

---

# Rapport\_01\_V05

## Konsekvensvurdering Energiregler 2015

---

OPPDRAGSGIVER

Direktoratet for byggkvalitet

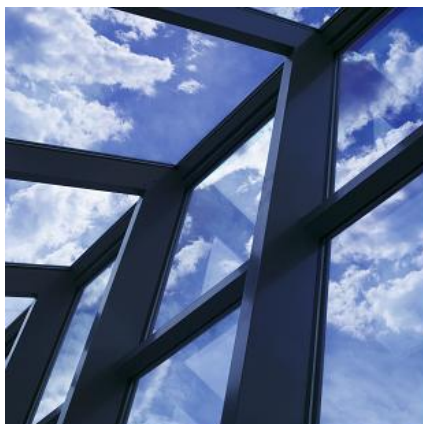
EMNE

Konsekvensvurdering av forslag til nye energiregler 2015

DATO: 11. DESEMBER 2014

DOKUMENTKODE: 125701-RIEn-RAP-01\_V05

---



# Multiconsult

## RAPPORT

OPPDRAG	<b>Konsekvensvurdering Energiregler 2015</b>	DOKUMENTKODE	125701-RIEn-RAP-01_V05
EMNE	Konsekvensvurdering av forslag til nye energiregler 2015	TILGJENGELIGHET	Konfidensiell
OPPDRAGSGIVER	<b>Direktoratet for byggkvalitet</b>	OPPDRAGSLEDER	Anders-Johan Almås, Birgitte Ramm
KONTAKTPERSON	Inger Grethe England	SAKSBEH	Birgitte Ramm, Trond Ivar Bøhn, Alexander Kristiansen og Anders-Johan Almås
		ANSVARLIG ENHET	1065 Oslo Energibruk og bygningsfysikk

### Kortversjon av sammendrag og anbefalinger:

Multiconsult har gjennomført økonomiske konsekvensvurderinger av forslag til kravsnivå i forskriftskravene til energibruk i bygninger i 2015, på oppdrag for Direktoratet for byggkvalitet (DiBK). Leseren av rapporten bes om å sette seg grundig inn i forutsetningene som ligger til grunn for de presenterte resultatene. Konsekvensvurderingen viser at svært få av de foreslåtte tiltakene er lønnsomme enkeltvis, verken privat- eller samfunnsøkonomisk. Men dersom en inkluderer mulig kostnadsbesparelser i distribusjonssystemet og i de ulike varmforsyningsløsningene, blir energirammen for den totale foreslåtte tiltakspakken likevel lønnsom totalt sett.

Merkostnadene ved de ulike tiltakene er usikre. Basert på tidligere rapporter og en samling av konkrete prosjekterfaringer er det satt opp et usikkerhetsspenn for kostnadene. Det er ventet at skjerpede energikrav i TEK kan gi kostnadsreduksjoner og lavere merkostnader. Dersom en ser på de laveste merkostnadene i utfallsrommet blir en større andel av de foreslåtte tiltakene lønnsomme også enkeltvis.

Basert på en helhetsvurdering, og med utgangspunkt i DiBKs føringer, anbefaler Multiconsult minimum følgende skjerpelser i beregningsgrunnlaget for energirammer til nye Energiregler 2015 for småhus, boligblokker og kontorbygg- sammenlignet med dagens krav i TEK10:

- U-verdi vinduer:  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
- U-verdi gulv mot det fri:  $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon: 80 % småhus/boligblokk, 85 % kontorbygg
- SFP-faktor:  $1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$
- Luftlekkasjetall: 0,6 oms/h
- Normalisert kuldebroverdi:  $0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Belysning:  $4 \text{ W/m}^2$  for kontorbygg

Basert på de økonomiske analysene som inkluderer kostnadsbesparelse i varmesystem, usikkerheter i kostnadstallene og vurdering av mekanismer i byggenæringen med forventet reduksjon i merkostnader, samt forventninger i bransjen om Energiregler 2015 på "passivhusnivå", anbefaler Multiconsult i tillegg følgende skjerpelser:

- U-verdi vegg:  $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$  for småhus, boligblokk og kontorbygg
- U-verdi tak:  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  for småhus og boligblokk
- U-verdi gulv:  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  for småhus

## Forord

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult på oppdrag for Direktoratet for byggkvalitet (DiBK). Anders-Johan Almås har vært oppdragsleder for hovedoppdraget for Multiconsult. Birgitte Ramm har vært oppdragsleder for tilleggsarbeider utført i etterkant for Multiconsult.

Følgende fagpersoner har vært prosjektmedarbeidere:

- Anders Johan Almås
- Birgitte Ramm
- Trond Ivar Bøhn
- Alexander Kristiansen

I tillegg har en rekke fagpersoner i Multiconsult bidratt med sin spesialkompetanse i konkrete deloppgaver.

Hovedrapporten ble utarbeidet i perioden november 2013 til februar 2014. (Versjon 02)

Versjon 03 av rapporten ble i hovedsak utarbeidet i september 2014. Den inkluderte tilleggsvurderinger rundt en mindre streng tiltakspakke, samt nye lønnsomhetsberegninger der reduserte kostnader i varmesystemet og usikkerhet i tiltakskostnadene er trukket inn. Tilleggene er merket "Nytt kapittel i Versjon 03" og "Nytt vedlegg i Versjon 03".

Versjon 04 av rapporten ble utarbeidet i desember 2014. Den inkluderer mindre endringer og rettinger i de økonomiske resultatene for u-verdi gulv, samt flere figurer og tabeller merket "Nytt vedlegg i Versjon04". Versjon 05 inkluderer korleksjon/presisering resultater i tabell 21b og 22b.

Oslo, 13.februar 2014



Anders-Johan Almås  
Multiconsult

Oslo, 11.desember 2014



Birgitte Ramm  
Multiconsult

## Sammendrag

### Om oppdraget

Denne rapporten er skrevet av Multiconsult, på oppdrag for Direktoratet for byggkvalitet (DiBK), i perioden november 2013 til februar 2014. Oppdraget startet med at DiBK la frem et forslag til kravsnivå for energibruk i bygninger. Multiconsult gikk gjennom dette forslaget og gav anbefalinger om justeringer, basert på bygningstekniske vurderinger og beregninger av energibehov. Det reviderte forslaget ble deretter konsekvensvurdert gjennom privatøkonomiske og samfunnsøkonomiske analyser. Basert på disse analysene, samt noen overordnede vurderinger av miljømessige og sosiale parametere, har Multiconsult anbefalt et kravsnivå som vi vurderer som det mest bærekraftige. Det er imidlertid viktig å påpeke at dette ikke nødvendigvis er Multiconsult sin absolutte anbefaling til kravsnivå i Energiregler 2015 i TEK, siden DiBK la føringer for «startpakken» som skulle vurderes.

I et tilleggsoppdrag for DiBK har Multiconsult også vurdert lønnsomheten dersom en inkluderer mulige kostnadsbesparelser i varmesystemet, og gjort sensitivitetsanalyser for merkostnadene da disse er svært usikre. Disse vurderingene ble utført i september 2014, og er inkludert i denne nye versjonen av rapporten. Det er også gjort energiberegninger for potensielle «mindre strenge» tiltakspakker.

### Beregningspunkt for energirammer

Etter føringer fra DiBK er det beregnet energirammer for både levert og netto energi. Energirammer for levert energi er basert på rimeligste løsning som tilfredsstiller dagens minstekrav i TEK med en 60 % dekningsgrad fra luft til vann varmpumpe med systemvirkningsgrad på 2.

Det er også vist hvordan ulike energiforsyningsløsninger vil komme ut dersom en velger å sette beregningspunktet på levert energi uten noen form for korreksjonsfaktor.

Dersom det velges å basere energireglene på levert energi, uten bruk av korreksjonsfaktor, bør energirammene settes slik at det akkurat blir mulig å oppnå kravene for et bygg bygget etter passivhusstandard med biokjel som oppvarmingsløsning. Dette gir derimot betydelig mindre strenge krav til energirammer enn hva DiBK har foreslått.

### Lønnsomhetsberegninger

Det er gjort lønnsomhetsberegninger for tre bygningskategorier – småhus, boligblokk og kontorbygg - basert på forutsetninger om merkostnader for de ulike tiltakene og beregnede energibesparelser.

Å presentere resultater fra kostnads- og lønnsomhetsberegninger er utfordrende. Det vil alltid være en fare for at resultatene misoppfattes eller misbrukes. Vi anbefaler derfor at leseren av rapporten setter seg grundig inn i forutsetningene som ligger til grunn for tallene.

Resultater (nåverdier) for en rekke ulike alternativer er vist i rapporten. Positiv nåverdi (NNV) betyr at tiltaket er lønnsomt, negativ nåverdi betyr at tiltaket er ulønnsomt. Beregningene er basert på klima, kostnader og forventede energipriser for Oslo.

Energibesparelsen og lønnsomheten vil variere noe for ulike energiforsyningsløsninger og dekningsgrader. Resultatene fra en privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk analyse av ulike tiltak basert på bygninger med et varmesystem med 60 % dekningsgrad for varmpumpe, er oppsummert i figur 1a i dette sammendraget. 60 % dekningsgrad er minimumskravet til større bygg i dagens TEK10. Beregninger for elektrisitet (panelovner) er vist i figur 1b og for fjernvarme er vist i figur 1c. Det er her forutsatt at energiprisen for fjernvarme er lik som for elektrisitet.

Det anbefales at resultatene for en fjernvarmeløsning legges til grunn for yrkesbygg og boligblokker, da en stor andel av nye bygg forventes å komme i tettbygde områder med fjernvarmekonsesjon. Videre anbefales det å se på resultater for panelovner ved vurdering av småhus, da mange av disse fortsatt i hovedsak varmes elektrisk og ved luft til luft varmpumpe.

Som vi ser av figur 1a, 1b og 1c er mange av tiltakene ulønnsomme enkeltvis, både privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk. Dette er ikke overraskende gitt høye merkostnader og dagens nivå på energipriser.

Vi ser likevel at noen av tiltakene er lønnsomme enkeltvis, både privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk. Dette gjelder krav til SFP-faktor (spesifikk vifteeffekt for ventilasjon) på 1,5 for boligblokker og kontorbygg, samt strengere krav til varmegjenvinner for ventilasjon for alle de tre bygningskategoriene. Noen av tiltakene får nåverdi lik null. Dette er fordi tiltaket ikke skiller seg fra kravene i dagens TEK10, eller at det ikke er gjort vurderinger for tiltaket.

### **Usikkerhet i merkostnader**

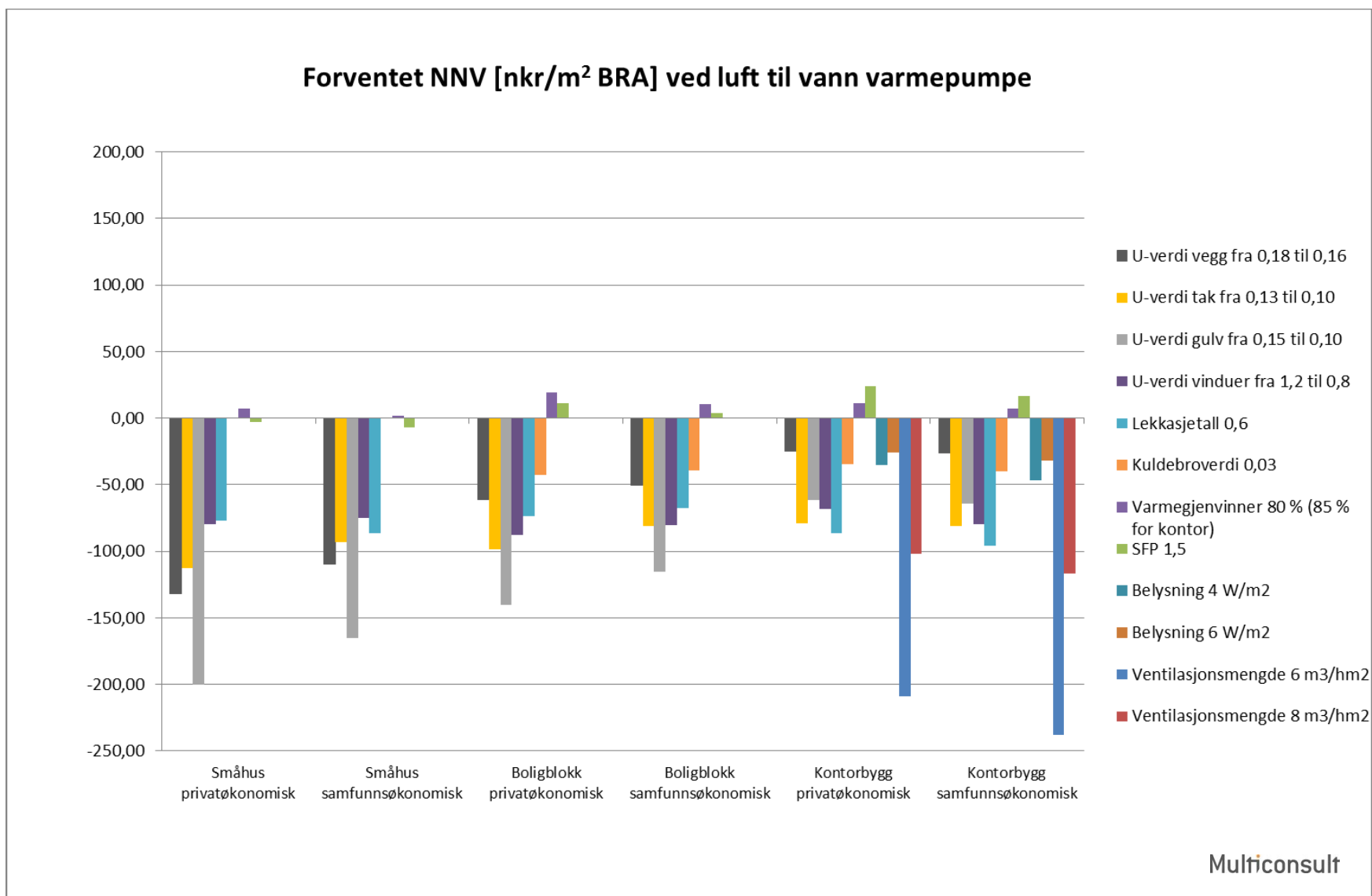
Det er knyttet stor usikkerhet til merkostnadene, og spesielt er kostnadstallene for ventilasjon og belysning usikre.

Det er gjort vurderinger for laveste og høyeste forventede merkostnad innenfor et usikkerhetsrom. Usikkerheten er vist i figur 1d, 1e og 1f for luft til vann varmpumpe, og tilsvarende for panelovner og fjernvarme er gitt i vedlegg I. Valgte representative merkostnad og tilhørende lønnsomhet er markert med oransje. Lønnsomheten ved laveste og høyeste forventede merkostnader for tiltakene for de tre vurderte bygningskategoriene og for de ulike energiforsyningsalternativ er vist i vedlegg E.

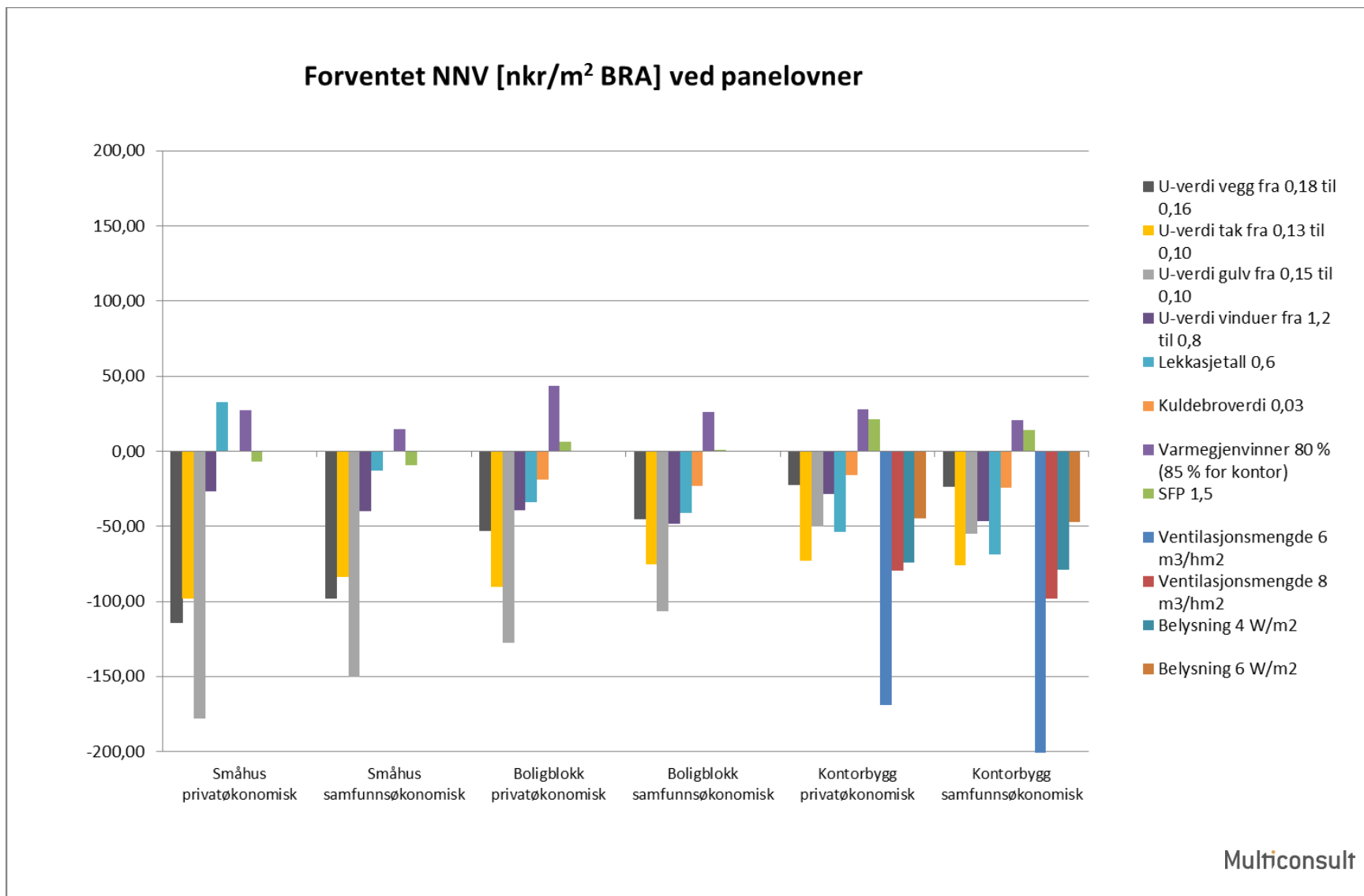
Energibesparelsen vil også variere avhengig av form, størrelse på bygget og driftsforhold. Romtapskostnader for medgått areal er ikke medtatt.

### **Potensiale for kostnadsbesparelser**

Ved beregninger for enkelttiltak er det er ikke medtatt eventuelle kostnadsbesparelser for varmesystemet. Egne beregninger for den totale foreslåtte tiltakspakken, viser at mulige kostnadsreduksjoner i distribusjonen og produksjonen av varme øker lønnsomheten betydelig. Dette forutsetter at VVS-bransjen tar i bruk forenklede varmeløsninger, og at energiforsyningssystemet ikke overdimensjoneres.

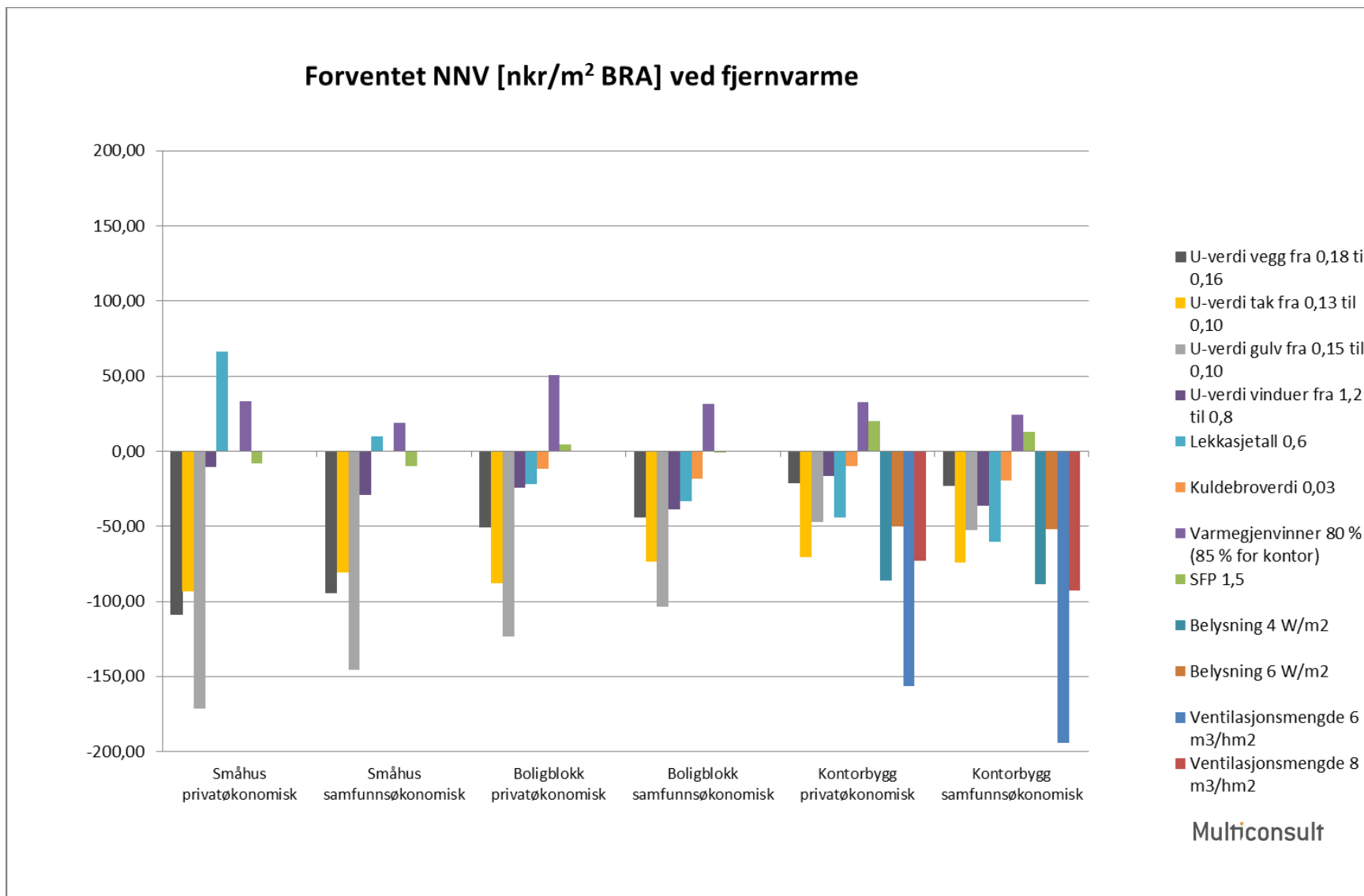


Figur 1a: Oversikt over lønnsomhet for de ulike tiltakene basert på en nåverdibetraktning med luft til vann varmepumpe (referer tabell H1).

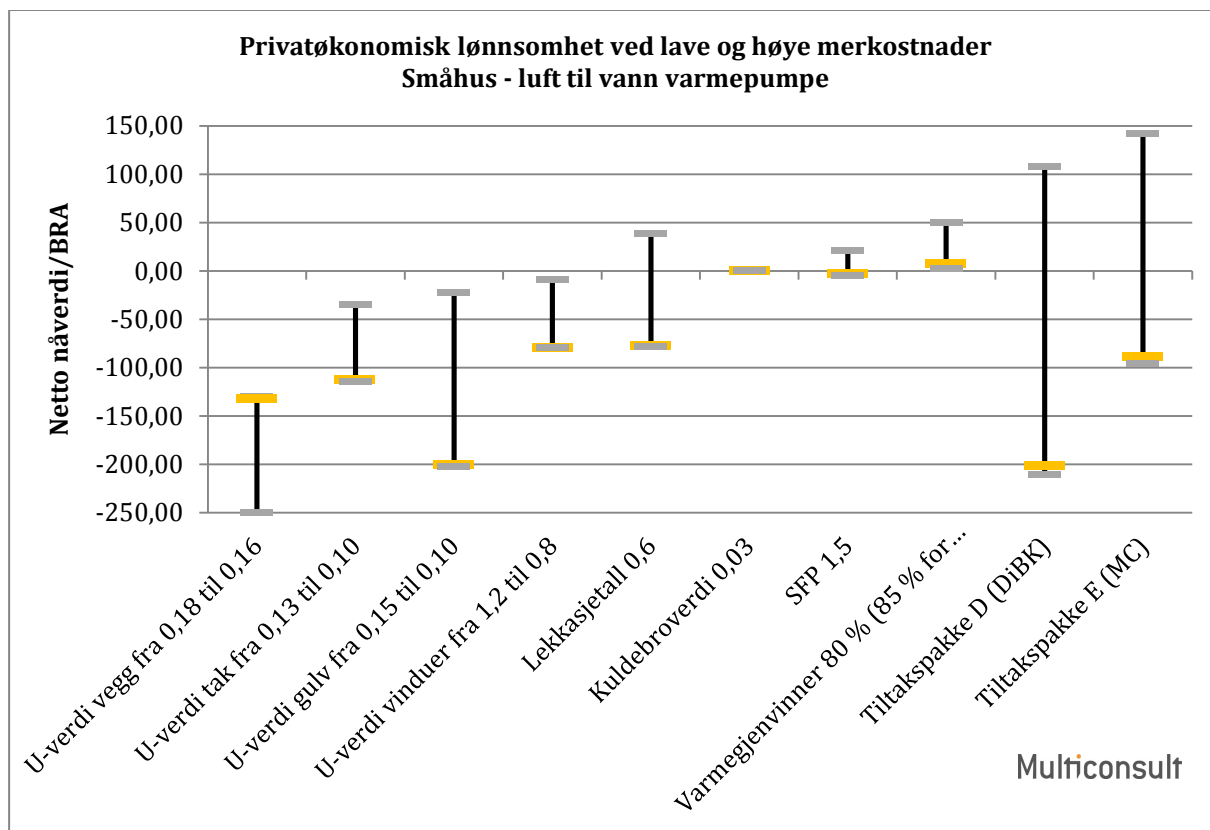


Figur 1b: Oversikt over lønnsomhet for de ulike tiltakene basert på en nåverdibetraktning med elektrisitet (panelovner).

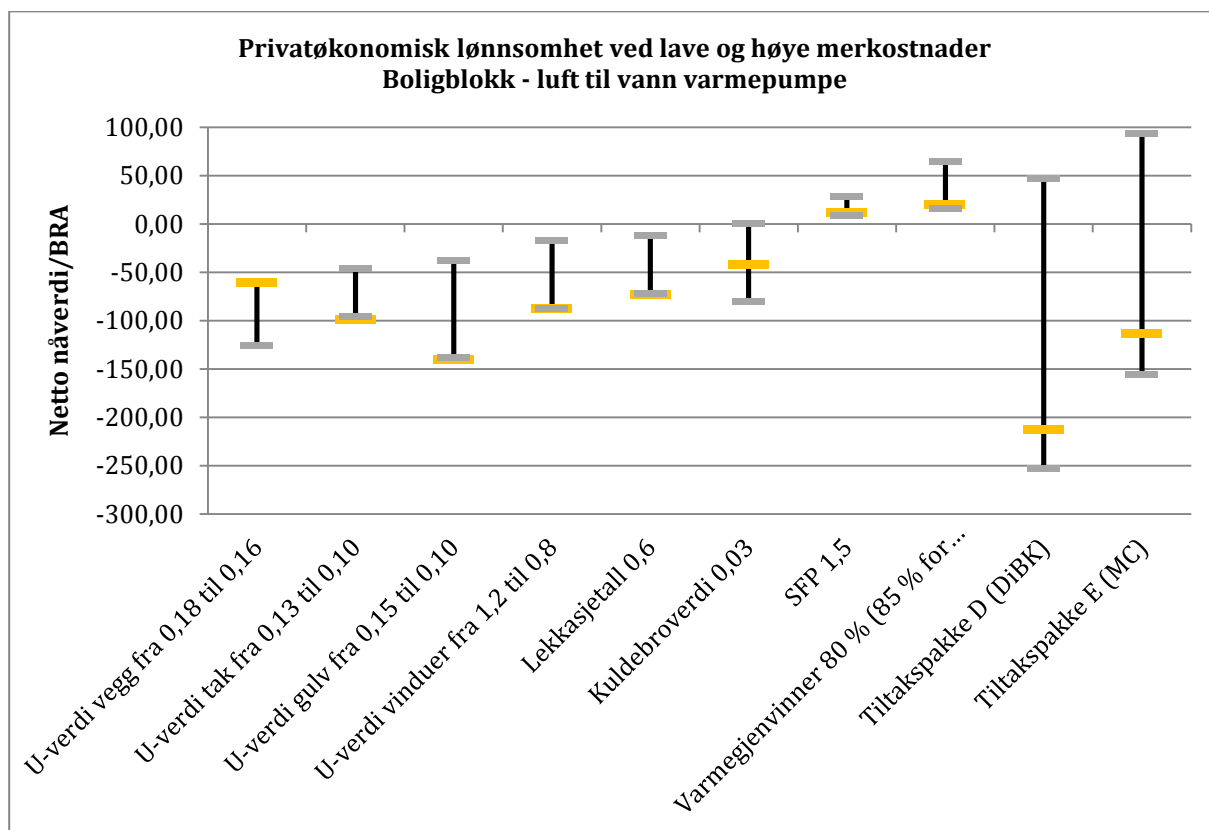




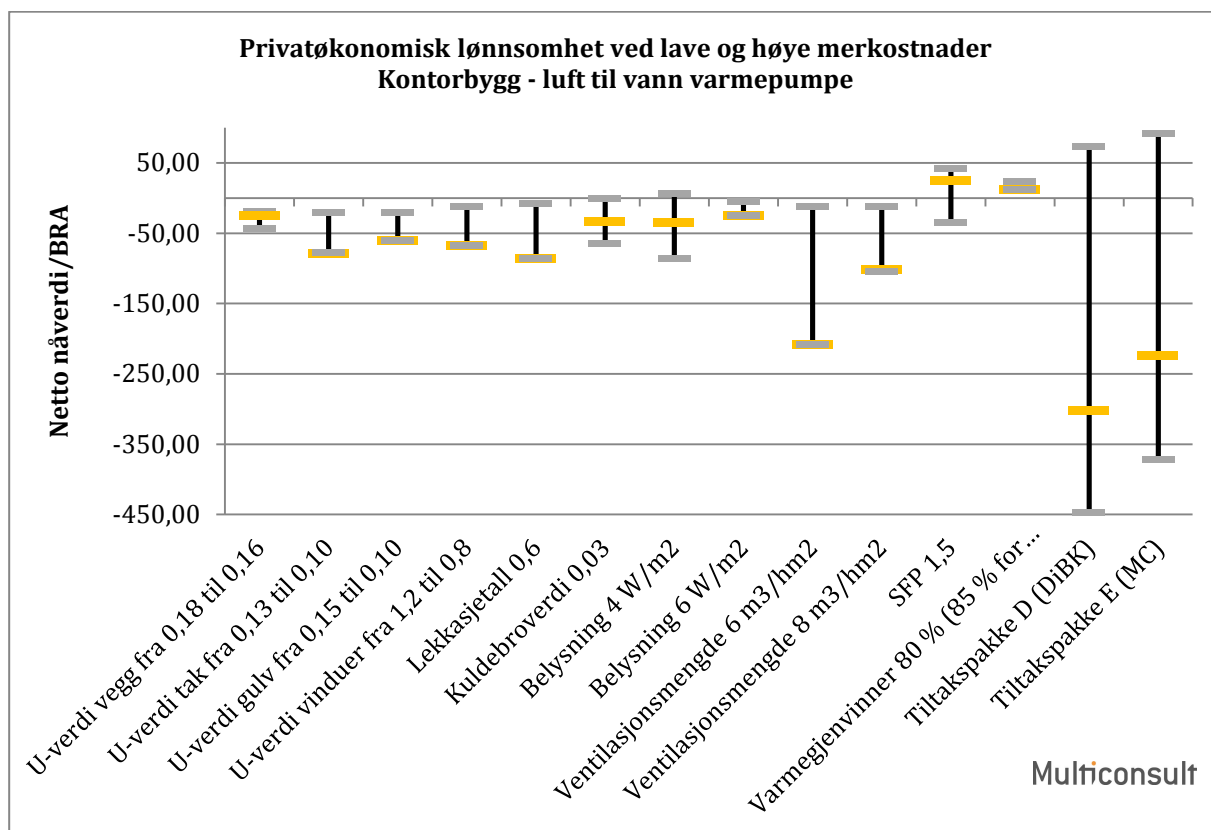
Figur 1c: Oversikt over lønnsomhet for de ulike tiltakene basert på en nåverdibetraktning med fjernvarme.



Figur 1d: Oversikt over hvordan usikkerheten i merkostnader påvirker lønnsomheten for småhus for de ulike tiltakene og tiltakspakkene basert på en nåverdibetraktning med luft til vann varmepumpe.



Figur 1e: Oversikt over hvordan usikkerheten i merkostnader påvirker lønnsomheten for boligblokk for de ulike tiltakene og tiltakspakkene basert på en nåverdibetraktning med luft til vann varmepumpe.



Figur 1f: Oversikt over hvordan usikkerheten i merkostnader påvirker lønnsomheten for et kontorbygg for de ulike tiltakene og tiltakspakkene basert på en nåverdibetraktning med luft til vann varmepumpe.

## Multiconsults anbefalinger

### Anbefalt minimumsnivå for beregning av rammekrav

Dersom det i Energiregler 2015 er aktuelt å videreføre energitiltaksmodellen, er det fra myndighetene og DiBKs side et ønske om samme kravsnivå på isolasjonstiltakene tak, gulv og vegg uavhengig av bygningskategori, for å forenkle regelverket.

Basert på en helhetsvurdering inklusive de økonomiske analysene i denne rapporten for de enkelte tiltakene, samt DiBKs føringer som utgangspunkt for denne utredningen, anbefaler Multiconsult at minimum følgende kravsnivå benyttes for grunnlag for bestemmelse av rammekrav for Energiregler 2015 i TEK (endringer fra TEK10 er markert med rød farge):

Tabell 1: Multiconsult sitt anbefalte forslag til minimumsnivå, tilsvarer "Tiltakspakke E"

	Småhus	Boligblokk	Kontorbygg
U-verdi vegg [W/m <sup>2</sup> K]	0,18	0,18	0,18
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,13	0,13	0,13
U-verdi gulv på grunn [W/m <sup>2</sup> K]	0,15	0,15	0,15
U-verdi gulv mot det fri [W/m <sup>2</sup> K]	0,13	0,13	0,13
U-verdi vindu/dører [W/m <sup>2</sup> K]	0,8	0,8	0,8
Temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner [%]	80 % *	80 % *	85 % *
SFP-faktor [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	1,5	1,5	1,5
Luftlekkasjetall [oms/h]	0,6	0,6	0,6
Normalisert kuldebroverdi [W/(m <sup>2</sup> K)]	0,03	0,03	0,03
Belysning [W/m <sup>2</sup> ]	-	-	4
Ventilasjonsmengder [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h]	*	*	*

\*Må utredes nærmere

Multiconsult anbefaler ikke at rammekravet settes mindre strengt enn dette nivået. For de alternative "mindre strenge" tiltakspakkene F og G vil merkostnadene kun blir marginalt lavere i forhold til energibesparelsen. Tiltakspakke E er således et anbefalt minimumsnivå, som tar hensyn til at tiltakene med forbedring av U-verdi på tak, gulv og vegg enkeltvis er ulønnsomme og derfor er utelatt fra tiltakspakken. Det er derimot viktig å påpeke at dette ikke nødvendigvis er Multiconsult sin absolutte anbefaling til kravsnivå i Energiregler 2015 i TEK, siden DiBK la føringer for «startpakken» som skulle vurderes.

For ventilasjonsluftmengder for næringsbygg har ikke Multiconsult gitt noen endelig anbefaling da dette bør vurderes nærmere, men i beregning av rammekrav, energibesparelse og lønnsomhet for Multiconsults tiltakspakke E er det etter spesifisering fra DiBK brukt en ventilasjonsmengde på 8m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, som ligger mellom dagens TEK10-nivå og nivået i passivhusstandarden. Angitt temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner samt SFP må sees i sammenheng med den forutsatte luftmengden.

Noen av tiltakene vi har anbefalt som kravsnivå er ikke privatøkonomisk eller samfunnsøkonomisk lønnsomme enkeltvis. Grunnen til at vi likevel anbefaler disse tiltakene (for eksempel luftlekkasjetall 0,6) kan være at energigevinsten er stor samtidig med at byggenæringen har vist at det er mulig å omstille seg til å oppnå skjerpede krav til disse parameterne. I tillegg viser lønnsomhetsberegningene at mulige kostnadsbesparelser i varmesystemet vil kunne gjøre denne anbefalte tiltakspakken privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk lønnsom total sett.

## Anbefalt differensiert nivå for beregning av rammekrav

Dersom tiltaksmodellen utgår og det kun er aktuelt med rammekravsmodellen i Energiregler 2015, vil det ikke være noe i veien for å differensiere mellom bygningskategoriene på tiltaksnivå. Energirammen er uansett unik, og regelverket blir derfor ikke mer komplisert med en differensiering. Tvert imot vil det være riktig å differensiere, siden enkelttiltakene og tiltakspakkens lønnsomhet varierer med bygningskategoriene.

