliggjøre valg av varmepumpe og solvarme. En kombinasjon med biobrensel kan derfor være en måte å forbedre økonomien i løsningene på.

Det ligger ikke innenfor denne rapportens omfang at beskrive systemløsninger og fornuftige driftsbetingelser, for informasjon om dette henvises for eksempel til [Steene 2006], [Steene 2008] eller [Enova 2011].

Tabell 7-1 til **Feil! Fant ikke referanse-kilden.** oppsummerer varmeløsningene og deres dekningsgrad, samt vanlige kombinasjoner av disse, i forhold til energiforsyningskravet i TEK10. Tabellene er ikke ment som grunnlag for dokumentasjon opp mot forskriftskravet, men som en indikasjon på hvilke varmeløsninger og vanlige kombinasjoner som kan gi en dekningsgrad på over 40 % og 60 % av bygningens netto varmebehov. Tabellene er oppdelt i for kategoriene "Boligbygning" og "Yrkesbygning" og disse kategoriene er oppdelt i "TEK10" og "Passivbygning". Dekningsgradene til mer komplekse kombinasjoner må beregnes for det enkelte tilfelle basert på virkelige varighetskurver eller beregninger for oppvarming og varmtvannsbehov.

Boligbygning – TEK10				
Varmeløsning	Gir 40 % dekningsgrad alene	Vanlige kombinasjoner som gir over 40 % dekningsgrad	Gir 60 % dekningsgrad alene	Vanlige kombinasjoner som gir over 60 % dekningsgrad
Termisk solvarme til varmtvann	Aldri/Sjelden	Vedovn/ Biopellets-kamin/ luft-luft varmepumpe til romoppvarming.	Aldri/Sjelden	Fjernvarme/ luft-luft varmepumpe til romoppvarming.
Termisk solvarme til romoppvarming	Aldri/Sjelden	Vedovn/ Biopellets-kamin/ luft-luft varmepumpe til romoppvarming.	Aldri/Sjelden	Fjernvarme/ luft-luft varmepumpe til romoppvarming.
Luft-luft varmepumpe	Aldri/Sjelden. Kan være mulig med flere innedeler.	Termisk solvarme til varmtvann.	Aldri/Sjelden.	Fjernvarme/ Termisk solvarme til varmtvann.
Luft-væske eller væske-væske Varmepumpe	Oftest (ved kobling til vannbåren varmesystem)		Oftest (ved kobling til vannbårent varmesystem)	
Vedovn	Aldri/Sjelden. Kan være mulig med to eller flere vedovner eller vannkappe.	Termisk solvarme til varmtvann.	Aldri/Sjelden. Kan være mulig med vannkappe.	Fjernvarme/ Termisk solvarme til varmtvann.
Biopellets-kamin	Sjelden. Kan være mulig med to eller flere kaminer eller vannkappe.	Termisk solvarme til varmtvann.	Aldri/Sjelden. Kan være mulig med vannkappe	Fjernvarme/ Termisk solvarme til varmtvann.
Kjel for biobrensel(ved, pellets, bioolje)	Oftest (ved kobling til vannbårent varmesystem)		Oftest (ved kobling til vannbårent varmesystem)	
Fjernvarme	Alltid		Alltid	

Tabell 7-1 Varmeløsninger og deres dekningsgrader samt vanlige varmeløsningskombinasjoner og deres kombinerte dekningsgrader for TEK10 – boligbygg.

<u>Boligbygning – Passivbygning</u>				
Varmeløsning	Gir 40 % dekningsgrad alene	Vanlige kombinasjoner som gir over 40 % dekningsgrad	Gir 60 % dekningsgrad alene	Vanlige kombinasjoner som gir over 60 % dekningsgrad
Termisk solvarme til varmtvann	Sjelden, men avhengig av solstråling og dekningsgrad over året. Må dekke 60 % av oppvarming av tappevannsbehovet	Vedovn/ Biopellets-kamin/ luft-luft varmepumpe til romoppvarming.	Ikke mulig.	Fjernvarme/ Vedovn/ Biopellets-kamin/ luft-luft varmepumpe til romoppvarming.
Termisk solvarme til romoppvarming	Aldri	Ikke mulig uten å også dekke energibehov til varmtvann.	Aldri	Fjernvarme/ Ellers ikke mulig uten å også dekke energibehov til varmtvann.
Luft-luft varmepumpe	Aldri	Termisk solvarme til varmtvann.	Aldri	Fjernvarme/ Termisk solvarme til varmtvann.
Luft-væske eller væske-væske Varmepumpe	Oftest (ved kobling til vannbårent varmesystem)		Oftest (ved kobling til vannbårent varmesystem)	
Vedovn	Kan være mulig med vannkappe	Termisk solvarme til varmtvann.	Kan være mulig med vannkappe	Fjernvarme/ Termisk solvarme til varmtvann.
Biopellets-kamin	Kan være mulig med vannkappe	Termisk solvarme til varmtvann.	Kan være mulig med vannkappe	Fjernvarme/ Termisk solvarme til varmtvann.
Kjel for biobrensel(ved, pellets, bioolje)	Oftest (ved kobling til vannbårent varmesystem)		Oftest (ved kobling til vannbårent varmesystem)	
Fjernvarme	Alltid		Alltid	

Tabell 7-2 Varmeløsninger og deres dekningsgrader samt vanlige varmeløsningskombinasjoner og deres kombinerte dekningsgrader for Passivbygning – boligbygg.

<u>Kontor – TEK10</u>				
Varmeløsning	Gir 40 % dekningsgrad alene	Vanlige kombinasjoner som gir over 40 % dekningsgrad	Gir 60 % dekningsgrad alene	Vanlige kombinasjoner som gir over 60 % dekningsgrad
Termisk solvarme til varmtvann	Aldri	Fjernvarme, evt. Luft-luft varmepumpe til romoppvarming.	Aldri	Fjernvarme, evt. Luft-luft varmepumpe til romoppvarming.
Termisk solvarme til romoppvarming	Mulig, men avhengig av solstråling og dekningsgrad over året.	Vedovn/ Biopellets-kamin/ luft-luft varmepumpe til romoppvarming.	Sjelden	Fjernvarme/ Vedovn/ Biopellets-kamin/ luft-luft varmepumpe til romoppvarming.
Luft-luft varmepumpe	Sjelden. Kan være mulig med to eller flere innedeler.	Fjernvarme, evt. termisk solvarme.	Sjelden. Kan være mulig med to eller flere innedeler.	Fjernvarme, evt. termisk solvarme.
Luft-væske eller væske- væske Varmepumpe	Oftest (ved kobling til vannbårent varmesystem)		Oftest (ved kobling til vannbårent varmesystem)	
Vedovn	Sjelden en aktuell løsning i yrkesbygg.	Fjernvarme, evt. termisk solvarme.	Sjelden en aktuell løsning i yrkesbygg.	Fjernvarme, evt. termisk solvarme.
Biopellets-kamin	Sjelden en aktuell løsning i yrkesbygg.	Fjernvarme, evt. termisk solvarme til varmtvann.	Sjelden en aktuell løsning i yrkesbygg.	Fjernvarme, evt. termisk solvarme til varmtvann.
Kjel for biobrensel(ved, pellets, bioolje)	Oftest (ved kobling til vannbårent varmesystem)		Oftest (ved kobling til vannbårent varmesystem)	
Fjernvarme	Alltid		Alltid	

Tabell 7-3 Varmeløsninger og deres dekningsgrader samt vanlige varmeløsningskombinasjoner og deres kombinerte dekningsgrader for TEK10 – kontor.

7.4 Sentrale antagelser og forutsetninger

Tabell 7-4 oppsummerer de sentrale antagelser og forutsetninger brukt i rapporten i tillegg til hvilke konsekvenser disse har.

Parameter	Antagelse i rapporten	Konsekvens
Dekningsgrad manuelle punktkilder	Redusert dekningsgrad med 25 % sammenlignet med punktkilder med automatikk (for eksempel pellets-kamin)	Vedovn gis redusert dekningsgrad sammenlignet med automatiske pellets-kaminer.
Plassering punktkilder	I bygninger med flere etasjer plasseres punktkilde slik at varmen sprer seg opp.	Høyere dekningsgrad enn dersom punktkilder plasseres i de øverste etasjene. Lukkede rom uten punktvarmekilde, for eksempel soverom og bad i boliger vil for øvrig ikke få dekket varmebehovet av punktvarmekilden.
Arealdekning punktvarmekilde	Dekker ofte varmebehovet i 50 % av arealet i boligen.	Bør vurderes i hvert enkelt tilfelle, da byggets oppbygning og punktvarmekildens plassering er bestemmende for arealdekning.
Akkumulatortank	Forutsettes for alle vannbårne varmeløsninger og kombinasjoner bortsett fra fjernvarme alene	Lavere dekningsgrad dersom akkumulatortank ikke er installert, unntatt når bare fjernvarme brukes.
Oslo klima	Dekningsgradene i rapporten er beregnet/oppsummert basert på Oslo klima.	Endret installert maksimum effekt fra varmesystem. Endret energibehov til romoppvarming og dermed endret sammenheng mellom effektdekningsgrad til romoppvarming/varmtvann og den totale energidekningsgrad

Tabell 7-4 Sentrale antagelser og forutsetninger brukt i rapporten.

8. METODER TIL DETALJERT VURDERING AV DEKNINGSGRADER

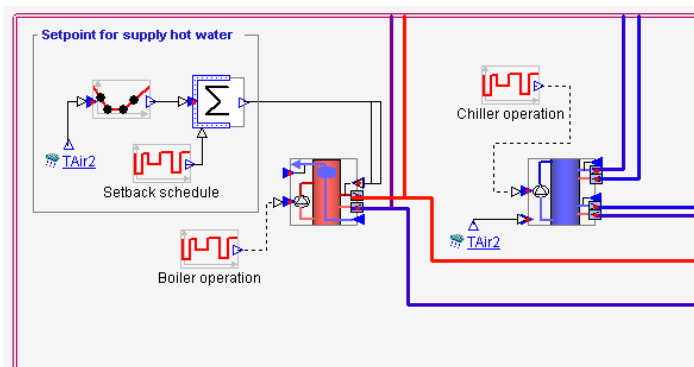
Mye av arbeidet ved å dimensjonere sentrale elementer i kjøle- og varmesystemer baseres på betraktninger på et overordnet nivå, uten at en har detaljert kunnskap om de driftsbetingelser som passer dette anlegg og de behov det dekker, om komponentenes størrelse er på rett nivå og hvilke dekningsgrader de forskjellige systemer har.

Langt de fleste energiberegningsprogrammer som benyttes i bygningsbransjen i dag beregner teoretisk behov, uten å beskjeftige seg med hvordan dette behovet dekkes. Alternativt inkluderes energisentralen på en overordnet måte, ved for eksempel at brukeren angir dekningsgrader. Detaljert simulering av energisystemer under teoretiske driftsforhold i løpet av et år har hittil vært en veldig resurskrevende oppgave, som utføres sjelden på forsyningsystemer til bygg men er mer vanlig i andre bransjer bl.a. offshore.

Et fellestrekk for programmer som kan simulere drift av energisentraler er at brukerterskelen er som oftest høy, og bruk av programmene krever spesialiserte operatører med innenfor simulering av bygninger og termiske systemer. Det mest kjente programmet som kan simulere både bygningsbehov og energisentralen samtidig er kanskje TRNSYS(Transient SYstems Simulation). TRNSYS er benyttet mye til forskningsformål og har et stort antall moduler som beskriver virkemåten til komponenter i bygninger, både bygningskropp og tekniske anlegg. TRNSYS benyttes kun i liten grad utenfor universitetsmiljøer, primært grunnet brukerterskelen og behovet for detaljerte opplysninger om komponenter.

8.1 IDA ESBO

Erichsen & Horgen benytter forskjellige programmer ved inneklimate og energisimuleringer avhengig av den detaljeringsgrad oppgaven krever, og et av våre hovedsimuleringsverktøy er IDA ICE, som er et tre dimensjonalt inneklimate- og energisimuleringsprogram for dynamiske flersonesimuleringer på en modell av vilkårlig geometri. IDA ICE er et godt validert program med bred eksisterende brukerbase i Skandinavia, her primært Sverige og Finland. IDA ICE er, som TRNSYS, basert på moduler som beskriver virkemåten til enkelt komponenter, som for eksempel en vegg, overgangsmotstand, strålingsutveksling. Ved hjelp at dette programmet er det mulig å bygge opp en modell av vilkårlig kompleksitetsgrad, og avbilde komponentenes interne relasjon i et systemskjema. Et eksempel på dette fremgår av Figur 8-1, hvor systemskjemaet for standard energisentralen som inngår i IDA ICE fremgår.

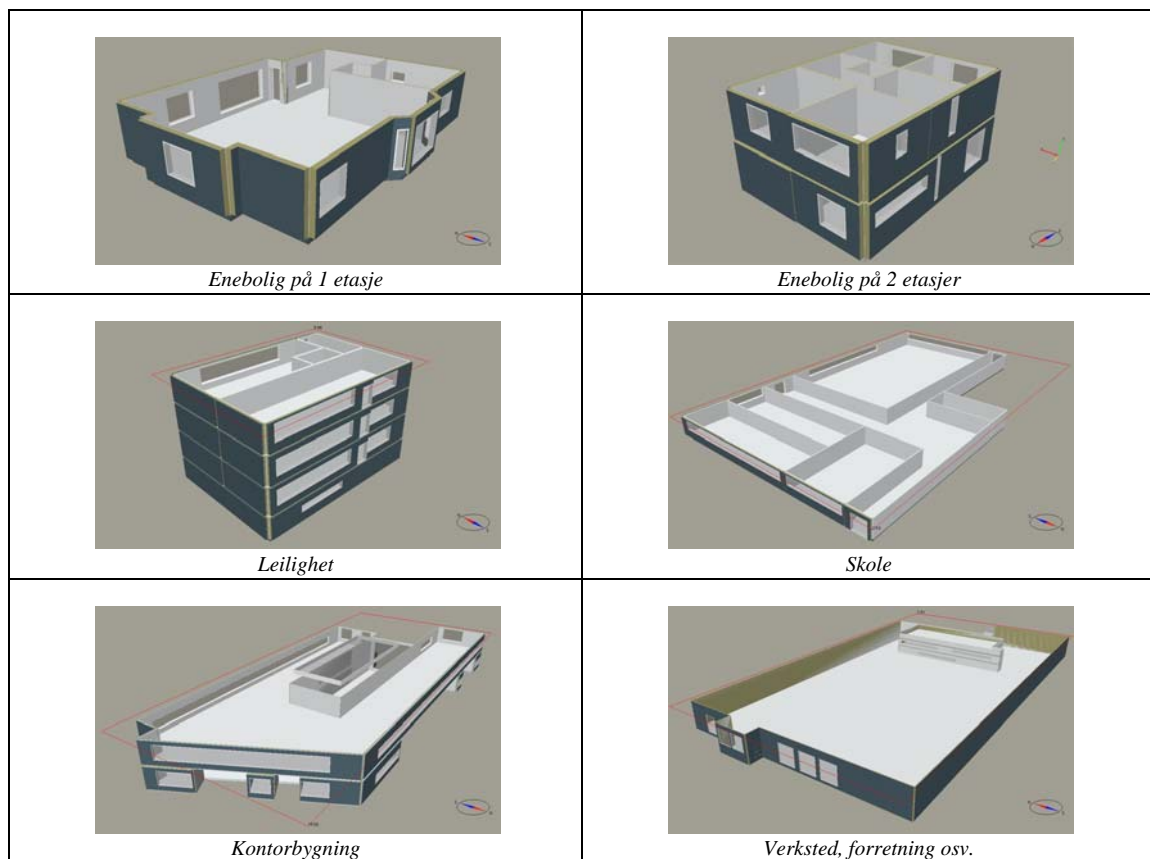


Figur 8-1 Systemskisse for standard energisentral som er inkludert i IDA ICE.

Det å konstruere en modell til simulering av en energisentral er i standard utformingen av IDA ICE like arbeidskrevende som ved bruk av andre programmer, og derfor ikke relevant for de fleste prosjekter.

Firmaet bak IDA ICE har i samarbeid med Universitetet Aalto Universitet i Finland arbeidet med denne problemstillingen. Resultatet av dette arbeidet er en variant av IDA ICE som kalles IDA ESBO hvor ESBO står for Early Stage Building Optimization. IDA ESBO har til formål å redusere det arbeidet som kreves for å gjennomføre tidligfase studier av bygningskropper og energisystemer, uten å redusere kvaliteten på de fysiske modeller for komponenter. Til dette formål er brukergrensesnittet til IDA ICE forenklet både med hensyn til å konstruere bygningskropp, tekniske systemer og brukerprofiler.

Det er i IDA ESBO mulig å konstruere egne bygningskropper, importere geometri via IFC eller benytte en av seks predefinerte bygningskropper, se evt. Figur 8-2. Det er på denne måten i utgangspunktet mulig å konstruere en vilkårlig geometri, mens det i tidligfase ofte vil være hensynsmessig å forenkle geometrien betydelig.



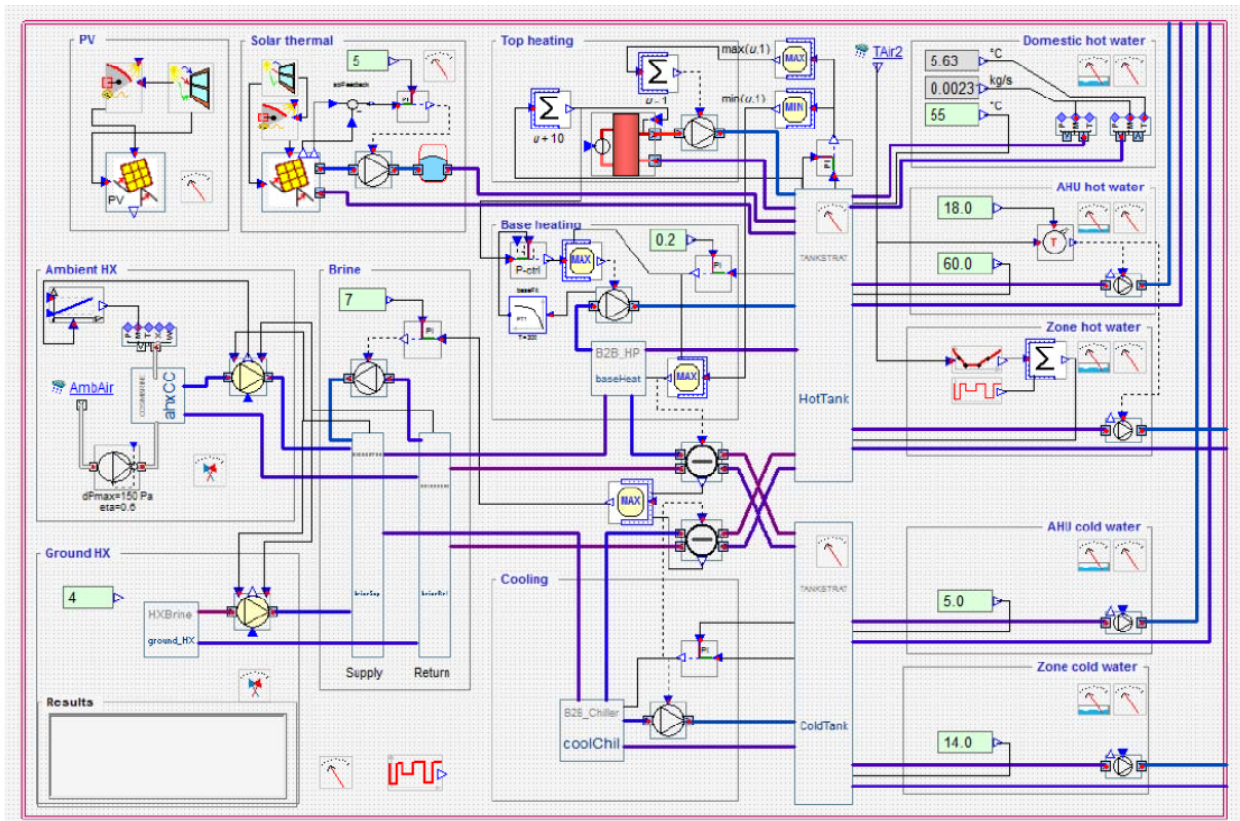
Figur 8-2 Et plant snitt av de seks eksempelbygninger som er inkludert i IDA ESBO.

IDA ESBO kommer med flere predefinerte tekniske systemer, som kan kombineres i en vilkårlig kombinasjon. Her finnes det bl.a. følgende systemer:

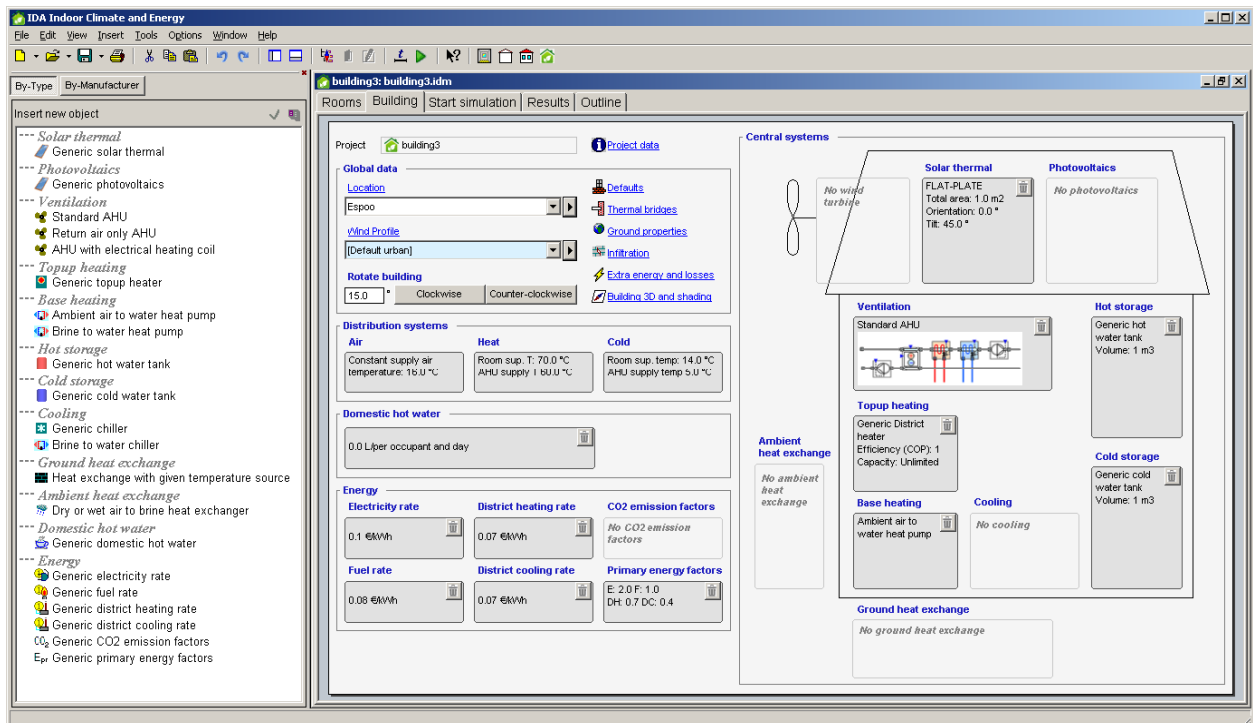
- Kjeler
- Varmepumper
 - Luft-Vann
 - Vann-Vann
- Kjølemaskiner
- Solfangere
- Solceller
- Tørrkjøler/Utedel til varmepumpe
- Lavtemperaturkilde med gitt temperatur
- Fjernvarme
- Ventilasjonsaggregat
 - Avtrekk
 - Balansert med gjenvinning og vannbasert oppvarming og kjøling
 - Balansert med gjenvinning, el-oppvarming samt vannbasert kjøling

Energisentralen i IDA ESBO er forenklet slik at all varme, og kjøling, produseres til lagring i vanntanker. Denne fremgangsmåten reduserer betydelig behovet for kommunikasjon mellom styring av energiforsyningssystemer og styring av andre tekniske systemer, idet forsyningssystemene styres etter behov i tankene, som igjen avledes av behovet i bygget uten at styringene behøver å kommunisere direkte med hverandre. Systemskjemaene i IDA ESBO kan bli forholdsvis komplekse hvis et stort antall systemer benyttes, se for eksempel Figur 8-3. Den prosjekterende behøver ikke forholde seg til den fulle kompleksiteten, men kan arbeide på et overordnet nivå, se Figur 8-4 som viser brukergrensesnittet sammenlignet med Figur 8-5 som viser systemskjemaet bak dette systemet.

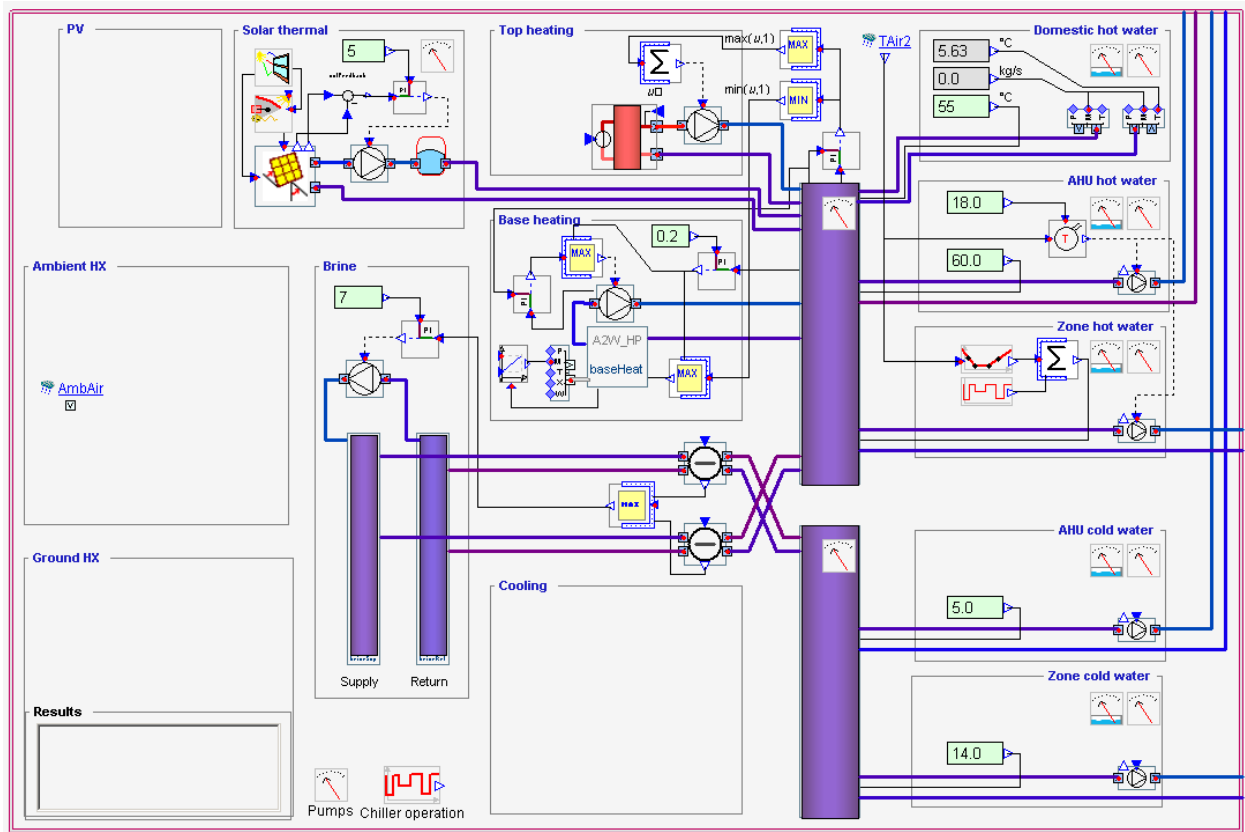
Bemerk at IDA ESBO er i betaversjon og dermed ikke klar for bruk i byggeprosjekter. IDA ESBO forventes utgitt i løpet av 2012.



Figur 8-3 Et systemskjema med solfanger, solceller, vann-vann varmepumpe/kjølemaskin, tørrkjøler og lavtemperaturkilde med konstant temperatur.



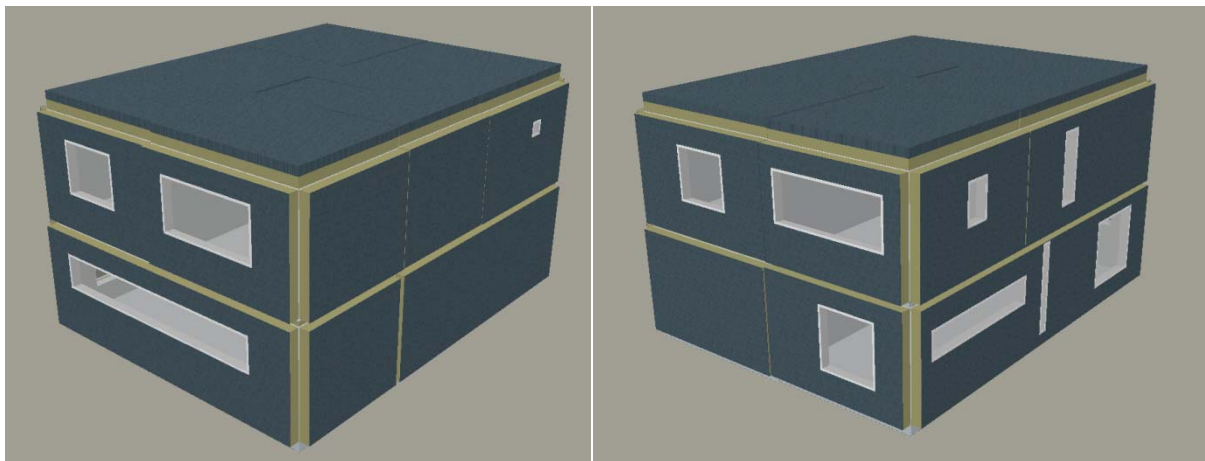
Figur 8-4 Brukergrensesnittet når det arbeides med et system med solfanger, luft-vann varmepumpe og en kjel. Systemskjemaet bak dette systemet er avbildet på Figur 8-5.