Det er flere argumenter for at det kan være samfunnsøkonomisk og privatøkonomisk optimalt å legge rammekravet noe strengere enn det anbefalte minimumsnivået i Tiltakspakke E for enkelte bygningskategorier:

- Det har lenge vært et politisk mål at nye bygg i 2015 skal ned på passivhusnivå, uten at dette er nærmere definert. Multiconsult understreker at det vurderte kravsnivået i Tiltakspakke D og Tiltakspakke E, er relativt langt unna å oppnå passivhusstandard som definert i NS3700 og NS3701. Spesielt langt unna er småhus (ref. tabell 21).
- Lønnsomhetsberegningene er gjort med en relativt konservativ teknisk levetid på 50 år for bygningsmessige tiltak i boliger og 40 år for bygningsmessige tiltak i kontorbygg, 25 år på nye vinduer, og 20 år på tiltak på tekniske systemer. Det er høy sannsynlighet for at tiltakene vil ha en lengre levetid, og dette vil øke lønnsomheten.
- Som grunnlag for lønnsomhetsberegningene er det stort sett valgt merkostnad i det øverste sjiktet av usikkerhetsrommet. Flere av tiltakene blir lønnsomme dersom en ser på laveste kostnadsnivå. Av figur 1d, 1e og 1f ser vi at dersom en ser på laveste kostnadsnivå blir tiltakspakkene også lønnsomme total sett.
- Det er sannsynlig med en kostnadsreduksjon for enkelte tiltak dersom energireglene skjerpes. Historien har vist at byggebransjen med byggevareprodusenter og utførende har tilpasset seg de stadig skjerpede energiregler, at bransjen har utviklet forbedrede produkter, løsninger og arbeidsmetoder som har senket merkostnadene, samt at ny gjeldende standard selvfølgelig i seg selv senker merkostnadene da det blir det nye dominerende på markedet. Multiconsult vurderer det som nødvendig at Energiregler 2015 skjerpes betraktelig ift. TEK10 for å flytte grenser og stimulere til innovasjon i byggenæringen, sett i lys av fremtidens mål.
- Mulig kostnadsreduksjoner i varmesystemet vil øke lønnsomheten betydelig. Dersom en inkluderer mulige kostnadsreduksjoner i varmesystemet for de foreslåtte tiltakspakkene er Multiconsults anbefalte minimum (tiltakspakke E) så vidt lønnsom for kontorbygg med fjernvarme, og klart lønnsom for småhus og boligblokk for alle energiforsyningsløsninger (ref figur 28c). Dette tilsier at tiltakspakken kan lages noe strengere enn minimumsnivået.

Med dette som bakteppe mener Multiconsult at kravsnivået bør skjerpes ytterligere utover minimumsnivået Tiltakspakke E, og at man må akseptere at enkelttiltak og tiltakspakken ikke er lønnsom nå slik den er regnet med tiltakskostnader i øvre sjikt av det mulige usikkerhetsrommet for merkostnader. Multiconsult anbefaler å legge seg på et kravsnivå som gir incentiv til kostnadsreduksjon.

I rapporten fremkommer (bl.a. i figurene 25-28) at de vurderte tiltakspakkene får best lønnsomhet for småhus, medium for boligblokk og dårligst for kontorbygg. Dette tilsier at tiltakspakken kan lages strengere for småhus, og kanskje også for noe boligblokk, mens det for kontorbygg ikke bør bli så veldig mye strengere.

Basert på de økonomiske analysene i denne rapporten for tiltakspakkene, med beregningene som inkluderer kostnadsbesparelse i varmesystem, usikkerheter i kostnadstallene og vurdering av mekanismer i byggenæringen med forventet reduksjon i merkostnader, samt forventninger i bransjen om

Energiregler 2015 på "passivhusnivå", anbefaler Multiconsult følgende kravsnivå for energiramme i Energiregler 2015 i TEK (endringer fra TEK10 er markert med rød farge) som tillegg til foregående angitt i tabell 1:

Tabell 2 Multiconsult sitt anbefalte forslag til ytterligere tiltak som grunnlag for energiramme

	Småhus	Boligblokk	Kontorbygg
U-verdi vegg [W/m <sup>2</sup> K]	0,16	0,16	0,16
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,10	0,10	0,13
U-verdi gulv på grunn [W/m <sup>2</sup> K]	0,10	0,15	0,15

Dette er ytterligere begrunnet i rapporten.

For øvrig er det mindre viktig akkurat hvilke av tiltak U-verdi tak/gulv/vegg man her plukker med i en tiltakspakke som grunnlag for energirammekrav, siden utbygger uansett står fritt til å omfordele tiltakene innenfor energirammen som er gitt, og altså velge den isolasjonsstandard på tak/gulv/vegg man vil så lenge man tilfredsstiller minstekravene. En entreprenør eller byggmester har sin egen formening og etter hvert egne regnestykker om hvilke forbedringstiltak på bygningskropp som krever lavest merkostnad og gir best effekt. Det gjør derfor heller ikke noe at det her i tabellen som viser enkelttiltak eksempelvis blir stor forskjell i U-verdi vegg og gulv for kontorbygg, siden dette kun er grunnlag for en energiramme.

## Øvrige anbefalinger

I tillegg anbefaler vi

- at kravet til Energiregler 2015 i TEK baseres på levert energi med bruk av korreksjonsfaktorer for biokjel og fjernvarme, samt at det differensieres for klima - det vil si at det benyttes lokalt klima ved beregningene. Men både krav til levert energi og bruk av lokalt klima gir noen utfordringer som er påpekt i rapporten. Dette må utredes mer i detalj. Bruk av levert energi forutsetter en grundigere vurdering av mulige korreksjonsfaktorer for bioenergi og fjernvarme, for at disse alternativene ikke skal diskrimineres i kravsmodellen.
- at det gjøres grundigere vurderinger rundt kravsnivåer for ventilasjonsluftmengder, temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner og systemvirkningsgrader.
- at prinsippet om krav til minsteverdier videreføres i Energiregler 2015 i TEK for å sikre tilfredsstillende kvalitet på bygningsdelsnivå. Minsteverdiene er ikke vurdert i denne rapporten og bør derfor også utredes mer i detalj.
- at det gjøres utvidede beregninger og vurderinger for andre bygningskategorier enn småhus, boligblokk og kontorbygg.

Videre er det satt politiske mål om at kravet til energibruk i bygninger i 2020 (TEK20) skal bli "nær nullenergi". Vi ser derfor mulighet og potensial for en ytterligere innskjerping i 2020 hvis merkostnadene går ned mot laveste nivå. Og vi anbefaler å vurdere kostnader for lokal energiproduksjon opp mot kostnader for ytterligere innskjerping i tiltak på bygg og tekniske system for å definere nullenerginivå.

Multiconsult ønsker å gi noen anbefalinger til det videre arbeidet frem mot fastlegging av planlagt revidert forskrift i 2020 (TEK20). Vi anbefaler

- at det gjennomføres en grundig prosess rundt definisjonen av nær nullenergi, slik at det er bred enighet i byggenæringen om hva som menes med dette sett fra myndighetenes side.
- at det iverksettes initiativer for å øke innovasjon for alle energipostene, men spesielt for tekniske systemer (især kjøling), energiproduksjon og smartgrid.

- at arbeidene med krav til energieffektivitet for bygninger kobles nært til LCA-metodikk (livssyklusanalyser) slik at tiltakene faktisk bidrar til CO<sub>2</sub>-reduksjon, og ikke bare gir et lavt tall for kWh/m<sup>2</sup>. Fokus på materialbruk vil være essensielt i denne sammenheng.
- at det gjennomføres en vurdering av om arealeffektivitet kan inkluderes i energiberegningene.
- at det gjøres et arbeid for å fastlegge vektingsfaktorer for energibærere, fordi dette er styrende for hvilke tiltak som faktisk gir minst utslipp. Vi er klar over at fastlegging av dette er en utfordrende politisk prosess. Men å kunne enes om noen førende verdier vil være svært viktig for at tiltakene skal være bærekraftige i et helhetsperspektiv.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Bakgrunn og arbeidsgang</b> .....	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>Metode</b> .....	<b>19</b>
2.1	Energiberegninger og energibesparelser.....	19
2.2	Energiforsyningsløsninger og systemvirkningsgrader .....	19
2.3	Lønnsomhetsanalyser.....	20
<b>3</b>	<b>Foreslått tiltakspakke som grunnlag for rammekrav</b> .....	<b>24</b>
<b>4</b>	<b>Differensiering mellom bygningskategorier</b> .....	<b>25</b>
4.1	Variasjoner i ulike bygningskategorier.....	25
4.2	Forenkling av rammekrav .....	26
<b>5</b>	<b>U-verdier</b> .....	<b>26</b>
5.1	Generelt.....	26
5.2	U-verdi yttervegg.....	26
5.2.1	Bygningsteknisk .....	26
5.2.2	Kostnader og energibesparelser .....	27
5.2.3	Lønnsomhet.....	28
5.3	U-verdi tak .....	30
5.3.1	Bygningsteknisk .....	30
5.3.2	Kostnader og energibesparelser .....	30
5.3.3	Lønnsomhet.....	31
5.4	U-verdi gulv .....	33
5.4.1	Bygningsteknisk .....	33
5.4.2	Kostnader og energibesparelser .....	34
5.4.3	Lønnsomhet.....	34
5.5	U-verdi vindu .....	36
5.5.1	Bygningsteknisk .....	36
5.5.2	Kostnader og energibesparelser .....	36
5.5.3	Lønnsomhet.....	37
<b>6</b>	<b>Lufttetthet og kuldebro</b> .....	<b>38</b>
6.1	Lufttetthet .....	38
6.1.1	Bygningsteknisk .....	38
6.1.2	Kostnader og energibesparelser .....	38
6.1.3	Lønnsomhet.....	39
6.2	Normalisert kuldebroverdi .....	40
6.2.1	Bygningsteknisk .....	40
6.2.2	Kostnader og energibesparelser .....	40
6.2.3	Lønnsomhet.....	40
<b>7</b>	<b>Belysning</b> .....	<b>42</b>
7.1	Effektbehov belysning .....	42
7.2	Kostnader og energibesparelser.....	43
7.3	Lønnsomhet.....	43
<b>8</b>	<b>Ventilasjon</b> .....	<b>44</b>
8.1	Generelt.....	44
8.2	Styring av ventilasjonsluftmengder .....	44
8.2.1	Kostnader og energibesparelser .....	45
8.2.2	Lønnsomhet.....	46
8.3	Temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner .....	47
8.3.1	Kostnader og energibesparelser .....	48
8.3.2	Lønnsomhet.....	48
8.4	SFP .....	50
8.4.1	Kostnader og energibesparelse .....	50
8.4.2	Lønnsomhet.....	51
<b>9</b>	<b>Sammenstilling av ulike tiltak</b> .....	<b>52</b>
<b>10</b>	<b>Energireultat for tiltakspakke D (DiBK sitt forslag) og tiltakspakke E (Multiconsult sitt forslag)</b> .....	<b>55</b>
10.1	Tiltakspakke og referanser .....	55
10.2	Forutsetninger tiltakspakker.....	55
10.3	Resultater netto energibehov:.....	57



10.4	Resultat for levert energi med en varmepumpe med 60 % dekningsgrad .....	57
10.5	Resultat for levert energi med bioenergi.....	58
10.6	Resultat for levert energi med fjernvarme:.....	59
10.7	Resultat for levert energi med varmepumpe 80 % dekningsgrad .....	59
10.8	Resultat for levert energi med panelovner.....	60
10.9	Resultat for levert energi med luft til luft varmepumpe .....	61
10.10	Konsekvenser ved rammekrav på levert energi .....	61
<b>11</b>	<b>Lønnsomhetsberegninger foreslåtte tiltakspakker .....</b>	<b>62</b>
11.1	Tiltakspakke D - foreslått av DiBK .....	62
11.2	Tiltakspakke E - foreslått av Multiconsult.....	64
<b>12</b>	<b>Mulige kostnadsbesparelser i lokal produksjon og distribusjon av varme .....</b>	<b>66</b>
	Nytt kapittel i Versjon03 .....	66
12.1	Kostnadsbesparelser i varmforsyningssystemet.....	66
12.2	Kostnadsbesparelser i vannbårent distribusjonssystem.....	66
12.3	Kostnadsbesparelser i elektrisk distribusjonssystem.....	68
12.4	Totale kostnadsbesparelser i energidistribusjon og forsyningssystemet .....	68
12.5	Lønnsomhet DiBKs tiltakspakke (Tiltakspakke D) inkludert kostnadsbesparelse i varmesystem .....	69
12.6	Lønnsomhet Multiconsults tiltakspakke (Tiltakspakke E) inkludert kostnadsbesparelse i varmesystem .....	72
<b>13</b>	<b>Vurdering av merkostnader .....</b>	<b>74</b>
	Nytt kapittel i Versjon03 .....	74
13.1	Mulig kostnadspenn merkostnader .....	74
13.2	Usikkerhet i lønnsomhet ved DiBKs tiltakspakke D .....	75
13.3	Usikkerhet i lønnsomhet ved Multiconsults tiltakspakke E .....	76
13.4	Forventet reduksjon i merkostnader .....	77
13.5	Mulige ytterligere innskjerpinger .....	78
<b>14</b>	<b>Rammekrav og tiltakspakke ved levert energi uten korreksjonsfaktorer .....</b>	<b>80</b>
	Kapittel 12 i Versjon02.....	80
<b>15</b>	<b>Beregninger ved ulike klima .....</b>	<b>82</b>
	Kapittel 13 i Versjon02.....	82
<b>16</b>	<b>Framskrivning av total energibesparelse .....</b>	<b>84</b>
	Vedlegg D i Versjon02.....	84
<b>VEDLEGG A:</b>	<b>Opprinnelig forslag tiltakspakke fra DiBK og justeringer av denne .....</b>	<b>86</b>
	Vedlegg A.1 Tiltakspakke A - DiBKs opprinnelige forslag til rammekrav .....	86
	Vedlegg A.2 Tiltakspakke B – DiBKs justeringer i tiltakspakke etter kommentarer fra Multiconsult .....	87
	Vedlegg A.3 Energiramme ved tiltakspakke A og B netto energi .....	88
	Vedlegg A.4 Energiramme ved tiltakspakke A og B levert energi.....	89
	Vedlegg A.5 Energiramme ved ulike justeringer i tiltakspakke .....	90
<b>VEDLEGG B:</b>	<b>Alternativ tiltakspakke C ved levert energi uten korreksjonsfaktorer .....</b>	<b>91</b>
<b>VEDLEGG C:</b>	<b>Beregninger knyttet til "mindre strenge" tiltakspakker .....</b>	<b>92</b>
	Nytt vedlegg i Versjon03.....	92
<b>VEDLEGG D:</b>	<b>Energiramme ved 25 % vindusareal.....</b>	<b>94</b>
	Nytt vedlegg i Versjon03.....	94
<b>VEDLEGG E:</b>	<b>Lønnsomhet for tiltak ved laveste og høyeste forventede merkostnader .....</b>	<b>95</b>
	Nytt vedlegg i Versjon03.....	95
<b>VEDLEGG F:</b>	<b>Lønnsomhet med 3 % rente .....</b>	<b>102</b>
	Vedlegg C i Versjon02 .....	102
<b>VEDLEGG G:</b>	<b>Framskrivning av total energibesparelse - underlag .....</b>	<b>120</b>
	Vedlegg D i Versjon02.....	120
<b>VEDLEGG H:</b>	<b>Rangering av tiltak etter lønnsomhet .....</b>	<b>125</b>
	En del av sammendraget i Versjon02 .....	125
<b>VEDLEGG I:</b>	<b>Visning av hvordan usikkerheten i merkostnader påvirker lønnsomheten .....</b>	<b>126</b>
	Nytt vedlegg i Versjon04.....	126
<b>VEDLEGG J:</b>	<b>Sammenstilling av ulike case .....</b>	<b>130</b>
	Nytt vedlegg i Versjon04.....	130

## 1 Bakgrunn og arbeidsgang

Som et ledd i arbeidene med revisjon av dagens forskriftskrav til energieffektivitet for bygninger (nedfelt i TEK 10) har Multiconsult fått i oppdrag av direktoratet for byggkvalitet (DiBK) å gjøre en teknisk-økonomisk konsekvensvurdering av et forslag til nye energiregler i 2015.

### Vurderte tiltakspakker

Oppdraget startet med at DiBK fremla et konkret forslag til tiltakspakke for beregning av rammekrav på levert energi for nye energiregler i 2015 (Tiltakspakke A). Multiconsult gjorde deretter en overordnet byggeteknisk vurdering av tiltakspakken, med fokus på blant annet bygningsfysikk og energibesparelse. Videre, gjennom faglige diskusjoner med DiBK, ble det gjort energiberegninger for noen ulike tiltakspakker (Tiltakspakke B1-B5). Det ble også sett på en mulig tiltakspakke (Tiltakspakke C) som tilsvarer strengeste mulige energiramme krav dersom en velger å legge beregningsgrensen på levert energi uten noen form for korreksjonsfaktorer.

Multiconsult gjorde deretter i avtale med DiBK vurderinger av konsekvenser for to litt ulike tiltakspakker (Tiltakspakke D og E), som Multiconsult vurderte konsekvenser av i forhold til dagens energiregler (TEK 10) med hensyn til byggeteknikk, energibesparelse og privat- og samfunnsøkonomi. Basert på en helhetsvurdering gav Multiconsult en anbefaling til kravsnivå (Tiltakspakke E).

Det er i tillegg gjort energiberegninger for noen alternative "mindre strenge" tiltakspakker (Tiltakspakke F1-F4 og Tiltakspakke G).

### Vurderinger

Det er gjort tekniske og økonomiske vurderinger for hvert enkelt tiltak som er aktuelt å justere i ny tiltakspakke. I tillegg er det gjort vurderinger av total lønnsomhet for to forslag til endelig foreslått justert tiltakspakke (Tiltakspakke D og E).

### Kostnader

Det er viktig å påpeke at lønnsomheten til tiltakene er svært avhengig av hvilke kostnadstall (nøkkeltall) som benyttes i beregningene, samt framtidig energipris og rentenivå. Det er knyttet stor usikkerhet til hva som er merkostnadene i forhold til TEK10-nivå.

Multiconsult har så langt som mulig forsøkt å synliggjøre usikkerhetsnivået i kostnader. Dette er basert på ulike erfaringsprosjekter, informasjon fra leverandører og rapporter. Forslagene til tiltakspakker er beregnet for forventet, lavt og høyt kostnadsnivå, og forskjellen på lønnsomhet blir til dels betydelig. Kostnadsbildet endrer seg fort, og Multiconsult anbefaler å legge seg på et kravsnivå som gir insentiv til kostnadsreduksjon.

I kostnadsvurderingene av de enkelte tiltakene og for de totale foreslåtte tiltakspakkene, er det ikke inkludert mulige kostnadsbesparelser i varmesystemet. Dette er tatt med i en egen vurdering i kapittel 12.

### Systemgrense

Dersom systemgrensen flyttes til levert energi vil ulike energiforsyningsløsninger komme svært forskjellig ut for å tilfredsstille rammekravet. Det er derfor også sett på hvordan DiBKs foreslåtte tiltakspakke D kommer ut for levert energi for en løsning med luft til vann varmpumpe, fjernvarme, biokjel, vann til vann varmpumpe, panelovner og luft til luft varmpumpe.

Det er ikke gjort vurderinger av mulige korreksjonsfaktorer, da dette ikke har vært inkludert i oppdraget fra DiBK.

## 2 Metode

### 2.1 Energiberegninger og energibesparelser

Energiberegninger er gjort i simuleringverktøyet Simien versjon 5.018. Energibesparelser er beregnet i forhold til TEK10, basert på levert energi. Levert energi er beregnet separat, basert på systemvirkningsgrader for de ulike energiforsyningsløsninger. Det påpekes at andre, mer avanserte, simuleringverktøy for energiberegninger av bygninger ofte blir benyttet i komplekse prosjekter. Det må kunne forventes at slike verktøy vil bli mer og mer vanlige når kravene blir strengere og byggene blir mer og mer kompliserte, rent teknisk.

Bygningsmodellene som er benyttet er de samme som SINTEF Byggforsk brukte til å sette rammekrav i TEK10. Det er gjort vurderinger for

- et kontorbygg (tre etasjer) med bruksareal på 3600 m<sup>2</sup> BRA,
- en boligblokk (tre etasjer) med 900 m<sup>2</sup> BRA og
- et småhus/enebolig (to etasjer) med 160 m<sup>2</sup> BRA.

Energibesparelse for hvert enkelt tiltak er beregnet ved endring kun for dette tiltaket i forhold til TEK10. Det er gjort energiberegninger for hvert enkelt tiltak og for de totale tiltakspakkene.

For teknisk utstyr er det benyttet standardverdier som i passivhusstandarden (3701), både for TEK10-referanse, passivhus-referanse og vurderte tiltakspakker. Dette for at total energiramme skal bli sammenlignbar mellom alternativene.

Beregningene er gjort for Oslo-klima.

Det er i tillegg gjort noen kontrollberegninger for Stavanger og Karasjok i kapittel 15.

### 2.2 Energiforsyningsløsninger og systemvirkningsgrader

Energibesparelsen vil variere avhengig av hvilken energiforsyningsløsning, som er valgt. På oppdrag fra DiBK er det benyttet en luft til vann varmpumpe med systemvirkningsgrad på 2 og 60 % energidekning, som referansenivå. Dette tilsvarer minimumskravet i TEK10 i dag, og en noe dårligere systemvirkningsgrad enn gitt i NS 3031:2007+A1:2011 (2,08).

Det er kun et mindretall av bygg som benytter denne løsningen i dag. Det er langt vanligere å ta i bruk energibrønner eller fjernvarme for større bygg. Dersom det brukes varme fra sjø eller grunn heller enn uteluft oppnås det i de aller fleste tilfeller en høyere dekningsgrad. Et vanlig konservativt tall er 80 prosent dekning. Det er også relativt enkelt å oppnå høyere systemvirkningsgrader ved bruk av varmpumper som henter varme fra andre kilder enn uteluft. De fleste varmpumpeløsninger vil komme betydelig bedre ut enn det som er benyttet som referanse i tiltakspakken. Ved systemgrense og rammekrav på levert energi vil et bygg som uavhengig av energireglene velger en varmpumpe fra grunn eller vann, kunne redusere på byggstandarden i forhold til tiltakspakken som er brukt som utgangspunkt her.

Energibesparelsen og lønnsomheten er beregnet og vist ved fem ulike løsninger:

- Varmepumpe med 60 % dekningsgrad, og systemvirkningsgrad på 2 (for eksempel luft til vann varmpumpe)
- Panelovner med 100 % dekningsgrad og systemvirkningsgrad lik 0,98
- Fjernvarme med 100 % dekningsgrad og systemvirkningsgrad lik 0,88

- Varmepumpe med 80 % dekningsgrad og systemvirkningsgrad på 3 (for eksempel vann til vann varmpumpe)

Elkjel og fjernvarme har tidligere hatt samme systemvirkningsgrad i NS 3031:2007+A1:2011 på 0,88 og resultatene for disse to har derfor vært like. Dette endrer seg med revideringer i NS 3031.

Det er forutsatt vannbåren varme i samtlige av byggene, med unntak av alternativet for panelovner. Distribusjon-, romvirkning- og produksjonsvirkningsgrad er hentet fra NS 3031:2007+A1:2011, med unntak av for varmpumper.

I tillegg er det sett på en noe bedre varmpumpe med systemvirkningsgrad på 3, dette er bedre enn 2,6 som er veiledende verdi for vann til vann varmpumper i NS 3031:2007+A1:2011, men en systemvirkningsgrad som er relativt enkel å oppnå for en godt prosjektert varmpumpe.

Merkostnader for energiforsyningsløsningene er ikke inkludert. Det vurderes som sannsynlig at den samme energiforsyningsløsningen velges i de nye tiltakspakkene for Energiregler 2015 i TEK, som det en ville valgt ved TEK10. En reduksjon i kostnader for varmeanlegget og energiforsyningsløsningen kan gjøre den totale tiltakspakken mer lønnsom.

## 2.3 Lønnsomhetsanalyser

### Privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk lønnsomhet:

Lønnsomhetsmodellen gir hovedsakelig ut fire forskjellige resultater

- Privatøkonomisk netto nåverdi
- Samfunnsøkonomisk netto nåverdi
- Samfunnsøkonomisk kostnad pr energibesparelse (se kapittel 9)

Lønnsomheten er diskontert med en realrente på 4 % etter anbefaling fra finansdepartementet for prosjekter med medium til lav risiko. Beregninger for 3 % rente er vist i vedlegg F.

I den privatøkonomiske lønnsomhetsanalysen for boliger er mva. inkludert. For næringsbygg (kontorbygg) er lønnsomheten beregnet eks. mva. Elavgiften er inkludert i privatøkonomiske vurderingen. I den samfunnsøkonomiske vurderingen er ikke elavgift, innbetaling til enøk-fondet (Enova) eller mva. inkludert.

### Merkostnader:

Det er beregnet merkostnader for de ulike tiltakene basert på en kombinasjon av tallgrunnlaget i to rapporter ([1] og [2]) og nye erfaringstall fra byggeprosjekter. De to rapportene finnes i referanselisten til slutt i rapporten. Det er viktig å påpeke at romtapskostnad ikke er medtatt, for eksempel for tiltak på yttervegg.

### Nåverdi:

Netto nåverdi gir dagens verdi av fremtidige kontantstrømmer. En kontantbeholdning vil normalt være mer verdt i dag enn i framtiden fordi man kan tape rente, inflasjon kan spise opp realverdien og det kan være usikkerhet forbundet med beholdningen. Jo lenger ut i framtiden et beløp forventes å bli realisert og jo høyere avkastningskravet er, jo lavere er nåverdien av en positiv kontantstrøm.

$$\text{Netto nåverdi} = -\text{Merkostnad ved investering} + \sum_{t=1}^n \frac{\text{Årlig energigevinst}}{(1+i)^t}$$

Hvor n=levetiden til tiltaket og i = diskonteringsrenten

Årlig økonomisk energigevinst er årlig energibesparelse for tiltaket ganger energipris, minus eventuelle årlige merkostnader for drift og vedlikehold.

Positiv netto nåverdi betyr at tiltaket vil være lønnsomt.

Netto nåverdi er i resultatene oppgitt i NOK per kvadratmeter, for enklere å kunne sammenligne de tre ulike bygningskategoriene mot hverandre.

### Kostnad for reell energibesparelse

Kostnad for reell energibesparelse er merkostnaden for den sparte energien tiltaket har ført til over levetid.

Kostnad for reell energibesparelse per kWh er gitt ved følgende formel:

$$\text{Kostnad reell energibesparelse per kWh} = \frac{\text{Totale levetidskostnader}}{\text{Totalt levetidsbesparelse energi}}$$

Totale levetidskostnader er summen av nåverdien av investeringskostnadene samt nåverdien av faste og variable kostnader for drift og vedlikehold over prosjektets levetid.

Total levetidsbesparelse er summen av neddiskontert årlig energibesparelse over levetiden.

Det vil være samfunnsøkonomisk lønnsomt å investere i tiltaket dersom kostnaden per spart kWh er lavere enn den reelle produksjonskostnaden for energi framført til forbrukerne.

Kostnad for reell energibesparelse er uavhengig av energiprisen. Faktoren kan brukes for å sammenligne hvilke tiltak som er minst kostbare i forhold til energigevinsten, og som vil være mest lønnsomme å investere i.

### Levetider

Det er etter føringer fra DiBK benyttet følgende levetider:

- Bygningsmessige tiltak kontorbygg: 40 år
- Bygningsmessige tiltak boliger: 50 år
- Tiltak på vinduer: 25 år
- Tekniske systemer (tiltak på ventilasjon og belysning): 20 år

### Drift og vedlikeholdskostnader

Det er forutsatt en merkostnad for drift og vedlikehold av tekniske systemer (belysning og ventilasjon) på 2 % av merkostnadene for tiltaket.

## Energipris:

Lønnsomhetsanalysene er, etter føringer fra DiBK, gjort for tre ulike energipriser:

- Forventet total energipris lik 1,0 krone inkludert avgifter og mva
- Høy total energipris lik 1,20 kroner inkludert avgifter og mva
- Lav total energipris lik 0,80 kroner inkludert avgifter og mva.

Forventet energipris er da fordelt på følgende ledd:

- Kraftpris: 0,47 kr/kWh
- Nettleie boliger: 0,20 kr/kWh
- Nettleie kontorbygg: 0,175 kr/kWh
- Elavgift: 0,12 kr/kWh
- Til Enova: 0,01 kr/kWh
- Merverdiavgift: 25 %

Dette gir en total forventet privatøkonomisk energipris for boliger: 1,0 kr/kWh

Merverdiavgift er refunderbart for næringslivet, og total forventet privatøkonomisk energipris for kontorbygg er derfor eks mva og tilsvarer 0,775 kr/kWh

Total forventet samfunnsøkonomisk energipris er gitt eksklusive el-avgiften og avgiften til Enova, og tilsvarer 0,67 kr/kWh for boliger og 0,645 kr/kWh for næringsbygg (kontorbygg).

## Elavgift

I samfunnsøkonomiske analyser skal særavgifter prinsipielt tas med hvis de reflekterer utligning av reell samfunnsmessig ressursbruk som vurderes ikke å være optimal. Elavgiften (forbruksavgiften) ble innført ikke bare som en fiskal avgift men også begrunnet med å dempe veksten i elforbruket, med miljømessig begrunnelse. Men samtidig får en da også en substitusjonseffekt ved at etterspørselen vris mot alternative energikilder, blant annet fossil energibruk. Reduksjonen i veksten i elforbruket kan anses som miljømessig godt, men utligningen med økt bruk av fossil energi kan anses som miljømessig uheldig. Forenklet har vi derfor antatt at disse virkninger utligner hverandre miljømessig og anser derfor elavgiften først og fremst som en nøytral fiskal avgift. Elavgiften er dermed ikke inkludert i de samfunnsøkonomiske analysene.

## Enova

Innbetalingen til Enova er først og fremst en overføring for å finansiere enøkfondet og har i seg selv liten ressursallokeringseffekt. Siden beløpene er små, er den også av praktiske grunner utelatt i analysene.

## Nettleie

For nettleien er kun den energiavhengige delen inkludert og basert på Hafslunds nettleiepriser for Osloområdet, da disse antas noenlunde å reflektere samfunnets transmisjons- og distribusjonskostnader.

Den faste delen i nettleien er ikke inkludert. Det er ikke gjort noen vurdering av mulig reduksjon i effektbehov i dette oppdraget. Dette bør utredes nærmere.

For kontorbygg er Hafslunds netto energipris i nettleien (ekskl. mva og elavgift) 17,47 øre/kWh i 2013. Dette gjelder for mindre kontorbygg med forventet forbruk under 100.000 kWh per år. Større kontorbygg har «Effekttariff» med en større effektpris (kr/kW) og kun 5,4 øre/kWh for energiledet i effekttariffen. Det er ukjent hvordan nye energiregler vil påvirke nettdimensjonering og kostnader. Vel så viktig er bruksmønsteret, og nett-tariffen bør utformes slik at den motiverer til effektsparing for å få ned nettkostnadene, som for eksempel Hafslunds Effekttariff. Det er dimensjoneringen for effekt som er den store nettutfordringen for samfunnet. Vi antar at Effekttariffen vil fortsette å gjelde med nye energiregler og at effektpådragene og nettkostnadene vil dempes med kombinasjonen strengere energiregler og effekttariffer. For å få en forenklet modell med én pris, foreslår vi allikevel å bruke Hafslunds «Energitariff» på ca. 17,5 øre/kWh som modell for marginale nettkostnader, idet den også vil gjenspeile kostnadsdekning for nettet med effektkostnader innbakt i prisen.

### **Kraftpris:**

Basert på føringer fra DiBK er forventet total energipris satt lik 1,0 kroner. Dette tilsvarer som vist over en kraftpris på 47 øre/kWh. Dette kan synes noe høyt. Gjennomsnittlig spotpris de to siste årene har ligget på 33-34 øre/kWh, og på kort sikt er det forventet et kraftoverskudd og noe lavere priser i Norge. Med dagens bilde, vil det derfor være sannsynlig at energiprisen vil ligge nærmere det som er satt som «lav» enn «forventet». På lang sikt kan det derimot være mulig med økte kraftpriser, med et økt behov til transportsektoren og utfasing av kullkraft og atomkraft på kontinentet. I Energiutredningen [3] er det antatt en langsiktig marginalkostnad på ny kraft i det nordiske markedet på 0,50 kr/kWh.

### **Samfunnsøkonomisk energipris:**

Den samfunnsøkonomiske energiprisen som er brukt her er inkludert kraftprisen og den variable delen av nettleien i kr/kWh.

Det kan diskuteres hvorvidt kraftprisen inkluderer alle samfunnsmessige kostnader ved energiproduksjon. Dette gjelder blant annet verdier ved allmenn ferdsel og friluftsliv ved neddemning av elver og behov for nettutbygging og vindmøller i naturvernområder. I tillegg tar mange til orde for at karbonprisen er lavere enn samfunnets faktiske kostnader ved utslipp av CO<sub>2</sub> med tanke på global oppvarming. Dette er et argument for utbyggingen av vannkraft, men også for energisparetiltak. Disse hensyn er vanskelige å prissette, men kan gjøre at den samfunnsøkonomiske gevinsten ved energibesparelsetiltakene er betydelig høyere enn det som kommer fram i resultatene her.

Det påpekes også at nettleien per i dag ikke nødvendigvis er bygget opp slik at det inkluderer alle samfunnsøkonomiske kostnader ved økt effektbehov i nettet. Dette kan gjøre at energieffektiviseringstiltak som ikke påvirker effektbehovet kan ha en lavere samfunnsøkonomisk verdi enn det som er forutsatt her. Det er ikke videre drøftet påvirkningen på effektbehovet ved de ulike tiltakene.

### 3 Foreslått tiltakspakke som grunnlag for rammekrav

DiBKs forslag til tiltakspakke for beregning av rammekrav for levert energi er vist i tabellen under, sammen med verdier i TEK10 og vurdering av teknisk mulige beste verdi.

Tabell 3: Tiltaksmodell for referansebygg i TEK10. DiBKs foreslåtte tiltakspakke D til energiregler 2015, og vurdert beste mulige verdi å oppnå for hvert enkelt tiltak per i dag.

Komponent	TEK10			Tiltakspakke D (DiBK)	Vurdert beste mulige verdi
	Enebolig	Boligblokk	Kontorbygg		
					-
U-verdi yttervegg (W/(m <sup>2</sup> K))	0,18	0,18	0,18	0,18	0,10
U-verdi tak (W/(m <sup>2</sup> K))	0,13	0,13	0,13	0,10	0,08
U-verdi gulv (W/(m <sup>2</sup> K))	0,15	0,15	0,15	0,15	0,08
U-verdi vinduer og dører (W/(m <sup>2</sup> K))	1,20	1,20	1,20	0,80	0,70
Varmegjenvinningsgrad (%)	70	70	80	Kontorbygg: 85 Boliger: 80	85-88
SFP (kW/(m <sup>3</sup> /s))	2,50	2,50	2,0	1,50	1,0
Luftlekkasjetall	2,5	1,5	1,5	0,60	Noe lavere enn 0,6
Normalisert kuldebroverdi (W/(m <sup>2</sup> K))	0,03	0,06	0,06	0,03	0,02-0,03
Fast belysning (behovsstyring)	1,95 W/m <sup>2</sup>	1,95 W/m <sup>2</sup>	8 W/m <sup>2</sup>	Kontorbygg: 4 W/m <sup>2</sup> Boliger: Ingen endring	Passivhuskrav 4 W/m <sup>2</sup>
Ventilasjon (DCV) (behovsstyring)	1,2 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	1,5 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	10 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	Kontorbygg: 8 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> Boliger: ingen endring	Passivhuskrav 6 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>
Tidsstyring varmeanlegg – driftstider					
Varmeløsning	VP 60 % dekningsgrad	VP 60 % dekningsgrad	VP 60 % dekningsgrad	VP 60 % dekningsgrad	VP 95 % dekningsgrad
Systemvirkningsgrad <ul style="list-style-type: none"> <li>• produksjon</li> <li>• distribusjon</li> <li>• regulering</li> </ul>	2	2	2	2	3,5
Klimatall – Oslo, Karasjok, Stavanger					
FDV – driftsavtale på tekniske anlegg					

Tiltakspakken er utviklet gjennom en arbeidsprosess i DiBK, med innspill og rådgivning fra Multiconsult. Det er gjort beregninger for flere ulike tiltakspakker i prosessen som har ledet fram til tiltakspakke D. Tiltakspakkene og resultater for hver av de ulike modellene er vist i vedlegg A.



## 4 Differensiering mellom bygningskategorier

Det er noen viktige hensyn som må vurderes før man beslutter tiltak som skal legges til grunn for rammekravet. Hovedutfordringene er knyttet til ulikheter i teknisk kompleksitet og internt varmetilskudd. Kontorbygg er mye mer teknisk komplisert enn småhus og boligblokker, noe som forsvarer en differensiering i kravene.

Det er i denne vurderingen etter føringer fra DiBK, sett på tre forskjellige case for bygningskategorier:

- Et småhus 160 m<sup>2</sup>
- En boligblokk 900 m<sup>2</sup>
- Et kontorbygg 3600 m<sup>2</sup>

Våre vurderinger rundt boliger ansees som relativt representative for småhus og boligblokker. Men der boliger inngår i flerfunksjonsbygninger med andre løsninger for tiltakene, kan konsekvensene og lønnsomheten variere.

For næringsbygg er forholdet mer usikkert, da det finnes flere typer næringsbygg med ulike formål og brukstid og bruksintensitet. Lønnsomheten for de forskjellige tiltakene vil variere avhengig av bygningskategori. Vi har i det følgende trukket fram noen eksempler på variasjoner.

### 4.1 Variasjoner i ulike bygningskategorier

#### Internt varmetilskudd:

Boliger har lavt internt varmetilskudd pr bruksareal, mens kontorbygning og forretningsbygning har høyt. Med dagens krav til isolering av bygningskroppen, finnes det kontorbygg som nesten ikke har oppvarmingsbehov på grunn av høyt varmetilskudd. Kjølebehovet, derimot kan være formidabelt. Dette faktum kan forsvare høyere U-verdier for bygningskroppen til kontorbygg og forretningsbygg.

Med nyere teknologi er muligheten til redusert energibehov til belysning stor for enkelte bygningskategorier. For kontorbygg og forretninger vil bruk av belysning med automatikk for tilstedeværelse og daglysregulering, gi større effekt enn for sykehus og sykehjem. Bruk av effektivt PC utstyr (Grønn IT) vil forsterke dette. Redusert effektbehov til belysning vil også påvirke andre energiposter. Generelt vil energieffektiv belysning gi noe økt behov for oppvarming vinterstid og redusert kjølebehov om sommeren, men i hvor stor grad vil variere mellom bygningskategoriene.

#### Driftstid og ventilasjonsluftmengder

Forskjellen mellom reell driftstid og standardverdier for driftstid for kategorien kontorbygning vil gjøre stort utslag på lønnsomhet ved de forskjellige tiltakene. Det samme gjelder forskjell i ventilasjonsluftmengder ift. arealutnyttelse. Krav til SFP vil få ulik lønnsomhet ut fra dette. Skolebygning, universitets- og høyskolebygning og idrettsbygning har færre ventilatorer i primærarealene og grovere distribusjonssystem for ventilasjon enn kontorbygning hvor det vanligvis er ventilatorer for hver arbeidsplass. Kostnader for behovsstyring av ventilasjon vil variere tilsvarende.