Figur 8-5 Et systemskjema til en bolig med solfanger, luft-vann varmepumpe og en kjel. Dette er systemet som er avbildet på Figur 8-4.

8.2 Eksempel

Eksemplet tar utgangspunkt i en enebolig på 2 etasjer og er et av eksempelbyggene som er predefinert i IDA ESBO og er korrigert etter NS 3031. Modellen fremgår av Figur 8-6.



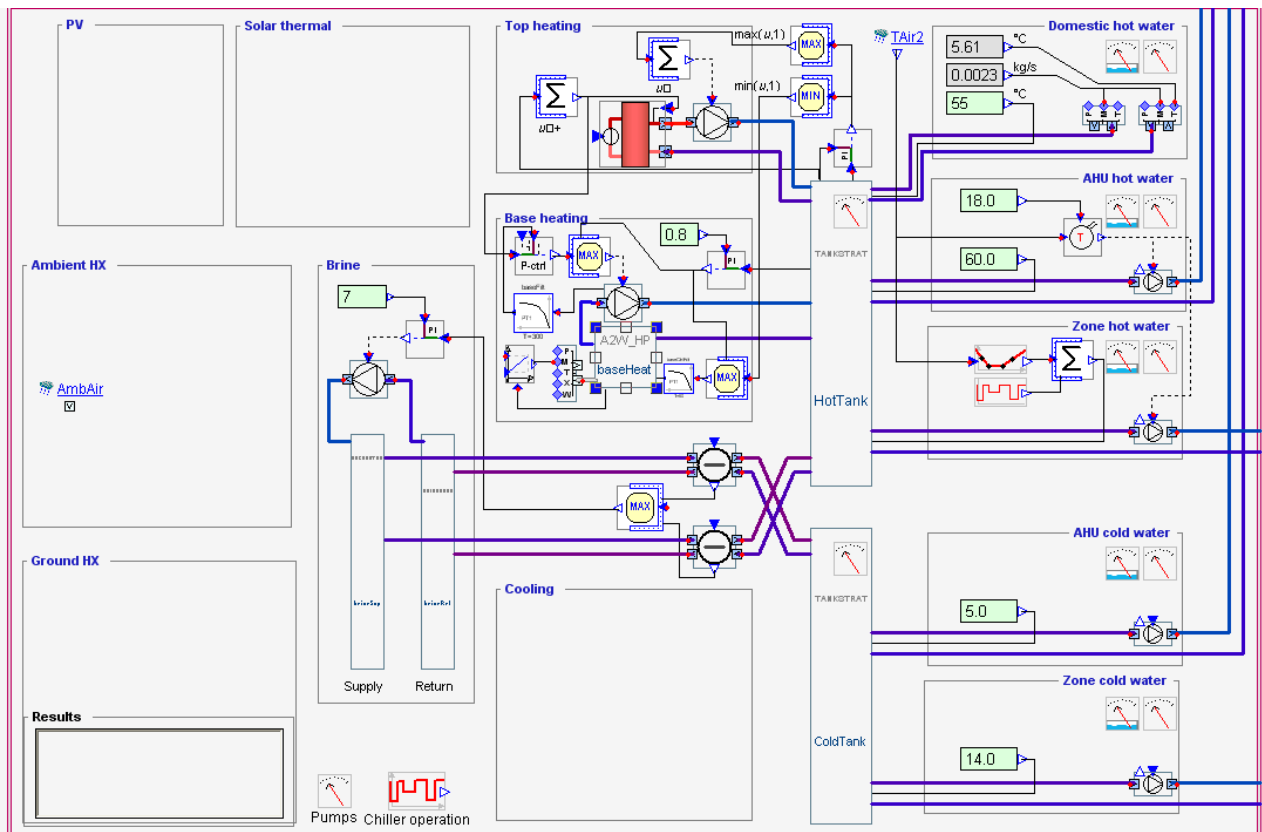
Figur 8-6 Enebolig på 2 etasjer brukt i eksemplet. Figur til venstre er bygget sett fra SØ og figuren til høyre er bygget sett fra NV.

q_{tot} og Q_{tot} ved en årssimulering i IDA ESBO fremgår av Tabell 8-1. I tillegg verdiene for småhus-TEK10 presentert i avsnitt 4.2 for å sammenligne modellene. Tabellen viser Q_{tot} er 20 % høyere i IDA ESBO modellen, men har et lavere E_{tot} .

	Q_{tot} [kWh/m ²]	Q_{opp} [kWh/m ²]	Q_{vent} [kWh/m ²]	Q_{vann} [kWh/m ²]	q_{tot} [W/m ²]
IDA ESBO 2 etasjer enebolig	115	82	3	30	38,2
Småhus – TEK10	96	65	1	30	41,5

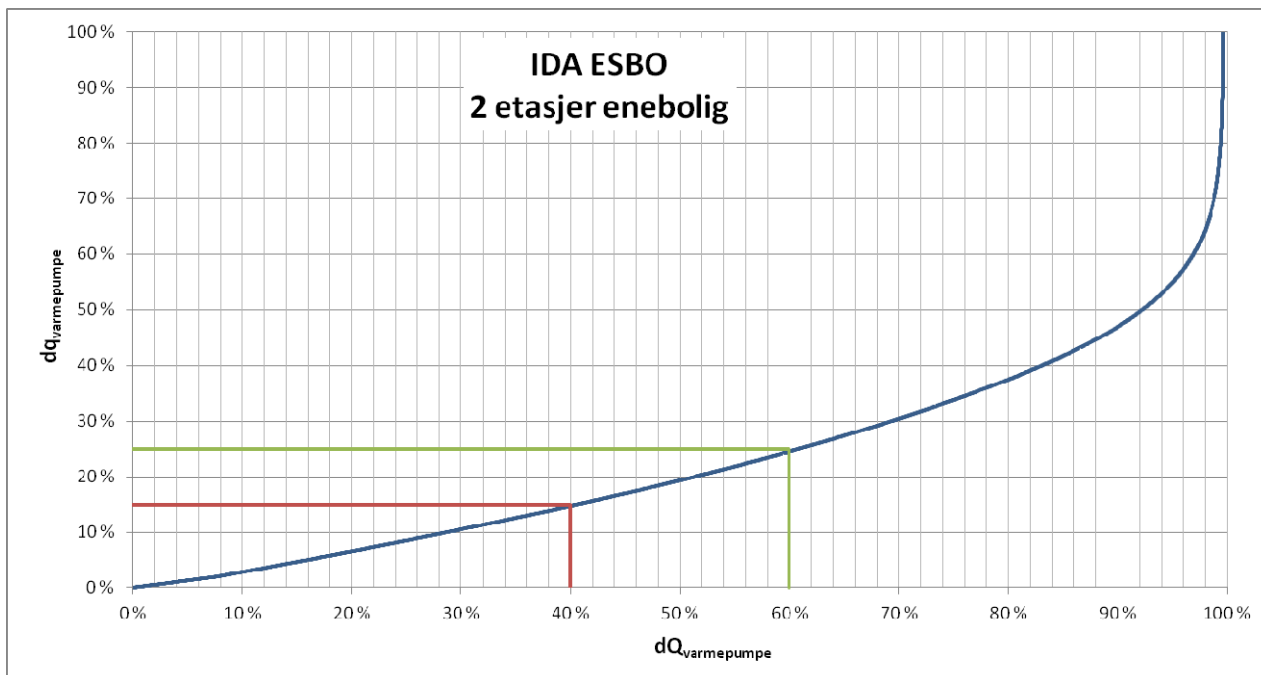
Tabell 8-1 Maksimal effekt og energibehov ved årssimulering i IDA ESBO for eksempelbygget og småhus – TEK10 presentert i avsnitt 4.2.

Varmesystemet til den 2 etasjers boligen inneholder en luft-vann varmpumpe og en kjel. Systemskjemaet fremgår av Figur 8-7.



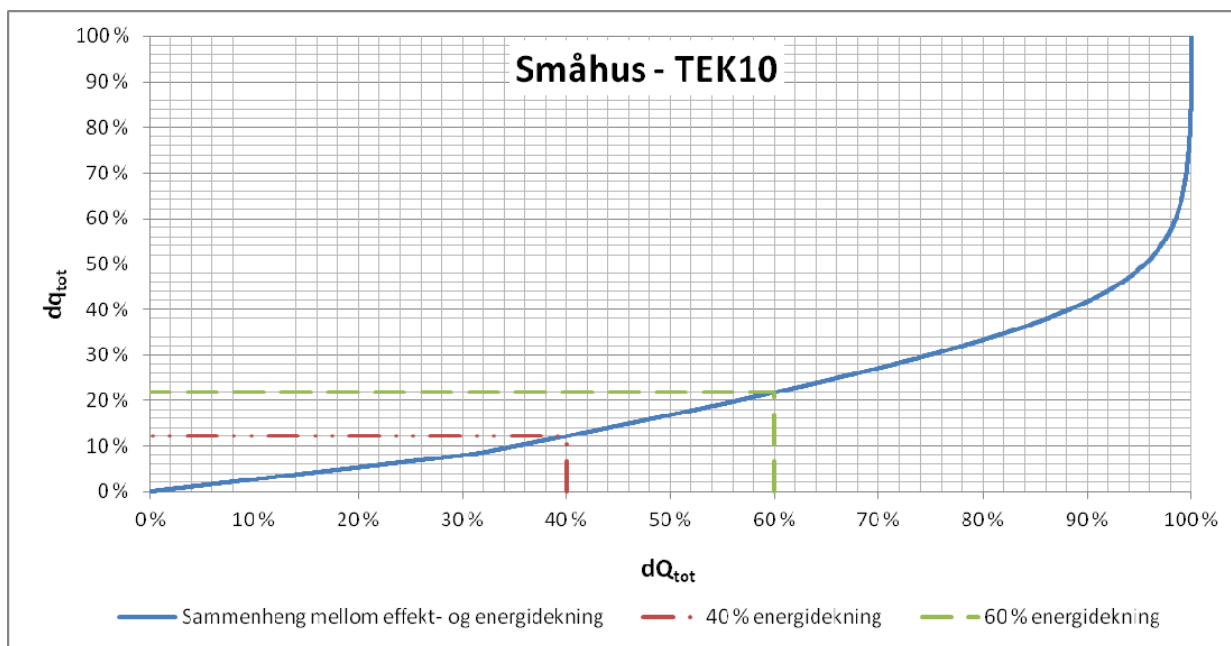
Figur 8-7 Systemskjema til en 2 etasjers enebolig med luft-vann varmpumpe og kjel.

Figur 8-8 viser sammenhengen mellom varmpumpens effektdekningsgrad, $dq_{varmpumpe}$, og energidekningsgrad, $dQ_{varmpumpe}$. Likeledes er punktene for en $dQ_{varmpumpe}$ på 40 % og 60 % inntegnet. For IDA ESBO modellen kan en luft-vann varmpumpe med en $dq_{varmpumpe}$ på 15 % gi en $dQ_{varmpumpe}$ på 40 % og dermed oppfylle kravet i § 14-7 i TEK10 vedrørende energiforsyning. For $dQ_{varmpumpe}$ lik 60 % må $dq_{varmpumpe}$ være 25 %.



Figur 8-8 Sammenheng mellom varmepumpens effektdekningsgrad, $dq_{varmepumpe}$, og varmepumpens energidekningsgrad, $dQ_{varmepumpe}$.

Kurven på Figur 8-8 er veldig lik kurven for småhus-TEK10, se Figur 8-9. Effektdekningsgradene, dq_{tot} , for småhus-TEK10 er 3 % lavere enn for IDA ESBO modellen ved energidekningsgradene, dQ_{tot} , på 40 % og 60 %.



Figur 8-9 Varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} , basert på dq_{tot} for småhus-TEK10.

8.3 Oppsummering

Med IDA ESBO er det mulig å lage mer enkle simuleringer av energibehovet basert på komplekse integrerte varmesystemer. Et slikt simuleringsverktøy vil, med stor sannsynlighet, bli viktig i fremtiden, da passivboliger og andre lavenergibygninger implementerer komplekse varmesystemer som krever mer optimalisering på designstadiet. I tillegg til dette bør komplekse varmesystemer og andre komplekse tekniske installasjoner kun implementeres hvis systemene kan simuleres og simuleringene viser fornuftige resultater.

Eksemplet i forrige avsnitt viste at en enkel simulering av en 2 etasjers bolig gir mulighet for å optimere varmeløsningene i forhold til effektbehov vedrørende energiforsyningskravet i TEK10 i tillegg til en vanlig energiberegning. IDA ESBO vil derfor i fremtiden være et verktøy som kan brukes til å evaluere komplekse varmeløsninger og deres energidekningsgrader.

9. OPPSUMMERING OG ANBEFALING

I de foregående kapitler er det gitt et grunnlag for oppsett av total dekningsgrad for energi som funksjon av effektdekning på installert energikilde for ulike bygningskategorier som prosjekteres og oppføres iht. kravsnivået i TEK10. For enebolig er også passivhus og gammelt hus vist. Det vises ulike løsninger som oppfyller kravet i TEK10 § 14-7. For de ulike alternativer anbefales andel effekt de ulike energiforsyningsalternativene bør dekke.

Vi foreslår at retningslinjene i kapittel 4 benyttes til å dokumentere de enkelte valgte løsninger i prosjekteringen. Kapittel 5 gir eksempler på hvordan dette gjøres. Kapittel 7 beskriver de ulike systemer. Videre kan retningslinjer, gitt i Tabell 7-1 - **Feil! Fant ikke referanseilden.** i kapittel 7.3, gi en indikasjon på hvilke varmforsyningsløsninger, og vanlige kombinasjoner av disse, som kan bidra til at forskriftskravet til energiforsyning nås.

Varighetskurvene i kapittel 4 anbefaler vi at benyttes for en tidligfase vurdering av kapasitet på anlegg for å dekke energibehov. Vi anbefaler at det gjennomføres en økonomivurdering av de aktuelle tiltakene. Månedskurver og varighetskurver kan benyttes for betraktningene. For luftbaserte varmepumpeanlegg og solvarmeanlegg bør det utføres beregninger på den valgte løsning.

9.1 Problemstillinger

Følgende problemstillinger er kommet frem i arbeidet med i rapporten:

- Behov for dokumentasjon av dekningsgrader både på effekt og energi i prosjekterte og ferdige systemer. Sammenholde med teoretisk beregnet
- Behov for utvikling av detaljert metodikk for dokumentasjon av systemvirkningsgrader
- Behov for test av varmepumper virkningsgrad ved temperaturer rundt -15 °C til -20 °C

10. FORSLAG TIL VIDERE ARBEIDER

Diagrammene i kapittel 4.2 kan for mange synes teoretiske og krevende å bruke. Det er mulig å lage et enkelt verktøy som understøtter dokumentasjonen. Dette bør særlig vurderes for boliger.