#### Oppvarmingsbehov

Forskjeller i oppvarmingsbehov mellom kategoriene og som konsekvens av endring av kravene, vil også gi kostnadsbesparelser i varmeanlegget. Avhengig av bygningens kompleksitet gir dette forskjellig lønnsomhet for ulike bygningskategorier. Varierende energibehov for oppvarming av tappevann mellom bygningskategoriene har også stor betydning for lønnsomheten ved tiltak som øker systemvirkningsgraden.

## 4.2 Forenkling av rammekrav

Det er fra myndighetene og DiBK et ønske om en lik tiltakspakke for alle bygningskategorier for å forenkle regelverket. Likevel er tiltakspakkene kun et grunnlag for rammekravet. Det er mulig å omfordele innenfor rammene av minstekravene. En variasjon mellom bygningskategoriene vil dermed i prinsippet ikke gi et mer komplisert regelverk.

Multiconsult anbefaler en gjennomgang av samtlige næringsbyggkategorier. Ut fra dette kan en vurdere om enkelte bygningskategorier bør ha spesielt tilpassede minstekrav eller bruke andre verdier for de enkelte tiltakene i beregning av rammekravet.

Multiconsult advarer mot at en forenkling der en setter like verdier for tiltak for de ulike bygningskategorier, kan gi et rammekrav som ikke er samfunnsøkonomiske optimale for alle bygningskategorier.

Dersom det ikke skilles mellom bygningskategorier, anbefales det at minstekravene til U-verdier og rammekravsnivået er høyt nok til at for eksempel kontorbygninger kan redusere isolasjonstykkelsen og heller øke ytelsen for andre tiltak. Dette blant annet for å unngå et høyt kjølebehov.

## 5 U-verdier

### 5.1 Generelt

Multiconsult er, på generell basis, av den oppfatning at kravene til U-verdier i energitiltaksmetoden i dagens TEK10 ligger nær opp til det ideelle kravsnivået om man omforener hensyn til byggekostnader, klimagassutslipp, tilgjengelig teknologi og ambisjoner om lavt varmetap (se også figur 2, 5 og 8). Men noe innskjerping må kunne forventes, både fordi det er politiske føringer for å legge seg nærmere opp til passivhusstandarden (omtalt som passivhusnivå), og for å legge et godt grunnlag for arbeidet med det store løftet - TEK20.

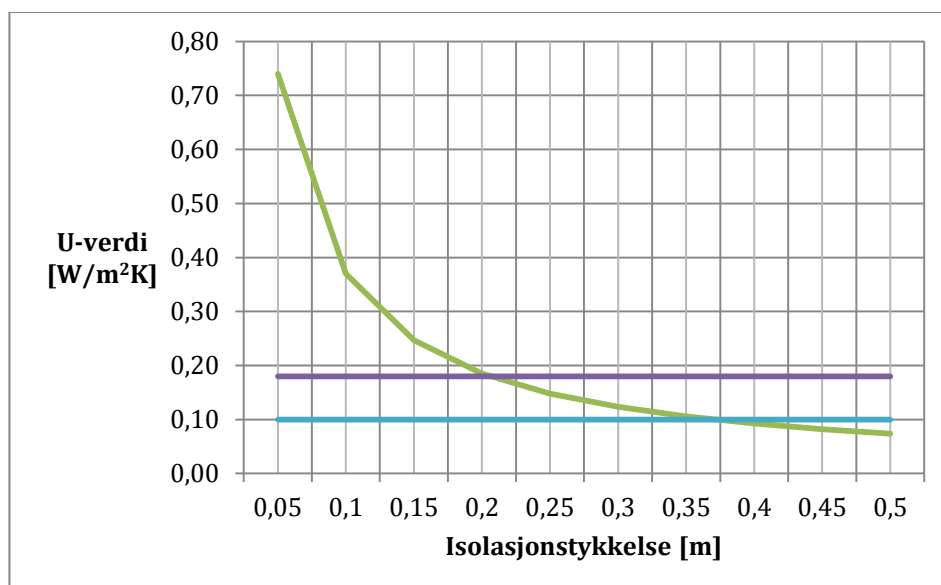
Det må skje mye på innovasjonsfronten hva gjelder isolasjonsprodukter for bygningskroppen dersom det skal bli praktisk og økonomisk mulig å møte ambisjonene om nesten nullenergibygg i 2020. Da kan det bli mer aktuelt å skjerpe kravene til U-verdier, avhengig av hvilken teknologi og hvilke produkter som er kommersielt tilgjengelige i markedet. Energiregler 2015 bør likevel være så strenge at de stimulerer til innovasjon i byggenæringen. Denne balansegangen er utfordrende.

Som et eksempel kan nevnes vakuum isolerte paneler (VIP), som har svært gode varmetekniske egenskaper, men som ikke nødvendigvis er konkurransedyktig på pris eller praktisk anvendbarhet på nåværende tidspunkt. Dette kan dog endre seg frem mot 2020.

### 5.2 U-verdi yttervegg

#### 5.2.1 Bygningsteknisk

U-verdikravet til yttervegg er foreslått uendret lik  $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ . I praksis tilsvarer dette typisk en 250 mm isolert bindingsverksvegg med lav treandel. Erfaringsmessig kan treandelen være mye høyere, spesielt for kontorbygg med mye glassfelter og sprang. Verdien  $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$  er den samme som ligger i dagens TEK10-krav (tiltaksmetoden). En 250 mm tykk bindingsverksvegg gir en fornuftig og praktisk oppbygning på 200 mm (8'') + 50 mm (2''). Dersom den samme veggen bygges med den beste tilgjengelige mineralullisolasjonen som brukes i Norge i dag, vil U-verdien havne et sted mellom 0,16 og  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Det betyr at med lav treandel og innovative produkter er det mulig å tilfredsstille et krav ned mot  $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$  med en 250 mm tykk bindingsverksvegg.



Figur 2: Forenklet sammenstilling av U-verdi og veggtykkelse for TEK10-kravet (øverste horisontale linje) og passivhusnivå (nederste horisontale linje).

Figur 2 viser at med dagens tradisjonelle isolasjonsløsninger er det lite å hente (kurven slaker ut) fra en U-verdi rundt 0,16 W/m²K dersom man kun ser på hvor mye U-verdien forbedrer seg i forhold til økt isolasjonstykkelse. Om man ønsker en innstramming fra TEK10-nivå kan kravsnivået legges på 0,16 W/m²K for yttervegg. Dette vil bety vegger på minimum 300 mm (for eksempel 250 + 50 mm), men også langt tykkere vegger dersom treandelen er høy. 300 mm er muligens noe mindre praktisk i utførelse enn 250 mm. Rent energimessig bør likevel dagens krav skjerpes noe sett i lys av fremtidens mål. Også for å stimulere til innovasjon, som tidligere nevnt.

Et alternativ er å differensiere mellom kontorbygg og boliger, det vil si beholde 0,18 for kontor, men redusere til 0,16 W/m²K for boliger.

### 5.2.2 Kostnader og energibesparelser

Tabellen under viser kostnadstall for yttervegg uttrykt per BRA ved å gå fra U-verdi 0,18 til 0,16 W/m²K. Tallene er basert på erfaringstall fra konkrete prosjekter, samt kontrollberegning med enhetspriser for isolasjon og bindingsverk. Romtapskostnader er ikke medtatt.

Tabell 4: Yttervegg

U-verdi fra 0,18 til 0,16 <sup>1</sup>	Merkostnad	Usikkerhetsnivå Merkostnad	Energibesparelse (netto energibehov)
Kategori	[NOK/BRA]	[NOK/BRA]	[kWh/m²år]
Småhus (inkl mva)	160	160-280	2,2
Boligblokk (inkl mva)	75	75-140	1,0
Kontorbygg (eks mva)	30	30-50	0,5

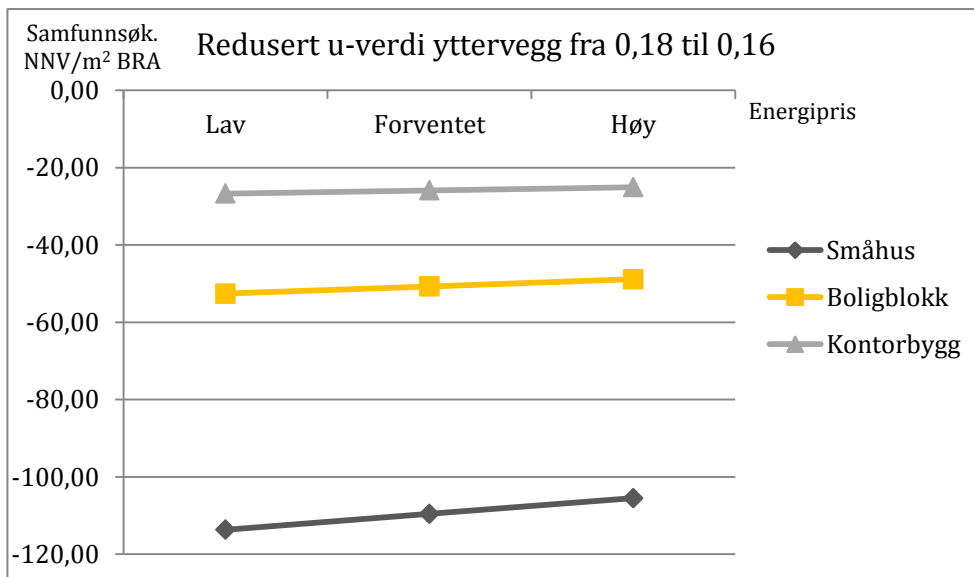
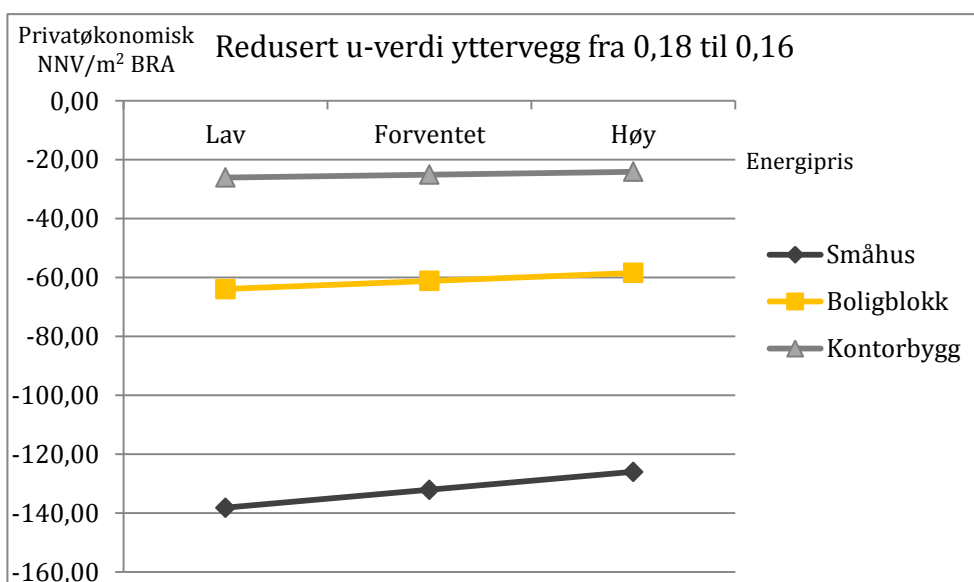
Energibesparelsen er størst i småhus, og mindre i boligblokker og kontorbygg, men merkostnadene er også større for småhus enn for boligblokker og kontorbygg.

<sup>1</sup> Kostnaden inkluderer arbeids- og materialkostnad for 50 mm isolert bindingsverk, basert på Holthe kalkulasjonsnøkkel (2013).

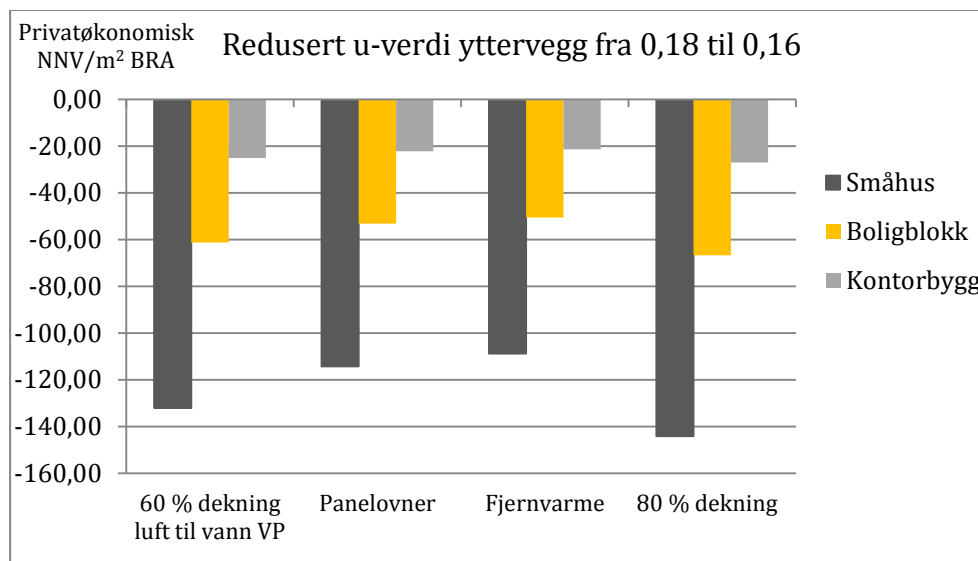
### 5.2.3 Lønnsomhet

Figurene under viser lønnsomheten i netto nåverdi per kvadratmeter for de tre ulike bygningskategoriene, og for fire ulike energiforsyningsløsninger, ved å redusere U-verdien i vegg fra 0,18 til 0,16 W/m<sup>2</sup>K. Positiv netto nåverdi betyr at tiltaket vil være privatøkonomisk lønnsomt.

0,18 W/m<sup>2</sup>K er benyttet i den økonomisk optimale tiltakspakken Rambøll har funnet i sin rapport, og ligger også inne i DiBKs foreslåtte tiltakspakke D.



Figur 3a og 3b: Privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk netto nåverdi per BRA ved reduksjon av U-verdi i yttervegg fra 0,18 til 0,16 for småhus, boligblokk og kontorbygg. Beregningen er gjort ved lav, forventet og høy energipris forutsatt en luft til vann varmepumpe.



Figur 4 Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved reduksjon av U-verdi i yttervegg fra 0,18 til 0,16 for småhus, boligblokk og kontorbygg ved forventet energipris ved ulike energiforsyningsløsninger.

Vi ser fra figurene at tiltaket ikke vil være privatøkonomisk lønnsomt. Den reelle privatøkonomiske kostnaden for energien spart ligger på 5 til 6 kr/kWh for alle bygningskategorier, mens den samfunnsøkonomiske kostnaden er noe lavere på 4,60 kr/kWh.

Energibesparelsen i form av romoppvarming vil ha større betydning for småhus enn for boligblokker og kontorbygg, men merkostnadene er også betydelig større for småhus, som gjør at tiltaket blir mindre lønnsomt her.

Vi ser at dersom det benyttes varmepumpe til oppvarming blir tiltaket enda mindre lønnsomt.

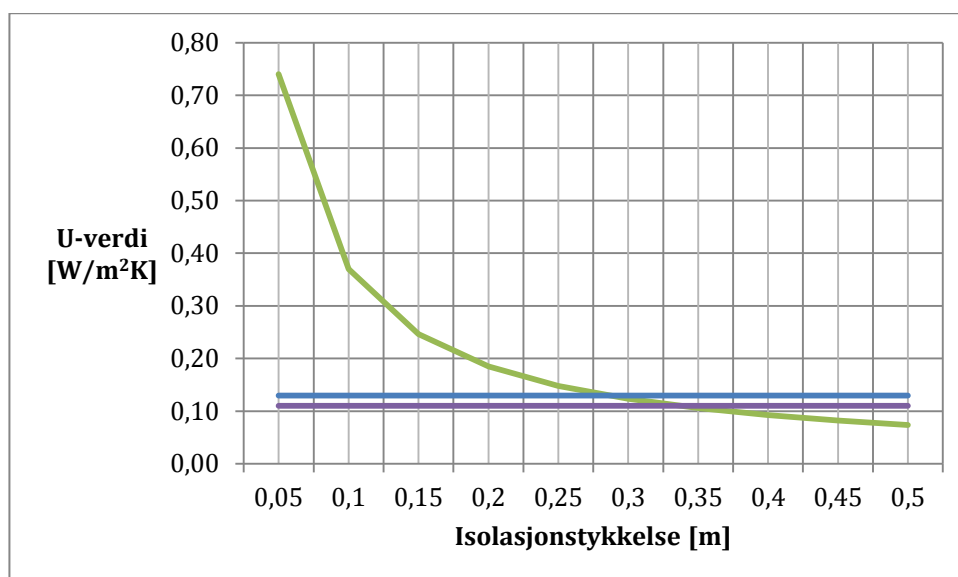
Det er totalt sett ikke samfunnsøkonomisk lønnsomt å redusere U-verdien til 0,16 for yttervegg i tiltakspakken. Dersom DiBK ønsker å stimulere til innovasjon og øke kravet til isolasjon, anbefales det at dette kun gjøres for boligblokker og ikke småhus da merkostnadene er lavere. Merkostnaden vil kunne oppfattes som urimelig for boligbyggere. Det er også viktig å presisere at romtapskostnader ikke er inkludert i beregningene.

Imidlertid er det ved beregninger for enkelttiltak ikke medtatt eventuelle kostnadsbesparelser for varmesystemet. Egne beregninger senere i denne rapporten, for den totale foreslåtte tiltakspakken, viser at mulige kostnadsreduksjoner i distribusjonen og produksjonen av varme øker lønnsomheten betydelig.

## 5.3 U-verdi tak

### 5.3.1 Bygningsteknisk

U-verdikravet til tak er foreslått til  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ . I praksis tilsvarer dette typisk et 400 mm isolert, kompakt tak. Vi er av den oppfatning at det er lite å hente på et enda strengere krav med dagens tradisjonelle isolasjonsprodukter. Når det gjelder eneboliger, bygges de vanligvis med skrå, luftede, kalde tak. For å oppnå U-verdi ned mot  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  for denne bygningskategorien kreves det minimum 400 mm isolert sperretak, kanskje også opp mot 500 mm. Dette er relativt kraftige dimensjoner, og kan medføre at bærende elementer i en enebolig må forsterkes, noe som igjen vi være fordyrende. I beregningene er det forutsatt 400 mm.



Figur 5: Forenklet sammenstilling av U- verdi og isolasjonstykkelse på tak for TEK10-kravet (øverste horisontale linje) og passivhusnivå (nederste horisontale linje).

### 5.3.2 Kostnader og energibesparelser

Tabellen under viser kostnadstall for tak ved å gå fra U-verdi  $0,13$  til  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Tallene er basert på erfaringstall fra konkrete prosjekter, samt kontrollberegning med enhetspriser for material- og arbeidskostnader.

Tabell 5: Tak

Tak - U-verdi fra $0,13$ til $0,10$ <sup>2</sup>	Merkostnad	Usikkerhetsnivå Merkostnad	Energibesparelse (netto energibehov)
Kategori	[nkr/BRA]	[nkr/BRA]	[kWh/m <sup>2</sup> år]
Småhus (inkl mva)	140	60-140	1,8
Boligblokk (inkl mva)	110	60-110	1,0
Kontorbygg (eks mva)	90	30-90	1,1

Energibesparelsen ved å redusere U-verdien for tak fra  $0,13$  til  $0,10$  er relativ lik og litt lavere for boligblokker og småhus som å redusere U-verdien i ytterveggene, tilsvarende det som er vurdert over. For kontorbygg er energibesparelsen betydelig større.

<sup>2</sup> Kostnaden inkluderer arbeids- og materialkostnad, basert på Holthe kalkulasjonsnøkkel (2013). Legger til grunn at tak for småhus får utforming 200 + 200mm (U-verdi  $0,10$ ) mot tidligere 150mm + 150mm (U-verdi  $0,13$ ). Tak for boligblokk og kontorbygg får isolasjonstykkelse 400mm (U-verdi  $0,10$ ) mot tidligere 300mm (U-verdi  $0,13$ ). Eventuelle behov for forsterkninger (bæresystem) er ikke medtatt.

### 5.3.3 Lønnsomhet

Figurene under viser lønnsomheten i netto nåverdi per kvadratmeter for de tre ulike bygningskategoriene, og for fire ulike energiforsyningsløsninger ved å øke isolasjonen på taket slik at man oppnår U-verdi 0,10. Positiv netto nåverdi betyr at tiltaket vil være privatøkonomisk lønnsomt.

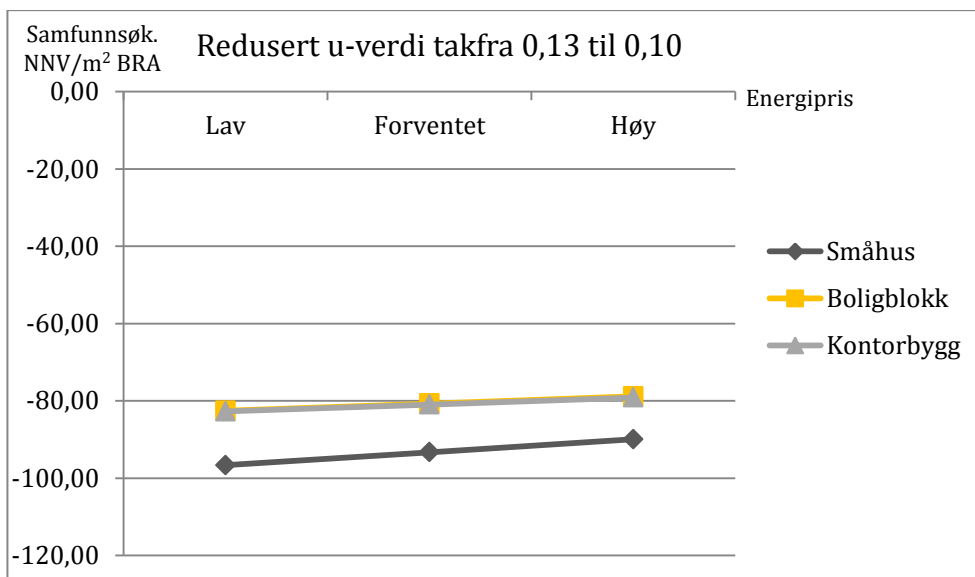
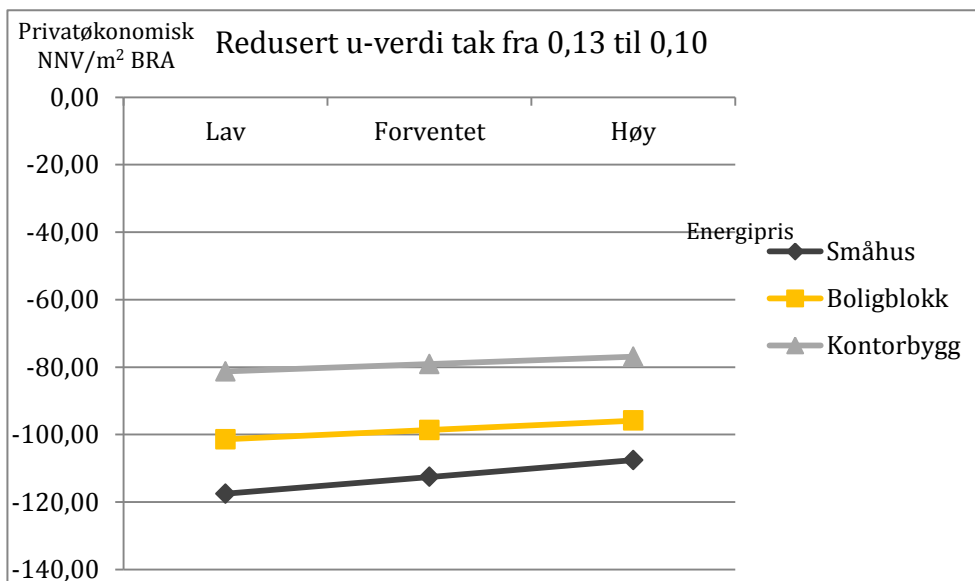
Vi ser at det ikke vil være økonomisk lønnsomt å gå ned i U-verdi for tak som foreslått av DiBK. Merkostnadene ved bedre U-verdi i taket er høyere enn for bedre yttervegger for boligblokker og kontorbygg. Dette gjør det økonomisk mindre gunstig å isolere taket. For småhus derimot er det motsatt, her vil det være økonomisk mer gunstig å bedre taket enn å bedre ytterveggene.

Energibesparelsen er noe høyere for småhus ved dette tiltaket enn for kontorbygg og boligblokk, noe som gir litt lavere diskontert kostnad for energibesparelsen. Den samfunnsøkonomiske kostnaden for energibesparelsen er 5,00 kr/kWh for småhus, 6,50 kr/kWh for boligblokk og for kontorbygg.

Siden energiprisen er relativt lav, vil gevinsten for denne energibesparelsen likevel ikke veie opp for at merkostnadene for småhus er relativt større enn for større bygg, og tiltaket for småhus får derfor en lavere lønnsomhet når man ser på netto nåverdi per kvadratmeter i forhold til de andre bygningskategoriene. Den økte energibesparelsen vil altså ikke være stor nok til å veie opp for de relativt høyere kostnader, med forventet energipris.

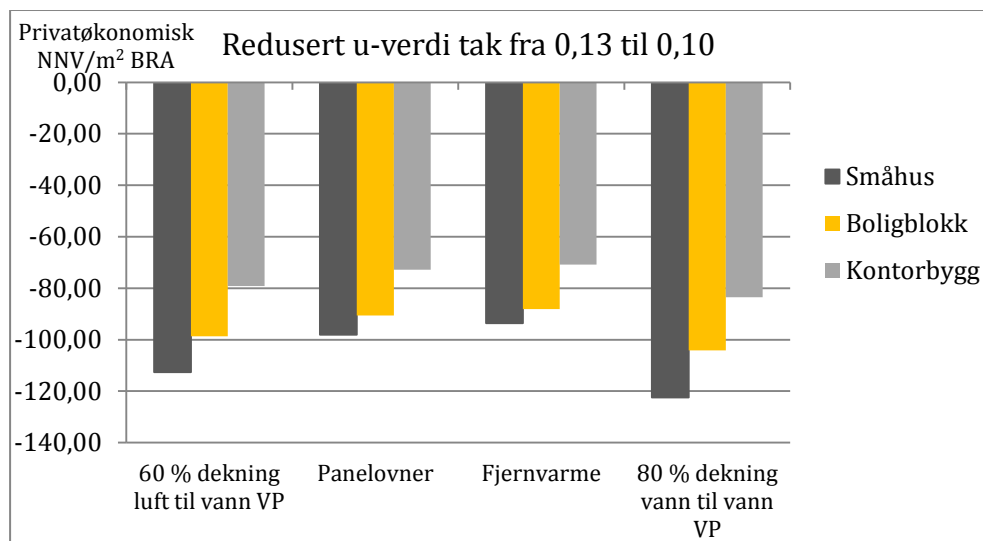
Basert på høye kostnader og lave energibesparelser, anbefaler vi i utgangspunktet å beholde kravsnivået til U-verdi for tak på 0,13 W/m<sup>2</sup>K.

Imidlertid er det ved beregninger for enkelttiltak ikke medtatt eventuelle kostnadsbesparelser for varmesystemet. Egne beregninger senere i denne rapporten, for den totale foreslåtte tiltakspakken, viser at mulige kostnadsreduksjoner i distribusjonen og produksjonen av varme øker lønnsomheten betydelig.



Figur 6a og 6b: Privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk netto nåverdi per BRA ved reduksjon av U-verdi i taket fra 0,13 til 0,10 for småhus, boligblokk og kontorbygg. Beregningen er gjort ved lav, forventet og høy energipris forutsatt en luft til vann varmepumpe.



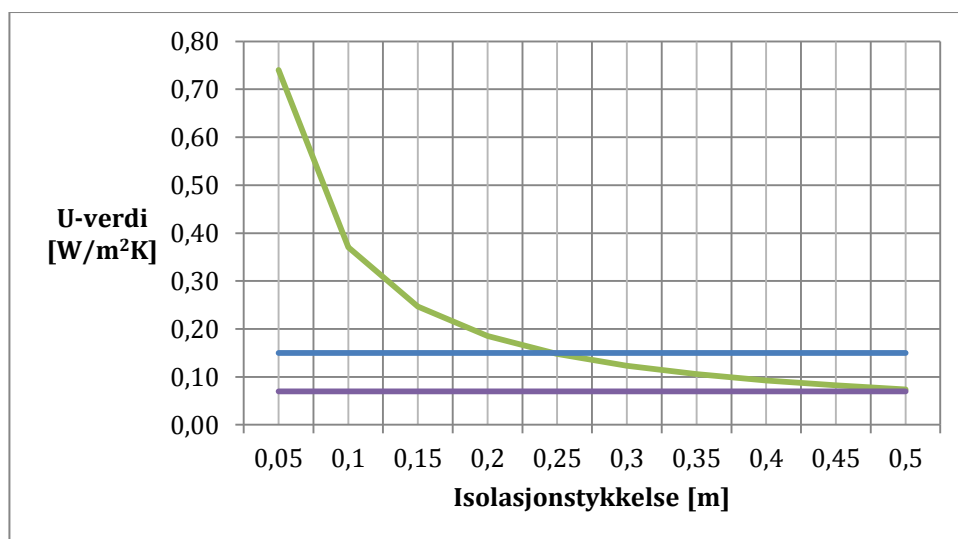


Figur 7: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved reduksjon av U-verdi i tak fra 0,13 til 0,10 for småhus, boligblokk og kontorbygg ved forventet energipris ved ulike energiforsyningsløsninger.

## 5.4 U-verdi gulv

### 5.4.1 Bygningsteknisk

Dersom bygninger oppføres med gulv på grunn med telesikre masser kan det aksepteres å redusere U-verdien i gulvet under 0,15 W/m<sup>2</sup>K. Det vil da være mindre risiko for teleskader på grunn av frost. Bygninger med stort gulvareal (for eksempel større kontorbygninger) oppnår ofte en lav U-verdi på gulvet selv med lite isolasjon. Dette på grunn av varmemotstanden til grunnen. Det er viktig å poengtere viktigheten av isolering langs randsonen av bygget (ringmursisolasjon og markisolasjon) for å oppnå lav kuldebroverdi og unngå kalde flater på gulvet langs yttervegg. For boligblokker og kontorbygg er det ofte uoppvarmede eller delvis oppvarmede rom som grenser til gulv. Det vil derfor ikke nødvendigvis oppnås beregnet energibesparelse ved å redusere U-verdiene for gulv. Gulv mot det fri, derimot, bør prioriteres.



Figur 8: Forenklet sammenstilling av U- verdi (y-aksen [W/m<sup>2</sup>K]) og isolasjonstykkelse (x-aksen [m]) i gulvgulv for TEK10-kravet (øverste horisontale linje) og passivhusnivå (nederste horisontale linje).

#### 5.4.2 Kostnader og energibesparelser

Tabellen under viser kostnadstall og energibesparelser for gulv ved å gå fra U-verdi 0,15 til 0,10 W/m<sup>2</sup>K for gulv. Tallene er basert på erfaringstall fra konkrete prosjekter, samt kontrollberegning med enhetspriser for material- og arbeidskostnader. Det er benyttet tall for XPS (ekstrudert polystyren) og ikke EPS (eksplandert polystyren). XPS er dyrere enn EPS, men har bedre fukttekniske egenskaper. Det er likevel mulig å bruke EPS under gulv på grunn, noe som vil redusere kostnadene betraktelig.

Tabell 6: Gulv

U-verdi fra 0,15 til 0,10 <sup>3</sup>	Merkostnad	Usikkerhetsnivå Merkostnad	Energibesparelse (netto energibehov)
Kategori	[nkr/BRA]	[nkr/BRA]	[kWh/m <sup>2</sup> år]
Småhus (inkl mva)	240	60-240	2,7
Boligblokk (inkl mva)	160	60-160	1,6
Kontorbygg (eks mva)	80	40-80	1,9

Energibesparelsen ved å redusere U-verdien for gulv ned mot 0,10 er høyere enn energibesparelsen ved å redusere U-verdien på taket fra 0,13 ned mot 0,1.

#### 5.4.3 Lønnsomhet

Figurene under viser lønnsomheten i netto nåverdi per kvadratmeter for de tre ulike bygningskategoriene, og for fire ulike energiforsyningsløsninger. Positiv netto nåverdi betyr at tiltaket vil være privatøkonomisk lønnsomt.

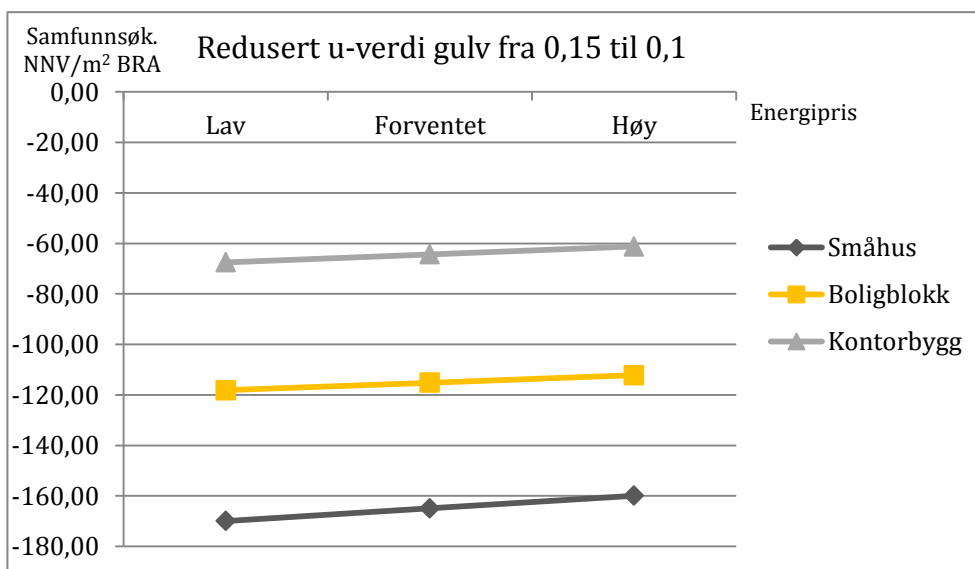
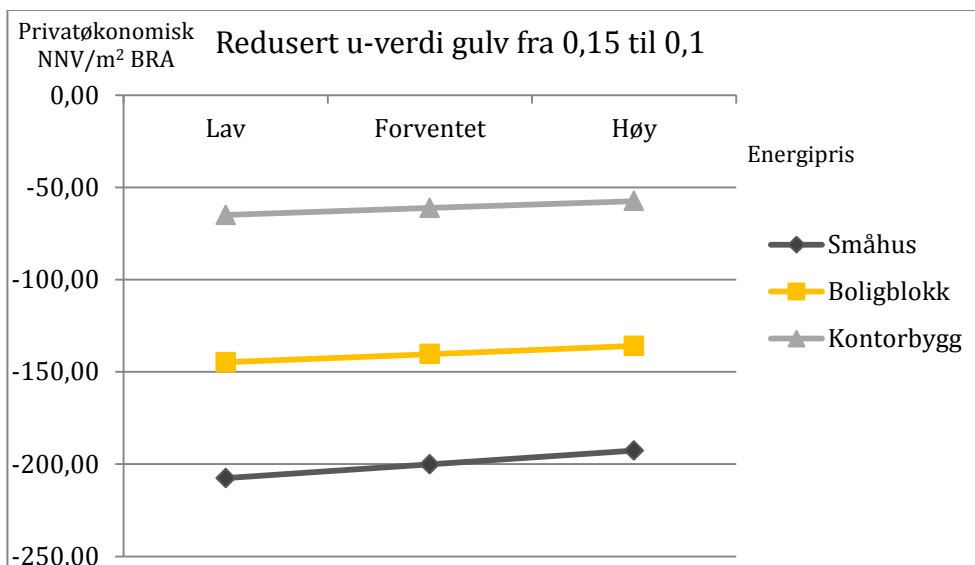
Figurene viser at tiltaket vil være mest gunstig for kontorbygg, her er grunnflaten stor og det kreves relativt lave merkostnader for å forbedre U-verdien. Merkostnaden for småhus er betydelig høyere, også i forhold til energibesparelsen. Tiltaket med å redusere U-verdi for gulv er derfor økonomisk lite gunstig i forhold til å redusere U-verdien på andre bygningsdeler. Den samfunnsøkonomiske kostnaden for den reelle energibesparelsen for kontorbygg er 3 kr/kWh, mens den ligger på 6 kr/kWh og 5 kr/kWh for boligblokk og småhus.

I Rambølls [2] mest lønnsomme tiltakspakke er det valgt å beholde en u-verdi på 0,15 for gulv. DiBK har også foreslått dette i sin tiltakspakke.

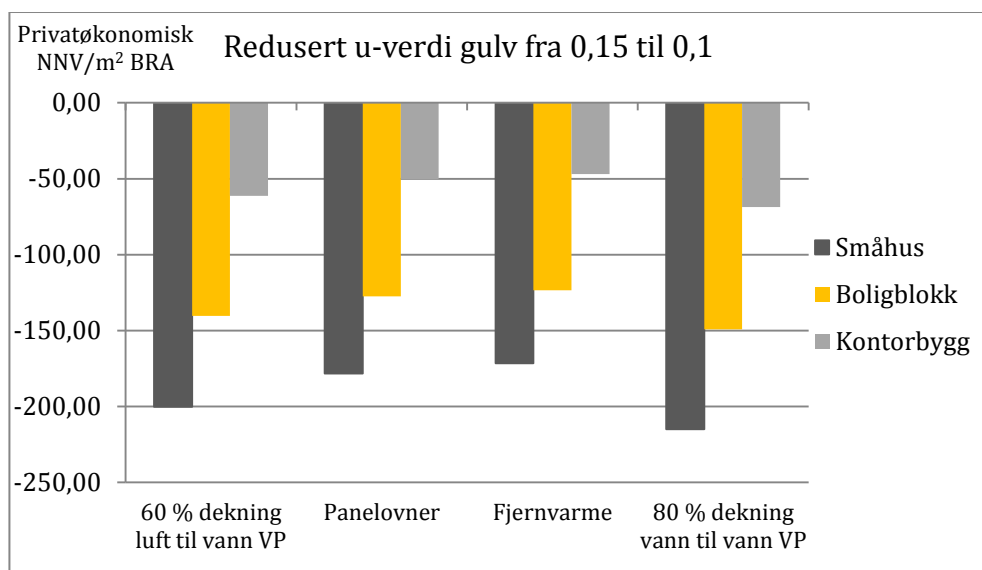
Basert på kostnadsvurderingen, samt tekniske vurderinger, anbefaler Multiconsult i utgangspunktet at U-verdikravet for gulv på grunn opprettholdes på 0,15 W/m<sup>2</sup>K. Gulv mot det fri, derimot, kan gis samme krav som tak, det vil si 0,13 W/m<sup>2</sup>K. Det er ikke sett spesielt på kostnaden for å oppnå 0,13 W/ m<sup>2</sup>K.