Det bør gjennomføres et prosjekt som dokumenterer dekningsgrader både på effekt og energi i prosjekterte og ferdige systemer, og sammenholder disse med teoretisk beregnede verdier. På grunnlag av dette bør det utarbeides omforent metodikk i samarbeid med leverandører av energi.

Det bør utarbeides metodikk for dokumentasjon av systemvirkningsgrader for enkelt kilder og flere kilder i samspill. Modellering bør integreres med byggmodell.

Diagrammene i kapittel 4.2 bør utarbeides for de resterende bygningskategorier i TEK10 slik veilederen blir dekkende for hele TEK10.

I utarbeidelsen av rapporten har det vært diskusjoner rundt luftbaserte varmepumper. Norske retningslinjer for dimensjonering av luftbaserte varmepumper bør utarbeides.

A. LITTERATURLISTE

- [**Biovarme 2011**] *Veien til biovarme*, Norsk Bioenergiforening, revidert versjon 2011
- [**Eggen 1992**] Geir Eggen, *Erfaringer fra prototyp- og demonstrasjonsanlegg for varmepumper*, SINTEF Rapport STF11 A92017,1992
- [**Energimyndigheten 2011a**]
<http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Testerresultat/Testresultat/Luftvattenvarmepumpar/>
- [**Energimyndigheten 2011b**]
<http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Testerresultat/Testresultat/Luftluftvarmepumpar/>
- [**Enova 2011**] *Kompetansekompedium for varmanlegg 2011*, Enova et. al, 20011
- [**Enova 2011b**] <http://hjemme.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=3256>.
- [**Hafslund 2011**] *Samtaler med Øyvind Nielsen*
- [**NVE 2007**] *Kostnader ved produksjon av kraft og varme*, NVE, 2007
- [**Person 2010**] Bertil Person, *Effektivitet/fullasttid för stora vindkraftverk 2008/2009*, Föreningen Svenskt Landskapsskydd, 2010
- [**SINTEF 2008**] *Planlegging av solvarmeanlegg for lavenergiboliger og passivhus. En introduksjon* Prosjektrapport nr. 22, Inger Andresen, ISBN 978-82-536-1035-1 (pdf) 2008
- [**Steene 2006**] Jørn Steene, *Oppvarmingssystemer for lavenergiboliger*, SINTEF Energiforskning AS for Husbanken, 2006
- [**Steene 2008**] Jørn Steene, *Oppvarmingssystemer for boliger av lavenergi- og passivhusstandard*, SINTEF Energiforskning AS for Husbanken, 2008

B. MÅNEDSVERDIER FOR ENERGIBEHOV

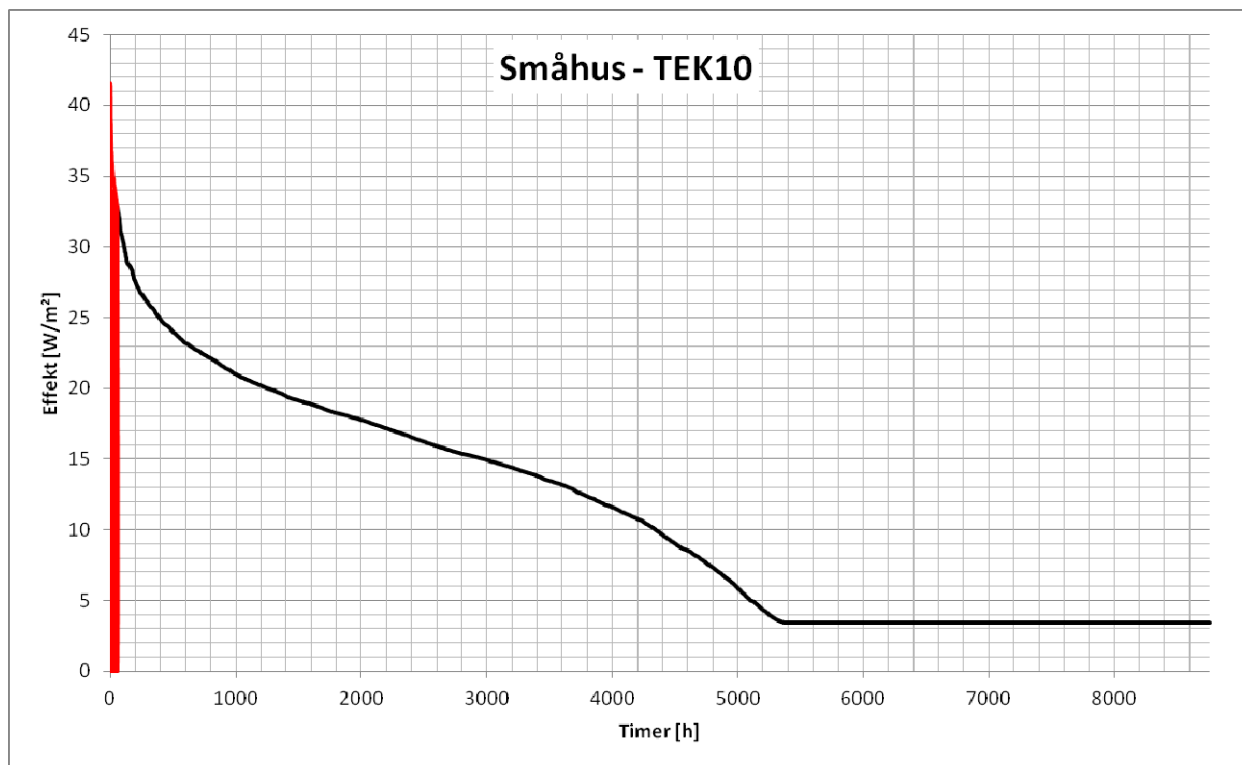
Tabell B-1 oppsummerer månedsverdiene for de ulike bygningskategoriene.

	Småhus - Tek10 [kWh/m ²]	Småhus - Passivhus [kWh/m ²]	Småhus - Gammel [kWh/m ²]	Boligblokk [kWh/m ²]	Kontor [kWh/m ²]	Barnehage [kWh/m ²]
Jan	14,7	7,3	39,1	10,9	8,1	15,6
Feb	13,1	6,2	36,2	9,4	7,3	13,9
Mar	11,1	5,1	32,3	7,6	5,4	11,4
Apr	7,2	3,2	22,2	4,5	2,7	6,9
Mai	4,2	2,6	12,5	2,8	1,8	3,5
Jun	2,6	2,5	6,1	2,4	0,6	1,3
Jul	2,7	2,5	5,3	2,5	0,5	1,2
Aug	2,7	2,5	6,1	2,5	0,7	1,4
Sep	4,5	2,6	12,8	2,8	1,2	4,0
Okt	7,8	3,8	22,0	5,3	3,2	7,8
Nov	11,5	5,7	31,1	8,4	5,5	11,8
Des	14,0	7,0	37,2	10,5	7,2	14,7

Tabell B-1 Energibehov til romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmtvann på månedsbasis

C. KURVER FOR DEKNINGSGRADER VED BRUK AV VARMEPUMPER

I kapitel C.1 - C.6 fremgår sammenhengen mellom effektdekningsgraden og energidekningsgraden, hvor der ses bort fra energibehovet, når utetemperaturen er lavere enn $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Figur C-2 viser effektvarighetskurven for småhus TEK10 modellen beskrevet i avsnitt 4.2, hvor den røde markering svarer til energibehovet når utetemperaturen er lavere enn $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Effektbehovet ved en utetemperatur på $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ er $32,8\text{ W/m}^2$.



Figur C-1 Effektvarighetskurve for småhus TEK10 modellen. Rød markering svarer til energibehovet når utetemperaturen er lavere en $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Underlaget for grafene fører derfor til at energidekningsgraden derfor aldri blir 100 %. Effektdekningsgraden på 100 % på grafene svarer til det maksimale effektbehov ved $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Grafene i de etterfølgende kapitlene kan derved brukes til å vurdere energidekningsgraden for luftbaserte varmepumper. For å bruke dette vedlegget er nødvendig at effekten for varmepumpen er dokumentert ved $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Etterfølgende gis et eksempel hvordan grafene skal brukes for småhus TEK10 modellen.

Nødvendig effektbehov for småhus TEK10 modellen er 37 W/m^2 ved dimensjonerende utetemperatur på $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, se kapitel 4.2. Småhuset har et BRA på 160 m^2 , dvs. totalt effektbehov er på $5,9\text{ kW}$.

Det er installert en varmepumpe med en oppgitt effekt på 3 kW ved $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ og dekker både. Det ønskes å beregne energidekningsgraden for varmepumpen ved hjelp av grafene i dette vedlegget.

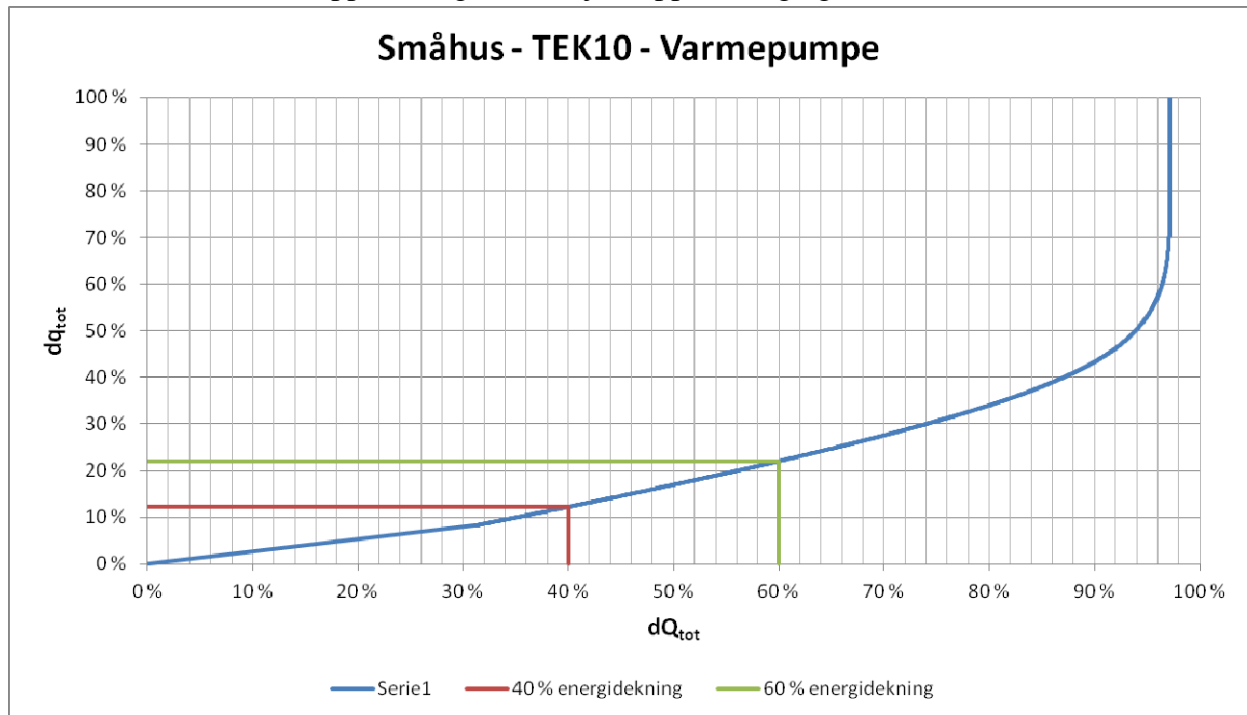
Først beregnes den totale effektdekningsgrad for varmepumpe:

$$dq_{tot} = \frac{q_{kilde}}{q_{tot}} = \frac{3 \text{ kW}}{5,9 \text{ kW}} * 100 \% = 51 \%$$

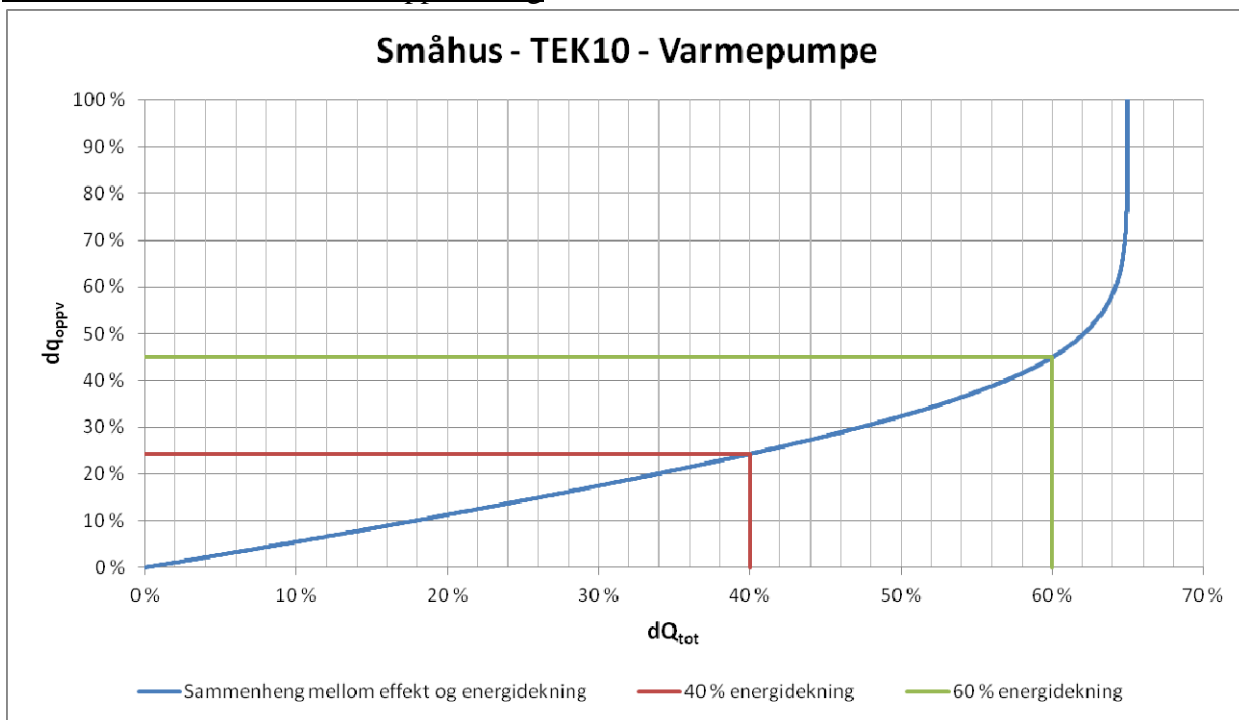
Den totale effektdekningsgrad, dp_{tot} , er funnet og ved å bruke Figur C-2, som viser sammenhengen mellom den totale effektdekning og energidekningsgraden, når det ses bort fra energibehovet ved utetemperaturer lavere enn $-15 \text{ }^{\circ}\text{C}$, kan den totale energidekningsgrad, dQ_{tot} , finnes til 94 %.