Imidlertid er det ved beregninger for enkelttiltak ikke medtatt eventuelle kostnadsbesparelser for varmesystemet. Egne beregninger senere i denne rapporten, for den totale foreslåtte tiltakspakken, viser at mulige kostnadsreduksjoner i distribusjonen og produksjonen av varme øker lønnsomheten betydelig.

<sup>3</sup> Kostnaden inkluderer arbeids- og materialkostnad, basert på Holthe kalkulasjonsnøkkel (2013). Legger til grunn at det må isoleres med 100mm ekstra XPS-isolasjon.



Figur 9a og 9b: Samfunnsøkonomisk og privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved reduksjon av U-verdi i gulvet fra 0,15 til 0,10 for småhus, boligblokk og kontorbygg. Beregningen er gjort ved lav, forventet og høy energipris forutsatt en luft til vann varmepumpe.



Figur 10: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved reduksjon av U-verdi i gulv fra 0,15 til 0,10 for småhus, boligblokk og kontorbygg ved forventet energipris ved ulike energiforsyningsløsninger

## 5.5 U-verdi vindu

### 5.5.1 Bygningsteknisk

Markedet har tilpasset seg strengere krav til U-verdi for vinduer, og det har skjedd mye på innovasjonsfronten hva gjelder isolasjonsevnen til vinduer de siste årene. Passivhusstandarden har nok mye av æren for det. Det kan derimot ikke forventes en tilsvarende forbedring frem mot 2015 fordi det tar tid å omstille næringen. I arbeidet med TEK20, derimot, kan situasjonen være en helt annen.

Nye vinduer med svært gode varmetekniske egenskaper kan dempe radiosignaler, slik at for eksempel mobildekningen kan bli dårligere. Vi anbefaler at dette utredes mer i detalj.

### 5.5.2 Kostnader og energibesparelser

Tabellen under viser kostnadstall for vinduer ved å gå fra U-verdi 1,2 til hhv. 1,0, 0,8 og 0,7 W/m<sup>2</sup>K. Tallene er basert på erfaringstall fra konkrete prosjekter, samt kontrollberegning med enhetspriser for material- og arbeidskostnader.

Tabell 7: Vinduer

U-verdi vinduer fra 1,2 til 1,0 / 0,8 / 0,7 <sup>4</sup>	Merkostnad vinduer [nkr/BRA]			Usikkerhetsnivå Merkestnader [nkr/BRA]	Energibesparelse (netto energibehov) [kWh/m <sup>2</sup> år]
	1,0	0,8	0,7		
Kategori / U-verdi					
Småhus (inkl mva)	160	170	360	60-160 / 100-170 / 280-360	4,5 / 9,0 / 11,3
Boligblokk (inkl mva)	160	170	360	60-160 / 100-170 / 280-360	4,1 / 8,2 / 10,3
Kontorbygg (eks mva)	130	140	290	50-140 / 80-140 / 225-290	4,3 / 8,7 / 10,8

Energibesparelsen ved å redusere U-verdien for vinduer ned mot 0,8 er betydelig høyere enn energibesparelsen ved å bedre yttervegger, tak og gulv.

Det er i bygningsmodellene sett på vinduer og dører som ett. En U-verdi på 0,8 for dører er ikke reelt, men dører utgjør normalt en liten andel og er utelatt i SINTEF bygningsmodellene som er brukt til å beregne rammekrav.

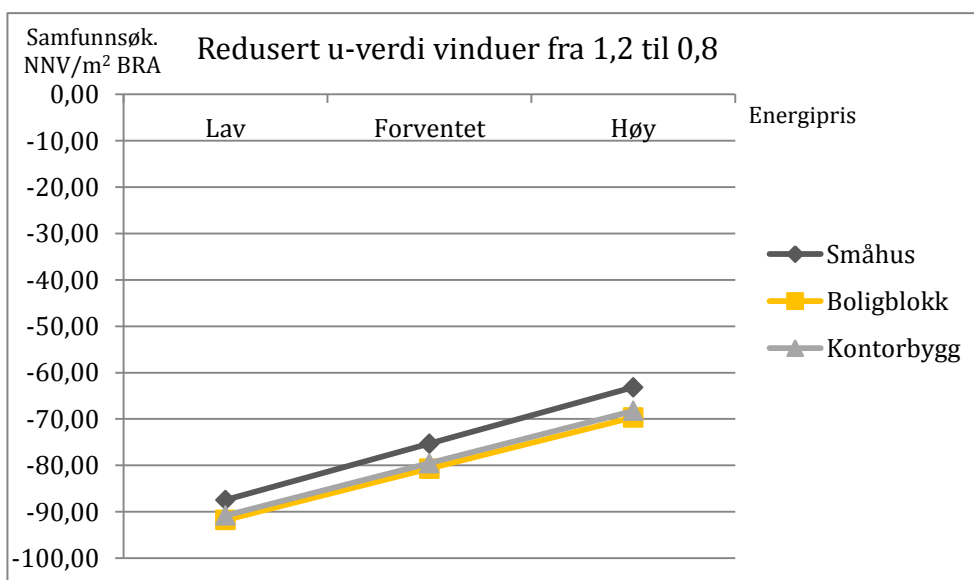
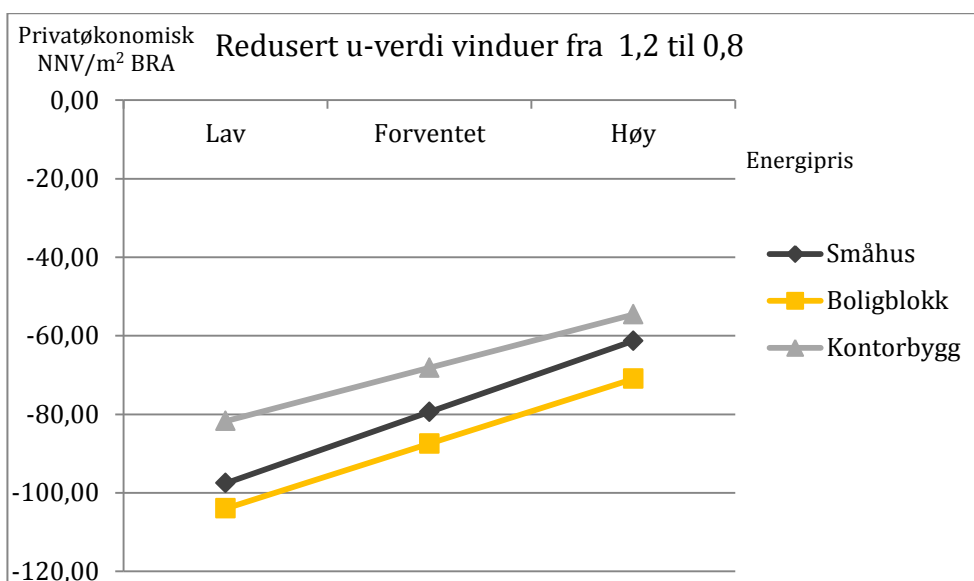
<sup>4</sup> Kostnadene er beregnet på grunnlag av tall fra Nordan, samt referanseprosjekter.

### 5.5.3 Lønnsomhet

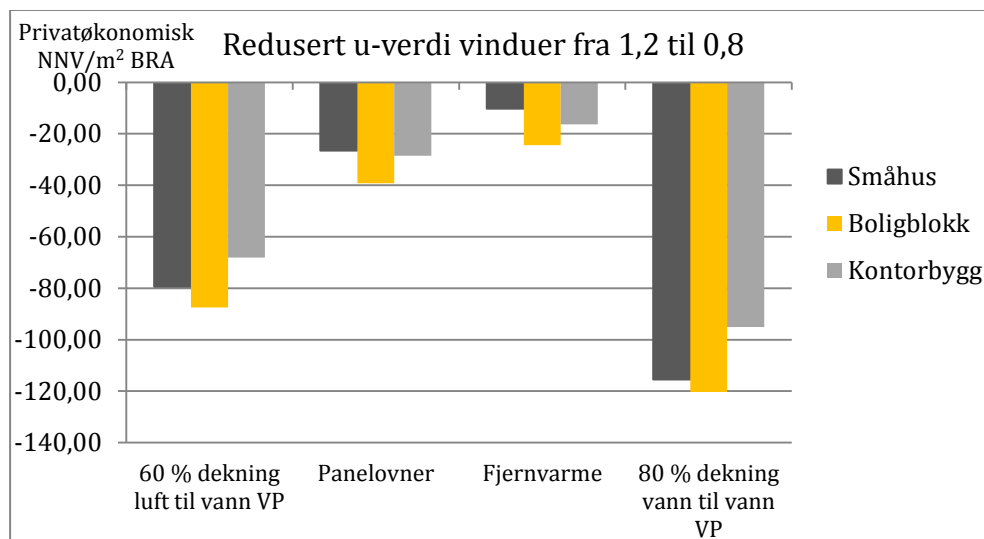
Figurene under viser lønnsomheten i netto nåverdi per kvadratmeter for de tre ulike bygningskategoriene, og for fire ulike energiforsyningsløsninger. Positiv netto nåverdi betyr at tiltaket vil være privatøkonomisk lønnsomt.

Figurene viser at merkostnadene ved vinduer fortsatt er så høye at det ikke er privatøkonomisk lønnsomt ved bruk av varmepumpe. Dersom bygget varmes opp elektrisk eller med fjernvarme, vil tiltaket være økonomisk lønnsomt for boliger.

Den samfunnsøkonomiske kostnaden for den diskonterte reelle energibesparelsen ligger på 1,50 kr/kWh for alle tre bygningskategorier.



Figur 11a og 11b: Privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk netto nåverdi per BRA ved reduksjon av U-verdi i vinduer fra 1,2 til 0,8 for småhus, boligblokk og kontorbygg. Beregningen er gjort ved lav, forventet og høy energipris forutsatt en luft til vann varmepumpe.



Figur 12: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved reduksjon av U-verdi i vinduer fra 1,2 til 0,8 for småhus, boligblokk og kontorbygg ved forventet energipris ved ulike energiforsyningsløsninger

Vi anbefaler på dette grunnlag å skjerpe kravsnivået til 0,8 W/m<sup>2</sup>K for vinduer i Energiregler 2015 i TEK. Eventuelt kan kravet skjerpes til 0,7 W/m<sup>2</sup>K for eneboliger, for å stimulere til fortsatt innovasjon.

Vi anbefaler også en videre utredning rundt vinduer. En av problemstillingene er at reell U-verdi er forskjellig fra nominell U-verdi, spesielt for to-lags vinduer. U-verdien blir mye høyere for disse ved lave temperaturer og vind. Det er derfor sekundære effekter som gir større reell energi- (særlig effekt-) besparelser ved å gå ned til U-verdi 0,8 W/m<sup>2</sup>K.

## 6 Lufttetthet og kuldebro

### 6.1 Lufttetthet

#### 6.1.1 Bygningsteknisk

Bransjen har tilpasset seg strengere krav til lufttetthet og har vist at det er mulig å oppnå svært tette bygg med grundig prosjektering og oppfølging på byggeplass. Kostnadene er høye, men energibesparelsene er også høye. Vi anbefaler å legge kravet til lekkasjetall på 0,6 oms/h.

#### 6.1.2 Kostnader og energibesparelser

Tabellen 8 viser kostnadstall for å forbedre lekkasjetallet fra hhv 2,5 for småhus og 1,5 for øvrige bygninger til 0,6. Energibesparelsen er betydelig ved redusert lekkasjetall. Oppfølgingen på byggeplass gir relativt høye merkostnader

Tabell 8: Lekkasjetall

Lekkasjetall til 0,6 <sup>5</sup>	Merkostnad	Usikkerhetsnivå Merkostnad	Energibesparelse (netto energibehov)
Kategori	[nkr/BRA]	[nkr/BRA]	[kWh/m <sup>2</sup> år]
Småhus (inkl mva)	270	150-270	13,6
Boligblokk (inkl mva)	140	80-140	4,9
Kontorbygg (eks mva)	140	65-140	5,6

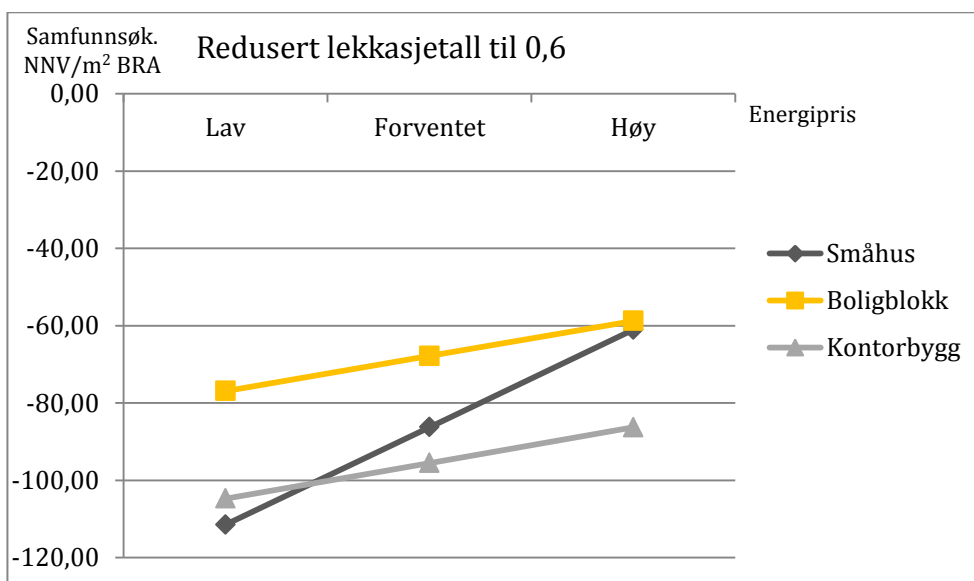
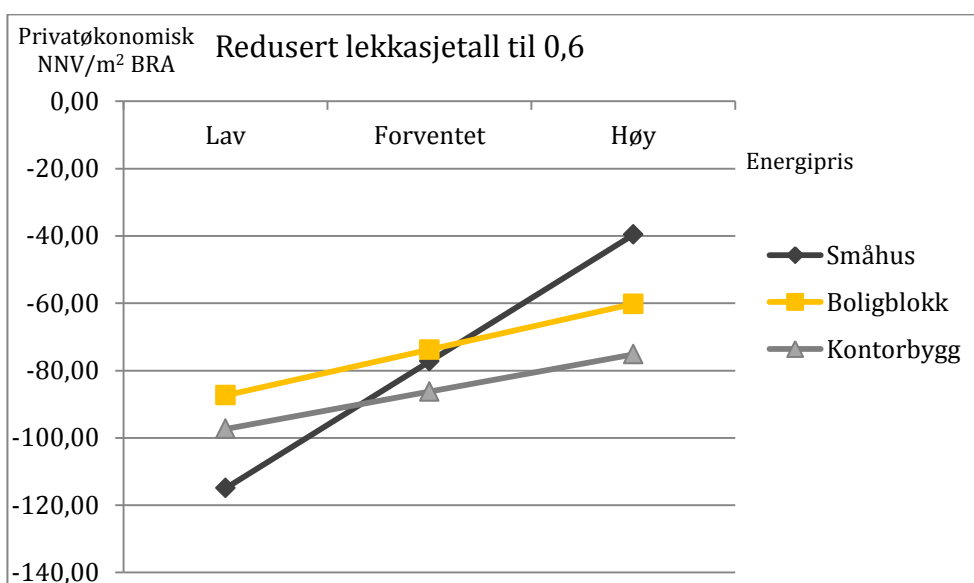
<sup>5</sup>Kostnadene er beregnet på grunnlag av referanseprosjekter for kontorbygg. For boligblokk og småhus er tallene justert iht verdier fra [1] og [2]

### 6.1.3 Lønnsomhet

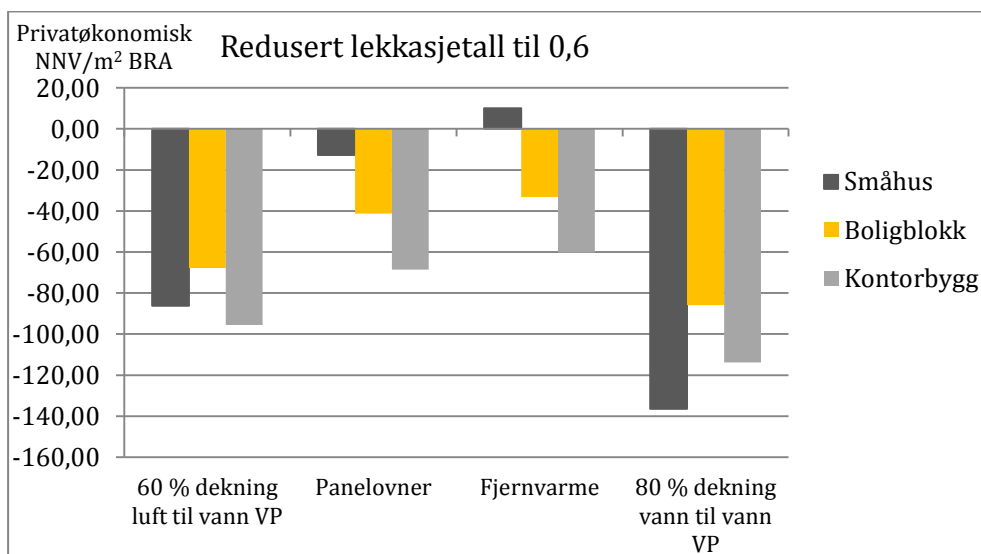
Figur 13a, 13b og 14 viser lønnsomheten i netto nåverdi per kvadratmeter for de tre ulike bygningskategoriene, og for fire ulike energiforsyningsløsninger. Positiv netto nåverdi betyr at tiltaket vil være privatøkonomisk lønnsomt.

Netto nåverdi er negativ for tiltaket, på grunn av relativt høye merkostnader og at energiprisen er relativt lav. Den reelle privatøkonomiske kostnaden for energibesparelsen ligger på 1,40 kr/kWh for småhus og rundt 2,00 kr/kWh for boligblokk og kontorbygg. Det gjør at dette tiltaket likevel er blant de mest lønnsomme som er foreslått i tiltakspakken.

Den reelle samfunnsøkonomiske kostnaden for energibesparelsen er kun 1,10 kr/kWh for småhus, 1,70 kr/kWh for boligblokk og 1,60 for kontorbygg.



Figur 13a og 13b: Privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk netto nåverdi per BRA ved reduksjon lekkasjetall fra 0,06 til 0,03 for boligblokk og kontorbygg. Beregningen er gjort ved lav, forventet og høy energipris forutsatt en luft til vann varmepumpe



Figur 14: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved redusert lekkasjetall fra 2,5 til 0,6 for boligblokker og kontorbygg og fra 1,5 og ned til 0,6 for småhus ved forventet energipris ved ulike energiforsyningsløsninger

## 6.2 Normalisert kuldebroverdi

### 6.2.1 Bygningsteknisk

Basert på erfaringer fra prosjektering av byggeprosjekter ser det ut som de fleste bygg klarer seg fint innenfor foreslått krav til normalisert kuldebroverdi på 0,05 W/m<sup>2</sup>K. Selv bygg med en kompleks geometri med mye bruk av utstikk klarer dette kravet. Kravet kan derfor skjerpes.

### 6.2.2 Kostnader og energibesparelser

Tabellen under viser kostnadstall for å forbedre kuldebroverdien fra 0,06 til 0,03. Tallene er basert på erfaringstall fra entreprenører for kontorbygg.

For småhus er kuldebroverdien allerede 0,03 i tiltakspakken som ligger til grunn i TEK10. Merkostnader og energibesparelse er derfor lik null for småhus som allerede har 0,03 i dagens tiltaksmodell.

For kontorbygg og boligblokk er den mulige energibesparelsen betydelig.

Tabell 9: Kuldebroverdi

Kuldebroverdi til 0,03 <sup>6</sup>	Merkostnad	Usikkerhetsnivå Merkostnader	Energibesparelse (netto energibehov)
Kategori	[nkr/BRA]	[nkr/BRA]	[kWh/m <sup>2</sup> år]
Småhus (inkl mva)	0	0	0
Boligblokk (inkl mva)	80	40-120	2,9
Kontorbygg (eks mva)	65	30-95	3,2

### 6.2.3 Lønnsomhet

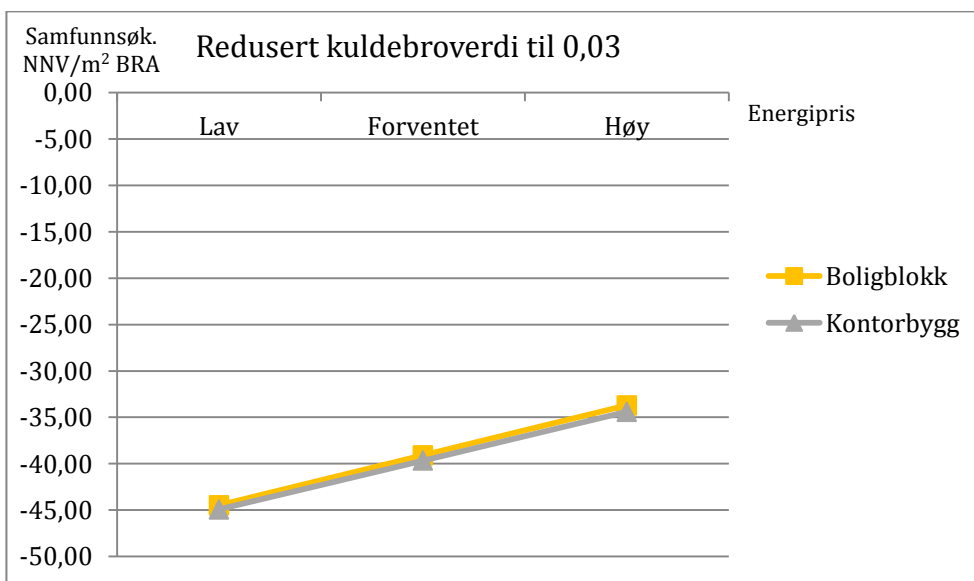
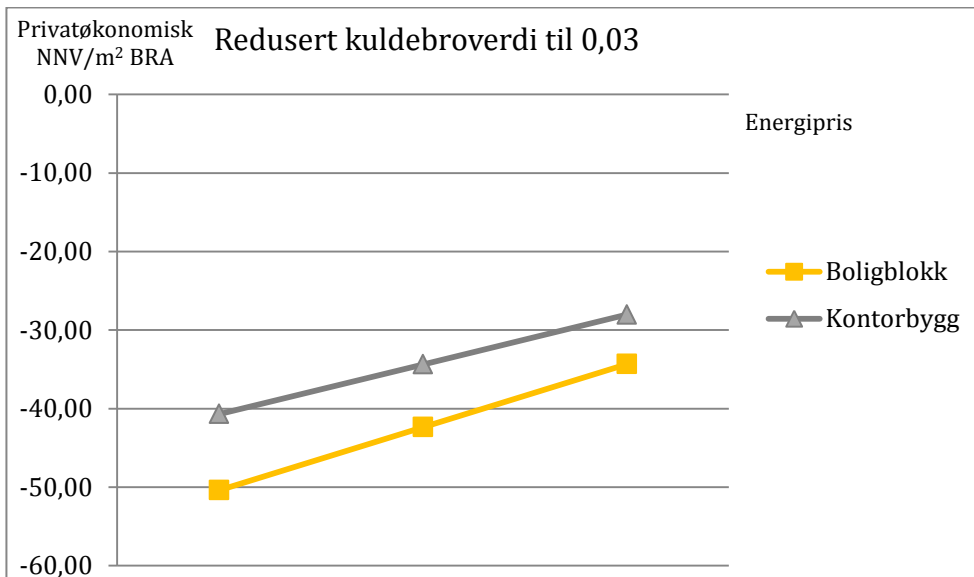
Figurene under viser lønnsomheten i netto nåverdi per kvadratmeter for de tre ulike bygningskategoriene, og for fire ulike energiforsyningsløsninger. Positiv netto nåverdi betyr at tiltaket vil være privatøkonomisk lønnsomt.

<sup>6</sup> Kostnadene er basert på erfaringstall fra kontorbygg.

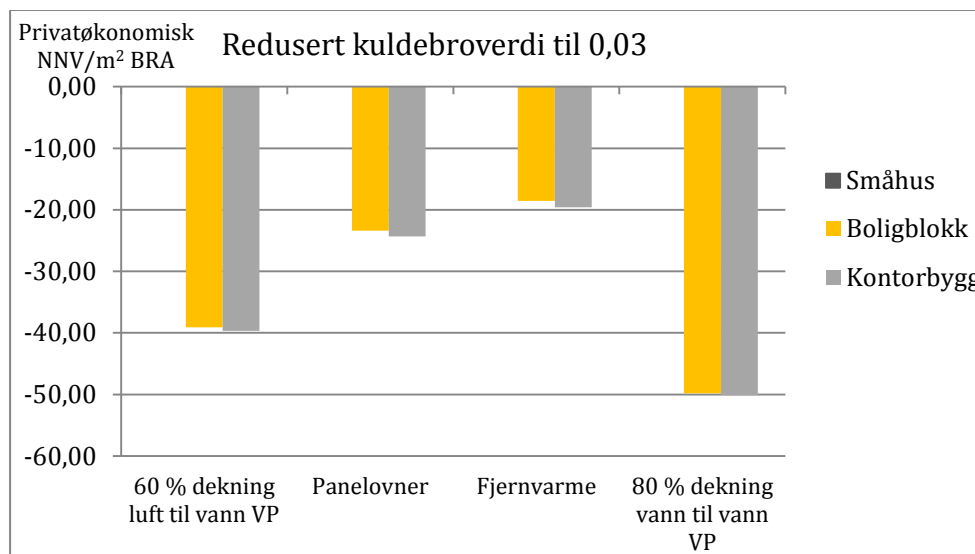


Reduksjon av kuldebroverdi følger i stor grad som en konsekvens av en god bygningskropp for øvrig. Merkostnadene er ikke veldig store. Netto nåverdi er negativt for store bygg som boligblokker og kontorbygg for tiltaket, men tiltaket er likevel blant de mest lønnsomme av det som er foreslått og vurdert her. Privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk kostnad ligger på 1,6 til 2,0 kr/kWh.

Multiconsult foreslår at kravet legges på 0,03 W/m<sup>2</sup>K for alle bygningstyper.



Figur 15a og 15b: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved redusert kuldebroverdi fra 0,06 og ned til 0,03 for boligblokk og kontorbygg. Beregningen er gjort ved lav, forventet og høy energipris forutsatt en luft til vann varmepumpe



Figur 16: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved redusert kuldebroverdi fra 0,06 og ned til 0,03 for boligblokk og kontorbygg v ed forventet energipris ved ulike energiforsyningsløsninger

## 7 Belysning

### 7.1 Effektbehov belysning

Det er ikke satt krav til effektbehov belysning i energitiltaksmetoden i dagens TEK10, men belysning inngår selvsagt i beregningene i energirammemetoden. Verdier for belysning i NS 3031:2007+A1:2011 tabell A1 skal som hovedregel benyttes ved kontrollberegning mot offentlige krav i dag. Med lysstyringssystem kan de reduseres med 20 %, men det er også mulig å dokumentere andre lavere verdier etter NS-EN 15193. For boliger er standardverdi belysning 1,95 W/m<sup>2</sup>, for kontorbygg er det 8 W/m<sup>2</sup> som med lysstyring blir redusert til 6,4 W/m<sup>2</sup>. Dette bør være et minimum i Energiregler 2015 i TEK. Imidlertid synes det naturlig for Energiregler 2015 i TEK, som er foreslått som passivhusnivå, at man som grunnlag for energirammenivået da også benytter de kravene til belysning som er gitt i passivhusstandarden. Dette er gjennomsnittlig effektbehov i driftstid 4 W/m<sup>2</sup> for kontorbygg. For boliger er det 1,95 W/m<sup>2</sup>. I spesielt optimale lavenergi/miljøbygg-prosjekter har man klart ned mot 3-3,5 W/m<sup>2</sup> i kontorbygg. (Vi har ikke tilsvarende erfaringsverdier fra boligprosjekter). Ytterligere skjerpning utover kravene i passivhusstandarden vurderes i dag som for strengt, men det kan være et middel for å stimulere til nytenking og innovasjon i bransjen.

Belysningen i yrkesbygg er sammensatt av dagslys og kunstig belysning. Utformingen av belysningsanleggene og den kunstige delen av belysningen er basert på funksjonelle krav. Kvaliteten er bestemt av belysningens funksjon, menneskets synsprestasjon og virksomhetens krav til synsbetingelser. Viktige parametre er bl.a. belysningsnivå, blanding, luminanser i omgivelsene, lysfarge og fargegjengivelse. Energiforbruk og effektbehov er underlagt og underordnet funksjonelle krav. Ved planlegging (design) av lysanlegg, benyttes ulike lyskilder avhengig av formålet med belysningen. Energireglene bør ikke settes slik at belysningsanleggene ikke tilfredsstillere formålet.

Når det gjelder passivhus er det viktig å påpeke at det er en forskjell mellom NS 3031:2007+A1:2011 og NS 3700:2013 / NS 3701:2012. De to sistnevnte har forutsetninger for tilstedeværelse og m<sup>2</sup> per person.

Det anbefales å gjøre grundigere vurderinger av effekten for belysning som skal legges til grunn for energirammen.

## 7.2 Kostnader og energibesparelser

Prisen for totale belysningsløsninger varierer betydelig avhenger av byggets funksjonskrav og styringssystem. Valgte tekniske løsninger og hvorvidt det er inkludert dimmefunksjon, bevegelses- og dagslyssensor og totale styringssystem påvirker energibehovet. Det vil også kunne være store forskjeller mellom kostnader for behovsstyrt belysning i kontorlandskap og cellekontor, da antallet bevegelsessensorer vanligvis blir høyere for cellekontor.

Merkostnadene i forhold til TEK10, som er benyttet her (tabell 10), er foreløpig basert på ett konkret prosjekt som fikk passivhusstøtte fra Enova i 2013 samt ett som foreligger på forprosjektnivå som har fått tilsagn om passivhustilskudd basert på kalkulerte merkostnader.

Merkostnadene er usikre, og kan med fordel utredes nærmere. Den elektriske energibesparelsen ved redusert behov til belysning er betydelig, samtidig går varmebehovet litt opp.

Tabell 10: Belysning

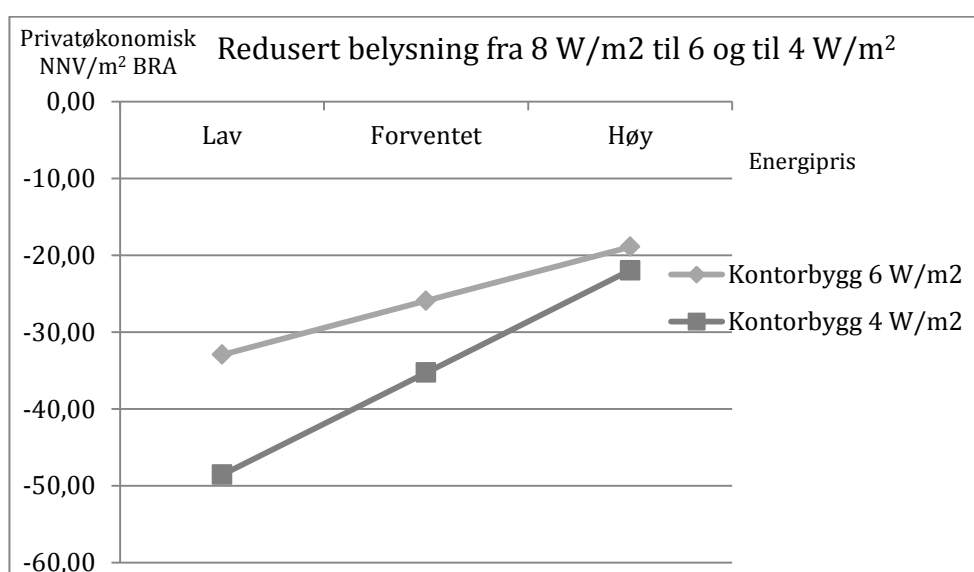
Effekt belysning fra 8 W/m <sup>2</sup> til 6 / 4 W/m <sup>2</sup>	Merkostnad belysning 6 W/m <sup>2</sup>	Merkostnad belysning 4 W/m <sup>2</sup>	Usikkerhetsnivå Merkostnader	Energibesparelse (netto energibehov)
	[nkr/BRA]	[nkr/BRA]	[nkr/BRA]	[kWh/m <sup>2</sup> år]
Kontorbygg (eks mva)	50	80	30-50 / 50-120	6,3 / 12,5

## 7.3 Lønnsomhet

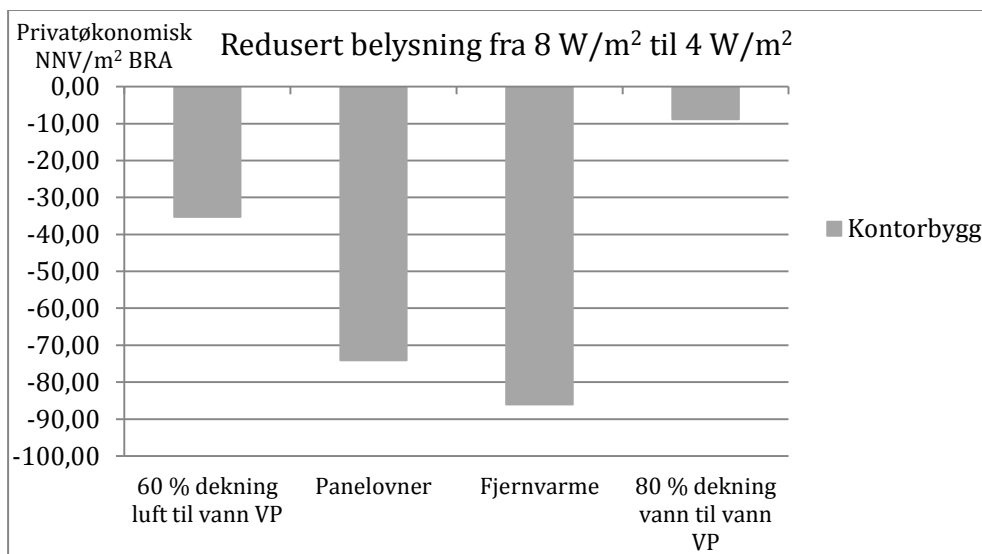
Figurene under viser lønnsomheten ved redusert gjennomsnittlig effektbehov til belysning, i netto nåverdi per kvadratmeter for et kontorbygg, og for fire ulike energiforsyningsløsninger. Positiv netto nåverdi betyr at tiltaket vil være privatøkonomisk lønnsomt. Vi ser at netto nåverdi av tiltaket er negativ, men tiltaket er økonomisk mer gunstig enn forbedring på bygningskroppen for kontorbygg.

Tiltaket er mest lønnsomt i prosjekter med varmepumpe, da denne kan dekke en stor del av det økte oppvarmingsbehovet. Tiltaket vil også kunne gi redusert behov for kjøling. Dette er et viktig element som ikke er inkludert i denne beregningen siden modellbygget ikke har innlagt lokalkjøling og kun har ventilasjonskjøling med konstant tillufttemperatur. I mange reelle prosjekter der man har større kjølebehov vil tiltaket være enda mer gunstig. Dette gjelder særlig forretningsbygg.

Multiconsult anbefaler at kravsnivået for kontorbygninger legges på 4 W/m<sup>2</sup>.



Figur 17: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved redusert energi og effekt til belysning i kontorbygg ned mot 6 W/m<sup>2</sup> og 4 W/m<sup>2</sup>. Beregningen er gjort ved lav, forventet og høy energipris forutsatt en luft til vann varmepumpe



Figur 18: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved redusert effekt og energibruk til belysning i kontorbygg ned mot 4 W/m<sup>2</sup> ved forventet energipris ved ulike energiforsyningsløsninger

## 8 Ventilasjon

### 8.1 Generelt

Ventilasjon har ofte stor innvirkning på energibudsjettet i et bygg, gjennom postene ventilasjonsvarme og vifteenergi. Endringer i forutsetningene bak energirammen i TEK på hhv. gjennomsnittlige luftmengder, temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner og SFP gir altså store utslag, og man bør derfor være svært bevisst på valg av nye parameterverdier. Men samtidig synes det å være store usikkerheter på dette området i forhold til hva som er vanlig kvalitet i dag, hva som er mulig å oppnå i dag i de ulike bygningskategorier, og hva som bør kunne være mulig å oppnå noen år frem med tanke på nytenkning og innovasjon i bransjen. Samtidig er også gjeldende NS 3031:2007+A1:2011 ikke helt klar på hvordan man skal bestemme de ulike verdiene, som er bakgrunnen for at Standard Norge nå er i ferd med å utarbeide et endringsblad som blant annet inneholder nytt Tillegg H (normativt) "Tidsmidlet luftmengde, spesifikk vifteeffekt og temperaturvirkningsgrad for bygningens ventilasjonssystem". Bla. er det angitt nye retningslinjer for produktdokumentasjon av ventilasjonsaggregater som går på SFP og temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner som muligens kan medføre endrede verdier fra ventilasjonsleverandører.

I de etterfølgende avsnitt gis mer informasjon om disse utfordringene, de ulike parameterverdier drøftes, og vi kommer frem til en foreløpig konklusjon i forhold til hvilke forutsetninger og verdier vi benytter i beregningene våre. Det anbefales imidlertid å gjøre grundigere vurderinger av de ulike parameterverdier som skal legges til grunn for energirammene, med kartlegging av hva som er oppnådd i nye lavenergi/passivhusprosjekter for ulike bygningskategorier, og henvendelser til leverandører om synspunkter på teknisk realistiske verdier i dag og fremover.

### 8.2 Styring av ventilasjonsluftmengder

Gjeldende NS 3031:2007+A1:2011 angir at det er reelle luftmengder dimensjonert ut fra materialbelastning (emisjoner), personbelastning og andre belastninger som skal legges til grunn ved beregning av energibehov og kontrollberegning mot offentlige krav. Dette vil naturligvis kunne variere mye fra bygg til bygg. Videre er det den gjennomsnittlige ventilasjonsluftmengden hhv. i og utenfor driftstid korrigert for evt. behovsstyring som skal benyttes i energiberegningene.