C.1 Småhus – TEK10

I Når kilden dekker romoppvarming, ventilasjonsoppvarming og varmvann

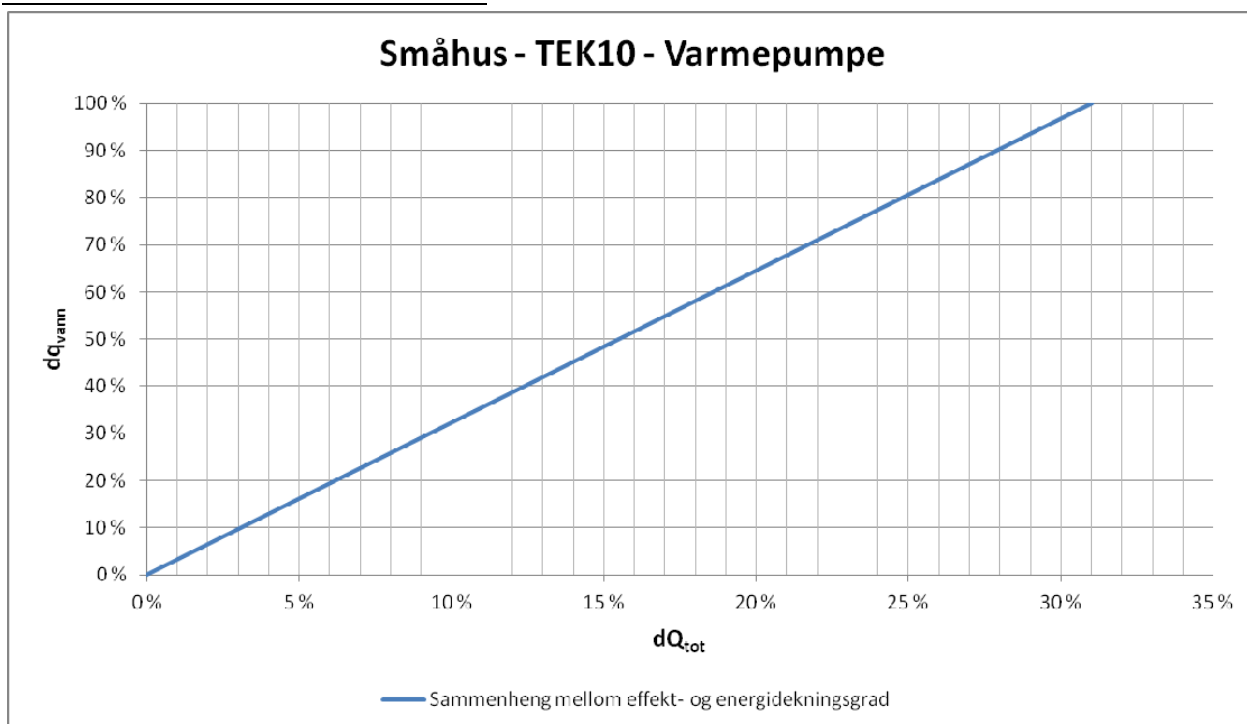


II Når kilden dekker bare romoppvarming



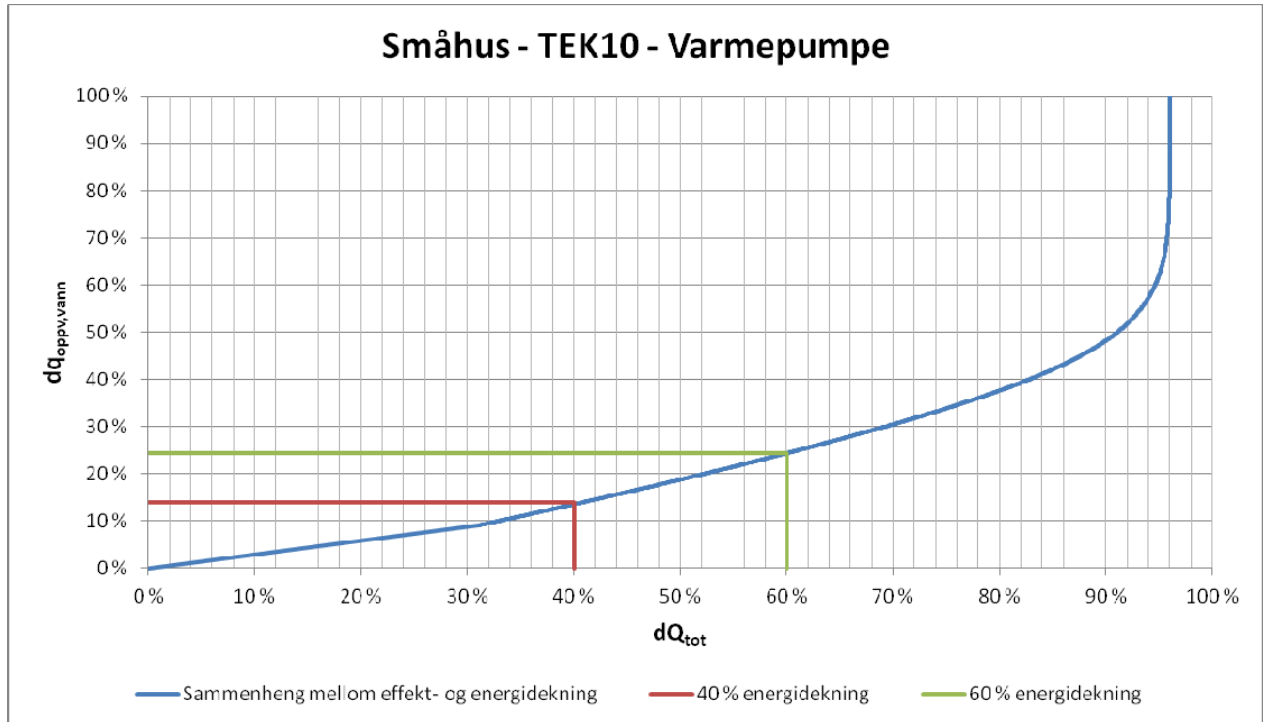
Figur C-3 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} for kontorer basert på dq_{oppv} når det ses bort fra energibehov ved utetemperaturer under $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$

III Når kilden dekker bare varmtvann



Figur C-4 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} for kontorer basert på dq_{vann} når det ses bort fra energibehov ved utetemperaturer under $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$

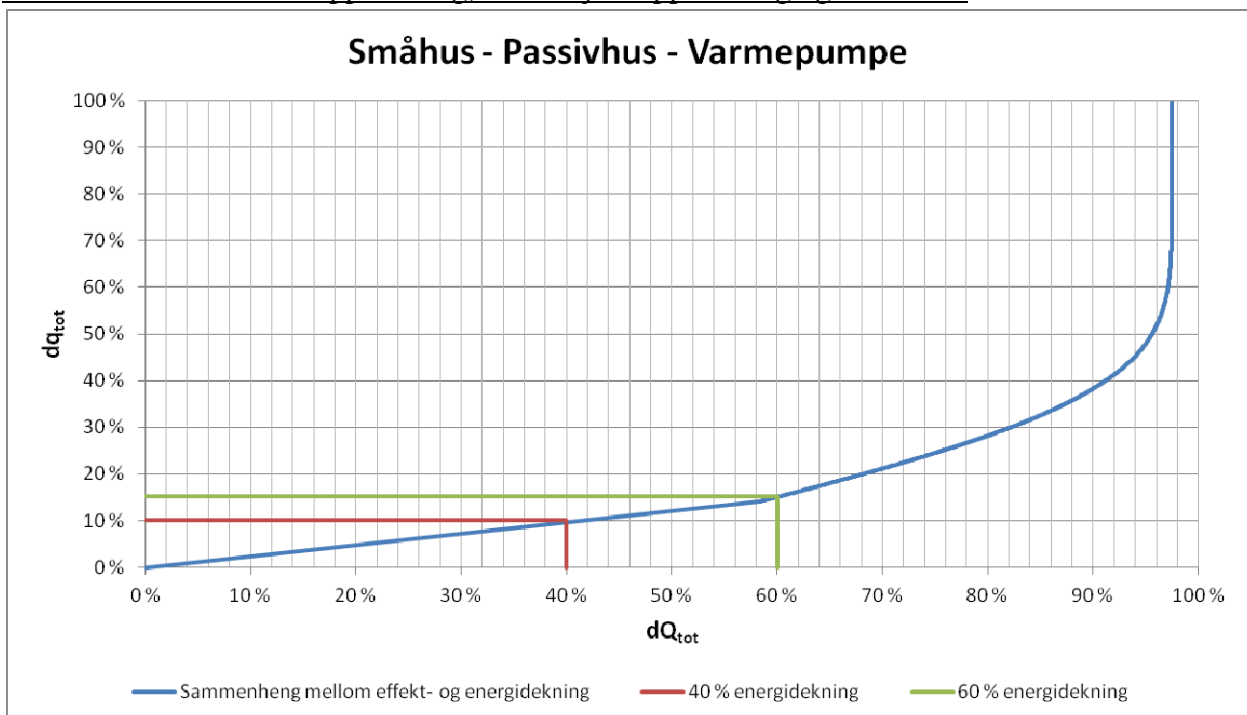
IV Når kilden dekker bare romoppvarming og varmtvann



Figur C-5 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} for kontorer basert på $dq_{oppvann}$ når det ses bort fra energibehov ved utetemperaturer under $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$

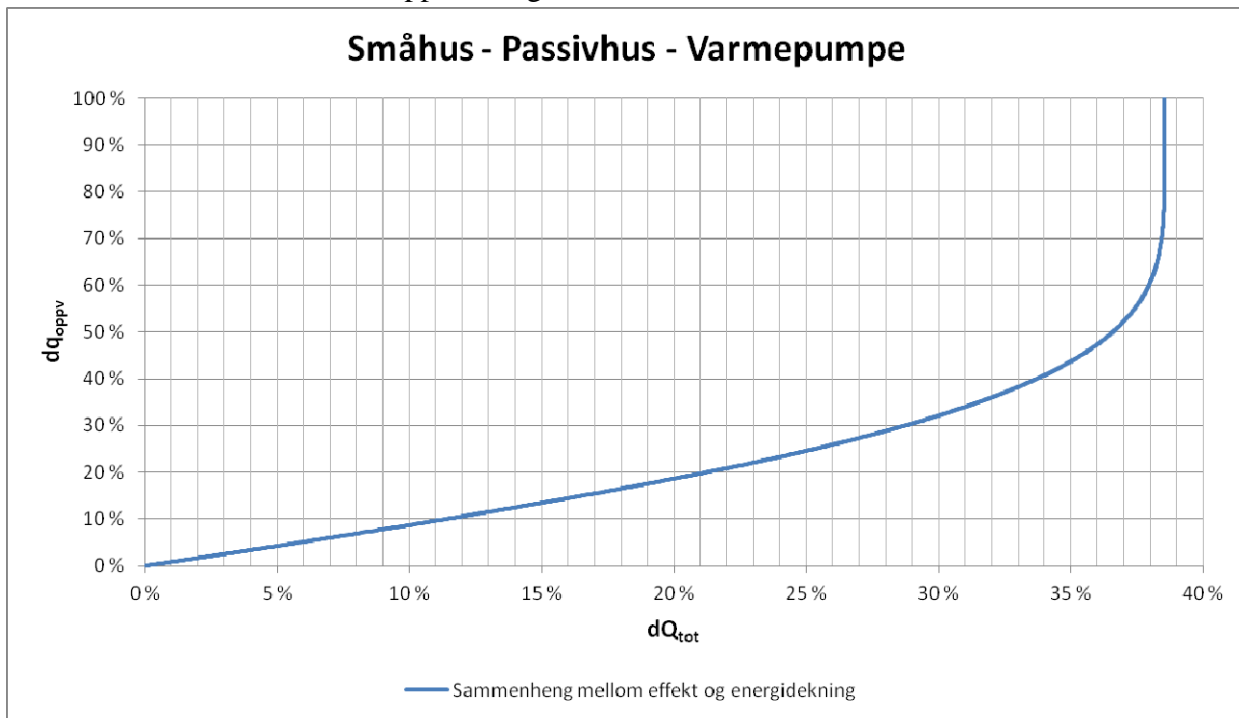
C.2 Småhus – Passivhus

I Når kilden dekker romoppvarming, ventilasjonsoppvarming og varmvann



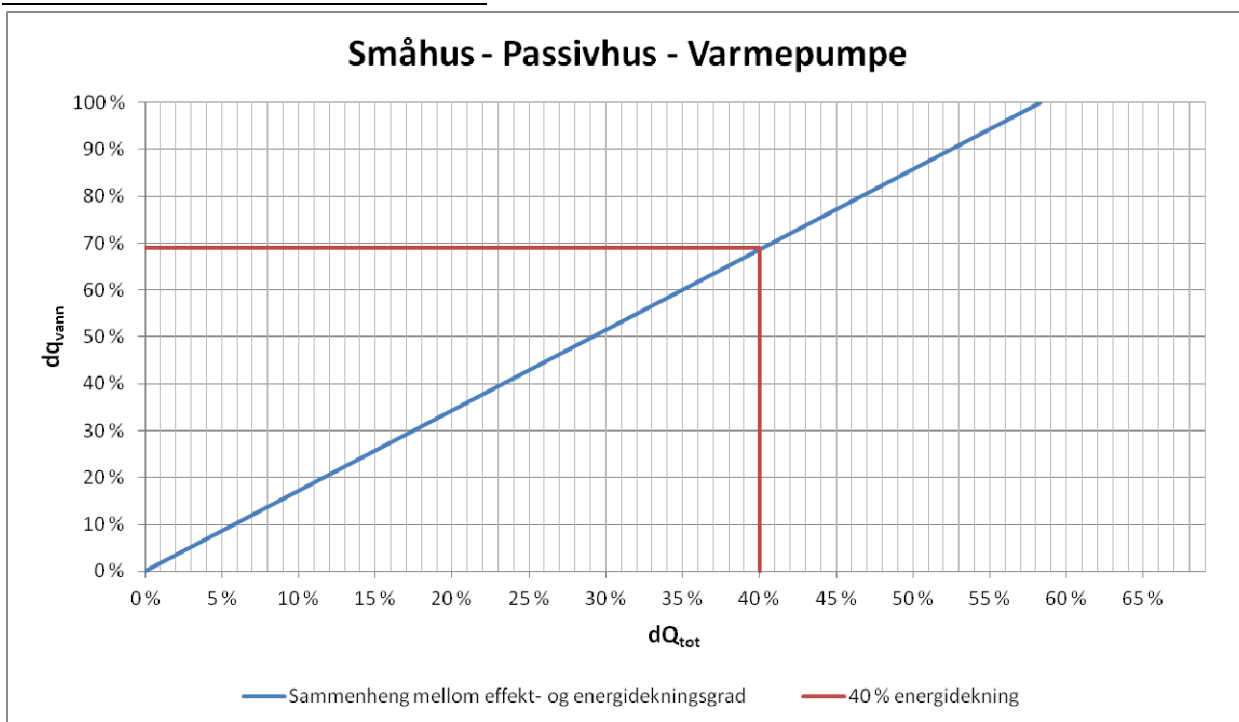
Figur C-6 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} for kontorer basert på dq_{tot} når det ses bort fra energibehov ved utetemperaturer under $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$