For kontorbygg er veiledende verdier for ventilasjon i NS 3031:2007+A1:2011 tabell B1 på  $10 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  i driftstiden. Hvis ikke nærmere beregninger eller simuleringer gjøres, kan gjennomsnittlig luftmengde i driftstiden i VAV-anlegg, behovsstyrt etter  $\text{CO}_2$ -nivå eller tilstedeværelse, reduseres med 20 % i forhold til dimensjonerende luftmengde. Nevnte veiledende verdi reduseres i så fall til  $8 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ .

NS 3031:2007+A1:2011 angir også i tabell A6 at minste tillatte luftmengde ved kontrollberegning mot offentlige krav er  $7 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ . I passivhusstandarden derimot er angitt minste tillatte gjennomsnittlig luftmengde til  $6 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  for kontorbygg, som er funnet ut fra angitte forutsetninger for behovsstyring. I forutsetningene bak energirammen i TEK10 ligger den veiledende verdien  $10 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ .

DiBK ønsker å ha en viss fleksibilitet for byggherre mht å ivareta luftkvalitet og inneklima, og ønsker derfor ikke å sette veiledende verdier for rammen for strengt. På denne bakgrunn er det besluttet å benytte  $8 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  for kontorbygg som tilsvarer 80 % av veiledende verdi i NS 3031:2007+A1:2011, og dette er således en mellomting mellom forutsetningen i TEK10 og minste tillatte verdi i passivhusstandarden.

I revisjonen av NS 3031 som det arbeides med, er foreslått egen tabell H.1 med forutsetninger for beregning av gjennomsnittlig luftmengde ved behovsstyring i driftstid (etter samme metode som i passivhusstandarden). Denne angir minste primærareal, minimal persontetthet og minste tilstedeværelse, som ikke skal overskrides ved kontrollberegning mot offentlige krav i de tilfellene man har VAV-anlegg. (For CAV-anlegg gjelder fortsatt tabell A6 med minste tillatte luftmengde på  $7 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ .) Det vil trolig være relativt enkelt å oppnå lavere luftmengde enn  $8 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  med behovsstyring.  $8 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  tilsvarer eksempelvis kontorbygg med hele 80 % primærareal, høy persontetthet på  $4 \text{ m}^2/\text{pers}$  og hele 87 % tilstedeværelse, med forutsatt minimumsverdi personbelastning  $26 \text{ m}^3/\text{h}$  per person samt en materialbelastning for udokumenterte materialer på  $3,6 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ . En luftmengde på  $6 \text{ m}^3/\text{h}$  ser også ut til å være oppnåelig i mange tilfeller, som ulike passivhusprosjekter for så vidt også har vist. Minste mulige luftmengde med udokumenterte materialer og observasjoner er  $5,6 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ , og minste mulige beregnede luftmengde med dokumenterte lavemitterende materialer og angitte minsteverdier ihht. tabell H.1 er  $4,5 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ , begge tilfeller med forutsatt minimumsverdi personbelastning  $26 \text{ m}^3/\text{h}$  per person. På denne bakgrunn anbefales nærmere vurdering av den luftmengde som skal legges til grunn for nye energirammer.

Dersom en ønsker et noe strengere krav for kontorbygg, og vil nærme seg passivhusstandard, er det nærliggende å gå ned til enten 7 eller  $6 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ . Men det er viktig å se luftmengdene i sammenheng med varmegjenvinningen.

For boliger er det tilsynelatende enklere å bestemme luftmengde. I NS 3031:2007+A1:2011 er veiledende verdi tabell B1 og minste tillatte verdi tabell A6 lik. Angitt spesifikk luftmengde varierer med boenhetens areal, for modellbygg småhus er det  $1,2 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  og for boligblokk  $1,5 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  (tilsvarer gjennomsnittlig leilighetsstørrelse på ca.  $65 \text{ m}^2$ ). Dette er benyttet videre i våre beregninger. Men i revisjonen av NS 3031 står angitt at for boliger skal luftmengden ved behovsstyring beregnes/dokumenteres i hvert enkelt tilfelle. TEK10 og tilhørende veiledning angir minimumsluftmengde per sengeplass og pre-aksepterte luftmengder for kjøkken, bad, toalett og vaskerom. For mindre hus og leiligheter spesielt kan man derfor trolig havne ut med en reell luftmengde langt over de over de overnevnte veiledende og minste tillatte verdiene. Vi anbefaler derfor også en nærmere vurdering av dette, slik at ikke grunnlaget for energirammen blir for strengt.

### **8.2.1 Kostnader og energibesparelser**

Reduserte gjennomsnittlige ventilasjonsmengder vil gi betydelige energibesparelser i kontorbygg. Energibesparelsene vil komme både som redusert kjøle- og varmebehov av ventilasjonsluften, og redusert el-spesifikt forbruk til vifter, som beskrevet i avsnittene over. Gjennomsnittlige ventilasjonsmengder og energibesparelsene vil også i stor grad avhenge av forventet reell drift av bygget.

Merkostnadene i forhold til TEK10, som er benyttet her (tabell 11), er foreløpig basert på ett konkret prosjekt som fikk passivhusstøtte fra Enova i 2013 samt ett som foreligger på forprosjektnivå som har fått tilsagn om passivhustilskudd basert på kalkulerte merkostnader.

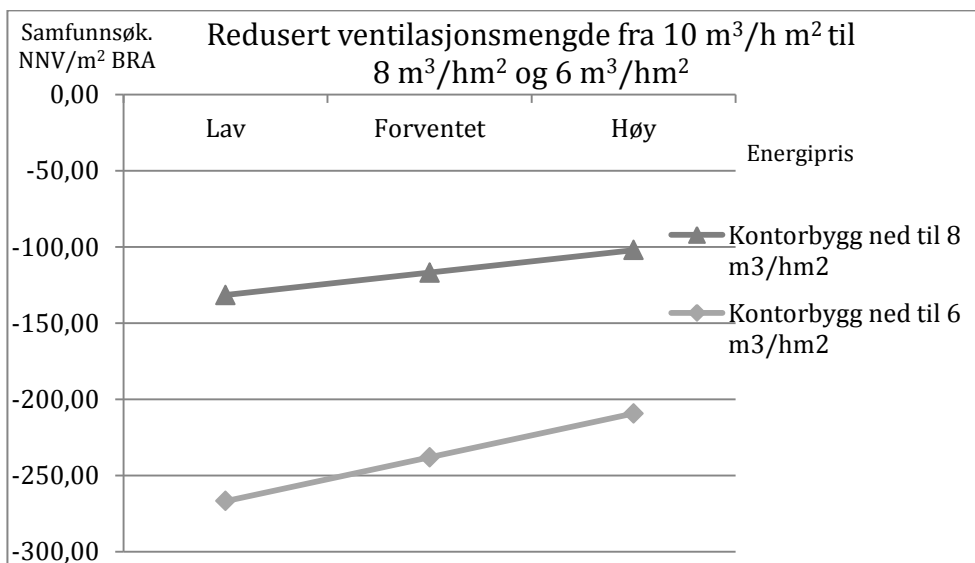
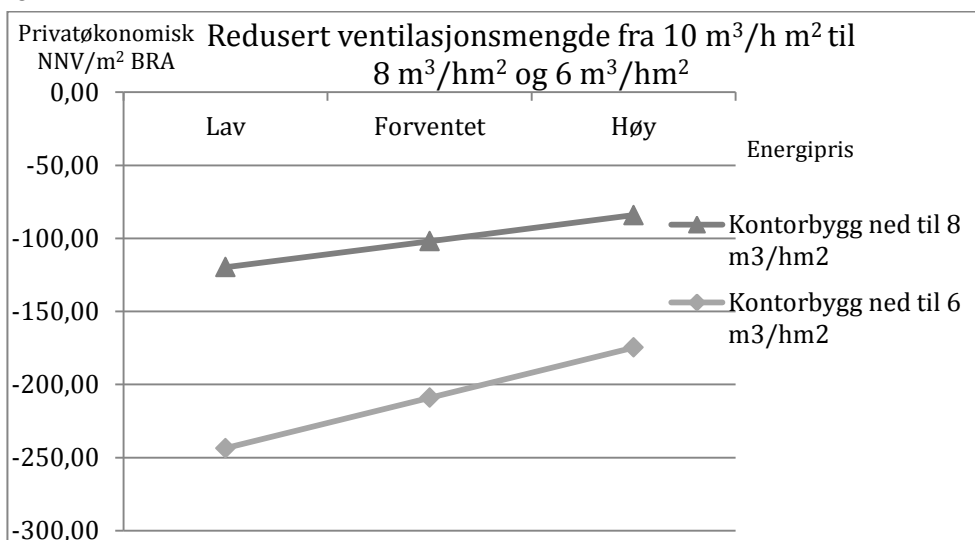
Tabell 11: Ventilasjonsluftmengder

Reduserte ventilasjonsmengder til 8 / 6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h	Merkostnad 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h	Merkostnad 6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h	Usikkerhetsnivå Merkostnader	Energibesparelse (netto energibehov)
	[nkr/BRA]	[nkr/BRA]	[nkr/BRA]	[kWh/m <sup>2</sup> år]
Kontorbygg (eks mva)	160	310	80-160 / 160-310	6,6 / 13,4

### 8.2.2 Lønnsomhet

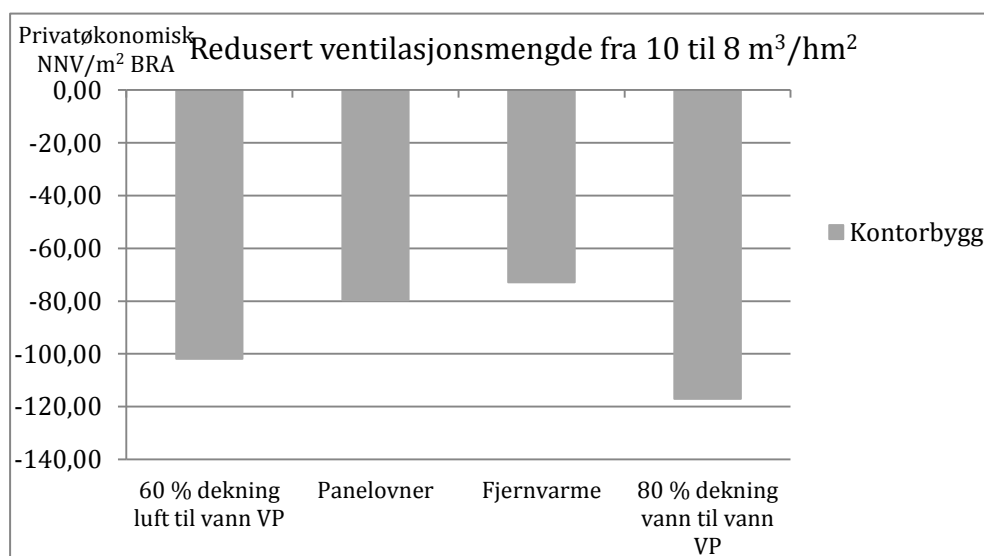
Figurene under viser lønnsomheten ved redusert ventilasjonsmengde ned mot 8 og 6 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, i netto nåverdi per kvadratmeter for et kontorbygg, og for fire ulike energiforsyningsløsninger. Positiv netto nåverdi betyr at tiltaket vil være privatøkonomisk lønnsomt. Vi ser at netto nåverdi av tiltaket er negativ, men tiltaket er økonomisk mer gunstig enn forbedring på bygningskroppen for kontorbygg.

Privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk reell kostnad for energibesparelse ligger rundt 1,70 kr/kWh både for 8 og 6 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>



Figur 19a og 19b: Privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk netto nåverdi per BRA ved redusert gjennomsnittlig ventilasjonsmengde i kontorbygg ned mot 8 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> og 6 m<sup>3</sup>/hm.

Beregningen er gjort ved lav, forventet og høy energipris forutsatt en luft til vann varmepumpe



Figur 20: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved redusert ventilasjonsmengde i kontorbygg ned fra 10 til 8 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> ved forventet energipris ved ulike energiforsyningsløsninger

### 8.3 Temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner

I energitiltaksmodellen TEK10 er det angitt årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad på minimum 70 % for boligbygning (samt arealer der varmegjenvinning medfører risiko for spredning av forurensing/smitte) og 80 % for øvrige bygninger og arealer.

For kontorbygg er ca. 90 % maksimalt oppnåelig med dagens teknologi. Det er slik at virkningsgraden forbedres med lavere lufthastighet over varmegjenvinneren. En høyeffektiv roterende varmegjenvinner med virkningsgrad mellom 80 – 85 % for dimensjonerende luftmengde, vil når man regner med gjennomsnittlig luftmengde i driftstid, gitt tilfeller med VAV som gir vesentlig lavere gjennomsnittlig luftmengde, kunne få en virkningsgrad på opptil 90 %. For å oppnå høyest mulig virkningsgrad i lavenergi/passivhusprosjekter er det ikke uvanlig å gå opp en størrelse i aggregat og varmegjenvinner ift. det som er funnet som dimensjonerende, nettopp for å redusere lufthastigheten over gjenvinneren. På denne bakgrunn er det foreslått og også benyttet en økning til 85 % i våre beregninger, men det anbefales nærmere vurdering av dette og hvorvidt det bør legges til grunn en enda bedre virkningsgrad for energirammen.

En del av denne vurderingen bør samtidig omhandle de bygg hvor det kan være risiko for spredning av forurensning/smitte, med hensyn til om det i slike arealer fortsatt må tillates en lavere temperaturvirkningsgrad eller om eksempelvis bruk av ventilasjonsaggregater med varmepumpe er løsningen for å opprettholde høy virkningsgrad. Det er dog viktig å se temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinning i sammenheng med luftmengden som legges til grunn for energirammen, slik at kanskje ikke begge parametere presses til det ytterste samtidig. Med 8 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> som virker forholdsvis enkelt å oppnå med VAV-anlegg, kan en økning i virkningsgraden til 90 % muligens være betimelig. Mens om man reduserer luftmengden i beregningsgrunnlaget til 6 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, er trolig en virkningsgrad på 85 % strengt nok. Men man bør ha i bakhodet at strenge krav her, vil kunne utløse nødvendig innovasjon innen VVS frem mot det store løftet for TEK20.

For småhus er rundt 80 % vanlig i dag, men opp mot 90 % som maksimalt oppnåelig ifølge enkelte produsenter. Da er forsert ventilasjon fra kjøkkenavtrekk som går utenfor varmegjenvinner ikke tatt hensyn til i form av redusert virkningsgrad i beregningen, slik det også skal beregnes for boliger. For boligblokk vil det være stor forskjell på hvilken ventilasjonsløsning som velges. For desentralisert løsning, dvs. at hver leilighet har eget kompaktaggregat, kan det benyttes roterende varmegjenvinner (regenerativ) og høy virkningsgrad oppnås (80-85 %, og ikke behov for avriming). For sentralisert løsning, dvs. at det installeres et stort aggregat som ventilerer hele blokken (evt. flere som ventilerer grupper av leiligheter) og som kan være mest hensiktsmessige løsning i større boligblokker, blir det som regel benyttet en plate-, kryss- eller motstrømsvarmeveksler (rekuperativ) for ikke å risikere luktoverføring fra avtrekksluften via varmegjenvinneren til tilluften. Disse varmegjenvinnerne har i utgangspunktet en dårligere temperaturvirkningsgrad, og årsgjennomsnittet blir enda dårligere på grunn av behovet for avriming. Det er likevel i enkelte lavenergi/passivhusprosjekter benyttet roterende varmegjenvinner i sentraliserte anlegg. I våre beregninger er det benyttet 80 % for bolig (både småhus og boligblokk) som opprinnelig foreslått av DiBK. Temperaturvirkningsgraden må også sees i sammenheng med luftmengden benyttet i grunnlaget for energirammen, og som nevnt i forrige avsnitt er det stor usikkerheter i forhold til om benyttede luftmengder er for strenge. Det anbefales en nærmere vurdering av boligventilasjon, og spesielt for boligblokk, det vil si hva som er hensiktsmessige verdier som grunnlag for energirammen.

I revisjonen av NS 3031 som det arbeides med, er det angitt nye retningslinjer for produktokumentasjon av ventilasjonsaggregater som blant annet gjelder temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner, samt dokumentasjon av årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad. Dette kan muligens medføre endrede verdier fra ventilasjonsleverandører.

### 8.3.1 Kostnader og energibesparelser

Merkostnaden for økt varmegjenvinning for ventilasjonsanlegget er relativt lav. Kostnadene for kontorbygg er basert på merkostnader oppgitt av entreprenører for flere ulike byggprosjekter, og benyttet i søknad til Enova om ENØK-tiltak. Alle kostnadene er hentet inn for kontorbygg og gitt i  $\text{m}^3/\text{hm}^2$ . Det bør gjøres en vurdering av om disse kostnadene er direkte overførbart til boliger her ventilasjonsmengdene i  $\text{m}^3/\text{hm}^2$  er betydelig lavere. Merkostnadene og energibesparelsen er beregnet for luftmengder tilsvarende  $10 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  for kontorbygg.

Tabell 12: Varmegjenvinning

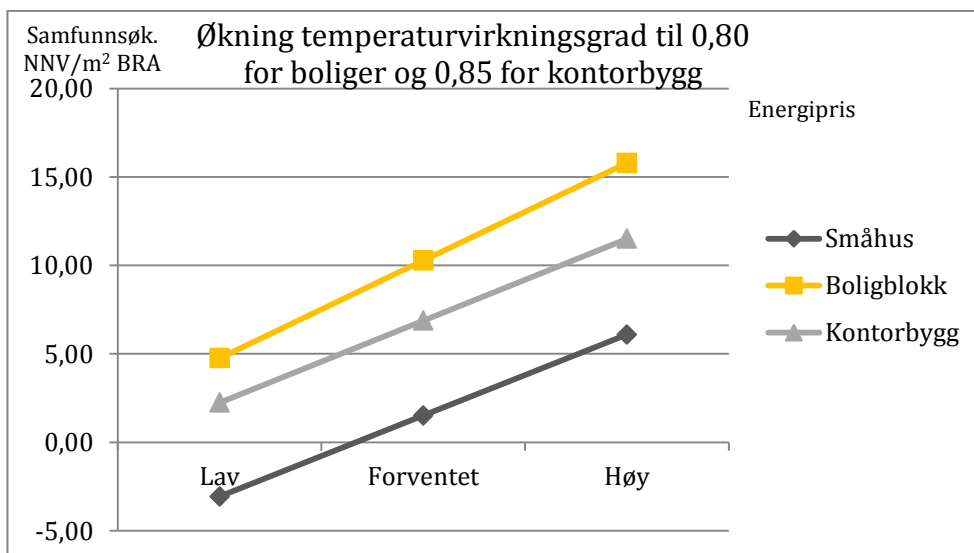
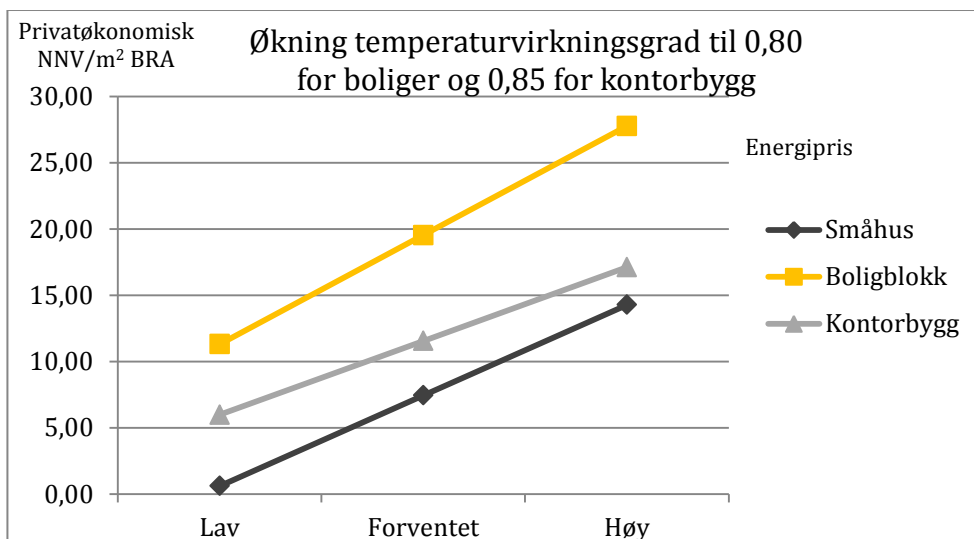
	Merkostnad <sup>7</sup>	Usikkerhetsnivå Merkostnader	Energibesparelse (netto energibehov)
	[nkr/BRA]	[nkr/BRA]	[kWh/m <sup>2</sup> år]
Småhus (80 %, inkl mva)	20	4-20	3,9
Boligblokk (80 %, inkl mva)	20	4-20	4,7
Kontorbygg (85 %, eks mva)	15	4-15	4,0

### 8.3.2 Lønnsomhet

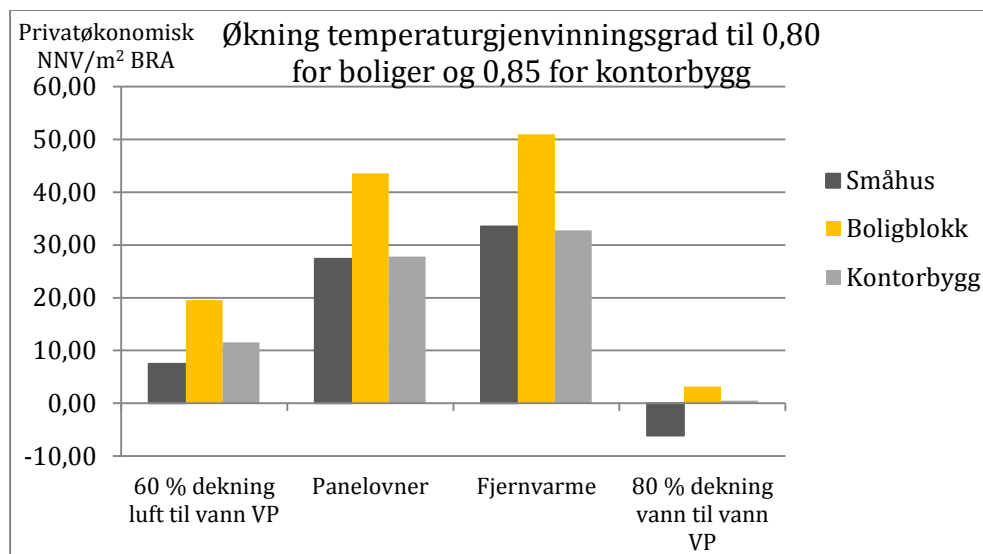
Figurene under viser lønnsomheten ved økt temperaturvirkningsgrad i netto nåverdi per kvadratmeter for småhus, boligblokk og kontorbygg, og for fire ulike energiforsyningsløsninger. Positiv netto nåverdi betyr at tiltaket vil være privatøkonomisk lønnsomt. Vi ser at økt temperaturvirkningsgrad er et økonomisk lønnsomt tiltak.

<sup>7</sup> Merkostnader for kontorer etter erfaringsprosjekt. Merkostnadene for boliger er bestemt ut fra disse, og satt forholdsmessig likt som i Kostnadsoptimalitetsstudien<sup>[1]</sup>





Figur 21a og 21b: Privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk netto nåverdi per BRA for økt varmegjenvinning på ventilasjonsluften for småhus, boligblokk og kontorbygg. Beregningen er gjort ved lav, forventet og høy energipris forutsatt en luft til vann varmpumpe.



Figur 22 Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved økt temperaturvirkningsgrad fra 70 til 80 % i småhus og boliger og fra 80 til 85 % i kontorbygg ved forventet energipris ved ulike energiforsyningsløsninger

## 8.4 SFP

I energitiltaksmodellen TEK10 er angitt SFP (specific fan power – spesifikk vifteeffekt) på maksimalt 2,5 kW/(m<sup>3</sup>/s) for boligbygning og 1,5 kW/(m<sup>3</sup>/s) for øvrige bygninger. Verdiene gjelder ved snittluftmengder i driftsfasen. DiBK har foreslått krav til SFP på 1,5 kW/(m<sup>3</sup>/s) for alle bygninger. Dette er lik minstekravet i passivhusstandarden for både bolig og yrkesbygg.

For kontorbygg kan man komme ned mot 1,0 i teknisk optimale anlegg, mens for bolig er 1,4 vurdert som nedre grense. Samtidig med de foreslåtte vurderinger for ventilasjonsluftmengder og temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner, bør også SFP vurderes fordi alt henger sammen. I våre beregninger benyttes 1,5 kW/(m<sup>3</sup>/s) som foreslått fra DiBK.

I revisjonen av NS 3031 som det arbeides med, er det angitt nye retningslinjer for produktokumentasjon av ventilasjonsaggregater som bl.a. gjelder SFP. Dette kan muligens medføre endrede verdier fra ventilasjonsleverandører.

### 8.4.1 Kostnader og energibesparelse

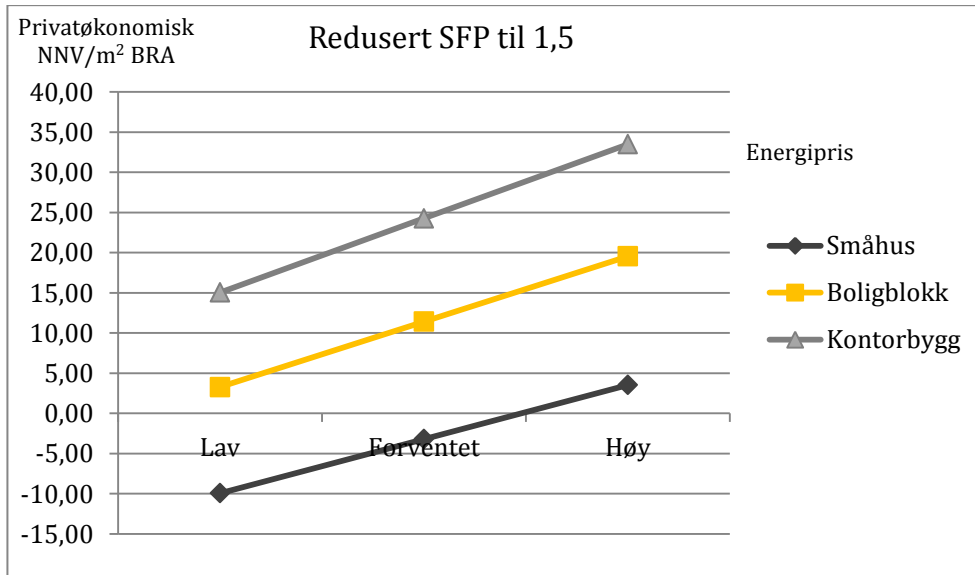
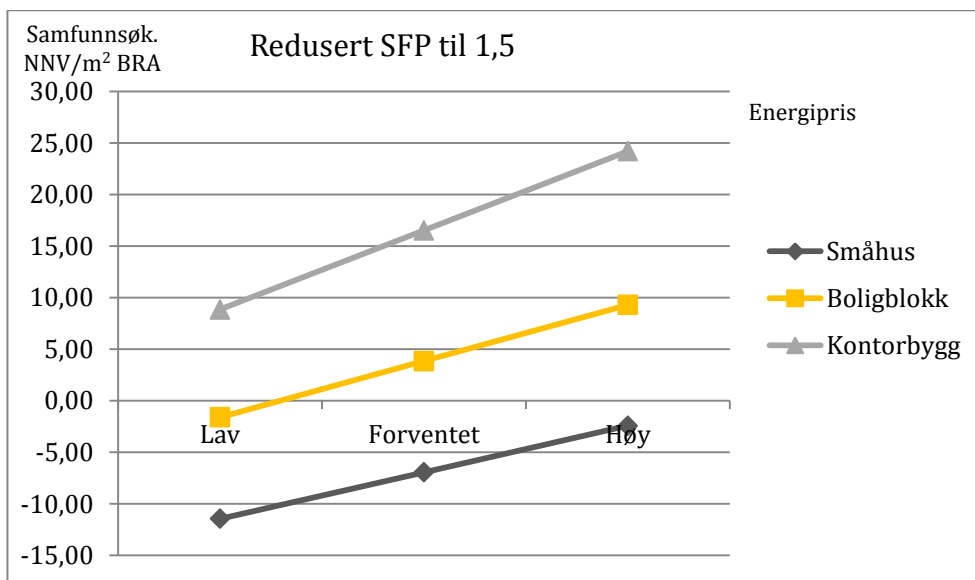
Merkostnaden for en bedre SFP for ventilasjonsanlegget er relativt lav. Kostnadene er basert på merkostnader oppgitt av entreprenører for flere ulike byggprosjekter, og benyttet i Enovasøknad om ENØK-tiltak. Alle kostnadene er hentet inn for kontorbygg og gitt i m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>. Det bør gjøres en vurdering av om disse kostnadene er direkte overførbart til boliger der ventilasjonsmengdene i m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> er betydelig lavere. Merkostnadene er beregnet for luftmengder tilsvarende 10 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> for kontorbygg.

Tabell 13: SFP

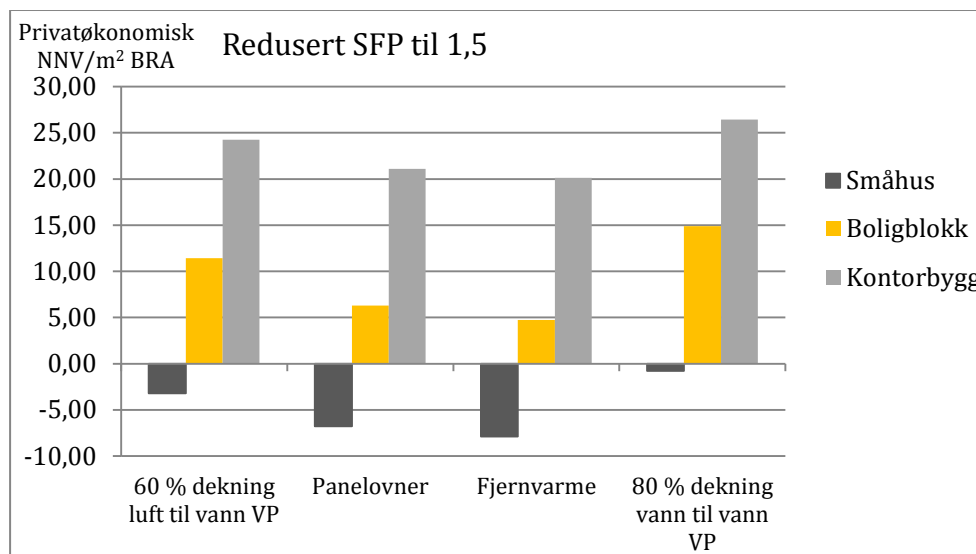
SFP 1,5	Merkostnad [nkr/BRA]	Usikkerhetsnivå Merkostnad [nkr/BRA]	Energibesparelse (netto energibehov) [kWh/m <sup>2</sup> år]
Småhus (inkl mva)	30	10-30	2,2
Boligblokk (inkl mva)	25	10-25	4,1
Kontorbygg (eks mva)	15	4-65	4,4

### 8.4.2 Lønnsomhet

Figurene under viser lønnsomheten ved redusert SFP i netto nåverdi per kvadratmeter for småhus, boligblokk og kontorbygg, og for fire ulike energiforsyningsløsninger. Positiv netto nåverdi betyr at tiltaket vil være privatøkonomisk lønnsomt. Vi ser at redusert SFP er et økonomisk lønnsomt tiltak. Multiconsult anbefaler at kravsnivået legges på 1,5 for alle de tre bygningskategoriene.



Figur 23a og 23b: Privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk netto nåverdi per BRA ved redusert SFP fra 2,5 til 1,5 for småhus og boligblokk og fra 2,0 til 1,5 for kontorbygg. Beregningen er gjort ved lav, forventet og høy energipris forutsatt en luft til vann varmepumpe.



Figur 24: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved forbedret SFP fra 2,5 til 1,5 i småhus og boliger og fra 2,0 til 1,5 i kontorbygg ved forventet energipris ved ulike energiforsyningsløsninger

## 9 Sammenstilling av ulike tiltak

Det kan samfunnsøkonomisk være mer relevant å se på den reelle neddiskonterte kostnaden per kWh spart, enn å se på netto nåverdi. Dersom denne er lavere enn LCOE (levelized cost of energy) ved økt energiproduksjon i samfunnet vil energisparetiltaket være samfunnsøkonomisk lønnsomt.

Tabell 14, 15 og 16 viser en sammenstilling av ulike tiltak for hhv småhus, boligblokk og kontorbygg. Den samfunnsøkonomiske kostnaden er vist for luft til vann varmepumpe som oppvarming, og ved bruk av elektrisitet (panelovner) som oppvarming.

Til sammenligning ligger LCOE-kostnader for lokalprodusert elektrisitet i form av tak-monterte solceller på mellom 2 og 2,5 kr/kWh, i henhold til kostnadsstudien Multiconsult utførte for Enova i 2013.

Tabell 14 Sammenstilling småhus

Tiltak	Fortsatt levetid tiltak	Benevning	Referanse TEK10	Referanse DIBKs forslag TEK 15	Alternativt verdi tiltakspakke	Netto energi-besparelse ifht. TEK10 [kWh/m <sup>2</sup> år]	Merkostnad ifht. TEK10 inkl. mva [kr/m <sup>2</sup> ]	Usikkerhet merkostnad ifht. TEK10 inkl. mva [kr/m <sup>2</sup> ]	Levert energi Luft til vann varmepumpe	
									Reel samfunns-økonomisk kostnad energibesparelse [kr/kWh]	Reel samfunns-økonomisk kostnad energibesparelse [kr/kWh]
Småhus										
Vinduer:										
U-verdi vindu/dør	25 år	[W/m <sup>2</sup> K]	1,2	0,8	1	4,5	160	60-160	2,83	1,78
U-verdi vindu/dør	25 år	[W/m <sup>2</sup> K]	1,2	0,8	0,8	9,0	170	100-170	1,50	0,95
U-verdi vindu/dør	25 år	[W/m <sup>2</sup> K]	1,2	0,8	0,7	11,3	360	280-360	2,53	1,6
Bygningskall:										
U-verdi vegg	50 år	[W/m <sup>2</sup> K]	0,18	0,18	0,16	2,2	160	160-280	4,27	2,7
U-verdi gulv	50 år	[W/m <sup>2</sup> K]	0,15	0,15	0,1	2,7	240	60-240	5,08	3,21
U-verdi tak	50 år	[W/m <sup>2</sup> K]	0,13	0,1	0,1	1,8	140	60-140	4,42	2,79
Kuldebroverdi	50 år	[W/m <sup>2</sup> K]	0,03	0,03	0,03	-	-	-	-	-
Lekkasjetall	50 år	[1/h]	2,5	0,6	0,6	13,6	266	150-270	1,13	0,71
Teknisk utstyr										
SFP	20 år	[kW/(m <sup>3</sup> s)]	2,5	1,5	1,5	2,2	29	10-30	0,88	0,98
Varmegjenvinningsgrad	20 år	%	70	80	80	3,9	21	4-20	0,63	0,4
Ventilasjonsstyring	20 år	[m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h]	1,2	1,2	-	-	-	-	-	-
Belysning	20 år	[W/m <sup>2</sup> ]	1,95	1,95	-	-	-	-	-	-

Tabell 15: Sammenstilling boligblokk

Tiltak	Fortsatt levetid tiltak	Benevning	Referanse TEK10	Referanse DIBKs forslag TEK 15	Alternativt verdi tiltakspakke	Netto energi-besparelse ifht. TEK10 [kWh/m <sup>2</sup> år]	Merkostnad ifht. TEK10 inkl. mva [kr/m <sup>2</sup> ]	Usikkerhet merkostnad ifht. TEK10 inkl. mva [kr/m <sup>2</sup> ]	Levert energi Luft til vann varmepumpe	
									Reel samfunns-økonomisk kostnad energibesparelse [kr/kWh]	Reel samfunns-økonomisk kostnad energibesparelse [kr/kWh]
Boligblokk										
Vinduer:										
U-verdi vindu/dør	25 år	[W/m <sup>2</sup> K]	1,2	0,8	1	4,1	160	60-160	3,1	1,96
U-verdi vindu/dør	25 år	[W/m <sup>2</sup> K]	1,2	0,8	0,8	8,2	170	100-170	1,65	1,04
U-verdi vindu/dør	25 år	[W/m <sup>2</sup> K]	1,2	0,8	0,7	10,3	360	280-360	2,78	1,75
Bygningskall:										
U-verdi vegg	50 år	[W/m <sup>2</sup> K]	0,18	0,18	0,16	1,0	75	75-140	4,33	2,74
U-verdi gulv	50 år	[W/m <sup>2</sup> K]	0,15	0,15	0,1	1,6	160	60-160	5,87	3,71
U-verdi tak	50 år	[W/m <sup>2</sup> K]	0,13	0,1	0,1	1,0	110	60-110	6,50	4,11
Kuldebroverdi	50 år	[W/m <sup>2</sup> K]	0,06	0,03	0,03	2,9	83	40-120	1,64	1,04
Lekkasjetall	50 år	[1/h]	1,5	0,6	0,6	4,9	140	80-140	1,67	1,05
Teknisk utstyr										
SFP	20 år	[kW/(m <sup>3</sup> s)]	2,5	1,5	1,5	4,1	23	10-25	0,72	0,66
Varmegjenvinningsgrad	20 år	%	70	80	0,8	4,7	17	4-20	0,42	0,27
Ventilasjonsstyring	20 år	[m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h]	1,5	1,5	-	-	-	-	-	-
Belysning	20 år	[W/m <sup>2</sup> ]	1,95	1,95	-	-	-	-	-	-

Tabell 16: Sammenstilling kontorbygg

Tiltak	Fortsatt levetid tiltak	Benevning	Referanse TEK10	Referanse DIBKs forslag D TEK 15	Alternativt verdi tiltakspakke	Netto energi-besparelse ifht. TEK10 [kWh/m <sup>2</sup> år]	Merkostnad ifht. TEK10 inkl. mva [kr/m <sup>2</sup> ]	Usikkerhet merkostnad ifht. TEK10 inkl. mva [kr/m <sup>2</sup> ]	Levert energi Luft til vann varmepumpe	
									Reel samfunns-økonomisk kostnad energibesparelse [kr/kWh]	Reel samfunns-økonomisk kostnad energibesparelse [kr/kWh]
Kontor										
Vinduer:										
U-verdi vindu/dør	25 år	[W/m <sup>2</sup> K]	1,2	0,8	1	4,3	160	60-160	2,96	1,87
U-verdi vindu/dør	25 år	[W/m <sup>2</sup> K]	1,2	0,8	0,8	8,7	170	100-170	1,55	0,98
U-verdi vindu/dør	25 år	[W/m <sup>2</sup> K]	1,2	0,8	0,7	10,8	360	280-360	2,65	1,67
Bygningskall:										
U-verdi vegg	40 år	[W/m <sup>2</sup> K]	0,18	0,18	0,16	0,5	40	30-50	4,70	2,97
U-verdi gulv	40 år	[W/m <sup>2</sup> K]	0,15	0,15	0,1	1,9	100	50-100	3,30	2,08
U-verdi tak	40 år	[W/m <sup>2</sup> K]	0,13	0,1	0,1	1,1	110	40-110	6,42	4,05
Kuldebroverdi	40 år	[W/m <sup>2</sup> K]	0,06	0,03	0,03	3,2	83	40-120	1,62	1,02
Lekkasjetall	40 år	[1/h]	1,5	0,6	0,6	5,6	177	80-175	1,98	1,25
Teknisk utstyr										
SFP	20 år	[kW/(m <sup>3</sup> s)]	2	1,5	1,5	4,4	22	4-80	0,37	0,39
Varmegjenvinningsgrad	20 år	%	80	85	0,85	4,0	16	4-16	0,45	0,29
Ventilasjonsstyring	20 år	[m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h]	10	8	8	12,2	188	100-190	1,66	1,33
Ventilasjonsstyring	20 år	[m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h]	10	8	6	23,6	375	200-375	1,72	1,39
Belysning	20 år	[W/m <sup>2</sup> ]	8	4	4	1,6	60	40-60	1,35	2,87
Belysning	20 år	[W/m <sup>2</sup> ]	8	4	4	2,7	100	60-150	1,186112499	2,85

I vedlegg H vises en rangering av tiltakene etter gjennomsnittlig nåverdi basert på de privatøkonomiske og samfunnsøkonomiske analysene, samt en rangering av tiltakene etter samfunnsøkonomisk kostnad pr energibesparelse.

Tabell 17 og 18 viser sammenstilling av den privatøkonomiske og samfunnsøkonomiske kostnaden for energibesparelsen ved Tiltakspakke D (DiBK sin foreslåtte tiltakspakke) og Tiltakspakke E (Multiconsult sitt forslag), for luft til vann varmepumpe. Tilsvarende tabeller med resultater for hhv. panelovner og fjernvarme er vist i vedlegg J.

Tabell 17: Sammenstilling ulike case for total tiltakspakke D fra DiBK, med luft til vann varmepumpe.

Levert energi Luft til vann varmepumpe					
Total tiltakspakke DIBK:	Base case	Case inkl. kostnadsbesp. varmesystem	Case med laveste merkostnad	Case med høyeste merkostnad	Case 3 % rente
<b>Privatøkonomisk kostnad energibesparelse</b>					
kr/kWh	kr/kWh				
Småhus	1,46	0,80	0,75	1,48	1,27
Boligblokk	1,62	1,15	0,86	1,73	1,43
Kontorbygg	1,29	0,94	0,65	1,34	1,17
<b>Samfunnsøkonomisk kostnad energibesparelse</b>					
kr/kWh					
Småhus	1,17	0,64	0,60	1,19	1,02
Boligblokk	1,29	0,92	0,69	1,39	1,14
Kontorbygg	1,29	0,94	0,65	1,34	1,17

Tabell 18: Sammenstilling ulike case for total tiltakspakke E foreslått av Multiconsult, med luft til vann varmepumpe.

Levert energi Luft til vann varmepumpe					
Total tiltakspakke MC	Base case	Case inkl. kostnadsbesp. varmesystem	Case med laveste merkostnad	Case med høyeste merkostnad	Case 3 % rente
<b>Privatøkonomisk kostnad energibesparelse</b>					
kr/kWh	kr/kWh				
Småhus	1,22	0,51	0,65	1,23	1,06
Boligblokk	1,34	0,86	0,72	1,47	1,19
Kontorbygg	1,17	0,81	0,61	1,42	1,06
<b>Samfunnsøkonomisk kostnad energibesparelse</b>					
kr/kWh					
Småhus	0,97	0,41	0,52	0,99	0,85
Boligblokk	1,07	0,69	0,57	1,18	0,95
Kontorbygg	1,17	0,81	0,61	1,42	1,06

## 10 Energiresultat for tiltakspakke D (DiBK sitt forslag) og tiltakspakke E (Multiconsult sitt forslag)

### 10.1 Tiltakspakke og referanser

Den foreslåtte tiltakspakken er sammenlignet med to ulike referanser:

1. TEK10 og
2. Passivhusstandard

TEK10 tilsvarer tiltakspakke lagt til grunn for TEK10, og med faste verdier fra NS 3031:2007+A1:2011 (med unntak av for teknisk utstyr og ventilasjon utenfor driftstid i kontorbygg). Passivhusstandard tilsvarer tiltak som akkurat tilfredsstiller passivhusstandardene, og baseres på verdier fra NS3700 og NS3701.

Spesifikt levert energi for alle alternativ og referanser er beregnet ved ulike energiforsyningskilder, for å se hvordan man kommer ut i forhold til rammekrav ved bruk av:

- Luft til vann varmepumpe, 60 % dekning
- Biokjel, 80 % dekning
- Fjernvarme, 100 % dekning
- Vann til vann varmepumpe, 80 % dekning
- Panelovner, 100 % dekning
- Luft til luft varmepumpe, 40 % dekning + panelovner, 60 % dekning

For varme som ikke dekkes av varmepumpe/biokjel er det forutsatt at spisslast dekkes med en elkjel som leverer til radiatorer og har en systemvirkningsgrad 0,88.

### 10.2 Forutsetninger tiltakspakker

Tabell 19 viser brukte forutsetninger og input for alle tiltak for de to referansene; TEK10, passivhusstandard og for tiltakspakke D (DiBK sitt forslag) or energiregler i 2015. Tabell 20 viser en sammenstilling mellom tiltakspakke D (DiBK) og tiltakspakke E (Multiconsult).

Tabell 19: Forutsetninger og input for referansene for TEK10, passivhusstandard og for Tiltakspakke D.

Energitiltak	TEK10-nivå, NS3031			Passivhusnivå NS 3700 og 3701			DIBKs forslag tiltak rammekrav		
	Referanse 1			Referanse 2			(Alternativ d)		
	TEK10	TEK10	TEK10	Passivhus	Passivhus	Passivhus	DIBK	DIBK	DIBK
	Kontorbygg	Småhus	Boligblokk	Kontorbygg	Småhus	Boligblokk	Kontorbygg	Småhus	Boligblokk
Begrensning glass/vindu/dørareal	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %
U-verdi yttervegg [W/m²K]	0,18	0,18	0,18	0,14	0,10	0,11	0,18	0,18	0,18
U-verdi gulv [W/m²K]	0,15	0,15	0,15	0,11	0,08	0,09	0,15	0,15	0,15
U-verdi tak [W/m²K]	0,13	0,13	0,13	0,10	0,07	0,09	0,10	0,10	0,10
U-verdi vinduer [W/m²K]	1,2	1,2	1,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
U-verdi dører [W/m²K]	1,2	1,2	1,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Normalisert kuldebroverdi [W/m²K]	0,06	0,03	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Lufttetthet, lekkasjetall N50 [1/h]	1,5	2,5	1,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Ventilasjonsluftmengder i driftstid [m³/(hm²)]	10	1,2	1,5	6	1,2	1,5	8	1,2	1,5
Ventilasjonsluftmengder utenfor driftstid [m³/(hm²)]	1	1,2	1,5	1	1,2	1,5	1	1,2	1,5
Varmegjenvinning ventilasjon [%]	80 %	70 %	70 %	80 %	85 %	80 %	85 %	80 %	80 %
SFP-faktor [kW/(m³/s)]	2	2,5	2,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Natt- og helgesenkning	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Solavskjerming for elimin. lokalkjøling	Ja	Ingen kjøler	Ingen kjøler	Ja	Ja	Ja	Ja	Ingen kjøler	Ingen kjøler
Installert kjøleeffekt ventilasjon [W/m²]	60	0	0	15	0	0	15	0	0
Internlaster, belysning [W/m²]	8	1,95	1,95	4	1,95	1,95	4	1,95	1,95
, utstyr [W/m²]	6	3	3	6	3	3	6	3	3
, varmtvann [W/m²]	1,6	5,1	5,1	1,6	5,1	5,1	1,6	5,1	5,1
Varmetilskudd, personer [W/m²]	4	1,5	1,5	4	1,5	1,5	4	1,5	1,5
Solskjerming solfaktor, fast / ikke aktivisert stilling	0,4	0,35	0,35	0,45	0,5	0,5	0,45	0,5	0,5
, aktivisert stilling	0,08	-	-	0,08	-	-	0,08	-	-
, automatisk solskj.e. solflu	Ja, 175	-	-	175	-	-	175	-	-

Tabell 20: Forutsetninger og input for tiltakspakke D (DiBK) og E (Multiconsult).

Energitiltak	DIBKs forslag tiltak rammekrav			MCs anbefaling etter lønnsomhet		
	(Alternativ d)			(Alternativ e)		
	DIBK	DIBK	DIBK	MC	MC	MC
	Kontorbygg	Småhus	Boligblokk	Kontorbygg	Småhus	Boligblokk
Begrensning glass/vindu/dørareal	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %
U-verdi yttervegg [W/m²K]	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
U-verdi gulv [W/m²K]	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
U-verdi tak [W/m²K]	0,10	0,10	0,10	0,13	0,13	0,13
U-verdi vinduer [W/m²K]	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
U-verdi dører [W/m²K]	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Normalisert kuldebroverdi [W/m²K]	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Lufttetthet, lekkasjetall N50 [1/h]	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Ventilasjonsluftmengder i driftstid [m³/(hm²)]	8	1,2	1,5	8	1,2	1,5
Ventilasjonsluftmengder utenfor driftstid [m³/(hm²)]	1	1,2	1,5	1	1,2	1,5
Varmegjenvinning ventilasjon [%]	85 %	80 %	80 %	85 %	80 %	80 %
SFP-faktor [kW/(m³/s)]	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Natt- og helgesenkning	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Solavskjerming for elimin. lokalkjøling	Ja	Ingen kjøler	Ingen kjøler	Ja	Ingen kjøler	Ingen kjøler
Installert kjøleeffekt ventilasjon [W/m²]	15	0	0	15	0	0
Internlaster, belysning [W/m²]	4	1,95	1,95	4	1,95	1,95
, utstyr [W/m²]	6	3	3	6	3	3
, varmtvann [W/m²]	1,6	5,1	5,1	1,6	5,1	5,1
Varmetilskudd, personer [W/m²]	4	1,5	1,5	4	1,5	1,5
Solskjerming solfaktor, fast / ikke aktivisert stilling	0,45	0,5	0,5	0,45	0,5	0,5
, aktivisert stilling	0,08	-	-	0,08	-	-
, automatisk solskj.e. solflu	175	-	-	175	-	-

Det er tatt utgangspunkt i krav til belysning som definert i NS3700 og NS3701 for DiBK-rammeforslag. For TEK10 referansemødel er det tatt utgangspunkt i belysning som definert i NS 3031:2007+A1:2011. For teknisk utstyr er det ingen reell besparelse i forhold til TEK10. Verdier fra passivhusstandard er benyttet både for TEK10 og alle referanser og alternativer. For ventilasjon i kontortid utenfor driftstid er det tatt utgangspunkt i passivhusverdier for alle referanser, som tilsvarer 1 m³/hm², dette avviker fra NS 3031:2007+A1:2011 hvor 3 m³/hm² er fast verdi. Kjøling er forutsatt levert av kjølemaskin med



systemeffektfaktor 2,4. Det er dermed ikke inkludert noen fordel for eventuell bruk av frikjøling. Det er kun lagt inn ventilasjonskjøling på kontorbygg. Det er ikke inkludert kjøling for øvrige bygningskategorier.

### 10.3 Resultater netto energibehov:

Tabell 21a gir spesifikt netto energibehov [kWh/m<sup>2</sup>] over året for de to referansene, DiBKs forslag til energiregler i 2015, og Multiconsults alternativ. Tabell 21b gir prosentvis forbedring med DiBKs forslag i forhold til TEK10 og passivhusstandard.

Tabell 21a og 21b: Netto energibehov for ulike referanser.

Bygningskategorier	1	2	D	E
	TEK2010	Passivhus	DIBK	Multiconsult
Småhus	131	83	98	100
Boligblokk	112	80	84	85
Kontorbygning	130	74	81	82
Prosentvis forbedring med DiBK foreslåtte tiltakspakke ift. referansene				
Bygningskategorier	1	2	D	E
	TEK2010	Passivhus	DIBK	Multiconsult
Småhus	25 %	-18 %	0 %	2 %
Boligblokk	24 %	-6 %	0 %	1 %
Kontorbygning	38 %	-9 %	0 %	1 %

**Energirammekravet vil havne på 98 kWh/m<sup>2</sup> for småhus, 84 kWh/m<sup>2</sup> for boligblokk og 81 kWh/m<sup>2</sup> for kontorbygg med DiBKs justerte tiltakspakke D, og et rammekrav satt på netto energi.**

Ved å beholde en u-verdi på 0,13 på tak, som foreslått av Multiconsult på grunn av negativ lønnsomhet for dette tiltaket, vil en få et noe mindre strengt krav på 100 kWh/m<sup>2</sup> for småhus, 85 kWh/m<sup>2</sup> for boligblokker og 82 kWh/m<sup>2</sup> for kontorbygg.

Ny foreslått tiltakspakke D gir en betydelig forbedring fra TEK 2010 på ca 25 prosent for boliger og 38 prosent for kontorbygg. Dette skyldes hovedsakelig den betydelige reduksjonen i U-verdier på vinduer og økt virkningsgrad på temperaturgjenvinning i tillegg til en del mindre forbedringer. Den mest betydelige forskjellen for kontorbygg er reduksjon i gjennomsnittlig ventilasjonsluftmengde, men også reduksjon i energibehovet til belysning spiller en rolle her.

DiBKs forslag er ikke fullt så strengt som passivhusstandard. Kontorbygg og boligblokk ligger relativt nære passivhusstandard, mens småhus er lenger unna. Dette er fordi det i passivhusstandarden er forskjellige krav til de ulike bygningskategoriene, mens i DiBKs forslag er den samme tiltakspakken benyttet for alle tre bygningskategoriene. Som diskutert under U-verdier over gjør eksempelvis forskjellen i det interne varmetilskuddet mellom eneboliger, boligblokker og kontorbygg, at en kan forsvare et noe mindre strengt krav til isolasjon av kontorbygg.

### 10.4 Resultat for levert energi med en varmepumpe med 60 % dekningsgrad

Tabell 22a og 22b viser levert energi med referanse-energiforsyning [kWh/m<sup>2</sup>] over året med en varmepumpe med 60 % dekningsgrad som energiforsyning (Varmepumpe med 60 % dekningsgrad, systemvirkningsgrad 2) for de to referansene, samt for DiBKs forslag til energiregler i 2015 (Tiltakspakke D) og Multiconsults alternativ (Tiltakspakke E).

Tabell 22a og 22b: Levert energi for ulike referanser (60 % dekningsgrad for varmepumpe)

Bygningskategorier	1	2	D	E
	TEK2010	Passivhus	DIBK	Multiconsult
Småhus	108	71	82	84
Boligblokk	94	69	72	73
Kontorbygning	108	63	69	70
Prosentvis forbedring med DIBK foreslåtte tiltakspakke ift. referansene				
Bygningskategorier	1	2	D	E
	TEK2010	Passivhus	DIBK	Multiconsult
Småhus	24 %	-16 %	0 %	1 %
Boligblokk	23 %	-5 %	0 %	1 %
Kontorbygning	37 %	-9 %	0 %	1 %

*Energirammekravet vil havne på 82 kWh/m<sup>2</sup> for småhus, 72 kWh/m<sup>2</sup> for boligblokk og 69 kWh/m<sup>2</sup> for kontorbygg med DiBKs justerte tiltakspakke D, og et rammekrav satt på levert energi.*

Prosentmessig forbedring med dette energirammekravet i forhold til de andre referansene er også vist i tabellen.

Innskjerpingen i forhold til TEK10 vil være sterkest for kontorbygg, på hele 37 prosent. Dette skyldes særlig reduserte ventilasjonsmengder på grunn av bedre styring av denne.

Kravene er nærmest passivhus-standard for boligblokk (bare 5 prosent høyere energileveranse). For kontorbygg er det vanskelig å tilfredsstille passivhusstandard, uten å gå ytterligere ned i ventilasjonsmengder. Småhus har noe strengere krav for å oppnå passivhusstandard enn de to andre kategoriene.

## 10.5 Resultat for levert energi med bioenergi

Tabell 23a og 23b gir levert spesifikk energireferanse [kWh/m<sup>2</sup>] over året med bioenergi som energiforsyning (Biokjel med 80 % dekningsgrad, systemvirkningsgrad 0,77) for de to referansene, samt for DiBKs forslag til energiregler i 2015 (Tiltakspakke D) og Multiconsults alternativ (Tiltakspakke E).

Tabell 23a og 23b: Levert energi med bioenergi (biokjel)

Bygningskategorier	1	2	D	E
	TEK2010	Passivhus	DIBK	Multiconsult
Småhus	156	97	115	117
Boligblokk	131	96	103	104
Kontorbygning	133	76	83	85
Prosentvis økning fra DIBK-2015 (varmepumpe med 60 % dekning):				
Bygningskategorier	1	2	D	E
	TEK2010	Passivhus	DIBK	Multiconsult
Småhus	89 %	17 %	40 %	42 %
Boligblokk	81 %	33 %	42 %	43 %
Kontorbygning	93 %	11 %	21 %	23 %

*Vi ser at byggene ikke vil tilfredsstille de foreslåtte energirammekravene ved biokjel som energiforsyning. Selv dersom det bygges i tråd med passivhuskravene vil det ikke tilfredsstille det foreslåtte rammekravet etter DiBKs justerte tiltakspakke.*

Særlig boliger vil ha problemer med å tilfredsstille et TEK-krav etter DiBKs tiltakspakke D. Kontorbygg vil være noe nærmere siden varmebehovet er en mindre andel av det totale energibehovet.

Passivhuskravene er satt relativt nært det som er teknisk mulig å oppnå per i dag, innenfor tradisjonelle

byggevarer. Dette vil si at uten en form for korrigering vil det være svært kostnadskrevenende, eller ikke teknisk mulig, å tilfredsstille den foreslåtte energirammen med bruk av biokjel.

Dersom DiBK ønsker å bruke levert energi som beregningspunkt, og ikke vil benytte korrigeringsfaktorer for bioenergi (og fjernvarme) anbefaler vi at et eventuelt energiramme krav ikke settes strengere enn oppnådd levert energi for biokjel som tilfredsstiller passivhusstandard. **Det vil si at rammekravet ikke kan settes strengere enn 97 og 96 kWh/m<sup>2</sup> for hhv småhus og boligblokk, og ikke strengere enn 76 kWh/m<sup>2</sup> for kontorbygg ved bruk av levert energi uten korreksjonsfaktorer.** Dette tilsvarer en økt spesifikk energileveranse på 33 og 17 prosent for boligblokk og småhus i forhold til DiBKs foreslåtte ramme. Det er gjort vurderinger rundt en tiltakspakke som gir dette rammekravet i kapittel 14.

### 10.6 Resultat for levert energi med fjernvarme:

Tabell 24a og 24b gir levert spesifikk energi med referanse-energiforsyning [kWh/m<sup>2</sup>] over året med en fjernvarme som energiforsyning (100 % fjernvarme, systemvirkningsgrad 0,88) for de to referansene, samt for DiBKs forslag til energiregler i 2015 (Tiltakspakke D) og Multiconsults alternativ (Tiltakspakke E).

Tabell 24a og 24b: Levert energi med fjernvarme

Bygningskategorier	1	2	D	E
	TEK2010	Passivhus	DIBK	Multiconsult
Småhus	144	90	107	109
Boligblokk	121	86	91	92
Kontorbygning	127	73	80	81

Prosentvis økning fra DIBK-2015 (varmepumpe med 60 % dekning):

Bygningskategorier	1	2	D	E
	TEK2010	Passivhus	DIBK	Multiconsult
Småhus	74 %	9 %	30 %	32 %
Boligblokk	68 %	19 %	26 %	28 %
Kontorbygning	84 %	6 %	16 %	17 %

Vi ser at byggene heller ikke vil tilfredsstille de foreslåtte energiramme kravene ved bruk av fjernvarme som energiforsyning, selv om det bygges etter kravene til passivhusstandard. Det vil si at, uten en form for korrigering, vil det være svært kostnadskrevenende eller ikke teknisk mulig å tilfredsstille den foreslåtte energirammen med bruk av fjernvarme. For kontorbygg vil man være ganske nær kravet (6 % høyere levert energi enn foreslått rammekrav) ved passivhusstandard, men fortsatt ikke nå helt opp.

### 10.7 Resultat for levert energi med varmepumpe 80 % dekningsgrad

Tabell 25a og 25b viser levert energi med referanse-energiforsyning [kWh/m<sup>2</sup>] over året med en bedre varmepumpe med 80 % dekningsgrad som energiforsyning (80 % vann til vann varmepumpe, systemvirkningsgrad 3) for de to referansene, samt for DiBKs forslag til energiregler i 2015 (Tiltakspakke D) og Multiconsults alternativ (Tiltakspakke E).

Tabell 25a og 25b: Levert energi (80 % dekningsgrad for varmpumpe)

Bygningskategorier	1	2	D	E
	TEK2010	Passivhus	DIBK	Multiconsult
Småhus	83	58	66	66
Boligblokk	74	57	59	60
Kontorbygning	96	57	61	62

Prosentvis økning fra DIBK-2015 (varmpumpe med 60 % dekning):

Bygningskategorier	1	2	D	E
	TEK2010	Passivhus	DIBK	Multiconsult
Småhus	1 %	-29 %	-20 %	-19 %
Boligblokk	3 %	-21 %	-18 %	-17 %
Kontorbygning	40 %	-17 %	-11 %	-10 %

Ved bruk av vann til vann varmpumpe vil det være mulig å gå helt ned til minstekravene på komponentnivå dersom disse settes tilsvarende likt for tiltakspakken benyttet i TEK10. Vi ser at for boliger vil det være mulig å tilfredsstille kravet ved å bygge etter en standard tilsvarende lik TEK10-standard.

For kontorbygg vil det ikke være mulig å redusere byggestandard helt ned til TEK10-nivå. Dette er fordi de foreslåtte innstrammingene i forhold til TEK10 er strengest for kontorbygg. Ventilasjonsmengdene lagt til grunn for TEK10-referansen er minste tillatte verdi etter NS 3031:2007+A1:2011. Ved å holde ventilasjonsmengdene lave med styring vil det fortsatt være mulig å gå nærmere komponentnivå tilsvarende TEK10.

Ved bruk av vann til vann varmpumpe vil det være mulig innenfor alle byggkategoriene å fjerne seg betydelig fra passivhusstandard (vi ser en betydelig reduksjon på 20-30 % i forhold til krav i referanse 2 -passivhus).

## 10.8 Resultat for levert energi med panelovner

Tabell 26a og 26b under gir levert spesifikk energi med referanse-energiforsyning [kWh/m<sup>2</sup>] over året med elektrisitet/panelovner som energiforsyning (100 % panelovner) for de to referansene, samt for DiBKs forslag til energiregler i 2015 (Tiltakspakke D) og Multiconsults alternativ (Tiltakspakke E).

Tabell 26a og 26b: Levert energi (100 % panelovner)

Bygningskategorier	1	2	D	E
	TEK2010	Passivhus	DIBK	Multiconsult
Småhus	133	84	100	101
Boligblokk	113	81	86	86
Kontorbygning	121	70	76	77

Prosentvis økning fra DIBK-2015 (varmpumpe med 60 % dekning):

Bygningskategorier	1	2	D	E
	TEK2010	Passivhus	DIBK	Multiconsult
Småhus	61 %	2 %	21 %	23 %
Boligblokk	56 %	11 %	18 %	19 %
Kontorbygning	76 %	2 %	11 %	12 %

### 10.9 Resultat for levert energi med luft til luft varmepumpe

Tabell 27a og 27b gir levert spesifikk energi med referanse-energiforsyning [kWh/m<sup>2</sup>] over året med luft til luft varmepumpe og panelovner som energiforsyning (40 % luft til luft varmepumpe, systemvirkningsgrad 2,26. 60 % panelovner) for de to referansene, samt for DiBKs forslag til energiregler i 2015 (Tiltakspakke D) og Multiconsults alternativ (Tiltakspakke E).

Tabell 27a og 27b: Levert energi (40 % luft til luft varmepumpe)

Bygningsskategorier	1	2	D	E
	TEK2010	Passivhus	DIBK	Multiconsult
Småhus	125	77	92	94
Boligblokk	97	70	74	75
Kontorbygning	111	64	70	71

Prosentvis økning fra DIBK-2015 (varmepumpe med 60 % dekning):

Bygningsskategorier	1	2	D	E
	TEK2010	Passivhus	DIBK	Multiconsult
Småhus	51 %	-6 %	12 %	14 %
Boligblokk	34 %	-2 %	3 %	4 %
Kontorbygning	61 %	-6 %	2 %	3 %

### 10.10 Konsekvenser ved rammekrav på levert energi

Det vil være mulig å gå noe strengere inn i rammekrav, enn foreslått av DiBK, dersom en ønsker å nærme seg passivhusstandard ytterligere. Det er derimot usikkert om dette vil være samfunnsøkonomisk optimalt og privatøkonomisk optimalt, da innstramning av tiltak vil kreve store kostnader i forhold til energibesparelse. Det vil ikke være mulig å tilfredsstille det foreslåtte energirammekravet ved bruk av biokjel eller ved bruk av fjernvarme, selv dersom en går helt ned på passivhusnivå i byggestandard. Dette ansees som svært lite heldig, da det vil påføre byggherrer som ønsker å knytte seg til fjernvarme eller bruke bioenergi en uforholdsmessig stor kostnad eller gjøre det teknisk umulig å tilfredsstille rammekravet.

For å kunne bruke et rammekrav basert på levert energi må det tas i bruk korrigeringsfaktorer for fjernvarme og bioenergi. Dersom DiBK ikke ønsker å benytte korrigeringsfaktorer for fjernvarme og bioenergi, anbefales det å sette rammekravet på levert energi slik at bygg med passivhusnivå akkurat tilfredsstillere kravene ved bruk av biokjel, tilsvarende 97 kWh/m<sup>2</sup> for småhus, 96 kWh/m<sup>2</sup> for boligblokk og 76 kWh/m<sup>2</sup> for kontorbygg. Bygninger med varmepumpe spesielt vil imidlertid oppnå disse energirammeene relativt enkelt, dvs. en vil da fjerne seg lenger unna passivhusstandard.

## 11 Lønnsomhetsberegninger foreslåtte tiltakspakker

Det er her sett på lønnsomhet for de to foreslåtte tiltakspakkene. Det er her ikke inkludert kostnadsbesparelser i varmesystemet, men kun merkostnadene for hvert enkelt tiltak.

I kapittel 12 er lønnsomheten vist, dersom man også inkluderer forventede kostnadsbesparelser i varmesystemet, og i kapittel 13 er det vurdert hvordan forventet lavere merkostnader påvirker lønnsomheten.

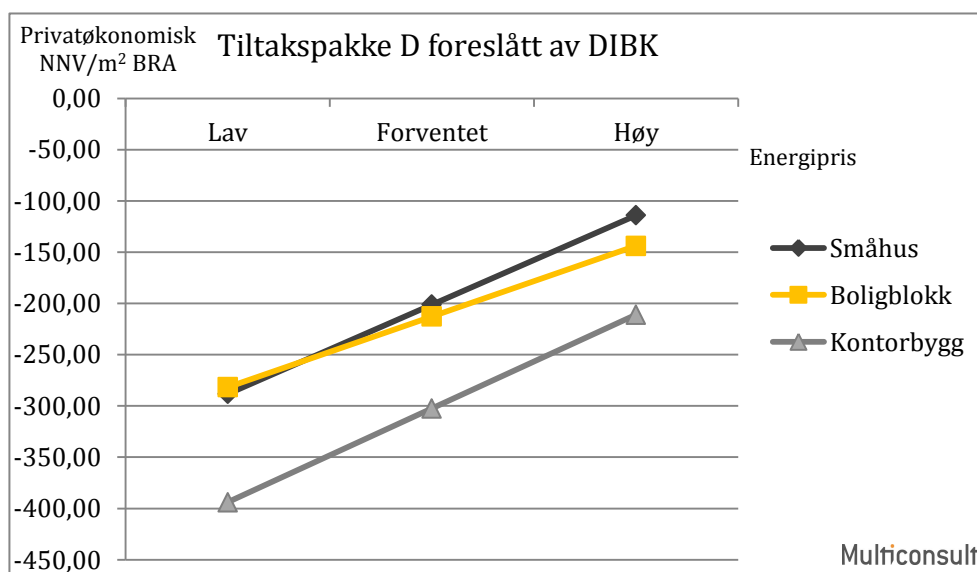
Den tekniske levetiden er satt relativt konservativt i disse beregningene, på 40 til 50 år for bygg og 25 år på vinduer, og 20 år på tekniske systemer. Det er høy sannsynlighet for at tiltakene vil ha en lengre levetid, og dette vil også øke lønnsomheten.

### 11.1 Tiltakspakke D - foreslått av DiBK

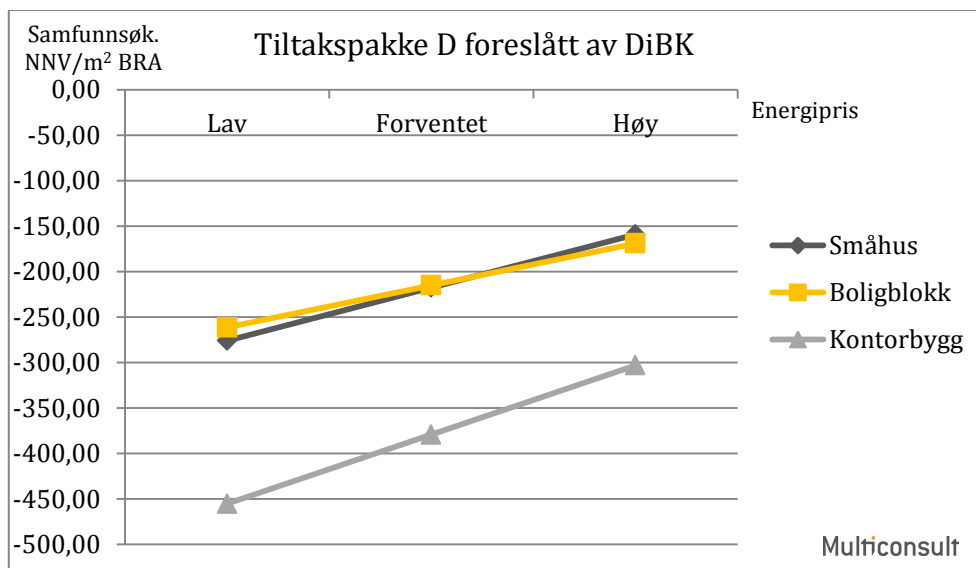
Figurene 25a og 25b viser netto nåverdi ved den samlede tiltakspakken foreslått fra DiBK. Vi ser at totalt sett får pakken en negativ netto nåverdi både privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk. Det vil si at energibesparelsen alene ikke veier opp for merkostnadene ved tiltakene ved de gitte forutsetningene.

En viss negativ netto nåverdi kan aksepteres med tanke på diskusjon om hvorvidt kraftprisen dekker faktiske samfunnsøkonomiske kostnader ved kraftproduksjon og distribusjon, sammen med ønske om innovasjon innenfor tekniske løsninger i bygg og målsettinger om redusert energibruk.

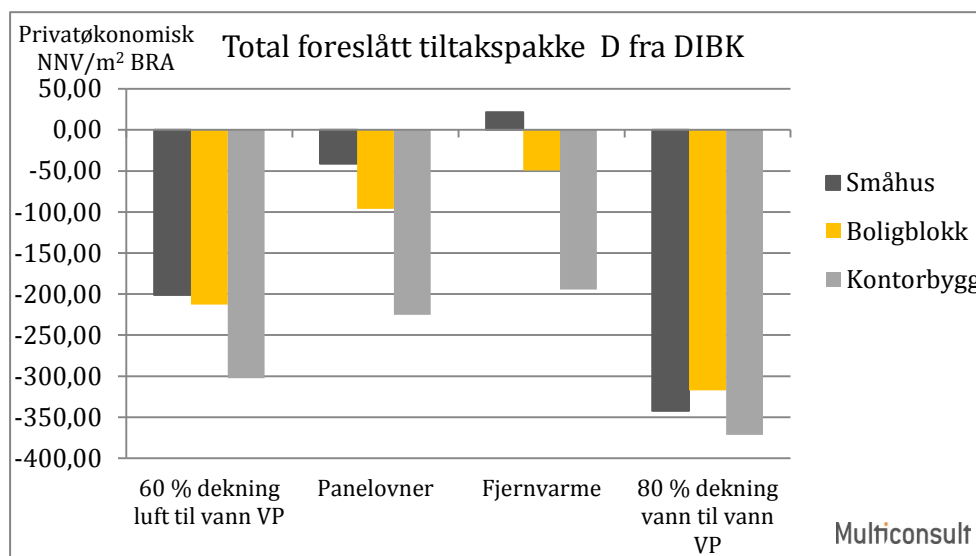
I tillegg kan en forventet reduksjon i kostnader og mulige kostnadsbesparelser i distribusjonen og lokal produksjon av varmen øke lønnsomheten betraktelig. Se mer om dette i kapitlene under.



Figur 25a: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA for DiBKs foreslåtte tiltakspakke D i forhold til en referanse på TEK10 for småhus, boligblokk og kontorbygg. Beregningen er gjort ved lav, forventet og høy energipris forutsatt en luft til vann varmepumpe.



Figur 25b: Samfunnsøkonomisk netto nåverdi per BRA for DiBKs foreslåtte tiltakspakke D i forhold til en referanse på TEK10 for småhus, boligblokk og kontorbygg. Beregningen er gjort ved lav, forventet og høy energipris forutsatt en luft til vann varmepumpe.



Figur 25c: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA for DiBKs foreslåtte tiltakspakke D for småhus, boligblokk og kontorbygg ved forventet energipris ved ulike energiforsyningsløsninger

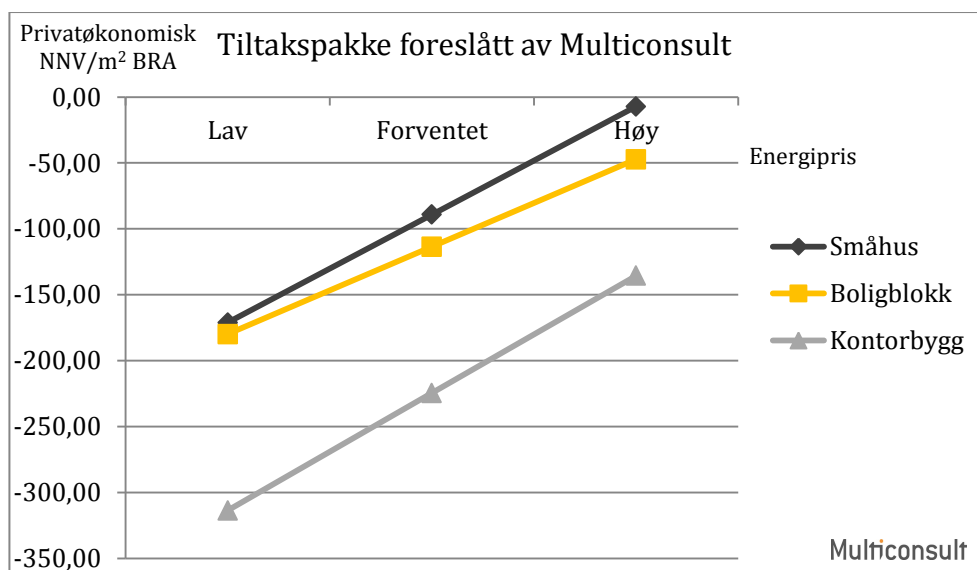
Lønnsomheten er bedre ved direkte elektrisk oppvarming enn ved bruk av varmepumpe. Det samme gjelder for fjernvarme, dersom en antar at fjernvarmekostnaden er omtrent lik energikostnaden for elektrisitet. Det ligger føringer i TEK på at bygg skal dekke en andel av varmebehovet med annen energiforsyning enn direktevirkende elektrisitet eller fossile brenslers hos sluttbruker, og det er derfor ikke inkludert merkostnader ved installasjon av varmepumpe framfor fjernvarme eller elektrisk oppvarming.

Mulige kostnadsbesparelser i distribusjonen og eventuell lokal produksjon av varme er ikke inkludert i disse lønnsomhetsberegningene. Dersom dette inkluderes blir tiltakspakken lønnsom. Se eget kapittel 12.

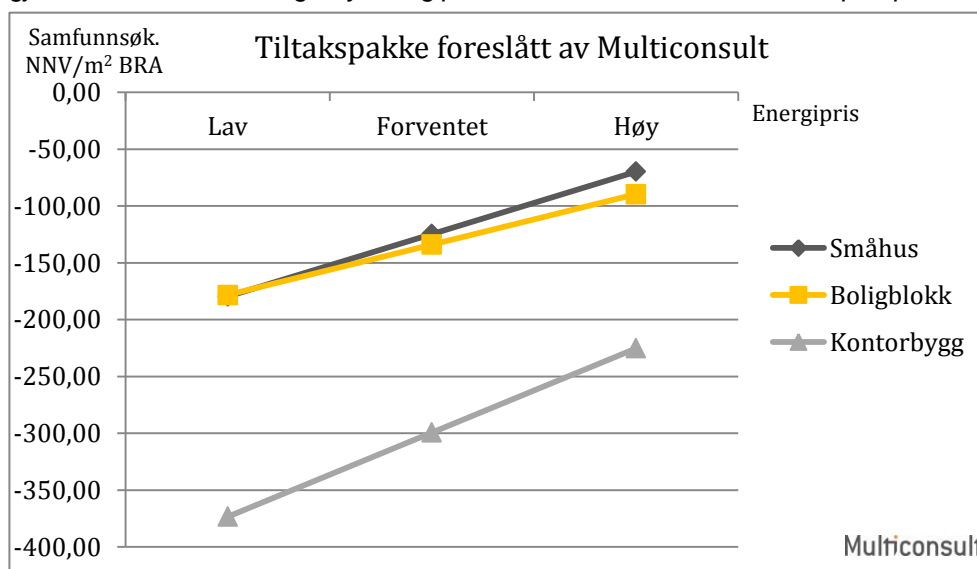
Det kan samfunnsøkonomisk være mer relevant å se på den reelle neddiskonterte kostnaden per kWh spart. Dersom denne er lavere enn LCOE (levelized cost of energy) ved økt energiproduksjon i samfunnet vil energisparetiltaket være samfunnsøkonomisk lønnsomt.