II Når kilden dekker bare romoppvarming



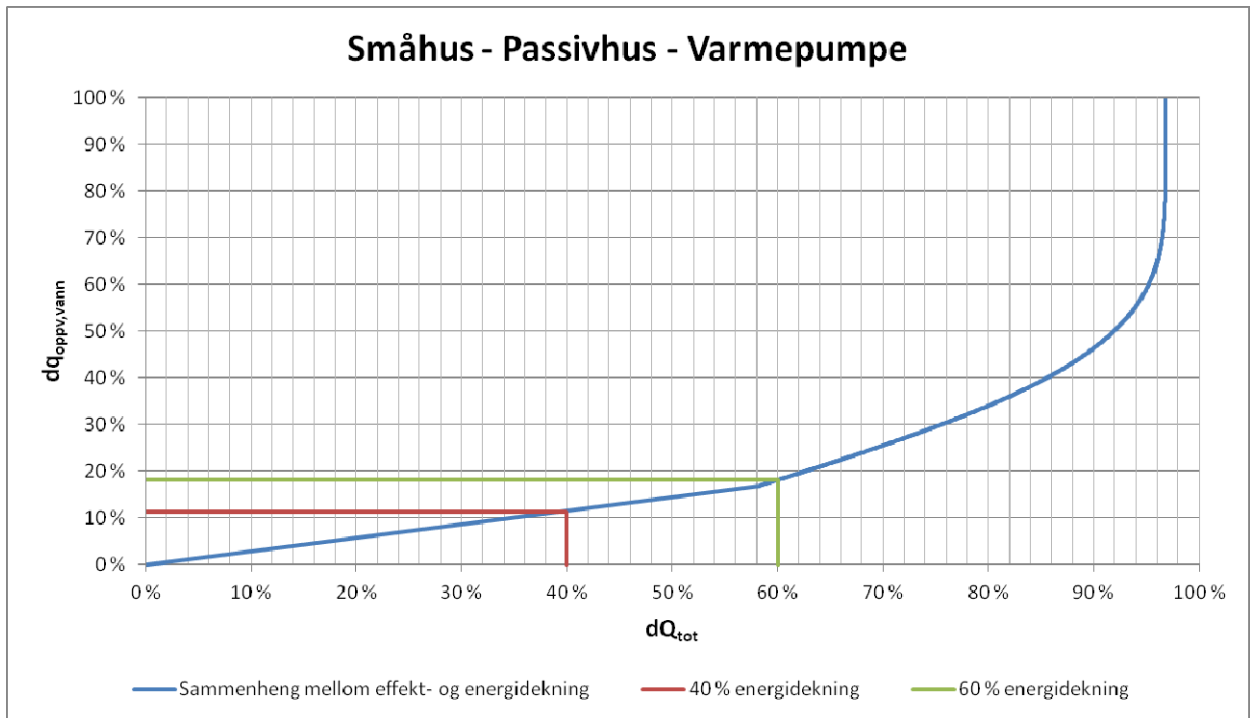
Figur C-7 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} for kontorer basert på dq_{oppv} når det ses bort fra energibehov ved utetemperaturer under $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$

III Når kilden dekker bare varmtvann



Figur C-8 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} for kontorer basert på dq_{vann} når det ses bort fra energibehov ved utetemperaturer under $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$

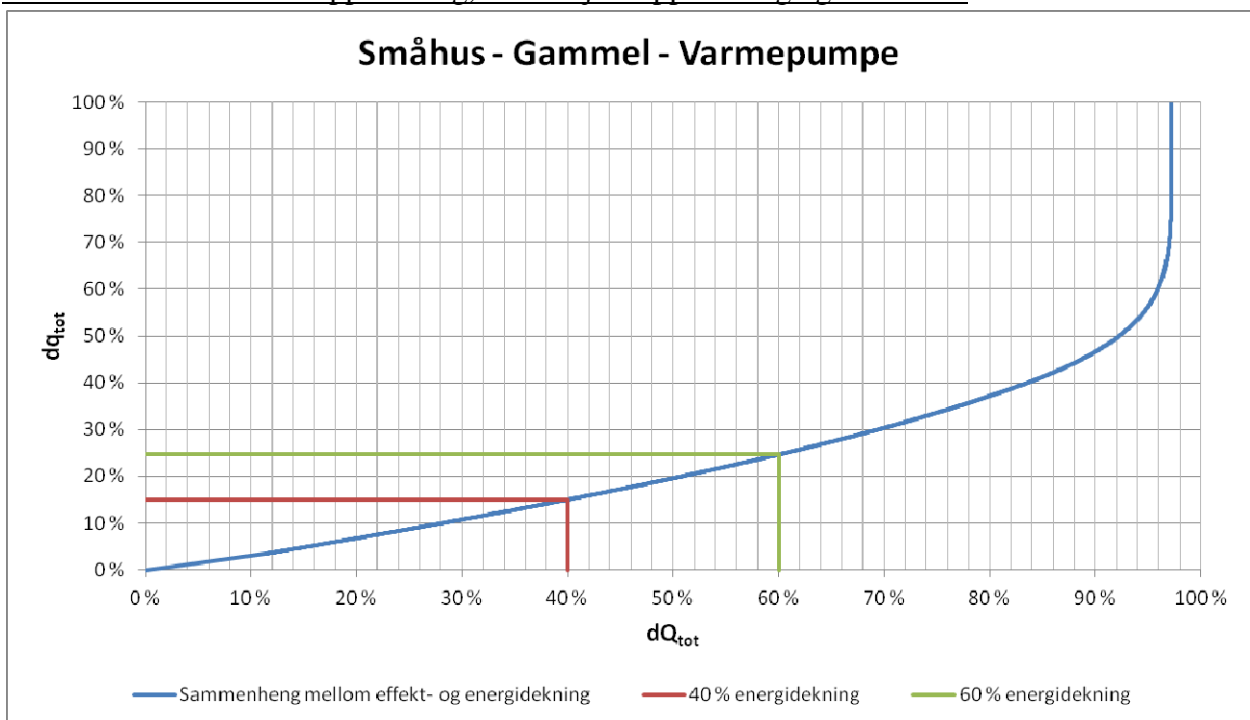
IV Når kilden dekker bare romoppvarming og varmtvann



Figur C-9 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} , for kontorer basert på $dq_{oppvann}$ når det ses bort fra energibehov ved utetemperaturer under $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$

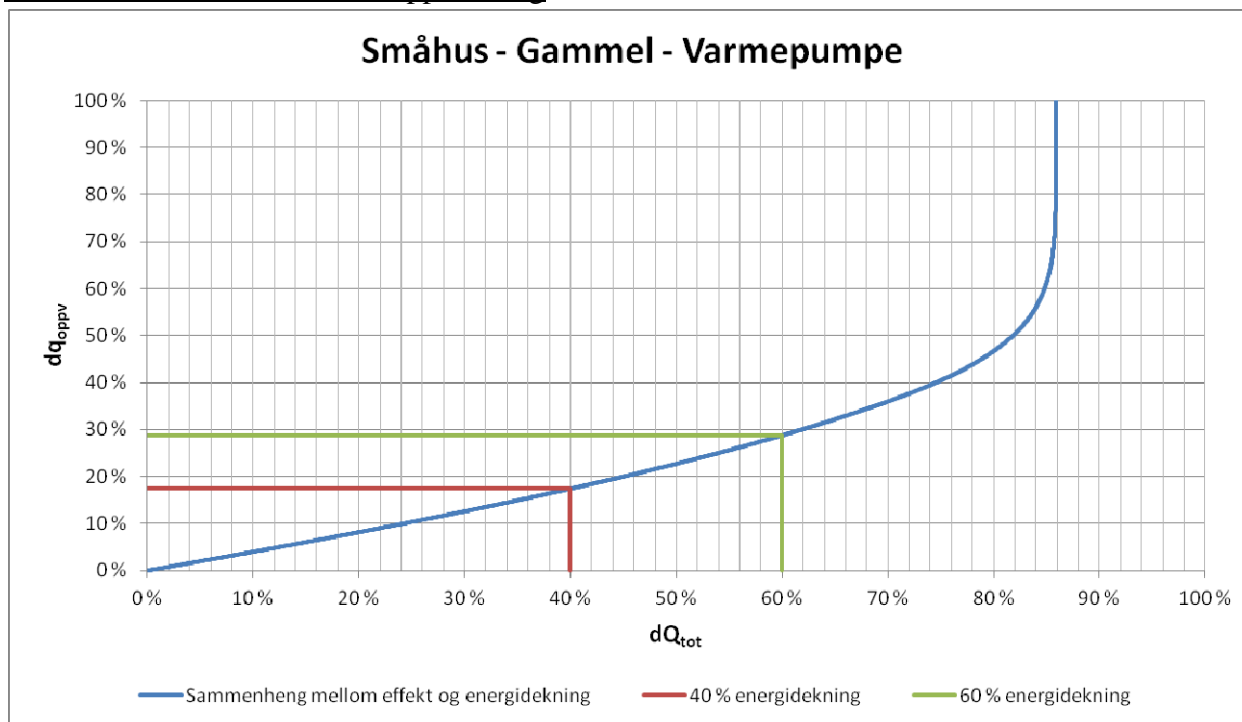
C.3 Småhus – Gammel

I Når kilden dekker romoppvarming, ventilasjonsoppvarming og varmvann



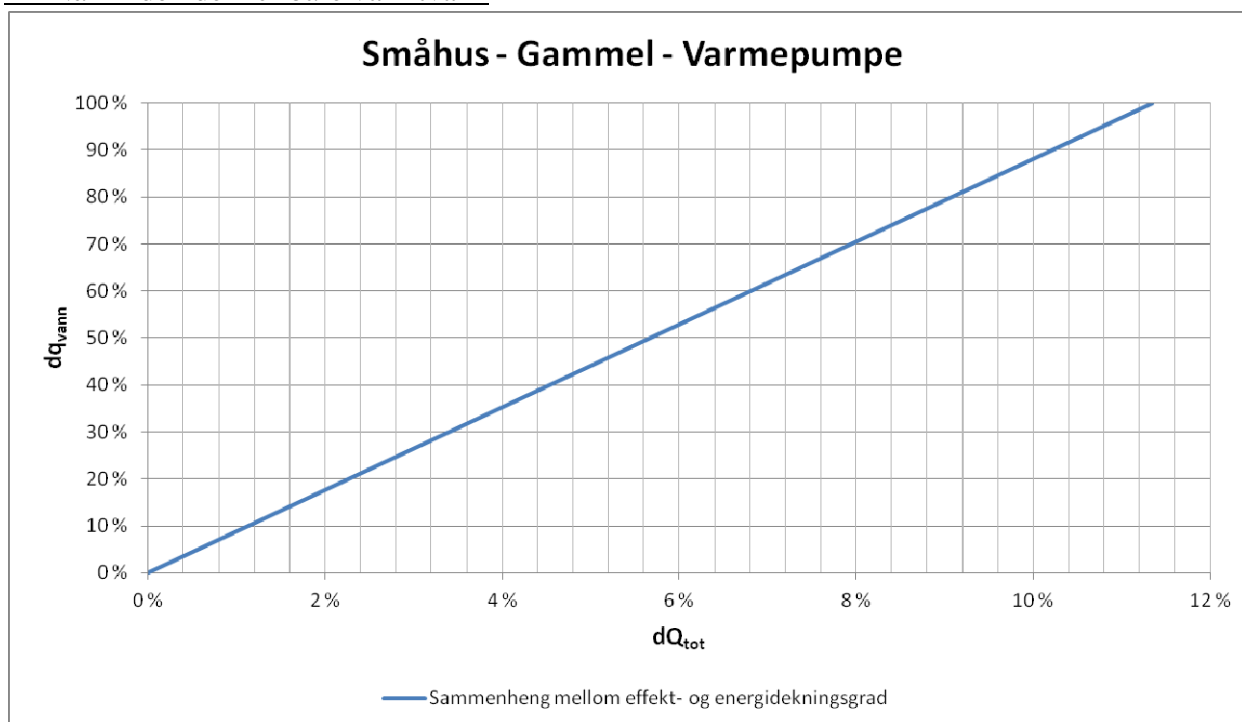
Figur C-10 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} , for kontorer basert på dq_{tot} når det ses bort fra energibehov ved utetemperaturer under $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$

II Når kilden dekker bare romoppvarming



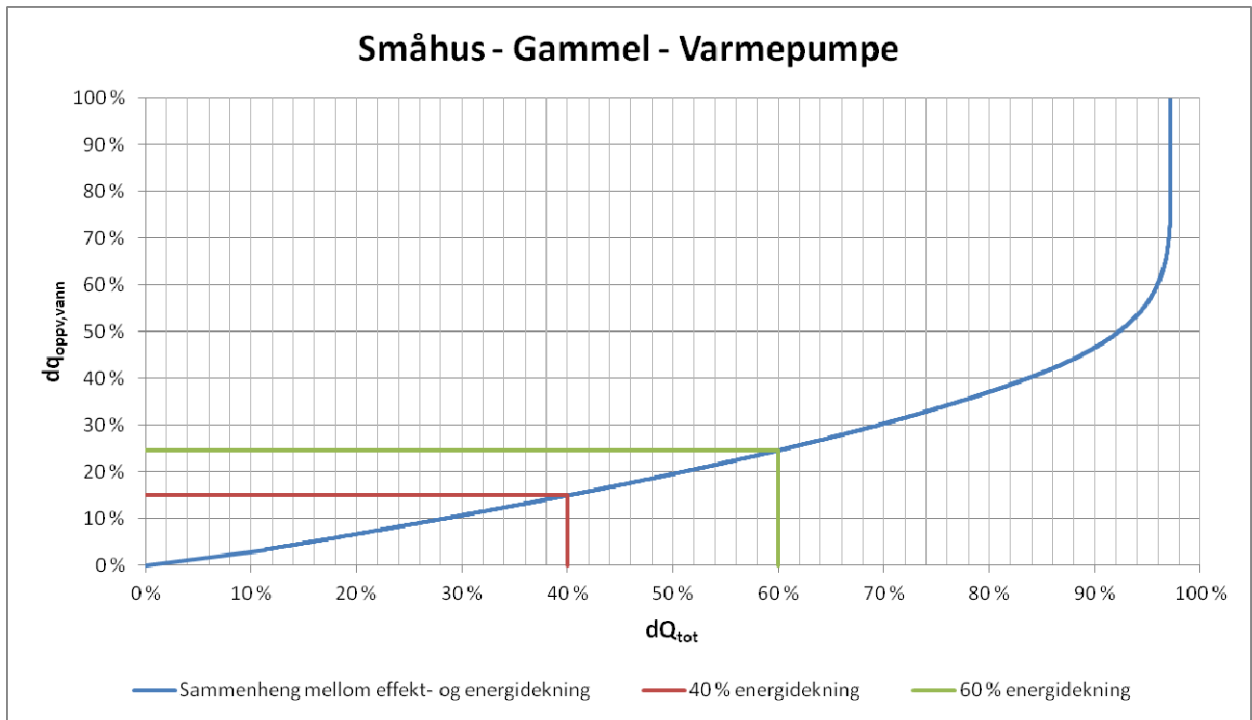
Figur C-11 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} , for kontorer basert på dq_{oppv} når det ses bort fra energibehov ved utetemperaturer under $-15\text{ }^\circ\text{C}$

III Når kilden dekker bare varmtvann



Figur C-12 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} , for kontorer basert på dq_{vann} når det ses bort fra energibehov ved utetemperaturer under $-15\text{ }^\circ\text{C}$

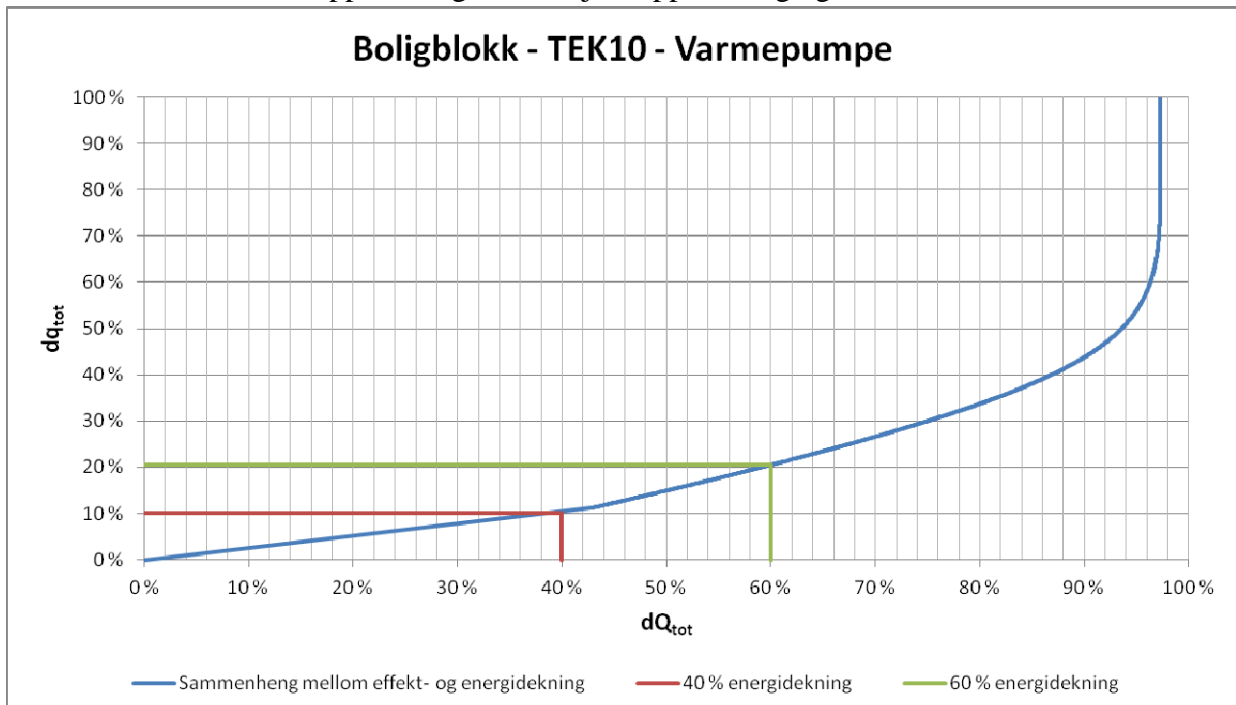
IV Når kilden dekker bare romoppvarming og varmtvann



Figur C-13 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} , for kontorer basert på $dq_{oppvann}$ når det ses bort fra energibehov ved utetemperaturer under $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$

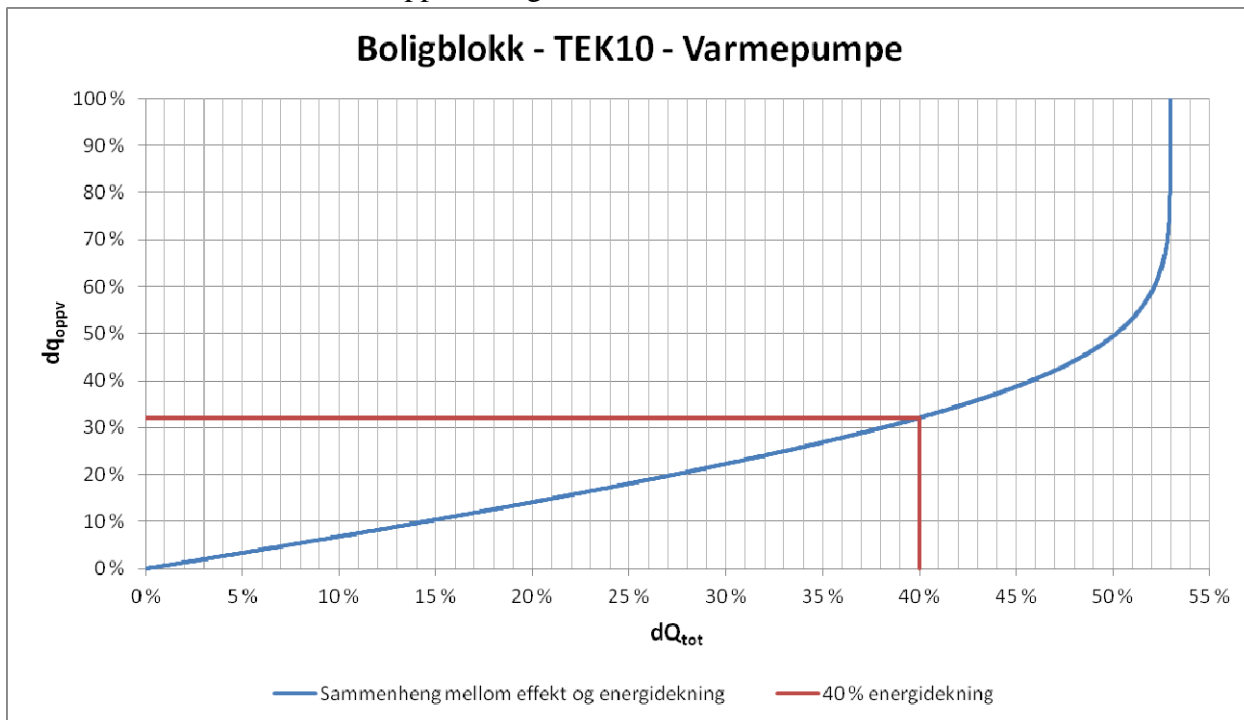
C.4 Boligblokk – TEK10

I Når kilden dekker romoppvarming, ventilasjonsoppvarming og varmvann



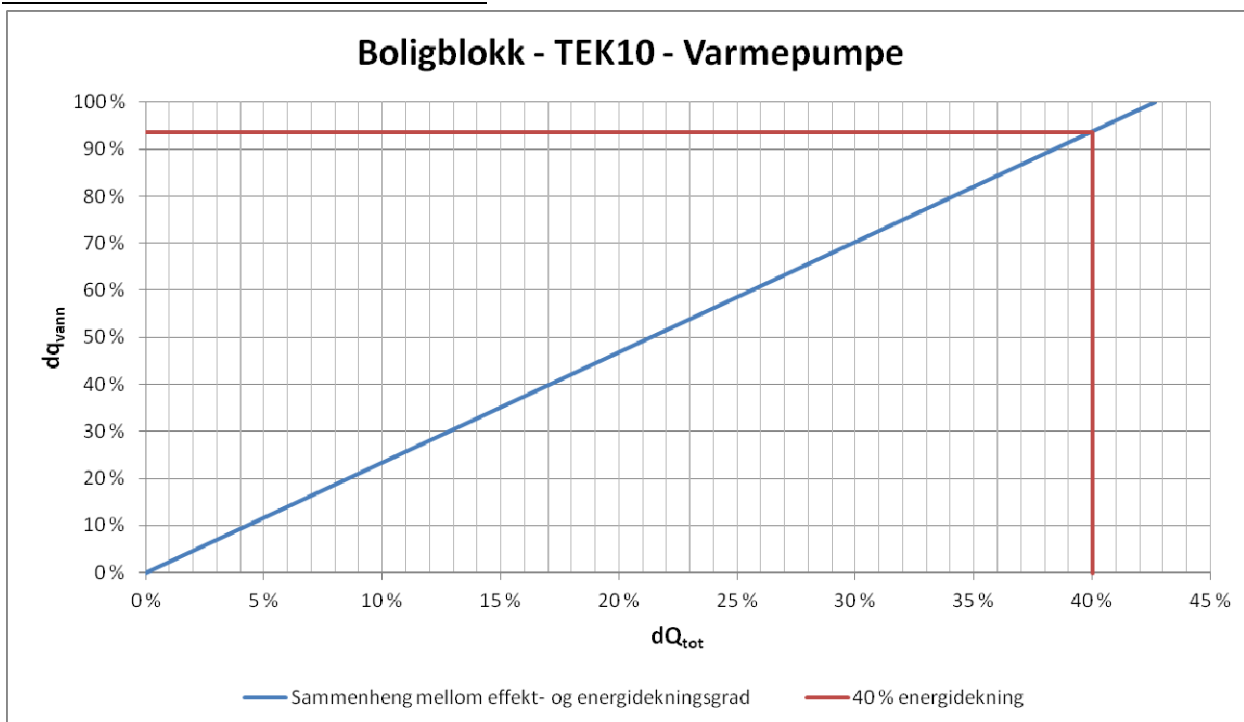
Figur C-14 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} , for kontorer basert på dq_{tot} når det ses bort fra energibehov ved utetemperaturer under $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$

II Når kilden dekker bare romoppvarming



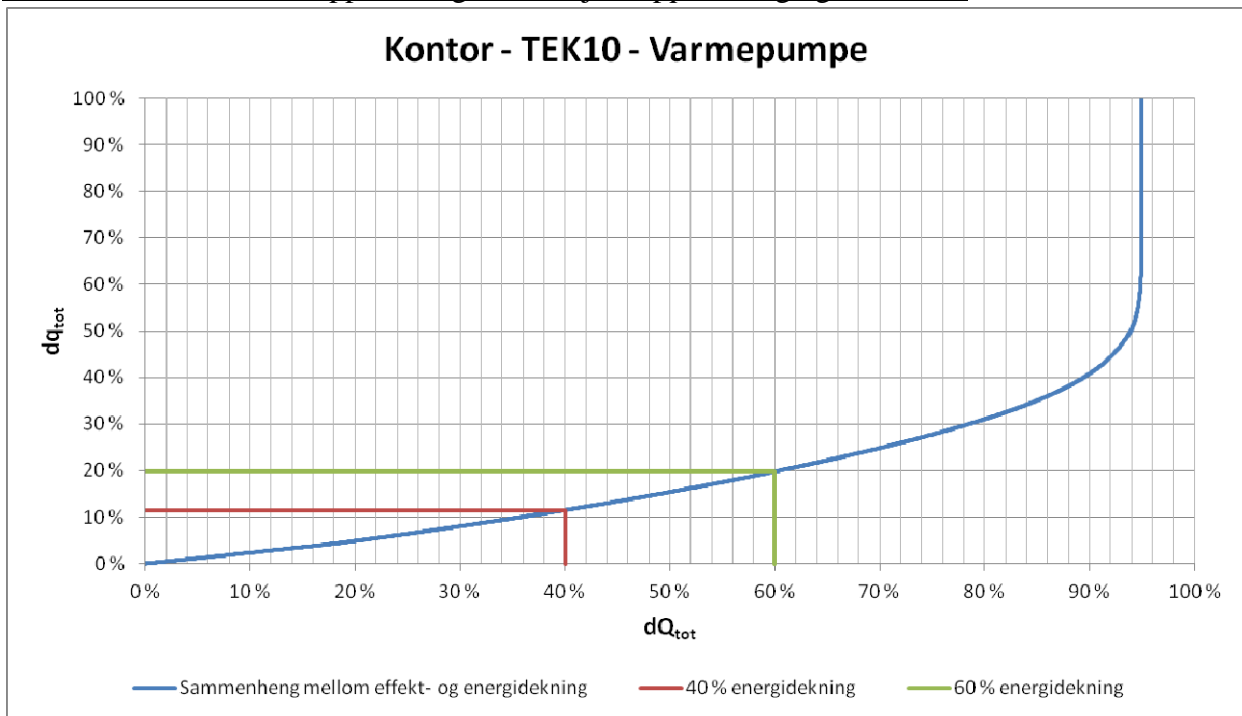
Figur C-15 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} , for kontorer basert på dq_{oppv} når det ses bort fra energibehov ved utetemperaturer under $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$

III Når kilden dekker bare varmtvann

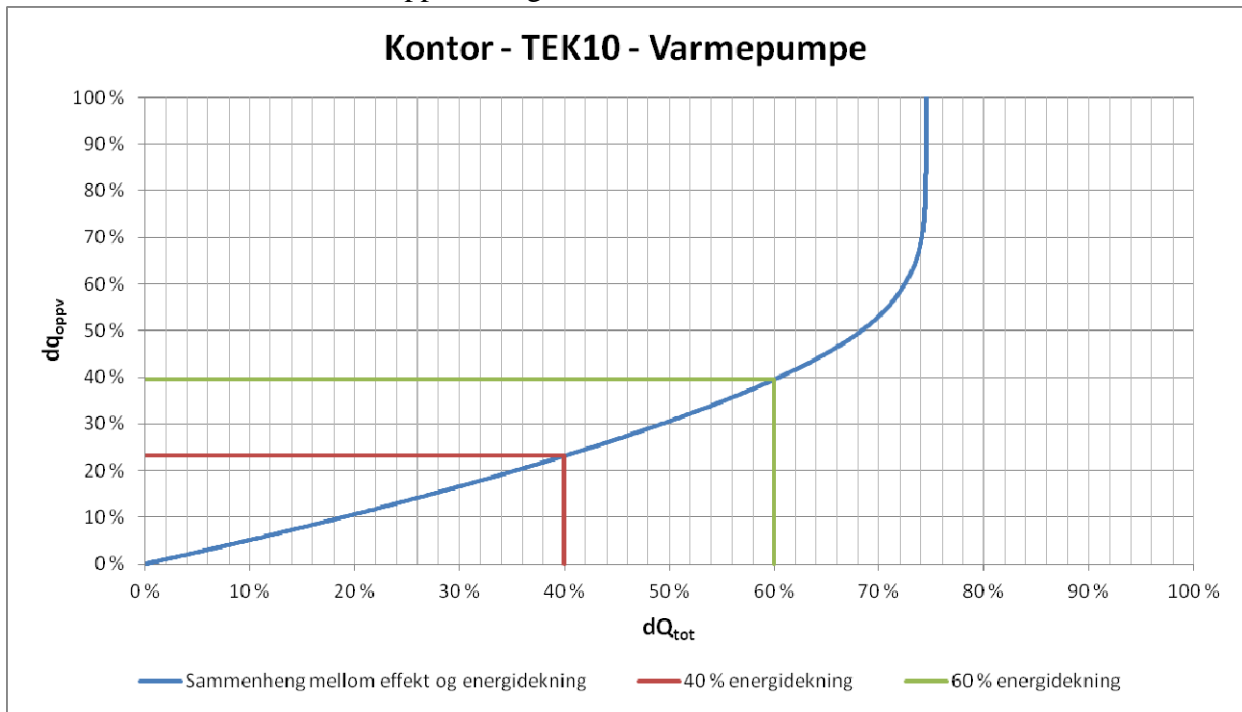


Figur C-16 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} , for kontorer basert på dq_{vann} når det ses bort fra energibehov ved utetemperaturer under $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$