## 11.2 Tiltakspakke E - foreslått av Multiconsult

Figurene 26a-c viser NNV for tiltakspakke E foreslått av Multiconsult. Vi ser at lønnsomheten er bedre enn DiBKs forslag. Forskjellen i denne tiltakspakken er kun at U-verdien for tak ikke er anbefalt forbedret fra TEK10-nivå. Dette var et kostbart tiltak, og resten av tiltakspakken er mer lønnsom uten dette. For småhus er tiltakspakken lønnsom ved bruk av direkte elektrisk oppvarming (panelovner) og ved fjernvarme, og førstnevnte er kanskje det mest relevante alternativet for denne kategorien. Vi ser at for småhus vil energibesparelsen alene trolig være nok til at tiltakspakken er privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk lønnsom.

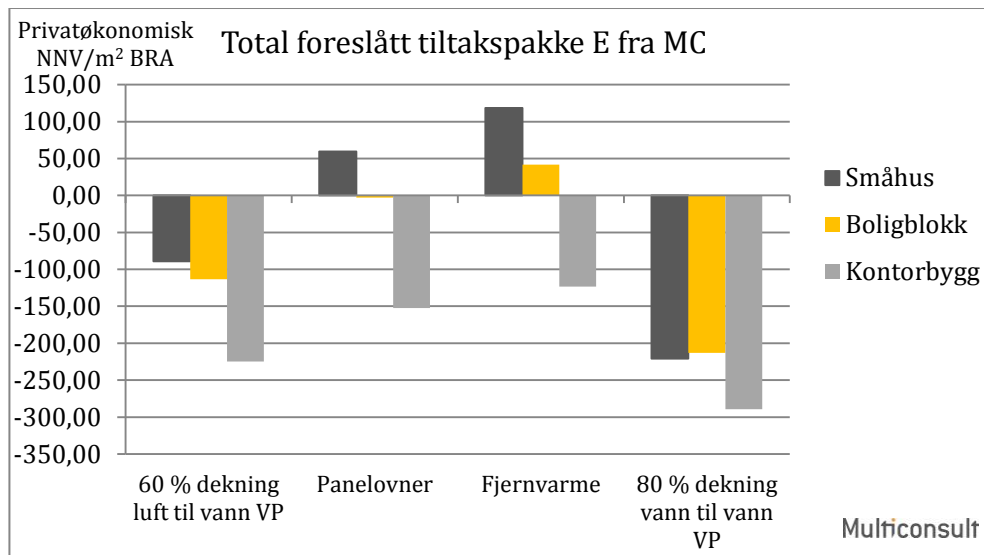


Figur 26a: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA for Multiconsult sin foreslåtte tiltakspakke E i forhold til en referanse på TEK10 for småhus, boligblokk og kontorbygg. Beregningen er gjort ved lav, forventet og høy energipris forutsatt en luft til vann varmpumpe.



Figur 26b: Samfunnsøkonomisk netto nåverdi per BRA for Multiconsult sin foreslåtte tiltakspakke E i forhold til en referanse på TEK10 for småhus, boligblokk og kontorbygg. Beregningen er gjort ved lav, forventet og høy energipris forutsatt en luft til vann varmpumpe.





Figur 26c: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA for Multiconsult sin foreslåtte tiltakspakke E for småhus, boligblokk og kontorbygg ved forventet energipris ved ulike energiforsyningsløsninger

## 12 Mulige kostnadsbesparelser i lokal produksjon og distribusjon av varme

### Nytt kapitel i Versjon03

Forbedret isolasjon, tetthet og kuldebroverdi gir redusert effektbehov til oppvarming. Dette gir mulighet for kostnadsbesparelser i distribusjonssystemet for romoppvarming, ved forenklede løsninger og færre radiatorer (og mindre rørdimensjoner) eller færre panelovner. Passivhusvinduer med U-verdi 0,8 W/m<sup>2</sup>K nærmest eliminerer kaldras, og sammen med forbedret kuldebroverdi men ikke minst forbedret tetting i overganger tak/vegg/gulv og rundt vinduer, gjør dette at det ikke lenger er behov for å plassere varmeelementene langs yttervegg under vinduer. Man kan spare antall og rørføring/el.punkter ved å plassere varmeelementene mer sentralt på innervegger.

I tillegg dimensjoneres eventuell varmpumpe og/eller kundesentral til fjernvarme etter effektbehovet i bygget. Dersom dette effektbehovet blir lavere vil det også være mulig å redusere kostnadene til dette.

### 12.1 Kostnadsbesparelser i varmforsyningssystemet

Et noe redusert effektbehov til varme kan gi reduserte investeringskostnader og kostnadsbesparelser i energiforsyningssystemet.

Tabellen under gir omtrentlige kostnader per effektenhet for de fire ulike energiforsyningssystemene som er vist i rapporten.

Tabell 28a Oversikt over investeringskostnader per installert effekt for fjernvarme og varmpumper (eks.mva)

	Fjernvarme (inkluderer kundesentral og veksler, ikke distribusjonsnett inn til bygget)	Luft til vann varmpumpe som grunnlast og elkjel spisslast	Væske til vann varmpumpe (bergvarme med energibrønner) som grunnlast og elkjel spisslast
Enebolig	5 000 kr/kW	18 000 kr/kW	28 000 kr/kW
Boligblokk	1 500 kr/kW	8 000 kr/kW	15 000 kr/kW
Kontorbygg	1 500 kr/kW	8 000 kr/kW	15 000 kr/kW

Kostnaden er gitt her per kW effekt installert, og er basert på erfaringstall og tilgjengelige kostnadsrapporter. Basert på dette og sammen med beregnet redusert effektbehov i de foreslåtte tiltakspakkene, er det videre satt opp noen generelle tall for kostnadsbesparelse og beregnet lønnsomhet ved dette.

### 12.2 Kostnadsbesparelser i vannbårent distribusjonssystem

Det er gjort flere studier for kostnader på vannbåren oppvarming av bolig, hva kostnadene ligger på og hva de «bør» ligge på. Tabellen under oppsummerer forventede kostnader fra ulike rapporter for et bygg med vannbåren varme for tre ulike standarder; TEK10-bygg, Lavenergistandard og Passivhus-standard. Tall fra 2009, regnes som ganske representative også for TEK10-bygg.

Tabell 28b Oversikt over kostnader gitt i ulike kilder, til varmedistribusjon ved vannbåren varme for TEK10 og passivhus (eks.mva)

Kilde:	Bygnings- kategori:	TEK10 standard	Passivhus
		kr/m <sup>2</sup>	kr/m <sup>2</sup>
Prisboka 2014 (ISY)	Enebolig	981	531
	Boligblokk	585	-
	Kontorbygg	784	518
Holte kalkulasjonsnøkkel (2013) Normal standard	Enebolig	446-463	-
	Boligblokk	579-751	-
	Kontorbygg	579	-
SINTEF/Multiconsult for DiBK, 2012 Kostnadsoptimalitet Energiregler i TEK *merkkostnader fra TEK10	Enebolig		- 180 *
	Boligblokk		- 130 *
	Kontorbygg		- 180 *
Cowi for Enova, 2012 «Faktastudie – Kostnader for elektrisk og vassboren oppvarming»,	Enebolig	494	387
	Boligblokk	371	289
	Kontorbygg 3600 m <sup>2</sup>	309	156-261
	Kontorbygg, 7000 m <sup>2</sup>	250	222-234
Prognosesenteret for Enova, 2009 «Kostnader ved installasjon av vannbåren varme»	Boliger	528	
	Yrkesbygg	620	
VVS-Bransjens «Forenklet anlegg for vannbåren oppvarming av boliger», 2009	Boliger	-	425
Sintef Energiforskning «Oppvarmingssystemer for lavenergi boliger», 2006	Boliger		300 (lavenerginivå)
Sintef prosjektrapport 2010, «Miljøvennlig varmforsyning til lavenergi- og passivhus», (eks. kostnad for fjernvarmetilknytning)	Alle		435-555

Kostnadene spriker mye mellom de ulike kildene. Kostnadene for distribusjon av vannbåren varme i TEK10-bygg, ligger på mellom 400- 1000 kr/m<sup>2</sup> for boliger og 250 – 800 kr/m<sup>2</sup> for kontorbygg.

For bygg ned mot passivhusstandard ligger kostnadene på 300- 550 kr/m<sup>2</sup> for boliger og 150 – 550 kr/m<sup>2</sup> for kontor.

Kostnadsbesparelsene i energidistribusjonssystemet ved de foreslåtte tiltakspakkene er usikre. De vurderte tiltakspakkene i denne rapporten er heller ikke helt nede på passivhusstandard, men det virker rimelig å anta en forventet besparelse fra 100 – 200 kr/m<sup>2</sup>. Kostnadsbesparelsen vil øke den privatøkonomiske og samfunnsøkonomiske lønnsomheten betraktelig.

### 12.3 Kostnadsbesparelser i elektrisk distribusjonssystem

I henhold til TEK10 § 14-7 Energiforsyning skal andel av varmebehovet normalt dekkes av annen energiforsyning enn direktevirkende elektrisitet. For boligbygning gjelder ikke kravet dersom netto varmebehov beregnes til mindre enn 15 000 kWh/år eller kravet fører til merkostnader over boligbygningens livsløp.

Siden det likevel er regnet på lønnsomheten ved bruk av panelovner som et av fire case, er det også aktuelt å se på kostnadsbesparelser ved panelovner. Men dette er altså mest aktuelt for småhus slik reglene er i dag.

Cowi fant i 2012, på oppdrag fra Enova en kostnadsbesparelse for elektrisk oppvarming på 65 kr/m<sup>2</sup> for boliger og 30-65 kr/m<sup>2</sup> for kontorbygg med passivhusstandard. Kostnadsbesparelsen vil øke den privatøkonomiske og samfunnsøkonomiske lønnsomheten.

Tabell 28c Oversikt over kostnader gitt i faktastudie for Enova, til varmedistribusjon ved helelektrisk oppvarming for TEK10 og passivhus (eks.mva)

Kilde:	Bygnings- kategori:	TEK10 standard	Passivhus
		kr/m <sup>2</sup>	kr/m <sup>2</sup>
Cowi for Enova «Faktastudie – Kostnader for elektrisk og vassboren oppvarming», 2012	Enebolig	178	113
	Boligblokk	156	112
	Kontorbygg 3600 m <sup>2</sup>	119	53-86
	Kontorbygg, 7000 m <sup>2</sup>	109	80

### 12.4 Totale kostnadsbesparelser i energidistribusjon og forsyningssystemet

Kostnadene til distribusjonssystemet presentert i kapitlene over gjelder ned mot passivhusstandard. De vurderte tiltakspakkene i denne rapporten går ikke fullt så langt. Disse tiltakspakkene vil likevel gi en stor andel av kostnadsbesparelsen i distribusjonssystemet fordi forbedret U-verdi vinduer, tetthet og kuldebroverdi gjør at varmeelementene kan fjernes fra yttervegg. Økt isolasjonstykkelse vegg, tak og gulv til passivhusnivå gir trolig et mindre bidrag i denne sammenhengen.

Besparelsene i effektbehov til varme fra TEK10 nivå til anbefalte tiltakspakker er ventet å ligge på rundt 8 W/m<sup>2</sup> for boliger og 14 W/m<sup>2</sup> for kontorbygg. En høyere effektbesparelse i kontorbyggene skyldes at reduserte luftmengder gir betydelig redusert effektbehov til varmebatteriene.

Basert på dette, samt kostnadene presentert i kapitlene over vil det være mulig å oppnå totale kostnadsbesparelser for de foreslåtte tiltakspakkene som vist i tabellen under.

Tabell 28d Oversikt over investeringskostnader per installert effekt for fjernvarme og varmepumper (eks.mva)

	Småhus	Boligblokk	Kontorbygg
	kr/m <sup>2</sup>	kr/m <sup>2</sup>	kr/m <sup>2</sup>
Distribusjonssystem, effektbehov, vannbåren varme	-150	-100	-150
Distribusjonssystem, effektbehov, elektrisk oppvarming	-65	-65	-45
Energiforsyning Luft til vann VP	-140	-60	-110
Energiforsyning Fjernvarme	-40	-10	-20
Energiforsyning Vann til vann VP	-220	-120	-210
Total løsning Luft til vann VP	-290	-160	-260
Total løsning Panelovner	-65	-65	-45
Total løsning Fjernvarme	-190	-110	-170
Total løsning Vann til Vann VP	-370	-220	-210

Det er usikkerhet forbundet med disse kostnadsbesparelsene. De er basert på en redusert effekttopp kaldeste vinterdag, og forutsetter at man dimensjonerer anleggene etter faktisk redusert effekt.

Reell kostnadsbesparelse vil avhenge av tilgjengelige effektstørrelser på markedet og dimensjonering av fjernvarmevekslere, varmepumper og spisslastkjelen, og variere for hvert enkelt tilfelle.

Det er heller ikke tatt hensyn til effektbehov til kjøling. For enkelte forretningsbygg vil kjølebehovet være dimensjonerende for varmepumpeinstallasjonen. I disse tilfellene vil kostnadsbesparelsen til varmepumpen være minimal.

Ved helelektrisk oppvarming (panelovner) er det ikke inkludert kostnadsbesparelser i effektbehovet. Reelt sett kan det også være noe reduserte kostnader i det elektriske systemet i bygget ved lavere effektbehov, men disse er betydelig lavere enn ved andre forsyningsløsninger og ikke kvantifisert her.

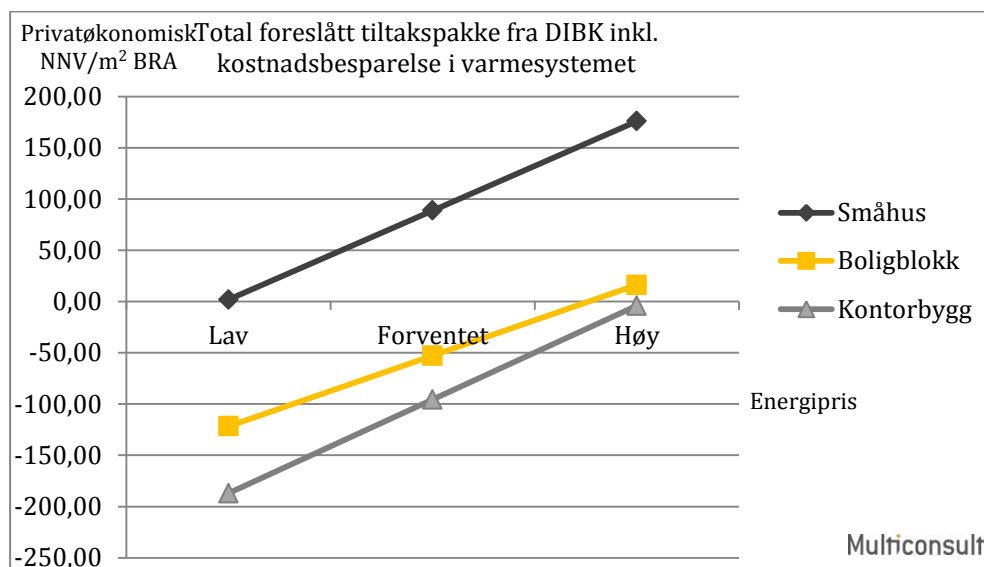
Kostnadsbesparelsene gir likevel en pekepinn på at de anbefalte tiltakspakkene sammen gir en økonomisk gevinst, selv om tiltakene enkeltvis er økonomisk ulønnsomme.

Dersom en legger inn disse mulige kostnadsbesparelsene i den totale anbefalte tiltakspakken E fra Multiconsult får vi en privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk lønnsom tiltakspakke for boliger og kontorbygg. Det vil si at dersom energiforsyningssystemet samt varmedistribusjonen i byggene dimensjoneres riktig og en klarer å bruke forenklete systemer er tiltakspakken lagt på et samfunnsøkonomisk fornuftig nivå. Dette er vist i kapitlene under.

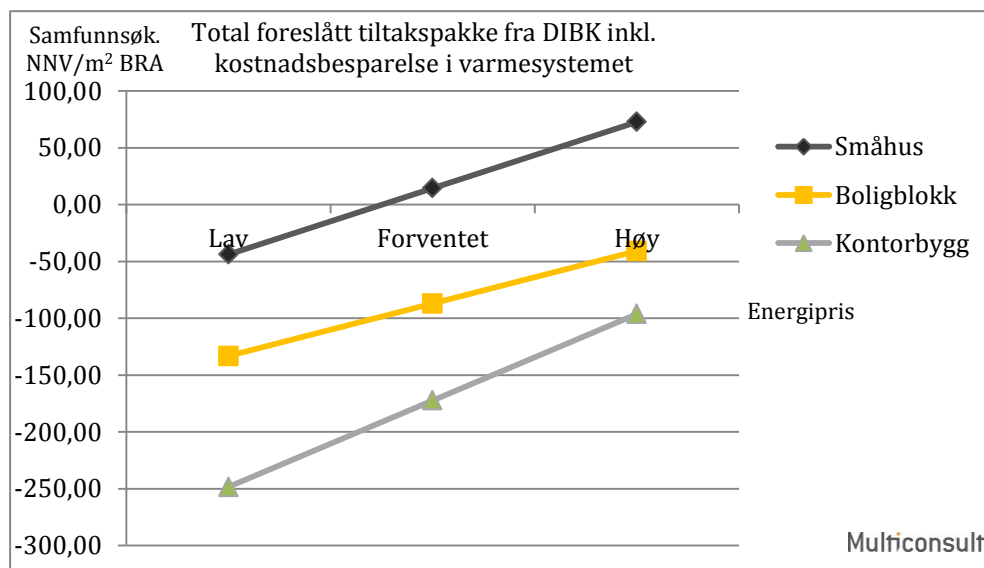
## 12.5 Lønnsomhet DiBKs tiltakspakke (Tiltakspakke D) inkludert kostnadsbesparelse i varmesystem

Når man tar hensyn til mulige kostnadsbesparelser i distribusjonssystemet og til varmforsyningssystemet blir lønnsomheten for den totale tiltakspakken betydelig bedre enn når man kun ser på kostnaden og energibesparelsen ved selve tiltakene.

Figurene 27 a-b under viser lønnsomhet for DiBKs tiltakspakke D når denne kostnadsbesparelsen inkluderes i tiltakspakken, for den forutsatte energiforsyningssystemet med en luft til vann varmepumpe med 60 % dekningsgrad og elkjel som spisslast.



Figur 27a: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA for DiBK sin foreslåtte tiltakspakke i forhold til en referanse på TEK10 for småhus, boligblokk og kontorbygg. Beregningen er gjort ved lav, forventet og høy energipris forutsatt en luft til vann varmepumpe, og inkludert kostnadsbesparelser i lokal produksjon og distribusjon av varme



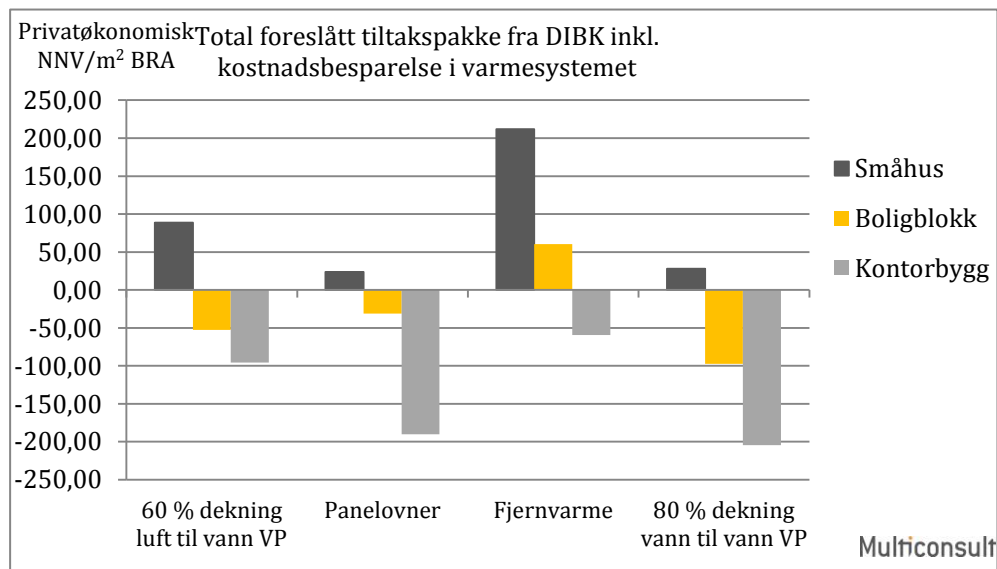
Figur 27b: Samfunnsøkonomisk netto nåverdi per BRA for DiBK sin foreslåtte tiltakspakke i forhold til en referanse på TEK10 for småhus, boligblokk og kontorbygg. Beregningen er gjort ved lav, forventet og høy energipris forutsatt en luft til vann varmepumpe, og inkludert kostnadsbesparelser i lokal produksjon og distribusjon av varme.

Vi ser at dersom en tar hensyn til mulige kostnadsbesparelser i varmedistribusjonssystemet, samt kostnadsbesparelser ved installasjon av mindre effekt til luft til vann varmepumpen og elkjelen som er forutsatt til spisslast, blir tiltakspakken privatøkonomisk lønnsom for småhus ved forventet energipris.

For boligblokker og kontorbygg blir den privatøkonomiske lønnsomheten tilnærmet lik null. Dette viser, gitt de forutsetningene som er lagt til grunn, at det vil være mulig å oppføre bygninger som over levetiden ikke blir dyrere enn ved dagens TEK10-løsning.

Figur 27c under viser lønnsomheten for ulike varmforsyningssystemer, dersom vi tar hensyn til mulige kostnadsbesparelser i energiforsyningen. Vi ser at DiBKs foreslåtte tiltakspakke blir privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk lønnsom for småhus med fjernvarme eller varmepumpeløsninger. For boligblokker vil den totale lønnsomheten være rundt null, altså i liten grad endre seg fra dagen TEK10-nivå.

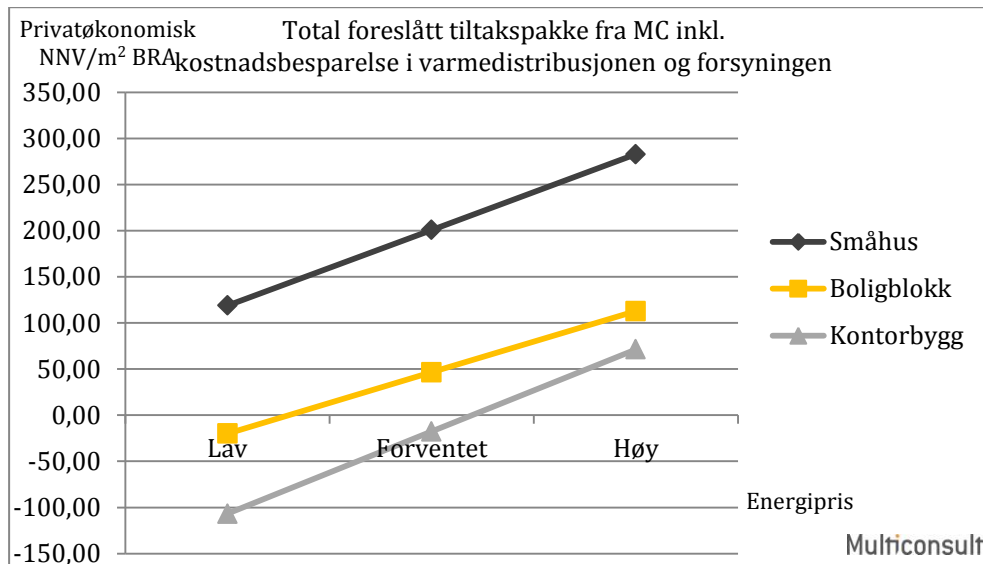
Kostnadsbesparelsen for helelektrisk oppvarming (panelovner) er lav, og dette alternativet får derfor fortsatt en negativ lønnsomhet.



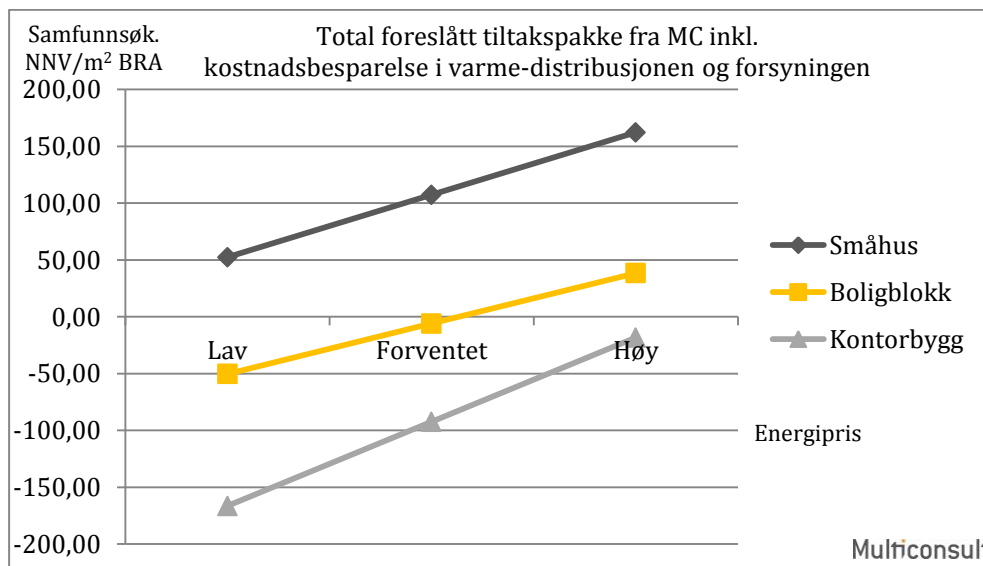
Figur 27c: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA for DiBK sin foreslåtte tiltakspakke for småhus, boligblokk og kontorbygg ved forventet energipris ved ulike energiforsyningsløsninger, inkludert kostnadsbesparelser i lokal produksjon og distribusjon av varme.

## 12.6 Lønnsomhet Multiconsults tiltakspakke (Tiltakspakke E) inkludert kostnadsbesparelse i varmesystem

Figurene 28 a-c under viser lønnsomhet for Multiconsults tiltakspakke når denne kostnadsbesparelsen inkluderes i tiltakspakken.

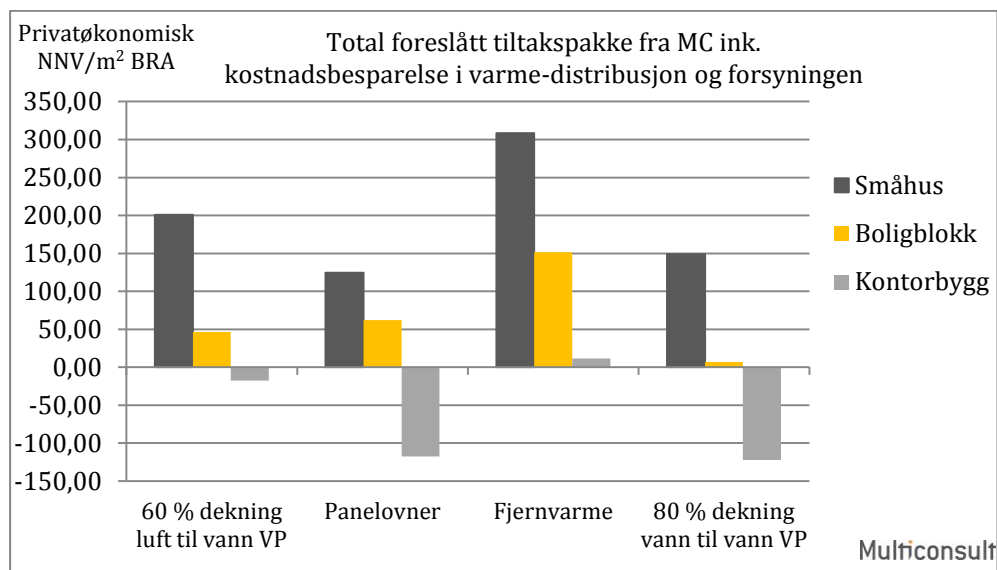


Figur 28a: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA for Multiconsult sin foreslåtte tiltakspakke i forhold til en referanse på TEK10 for småhus, boligblokk og kontorbygg. Beregningen er gjort ved lav, forventet og høy energipris forutsatt en luft til vann varmpumpe, og inkludert kostnadsbesparelser i distribusjon og forsyningssystemet.



Figur 28b: Samfunnsøkonomisk netto nåverdi per BRA for Multiconsult sin foreslåtte tiltakspakke i forhold til en referanse på TEK10 for småhus, boligblokk og kontorbygg. Beregningen er gjort ved lav, forventet og høy energipris forutsatt en luft til vann varmpumpe, og inkludert kostnadsbesparelser i distribusjon og forsyningssystemet.





Figur 28c: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA for Multiconsult sin foreslåtte tiltakspakke for småhus, boligblokk og kontorbygg ved forventet energipris ved ulike energiforsyningsløsninger, inkludert kostnadsbesparelser i distribusjon og forsyningssystemet.

Vi ser at dersom en tar hensyn til mulige kostnadsbesparelser i energiforsyningen blir Multiconsults foreslåtte tiltakspakke privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk lønnsom for småhus og boligblokk for alle energiforsyningsløsninger.

Kontorbygg blir fortsatt noe mindre lønnsomt enn boligkategoriene. Dette skyldes høye kostnader til redusert ventilasjonsluft og mer energieffektiv belysning. Siden bedre tekniske systemer er et område der det kan ventes en kostnadsreduksjon anbefales det likevel å gå for denne pakken for kontorbygg.

## 13 Vurdering av merkostnader

### *Nytt kapitel i Versjon03*

#### 13.1 Mulig kostnadsspenn merkostnader

Usikkerhet i merkostnader er vist i form av utfallsrom i tabell 4 til 13. I tillegg er de vist i tabell 14, 15 og 16 under Kapittel 9 Sammenstilling av ulike tiltak.

Kostnadene er i hovedsak basert på Multiconsult og SINTEFs kostnadsoptimalitetsstudie for DiBK fra 2012. I tillegg er det gjort vurderinger og hentet ut erfaringskostnader fra en mengde passivhus- og lavenergibygg som er bygget de siste to til tre årene. Dette er hovedsakelig hentet fra Enovareportering. Det er fortsatt usikkerhet rundt disse tallene, da de er hentet fra et begrenset antall prosjekter, og merkostnadene i prosjektene ikke nødvendigvis er helt riktig fordelt mellom tiltak.

Kostnadsbildet endrer seg raskt, og for flere av tiltakene kan det komme en betydelig kostnadsreduksjon.

Vi ser når vi sammenligner mot utfallsrommet at:

- Merkostnader for reduserte U-verdier for gulv og tak, er basert på kostnader for tradisjonelle løsninger. Kostnadene ligger i den dyreste delen av utfallsrommet, og kan være estimert noe høyt. Det vil være mulig avhengig av prosjekt og leverandører å komme betydelig lavere enn dette.
- Merkostnader for reduserte U-verdier for vegg er lagt i nederste del av utfallsrommet, da disse regnes som godt dokumentert og sannsynlige. Likevel ser vi at det med spesielle leverandører være mulig å oppnå betydelig lavere merkostnader allerede i dag.
- Merkostnader for bedre vinduer er lagt relativt høyt. Her har man allerede sett en betydelig kostnadsreduksjon, og ytterligere reduksjoner vil gi betydelig økt lønnsomhet for vinduer med lave U-verdier
- Merkostnader til bedret lufttetthet inkluderer tetthetsprøving også ved ferdigstillelse. Det er allerede i dag krav om tetthetsmåling. Ref. SAK10, men dette er gjerne en tetthetsmåling underveis i oppføringen av bygget, etter vindspærren er montert, for å kontrollere og evt. utbedre. Det er her inkludert en merkostnad for ekstra tetthetsmåling ved ferdigstillelse. Det vil i tillegg gi merarbeid på byggeplassene. Dette kan være vanskelig å kvantifisere, og merkostnadene er derfor satt konservativt. Ved effektiv oppfølging på byggeplass og mer kompetanse i bransjen, er det trolig at kostnadene kan bli lavere og lønnsomheten øke.
- Merkostnadene til økt varmegjenvinningsgrad og SFP er relativt små. Disse er svært usikre og vanskelige å separere fra øvrig tiltak på ventilasjonssystemet som helhet og redusert ventilasjonsmengder.
- Merkostnadene til ventilasjonsstyring inkluderer i første omgang full behovsstyring. Det er funnet færre kostnadstall for dette, og usikkerheten er stor.

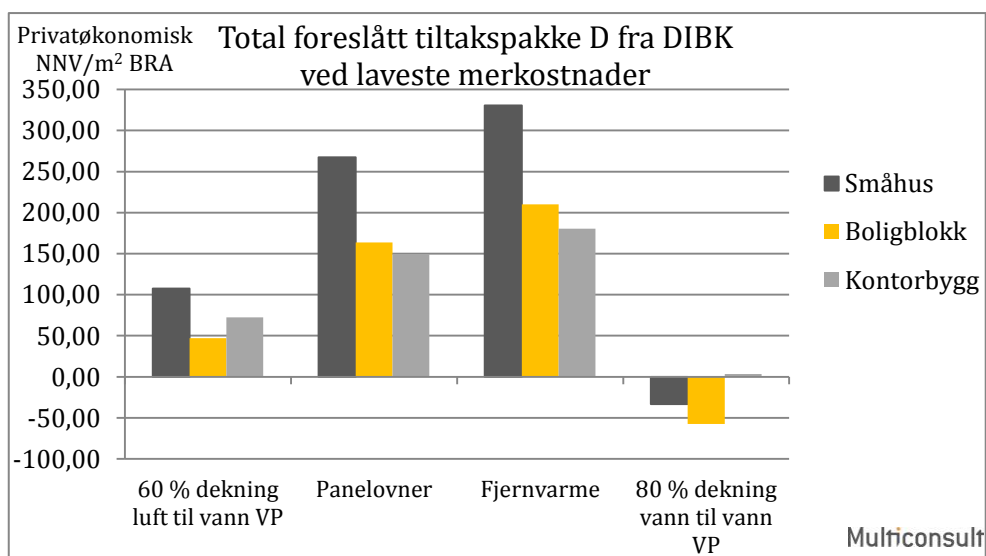
Usikkerheten i lønnsomheten gir betydelig endringer i lønnsomheten for de enkelte tiltakene. Resultater og usikkerhet rundt dette er presentert i figurer i Vedlegg E. Hvordan usikkerheten påvirker de foreslåtte tiltakspakkene er vist under.

### 13.2 Usikkerhet i lønnsomhet ved DiBKs tiltakspakke D

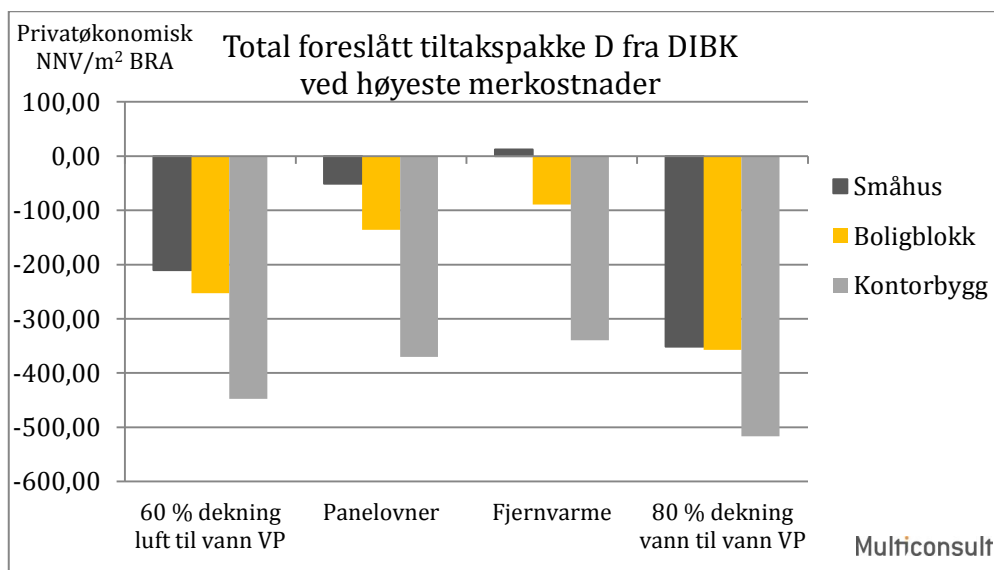
Figur 29a og b under viser privatøkonomisk lønnsomhet for DiBKs foreslåtte tiltakspakke D, ved laveste og høyeste merkostnader for tiltakene. Vi ser at usikkerheten i merkostnader påvirker lønnsomheten betraktelig.

Her er ikke kostnadsbesparelser i distribusjonssystemet og forsyningssystemet inkludert, noe som ville gitt ytterligere økt lønnsomhet, som vist i kapittel 12.

Dersom strengere energiregler påvirker bransjen slik at merkostnadene for tiltakene reduseres ned mot det laveste vurderte kostnadsnivået, vil den foreslåtte tiltakspakken fra DiBK (Tiltakspakke D) bli privatøkonomisk lønnsom. Lønnsomheten per tiltak ved lave og høye merkostnader er vist i Vedlegg E.



Figur 29a Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA for DiBK sin foreslåtte tiltakspakke D for småhus, boligblokk og kontorbygg ved forventet energipris ved ulike energiforsyningsløsninger, ved laveste merkostnader for tiltakene, uten kostnadsbesparelser i varme-distribusjonen og forsyningsløsningen.