C.5 Kontor – TEK10

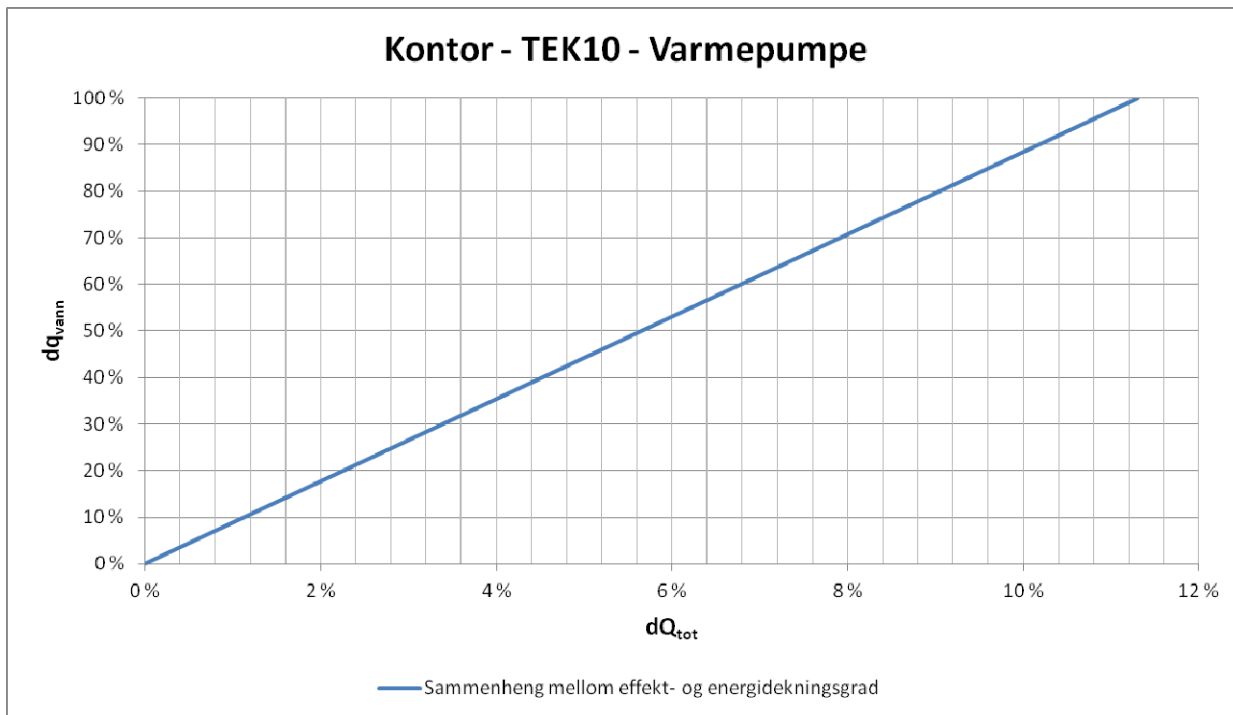
I Når kilden dekker romoppvarming, ventilasjonsoppvarming og varmvann

Figur C-17 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} , for kontorer basert på dq_{tot} når det ses bort fra energibehov ved utetemperaturer under $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$

II Når kilden dekker bare romoppvarming

Figur C-18 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} , for kontorer basert på dq_{oppv} når det ses bort fra energibehov ved utetemperaturer under $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$

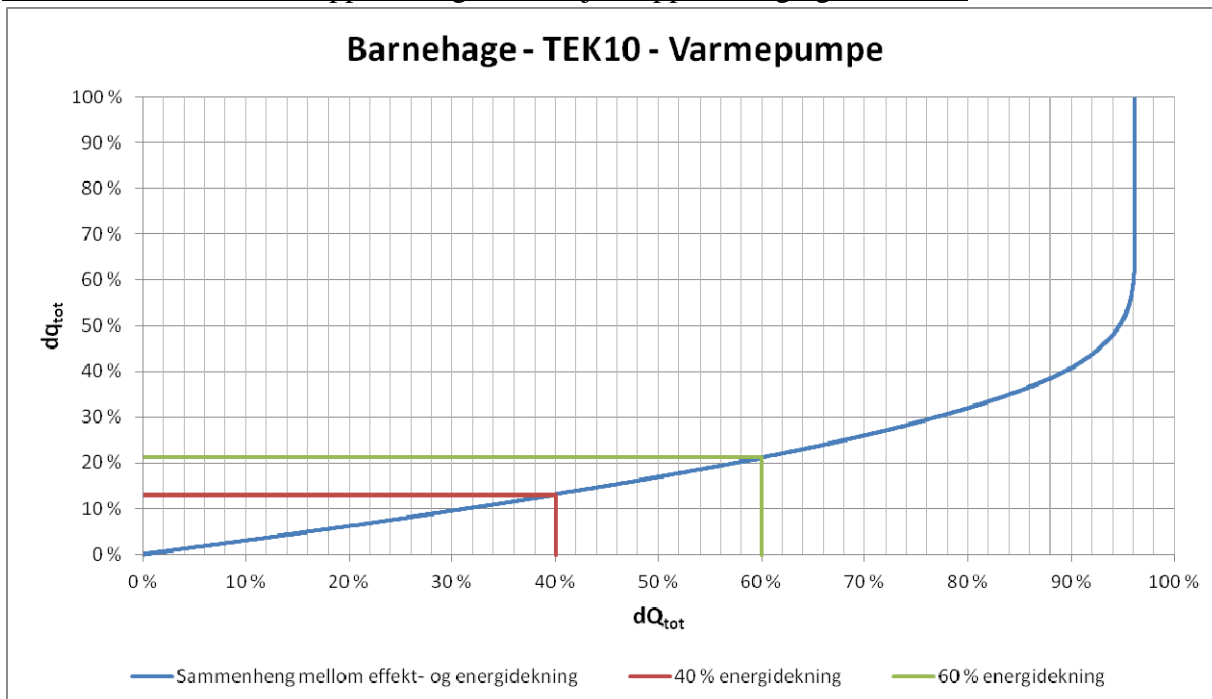
III Når kilden dekker bare varmtvann



Figur C-19 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} , for kontorer basert på dq_{vann} når det ses bort fra energibehov ved utetemperaturer under $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$

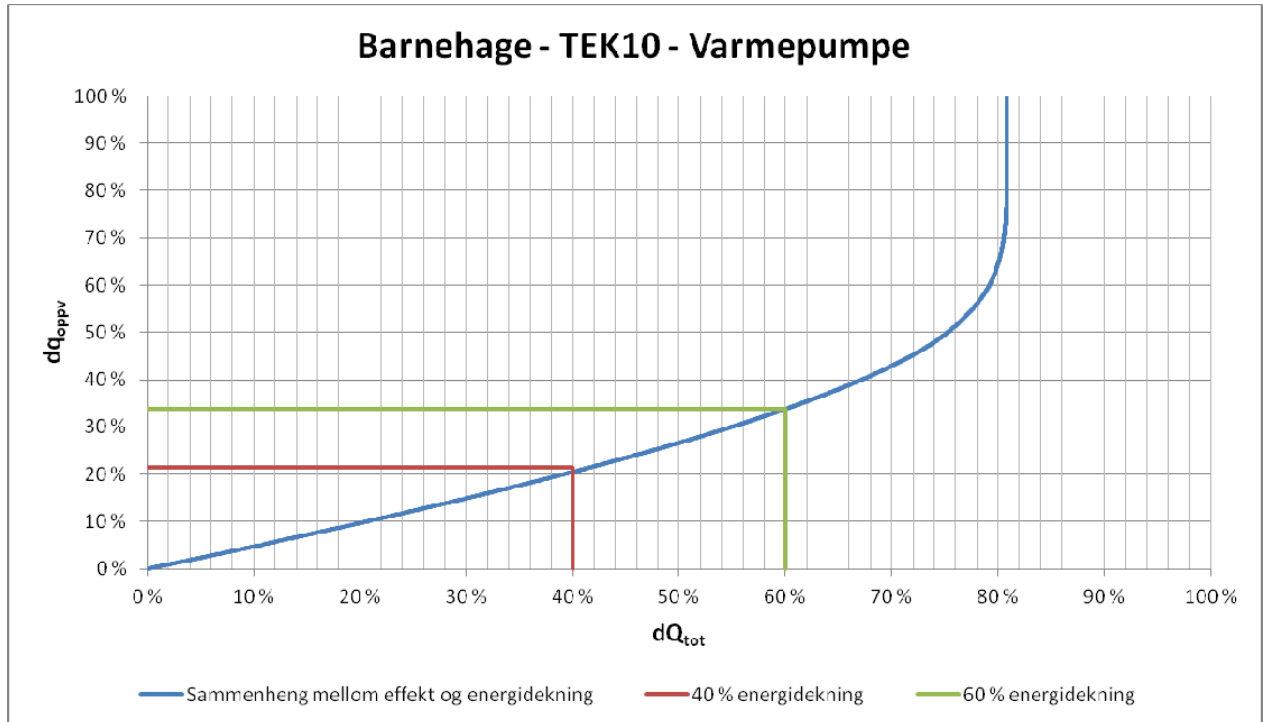
C.6 Barnehage – TEK10

I Når kilden dekker romoppvarming, ventilasjonsoppvarming og varmtvann



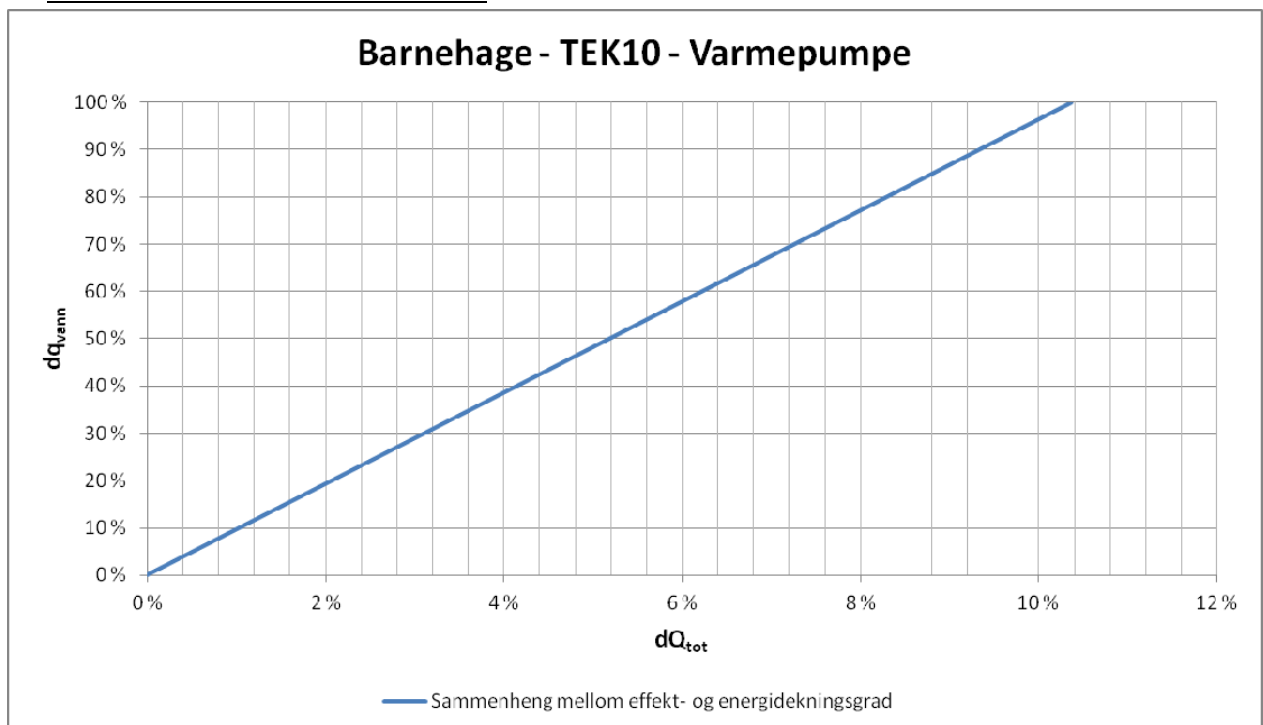
Figur C-20 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} , for kontorer basert på dq_{tot} når det ses bort fra energibehov ved utetemperaturer under $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$

II Når kilden dekker bare romoppvarming



Figur C-21 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} , for kontorer basert på dq_{oppv} når det ses bort fra energibehov ved utetemperaturer under -15 °C

III Når kilden dekker bare varmtvann



Figur C-22 Bruk av varighetsdiagram for å beregne dQ_{tot} , for kontorer basert på dq_{vann} når det ses bort fra energibehov ved utetemperaturer under -15 °C

Erichsen & Horgen A/S

Erichsen & Horgen A/S er Norges største selvstendige rådgiverfirma innen VVS, klima, kulde, energi og miljø, med hovedkontor i Nydalen i Oslo. Firmaet ble grunnlagt i 1925 og har i dag ca. 80 ansatte.

Erfaring gjennom mange tiår har lagt grunnlaget for Erichsen & Horgen A/S' nåværende virksomhet, med prosjektering av landbaserte bygg i alle kategorier; boliger, helsebygg, idrettsanlegg, kulturbygg, laboratoriebygg, næringsbygg, undervisningsbygg og verneverdige bygg, samt forsknings- og utviklingsoppdrag. Firmaet har en lang tradisjon for å arbeide med forsknings- og utviklingsoppdrag og har deltatt aktivt i utforming av regelverk, standarder og veiledende materiale innen for VVS, energi og inneklima.

Erichsen & Horgen A/S har som mål at være ledende innen prosjektering av miljø- og energiriktige bygg i Norge. Vår styrke skal være gjennom høyt kvalifiserte medarbeidere å løse problemstillinger på en faglig god og helhetlig måte. Denne styrken skal bidra til verdiskapning for våre oppdragsgivere og å styrke vår konkurransevne.

ISBN 978-82-92982-01-3