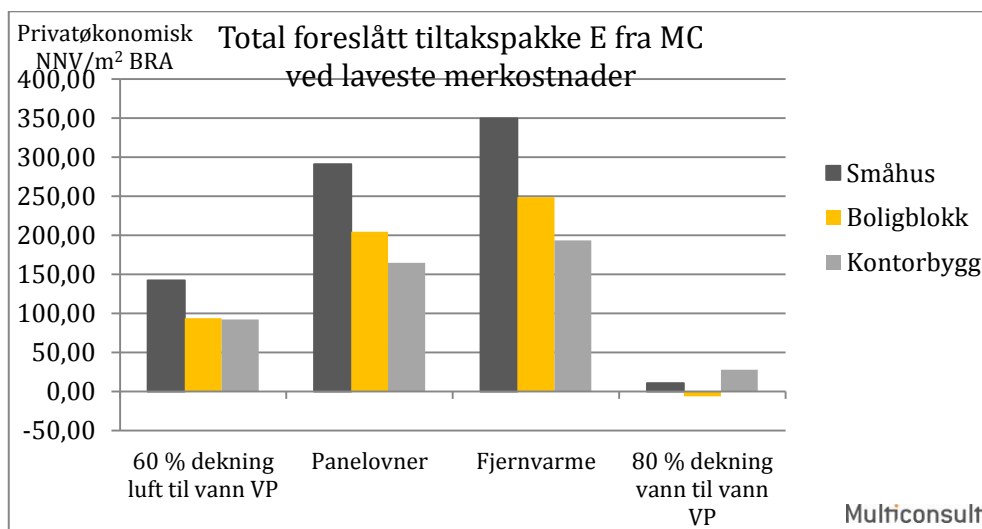
Figur 29b Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA for DiBK sin foreslåtte tiltakspakke D for småhus, boligblokk og kontorbygg ved forventet energipris ved ulike energiforsyningsløsninger, ved høyeste merkostnader for tiltakene, uten kostnadsbesparelser i varme-distribusjonen og forsyningsløsningen

### 13.3 Usikkerhet i lønnsomhet ved Multiconsults tiltakspakke E

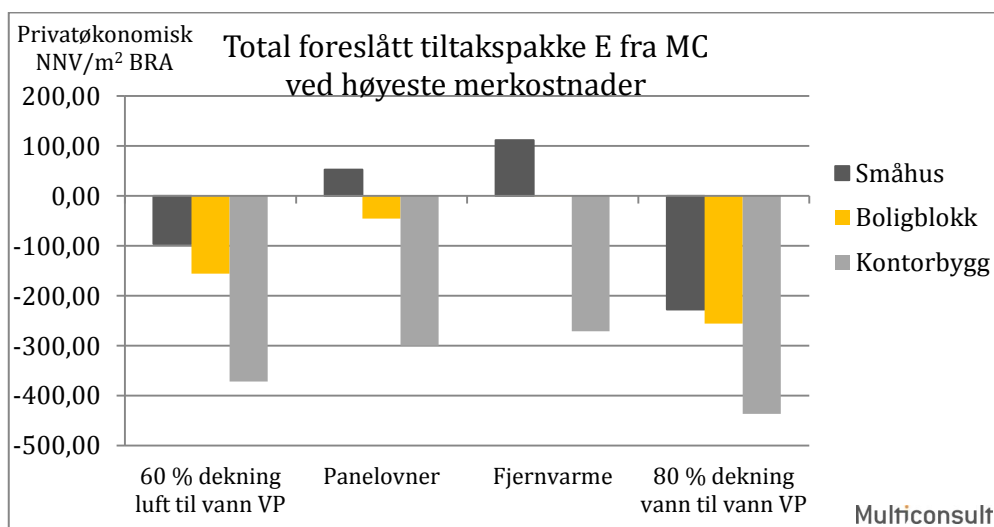
Figur 30a og b under viser privatøkonomisk lønnsomhet for Multiconsults anbefalte tiltakspakke E, ved laveste og høyeste merkostnader for tiltakene. Vi ser at usikkerheten i merkostnader påvirker lønnsomheten betraktelig.

Her er ikke kostnadsbesparelser i distribusjonssystemet og forsyningssystemet inkludert, noe som ville gitt ytterligere økt lønnsomhet, som vist i kapittel 12.

Dersom strengere energiregler påvirker bransjen slik at merkostnadene for tiltakene reduseres ned mot det laveste vurderte kostnadsnivået, vil den foreslåtte tiltakspakken fra Multiconsult bli privatøkonomisk lønnsom. Lønnsomheten er noe bedre enn DiBKs foreslåtte tiltakspakke, og pakken vil bli lønnsom selv ved en god varmepumpeløsning med 80 % dekningsgrad. Lønnsomheten per tiltak ved lave og høye merkostnader er vist i Vedlegg E.



Figur 30a Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA for Multiconsult sin foreslåtte tiltakspakke E for småhus, boligblokk og kontorbygg ved forventet energipris ved ulike energiforsyningsløsninger, ved laveste merkostnader for tiltakene, uten kostnadsbesparelser i varme-distribusjonen og forsyningsløsningen



Figur 30b Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA for Multiconsults sin foreslåtte tiltakspakke E for småhus, boligblokk og kontorbygg ved forventet energipris ved ulike energiforsyningsløsninger, ved høyeste merkostnader for tiltakene, uten kostnadsbesparelser i varme-distribusjonen og forsyningsløsningen

### 13.4 Forventet reduksjon i merkostnader

Historien har vist at byggebransjen med byggevareprodusenter og utførende har tilpasset seg de stadig skjerpede energiregler. Det kan ha vært et markant kostnadshopp i overgangen mellom to tekniske forskrifter, der en andel kan tilskrives de skjerpede energireglene, men at bransjen over de påfølgende år har utviklet forbedrede produkter, løsninger og arbeidsmetoder som har senket prisnivået.

Dette har vi også sett ifm. etableringen av den norske versjonen av passivhusstandarden få år tilbake. I begynnelsen var merkostnaden ved å bygge på passivhusstandard ift. TEK10-standard høy, men etter hvert har mange byggevareprodusenter og utførende tilpasset seg og merkostnaden har krympet. Dette bekreftes av forbildeprosjektenes sluttrapporter til Enova på det som var støtteprogram for lavenergi- og passivhus, og også i andre rapporter og artikler. Merkostnader for passivhus og tilhørende "passivhuskomponenter" har blitt mindre etter hvert som passivhus har fått en større markedsandel og aktørene har lært av bygde prosjekter.

Under følger enkelte eksempler.

#### Vinduer

Et typisk eksempel for byggevareprodusent er ny standard for vinduer med U-verdi lik eller bedre enn  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  som kom som minstekrav i passivhusstandarden. Tross uttrykt skepsis og bekymring i begynnelsen, har mange vindusprodusenter klart å tilpasse seg ganske raskt, og "passivhusvinduer" er i dag hyllevarer hos mange i dag med rimeligere priser.

#### Tetthet

Et eksempel for utførende er ny standard for byggets tetthet med minstekrav lekkasjetall  $n_{50} < 0,6 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{h}$  ved 50 Pa som kom som minstekrav i passivhusstandarden. Dette betydde økt krav til velgjennomtenkte bygningsdetaljer samt god håndverksmessig utførelse, som nok hos mange utførende i starten medførte noe prøving og feiling samt kursing av og bevisstgjøring hos håndverkerne. Etter hvert har dette imidlertid innarbeidende løsninger og merkostnaden ved å bygge tettere bygg har sunket. Nå virker det som at det er konkurranse i å bygge det tetteste bygget.

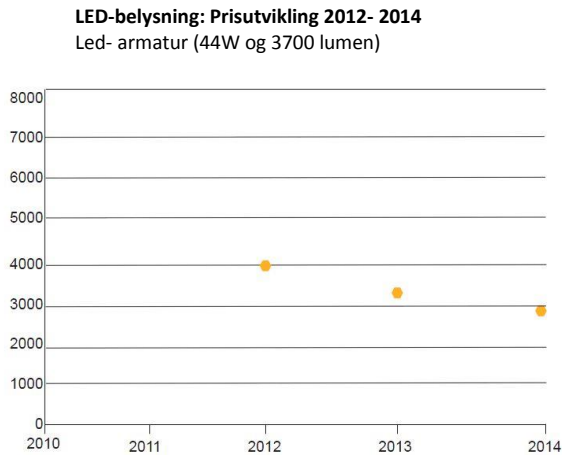
#### Isolasjon

Det har også kommet flere nye isolasjonsprodukter og -systemer med bedre isolasjonsevne. Eksempler er trestendere med brutt kuldebro, mineralull med bedre lambda-verdi enn hva som har vært standard til nå, fasadeisolasjonssystem som reduserer eller eliminerer stenderdelen og dermed minimerer kuldebroene, med flere. Disse kan noen ganger gi bedre økonomi i prosjektene fordi man kan bygge tynnere vegger og likevel oppnå samme U-verdi. Skal man oppnå virkelig lav U-verdi vil man dessuten for normal utførelse med gjennomgående stendere få tykke vegger som kan hende må bygges opp i flere "lag", noe som er arbeidskrevende og kostnadsdrivende, og her vil nevnte alternativer da være enda mer prisgunstig. Så går det også an å se det fra en annen side; dersom man bygger med forbedret alternativ isolasjonsløsning kan man i noen tilfeller oppnå en bedre U-verdi til samme kostnad som for tradisjonell løsning. Dette vil da innenfor energirammen gi et handlingsrom for å redusere på kvaliteten andre steder på bygningskropp eller tekniske anlegg, eller eksempelvis øke vindusandelen. Et regneeksempel på bygningskategorien kontorbygg md "Multiconsults tiltakspakke E", viser at med fasadeisolasjonssystem U-verdi  $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$  i stedet for tradisjonelt utført isolert bindingsverk U-verdi  $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ , som kan ha samme kostnad, får man en reduksjon i beregnet netto energibehov på  $1 \text{ kWh/m}^2\text{K}$  fra 82 til 81  $\text{kWh/m}^2$ . Det er tilsynelatende ikke mye. Men eksempelvis veier det opp for en økning i arealandel vinduer fra 20 til 25 % (ref. vedlegg D).

#### Belysning

Et annet eksempel der vi har sett en betydelig prisreduksjon er innenfor energieffektive belysningsløsninger. Generelt har det vært en høy teknisk utvikling av LED-lys de siste årene og prisbildet har vært i betydelig utvikling. Figur 31 under viser prisutviklingen for et LED-armatur de siste to årene. LED-lys ligger høyere i pris enn lysstoffrør og T5-armaturer, som. På grunn av prisøkningen på lysstoffrør og tilsvarende nedgang for LED, har likevel prisene på LED nærmet seg kostnadene for belysning basert på lysrør. I 2010/11 var kostnadene for belysningsutstyr basert på LED omtrent alltid

dobbelt så høye som lysrørbasert belysningsutstyr. I dag er LED-basert belysningsutstyr ca. mellom 1,2 - 2 ganger mer kostbar enn lysrørbasert belysningsutstyr. Lysytelsen på LED-diodene har økt med ca. 20 % pr. år og har samtidig hatt en prisnedgang på 20-25 % siden 2011.



Figur 31: Prisutvikling i norske kroner for et LED-armaturer i perioden 2011-2014 (64 W og 4700 lumen) (Kilde: Multiconsult, Markedsdata og indikatorer for fremtidens bygg, internt studie for Enova 2014)

Med disse eksemplene som bakteppe kan det forventes at når nye energiregler 2015 flytter standarden på enkelte områder, vil tiltakskostnadene med tiden reduseres etter hvert som byggevareprodusenter og utførende tilpasser seg. Dette er dermed et argument for å legge størst vekt på lønnsomhetsberegningene med de laveste tiltakskostnadene i de foregående avsnittene.

### 13.5 Mulige ytterligere innskjerpinger

I figurene 25-28 kommer det fram at de vurderte tiltakspakkene får best lønnsomhet for småhus, medium for boligblokk og dårligst for kontorbygg. Dette tilsier at tiltakspakken kan lages strengere for småhus, og kanskje også for boligblokk, mens det for kontorbygg ikke bør bli strengere.

Det har lenge vært et politisk mål at nye bygg i 2015 skal ned på passivhusnivå. Det er derimot ikke utarbeidet noen nærmere definisjon av ”passivhusnivå”. Multiconsult understreker at kravsnivået som er foreslått av DiBK (tiltaks pakke D), og vår anbefaling basert på denne (tiltaks pakke E), er relativt langt unna å oppnå passivhusstandard som definert i NS 3700 og NS 3701.

Multiconsult vurderer det slik at det er en nødvendighet at Energiregler 2015 skjerpes betraktelig ift. TEK10 for å flytte grenser og stimulere til innovasjon i byggenæringen, sett i lys av fremtidens mål. Derfor må man akseptere at enkelttiltak og tiltakspakken ikke er lønnsom nå slik den er regnet med tiltakskostnader i øvre sjikt av det mulige usikkerhetsrommet for merkostnader. Multiconsult anbefaler å legge seg på et kravsnivå som gir insentiv til kostnadsreduksjon. Historien har vist at byggebransjen med byggevareprodusenter og utførende har tilpasset seg de stadig skjerpede energiregler, at bransjen har utviklet forbedrede produkter, løsninger og arbeidsmetoder som har senket merkostnadene, samt at ny gjeldende standard selvfølgelig i seg selv senker merkostnadene da det blir det nye dominerende på markedet. Av figur 1d, 1e og 1f ser vi at dersom en ser på laveste kostnadsnivå blir tiltakspakkene lønnsomme selv uten kostnadsreduksjon for varmesystem.

I lønnsomhetsvurderingen kan man argumentere for å se på tiltakspakken som helhet i stedet for å fokusere på enkelttiltakene, da man også kan inkludere kostnadsreduksjon for varmesystemet. Som tidligere nevnt er også mest riktig å se på resultatene for fjernvarme til boligblokk og kontorbygg, mens det er panelovner eller luft til luft varmepumpe eventuelt luft til vann varmepumpe for småhus. I rapporten fremkommer (figur 28c) at Multiconsults forslag til kravsnivå (tiltakspakke E) da er så vidt lønnsom for kontorbygg med fjernvarme, og klart lønnsom for småhus og boligblokk for alle energiforsyningsløsninger. Det tyder på at tiltakspakke E er riktig nivå for kontorbygg slik merkostnadene er satt, men i lys av forrige avsnitt argumenterer vi for én ytterligere skjerpning. Av tabell H1 er det tiltak U-verdi vegg som er mest lønnsomt og derfor tas med i tiltakspakke for kontorbygg.

Med kravsnivå foreslått av DiBK (tiltakspakke D), som utover tiltakspakke E også inkluderer tiltak U-verdi tak, er tiltakspakken så vidt lønnsom for boligblokk med fjernvarme og fortsatt lønnsom for småhus for alle energiforsyningsløsninger (figur 27c). Det tyder på at tiltakspakke D er riktig nivå for boligblokk, men på samme måte som for kontorbygg argumenterer vi for én ytterligere skjerpning. Av tabell H1 er det tiltak U-verdi vegg som er den mest lønnsomme og derfor tas med i tiltakspakke for boligblokk i tillegg til U-verdi tak. Så er det ikke sett på noen ytterligere forbedret tiltakspakke, men for småhus kan det argumenteres på tilsvarende måte for også å inkludere tiltak U-verdi vegg og U-verdi gulv.

En anbefalt ytterligere innskjerping basert på disse argumentene, og som grunnlag for energirammer i Energiregler 2015, er vist i Tabell 2.

## 14 Rammekrav og tiltakspakke ved levert energi uten korreksjonsfaktorer

### Kapitel 12 i Versjon02

Det er vist at rammekravsnivået ved tiltakspakke A og B ikke vil være mulig å oppnå ved bruk av bioenergi og fjernvarme. Dersom rammekravet skal settes på levert energi uten korreksjonsfaktorer bør det, dersom man bygger etter passivhusstandard, akkurat være mulig å tilfredsstille energirammekravet ved biokjel, som er den energiforsyningsløsningen som har lavest systemvirkningsgrad.

*Det er derfor satt opp en tredje alternativ tiltakspakke (alternativ C er vist i vedlegg), som tilsvarende et energirammekrav der det er mulig å oppnå kravet ved bruk av biokjel og passivhusstandard. Det vil si at rammekravet ikke kan settes strengere enn 97 og 96 kWh/m<sup>2</sup> for småhus og boligblokk, og ikke strengere enn 76 kWh/m<sup>2</sup> for kontorbygg ved bruk av levert energi uten korreksjonsfaktorer.*

Tabellene 29 - 31 viser resultat for netto energi og levert energi for tiltakspakke C, ved bruk av luft til vann varmpumpe og ved biokjel, sammenlignet med TEK10 og passivhusreferansen og foreslått tiltakspakke D fra DiBK.

Tabell 29a og 29b: Netto energi for tiltakspakke C

Bygningskategorier	1	2	D	C
	TEK2010	Passivhus	DIBK	Bio-passivhu
Småhus	131	83	98	116
Boligblokk	112	80	84	114
Kontorbygning	130	74	81	90

Bygningskategorier	1	2	D	C
	TEK2010	Passivhus	DIBK	Bio-passivhu
Småhus	33 %	-15 %	0 %	18 %
Boligblokk	32 %	-6 %	0 %	35 %
Kontorbygning	61 %	-8 %	0 %	11 %

Et slikt kravsnivå vil være 10 prosent dårligere for kontorbygg og opp til 35 prosent dårligere for boligblokk enn ved DIBKs foreslåtte tiltakspakke D. Vi ser at en slik tilnærming gjør at en vil havne på et kravsnivå helt ned på TEK10 nivå for boligblokk, og vi fjerner oss lenger vekk fra passivhusstandard for alle bygningskategorier. Dette er uheldig.

Tabell 30a og 30b: Levert energi for varmpumpe med 60 % dekningsgrad

Bygningskategorier	1	2	D	C
	TEK2010	Passivhus	DIBK	Bio-passivhu
Småhus	108	71	82	96
Boligblokk	94	69	72	95
Kontorbygning	108	63	69	76

Prosentvis økning fra DIBKs foreslåtte tiltakspakke

Bygningskategorier	1	2	D	C
	TEK2010	Passivhus	DIBK	Bio-passivhu
Småhus	31 %	-14 %	0 %	17 %
Boligblokk	29 %	-5 %	0 %	32 %
Kontorbygning	58 %	-8 %	0 %	10 %



Tabell 31a og 31b: Levert energi for biokjel

Bygningskategorier	1	2	D	C
	TEK2010	Passivhus	DIBK	Bio-passivhus
Småhus	156	97	115	137
Boligblokk	131	96	103	134
Kontorbygning	133	76	83	95

Prosentvis økning fra DIBK-2015 (varmepumpe med 60 % dekning):

Bygningskategorier	1	2	D	C
	TEK2010	Passivhus	DIBK	Bio-passivhu
Småhus	89 %	17 %	40 %	66 %
Boligblokk	81 %	33 %	42 %	86 %
Kontorbygning	93 %	11 %	21 %	38 %

Vi ser at alternativ C med en luft til vann varmepumpe tilfredsstillende rammekravet, som er bestemt av levert energi for passivhus ved biokjel (merket gult). Rammekravet er satt slik at passivhus med biokjel akkurat skal klare det.

Dersom man ønsker å bruke levert energi må tiltakspakken settes på et dårligere nivå enn de foreslåtte tiltakene fra DiBK, og helt ned på TEK10-nivå for boligblokk. For alle bygningskategorier vil en komme relativt langt unna passivhusstandard.

## 15 Beregninger ved ulike klima

### Kapitel 13 i Versjon02

Bruk av lokale klimadata har mange fordeler. For det første, ved bruk av lokale klimadata, får man et mest mulig riktig energibehov for bygningen som lettere kan sammenlignes med virkelig bruk i driftsfasen. Videre er det stor forskjell på hvor lønnsomme energitiltakene vil være avhengig av lokalt klima. Det er derfor på generell basis en fordel at det benyttes lokale klimadata for beregningene. Konsekvensene av dette er vurdert i dette kapitlet. Tabell 32a-c viser hvordan passivhus-referansen, TEK10 og foreslåtte tiltakspakke for Energiregler 2015 i TEK vil komme ut ved ytterpunkts-klimaene i Karasjok og Stavanger.

Tabell 32a, 32b og 32c: Netto energi for ulike klima

Bygningskategorier	1	1 Stavanger	1 Karasjok
	TEK2010	TEK2010	TEK2010
Småhus	131	112	192
Boligblokk	112	97	159
Kontorbygning	130	106	177

Bygningskategorier	2	2 Stavanger	2 Karasjok
	Passivhus	Passivhus	Passivhus
Småhus	83	75	113
Boligblokk	80	72	107
Kontorbygning	74	59	104

Bygningskategorier	DiBK -2015	DiBK Stavanger	DiBK Karasjok
	DiBK endelig	DiBK endelig	DiBK endelig
Småhus	98	86	139
Boligblokk	84	76	116
Kontorbygning	81	67	116

Vi ser at det ikke blir mulig å tilfredsstille kravet ved å bygge TEK10-standard i Stavanger. Bygg som bygges i Stavanger kan bygges med noe dårligere standard enn et bygg i Oslo for å tilfredsstille kravet, men det vil fortsatt ikke være mulig å bygge helt ned på TEK10-standard i Stavanger. Det vil kunne være fornuftig å regne ved lokalt klima i Stavanger, og bygge etter energireglene satt etter Oslo klima.

Vi ser at det foreslåtte tiltakskravet blir for strengt dersom en skal beregne etter lokalt klima i Karasjok. Selv ikke med passivhusstandard (definert etter Oslo klima) vil det være mulig å tilfredsstille energireglene. Det vil kreve en form for korleksjon på energirammen dersom en skal beregne etter lokalt klima i Karasjok.

Tabell 33a, 33b og 33c: Levert energi for ulike klima med varmepumpe med 60 % dekningsgrad

Bygningskategorier	1	1 Stavanger	1 Karasjok
	TEK2010	TEK2010	TEK2010
Småhus	108	94	154
Boligblokk	94	82	130
Kontorbygning	108	93	148

Bygningskategorier	2	2 Stavanger	2 Karasjok
	Passivhus	Passivhus	Passivhus
Småhus	71	65	94
Boligblokk	69	63	89
Kontorbygning	63	54	79

Bygningskategorier	D	D Stavanger	D Karasjok
	DIBK	DIBK	DIBK
Småhus	82	73	113
Boligblokk	72	66	96
Kontorbygning	69	60	98

Prosentvis økning fra DIBKs foreslåtte tiltakspakke

Bygningskategorier	D	D Stavanger	D Karasjok
	DIBK	DIBK	DIBK
Småhus	0 %	-11 %	37 %
Boligblokk	0 %	-9 %	33 %
Kontorbygning	0 %	-13 %	42 %

Vi ser at de samme konklusjonene gjelder for et rammekrav på levert energi, som dersom dette ble satt til netto. Kravene blir for strenge i Karasjok, men i Stavanger vil det være mulig å redusere noe på enkelte tiltak, men ikke å gå helt ned på TEK10-nivå.

*En alternativ forenklet løsning er å gjøre det mulig å beregne etter lokalt klima for klima varmere enn i Oslo, men beregne etter Oslo klima for kaldere klima enn Oslo. Det anbefales at dette utredes nærmere.*

## 16 Framskrivning av total energibesparelse

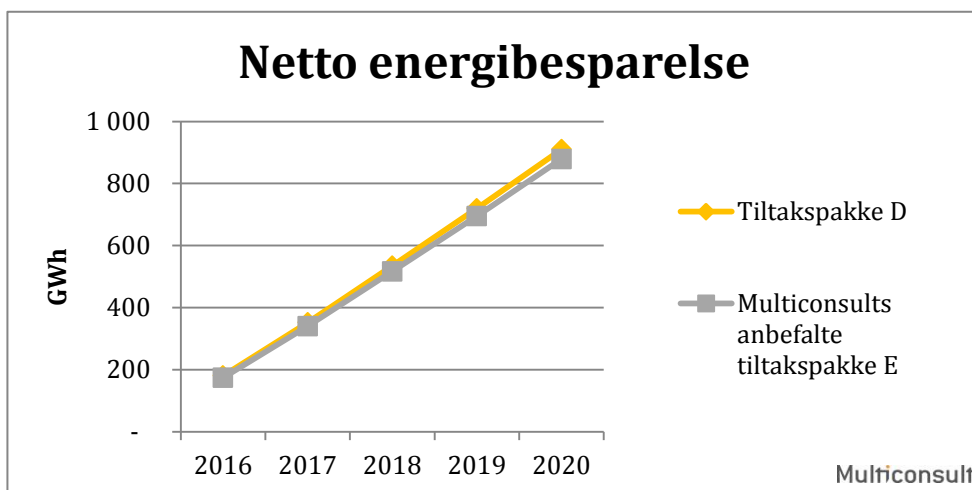
### Vedlegg D i Versjon02

Det er ønskelig å vise den samlede energibesparelse som oppnås med foreslåtte nye energiregler 2015 i forhold til dagens energikrav i TEK10, for stipulert nybyggareal i 2020.

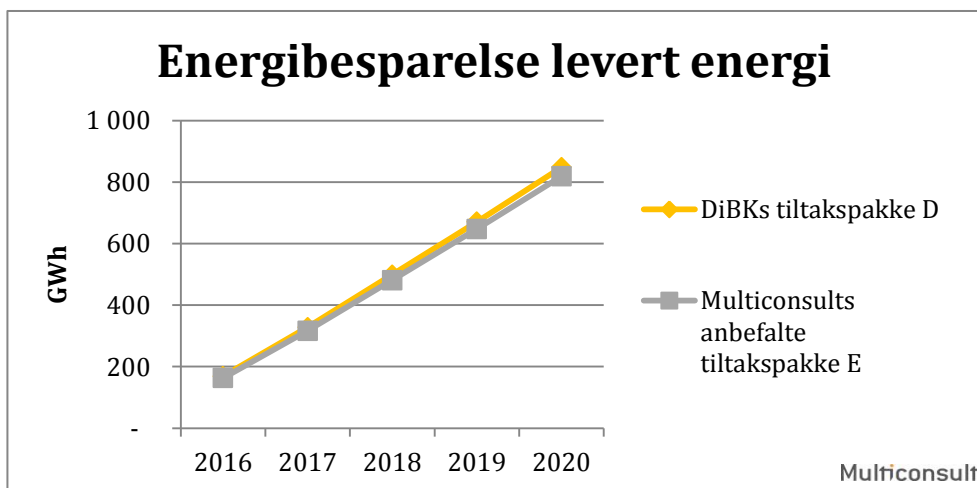
I estimeringen av forventet nybyggareal i årene mellom 2015 - 2020 benytter vi oss av resultater fra hhv. "Potensial- og barrierestudien norske boligbygg" og "Potensial- og barrierestudien norske næringsbygg" utarbeidet for Enova i 2011. Studiene tar utgangspunkt i bygningsareal i 2010 inndelt etter bygningskategorier og det gjøres en framskrivning til 2020. Underlaget for dette er presentert i vedlegg G.

For å vise framskrevet energibesparelse både for netto og levert energi, er det videre satt opp en forventet fordeling av energivarer i nye bygg. Dette er så benyttet til å beregne spesifikk netto og levert energi for TEK10 og de aktuelle tiltakspakkene.

Til sist er differansen mellom energirammene fra TEK10 til hhv. tiltakspakke D og Multiconsults anbefaling (tiltakspakke E) multiplisert med forventet nybyggareal. Resultatet av framskrivningen for hhv. netto energibesparelse og levert energi er vist i figurene nedenfor. Etter fem år med nye krav vil den samlede energibesparelsen i år 2020, som følge av nye energiregler 2015 kontra energikrav TEK10, være i størrelsesorden 900 GWh netto og 830 GWh levert energi. I denne sammenhengen er det små forskjeller mellom de to tiltakspakkene. Det vises til vedlegg G for fullstendig underlag og forutsetninger.



Figur 32a: Netto energibesparelse.



Figur 32b: Energibesparelse levert energi.

## Referanser

- [1] SINTEF og Multiconsult, 2012: ”Kostnadsoptimalitet og energiregler i TEK”, Oppdragsrapport for DiBK.
- [2] Rambøll og Link Arkitektur, 2013: «Energiregler 2015. Forslag til endringer i TEK for nybygg», Oppdragsrapport for DiBK.
- [3] Energiutredningen – verdiskaping, forsyningssikkerhet og miljø. 2012.



## VEDLEGG A: Opprinnelig forslag tiltakspakke fra DiBK og justeringer av denne

### Vedlegg A.1 Tiltakspakke A - DiBKs opprinnelige forslag til rammekrav

DiBKs utgangspunkt for beregning av rammekrav for levert energi er vist i kolonne 2, 3 og 4 i tabellen under, sammen med vurdering av teknisk mulige beste verdi og vurdering fra Multiconsult.

Tabell A1: Alternativ A, utgangspunkt, beste mulige verdi og forslag til justert verdi

Komponent	Alternativ A – DiBKs opprinnelige forslag			Vurdert beste mulige verdi Multiconsult	Oppsummering av forslag til justert verdi fra Multiconsult (før økonomiske analyser)
	Kontorbygg	Boligblokk	Enebolig		
				-	
U-verdi yttervegg (W/(m <sup>2</sup> K))	0,18	0,18	0,18	0,10	0,18, (Mulig med reduksjon til 0,16 for enebolig)
U-verdi tak (W/(m <sup>2</sup> K))	0,10	0,10	0,10	0,08	0,12 for enebolig / 0,1 for kontorbygg og boligblokk
U-verdi gulv (W/(m <sup>2</sup> K))	0,15	0,15	0,15	0,08	0,15 eller 0,12
U-verdi vinduer og dører (W/(m <sup>2</sup> K))	0,80	0,80	0,80	0,70	0,8 (evt 0,7)
Varmegjenvinningsgrad (%)	80,00	80,00	80,00	85,00	80 %, (innstramning til 85 % er mulig)
SFP (kW/(m <sup>3</sup> /s))	1,50	1,50	1,50	1,0	1,5
Luftlekkasjetall	0,60	0,60	0,60	Noe lavere enn 0,6	0,6 Evt.0,5
Normalisert kuldebroverdi (W/(m <sup>2</sup> K))	0,05	0,05	0,05	0,02-0,03	0,03
Behovsstyring fast belysning	0,8	-	-	Passivhuskrav	Passivhusstandardens minstekrav 4 W/m <sup>2</sup>
Behovsstyring ventilasjon (DCV)	0,8	-	-	Passivhuskrav	0,8 * 10 m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> ) = 8 m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> )
Tidsstyring varmeanlegg – driftstider					Vanlig standard nybygg er med temperatur- og tidsstyring.
Varmeløsning	VP 60 % dekningsgrad	VP 60 % dekningsgrad	VP 60 % dekningsgrad	VP 95 % dekningsgrad	VP 60 % dekningsgrad
Systemvirkningsgrad <ul style="list-style-type: none"> <li>• produksjon</li> <li>• distribusjon</li> <li>• regulering</li> </ul>	2	2	2	3,5	Ved bruk av levert energi må det benyttes korreksjonsfaktor for fjernvarme og bioenergi
Klimatall – Oslo, Karasjok, Stavanger					Klimakorrigerings anbefales
FDV – driftsavtale på tekniske anlegg					

 Krav i passivhusstandard 4 W/m<sup>2</sup> benyttet i beregninger  
 Tilsvarende 8 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> benyttet i beregninger

## Vedlegg A.2 Tiltakspakke B – DiBKs justeringer i tiltakspakke etter kommentarer fra Multiconsult

DiBKs reviderte tiltakspakke B for beregning av rammekrav basert på levert energi er vist i tabellen under. Forslaget er utarbeidet, basert på det opprinnelige forslaget til DiBK (Tiltakspakke A) etter diskusjoner mellom Multiconsult og DiBK. Endringer fra DiBKs opprinnelige forslag, og endringer som vurderes av DiBK er vist i rødt.

Denne tiltakspakken B er videre brukt til å beregne rammekrav på netto og levert energi, og vurderes opp mot referansene TEK10 og passivhusstandard.

Tabell A2:Tiltakspakke B

	Kontorbygg	Boligblokk	Enebolig
U-verdi yttervegg (W/(m <sup>2</sup> K))	0,18	0,18 (0,16 vurderes)	0,18 (0,16 vurderes)
U-verdi tak (W/(m <sup>2</sup> K))	0,10	0,10	0,10
U-verdi gulv (W/(m <sup>2</sup> K))	0,15	0,15	0,15
U-verdi vinduer og dører (W/(m <sup>2</sup> K))	0,80	0,80	0,80
Varmegjenvinningsgrad (%)	80,00 (85 vurderes)	80,00 (85 vurderes)	80,00 (85 vurderes)
SFP (kW/(m <sup>3</sup> /s))	1,50	1,50	1,50
Luftlekkasjetall	0,60 (0,5 vurderes)	0,60 (0,5 vurderes)	0,60 (0,5 vurderes)
Normalisert kuldebroverdi (W/(m <sup>2</sup> K))	0,03	0,03	0,03
Behovsstyring fast belysning	Passivhus-verdier brukes 4 W/m <sup>2</sup>	Passivhus-verdier brukes 1,95 W/m <sup>2</sup>	Passivhus-verdier brukes 1,95 W/m <sup>2</sup>
Behovsstyring ventilasjon (DCV)	0,8 av NS 3031-verdier Tilsvarende 8 m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> ) (6 m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> ) vurderes)		
Tidsstyring varmeanlegg – driftstider			
Varmeløsning	VP 60% dekningsgrad	VP 60% dekningsgrad	VP 60% dekningsgrad
Systemvirkningsgrad <ul style="list-style-type: none"> <li>• produksjon</li> <li>• distribusjon</li> <li>• regulering</li> </ul>	2	2	2
Klimatall – Oslo, Karasjok, Stavanger			
FDV – driftsavtale på tekniske anlegg			

### Vedlegg A.3 Energirammekrav ved tiltakspakke A og B netto energi

Tabell A3: Spesifikt netto energibehov [kWh/m<sup>2</sup>]

Bygningskategorier	1	2	A	B
	TEK2010	Passivhus	DiBK	DiBK-MC
Småhus	131	83	100	98
Boligblokk	112	80	86	84
Kontorbygning	130	74	87	85

Ny foreslått tiltakspakke B fra DiBK gir en betydelig forbedring fra TEK2010. Dette skyldes hovedsakelig den betydelige reduksjonen i U-verdier på vinduer og reduksjon i gjennomsnittlig ventilasjonsluftmengde, i tillegg til en del mindre forbedringer.

DiBKs justerte tiltakspakke B kommentarer gir en innstramming i energibruk på omtrent 2 kWh/m<sup>2</sup> på grunn av redusert kuldebroverdi. Ytterligere mulige innstramminger er diskutert og vurdert i vedlegg A4.



#### Vedlegg A.4 Energiramme krav ved tiltakspakke A og B levert energi

Tabell A4: Levert spesifikk energi med referanse-energiforsyning [kWh/m<sup>2</sup>] (60 % luft til vann varmpumpe, systemvirkningsgrad 2).

Bygningskategorier	1	2	A	B
	TEK2010	Passivhus	DiBK	DiBK-MC
Småhus	108	71	84	82
Boligblokk	94	69	73	72
Kontorbygning	108	63	73	72

Prosent økning fra ramme krav etter justert tiltakspakke B1:

Bygningskategorier	1	2	A	B
	TEK2010	Passivhus	DiBK	DiBK-MC
Småhus	31 %	-14 %	2 %	0 %
Boligblokk	29 %	-5 %	2 %	0 %
Kontorbygning	51 %	-12 %	2 %	0 %

Vi ser at innskjerpingen i kuldebroverdi i forhold til opprinnelig forslag gir et 2 prosent strengere ramme krav enn opprinnelig forslag A.

### Vedlegg A.5 Energiramme krav ved ulike justeringer i tiltakspakke

På oppdrag fra DiBK har Multiconsult sett på energibesparelsen ved disse endringene i tiltakspakke.

- B1. DiBKs justerte forslag, etter diskusjon med MC
- B2. DiBKs justerte forslag, med reduksjon i U-verdi vegg fra 0,18 til 0,16 W/m<sup>2</sup>K
- B3. DiBKs justerte forslag, med reduksjon i lekkasjetall n50 fra 0,6 til 0,5 h<sup>-1</sup>
- B4. DiBKs justerte forslag for kontorbygg med redusert luftmengde fra 8 til 6 m<sup>3</sup>/(hm<sup>2</sup>)
- B5. DiBKs justerte forslag for kontorbygg med økt varmegjenvinning fra 80 % til 85 %

Resultatet er vist i tabell A5a og A5b (netto energi) A5c og A5d (levert energi ved luft til vann varmpumpe med 60 % dekning).

Tabell A5a og A5b (netto energi):

Bygningskategorier	B1	B2	B3	B4	B5
	DiBK-MC	DiBK-MC	DiBK-MC	DiBK-MC	DiBK-MC
Småhus	98	96,1	97,5		
Boligblokk	84	83,5	83,9		
Kontorbygning	85	84,3	84,2	76,1	80,8

Prosent økning fra ramme krav etter justert tiltakspakke B1:

Bygningskategorier	B1	B2	B3	B4	B5
	DiBK-MC	DiBK-MC	DiBK-MC	DiBK-MC	DiBK-MC
Småhus	0 %	-2 %	-1 %		
Boligblokk	0 %	-1 %	-1 %		
Kontorbygning	0 %	0 %	-1 %	-10 %	-5 %

Tabell A5c og A5d (Levert energi ved luft til vann varmpumpe med 60 % dekning):

Bygningskategorier	B1	B2	B3	B4	B5
	DiBK-MC	DiBK-MC	DiBK-MC	DiBK-MC	DiBK-MC
Småhus	82,5	80,9	81,8		
Boligblokk	72,3	71,5	71,8		
Kontorbygning	71,7	71,4	71,4	65,0	68,8

Prosent økning fra ramme krav etter justert tiltakspakke B1:

Bygningskategorier	B1	B2	B3	B4	B5
	DiBK-MC	DiBK-MC	DiBK-MC	DiBK-MC	DiBK-MC
Småhus	0 %	-2 %	-1 %		
Boligblokk	0 %	-1 %	-1 %		
Kontorbygning	0 %	0 %	-1 %	-9 %	-4 %

Vi ser at betydningen av tiltakene med U-verdi vegg og reduksjon i lekkasjetallet (B2 og B3) er relativt liten for energirammen. Den relative energibesparelsen i forhold til den foreslåtte tiltakspakken B1 er 1 og 2 prosent.

Ventilasjonsmengden for kontorbygg er desto viktigere. En redusert ventilasjonsmengde fra 8 m<sup>3</sup>/(hm<sup>2</sup>) ned til 6 m<sup>3</sup>/(hm<sup>2</sup>), som er minste tillatte ventilasjonsmengde i passivhusstandarden, gir hele 10 prosent lavere energiramme. Dette vil gjøre at kontorbygg kommer desto nærmere passivhusstandard. En økning i varmegjenvinningen fra 80 til 85 prosent vil ved en ventilasjonsmengde på 8 m<sup>3</sup>/(hm<sup>2</sup>) gi en reduksjon på 5 prosent av netto spesifikt energibehov.

## VEDLEGG B: Alternativ tiltakspakke C ved levert energi uten korreksjonsfaktorer

Det er vist at rammekravsnivået ved tiltakspakke A og B ikke vil være mulig å oppnå ved bruk av bioenergi og fjernvarme. Dersom rammekravet skal settes på levert energi uten korreksjonsfaktorer bør det, dersom man bygger etter passivhusstandard, akkurat være mulig å tilfredsstille energirammekravet ved biokjel, som er den energiforsyningsløsningen som har lavest systemvirkningsgrad.

**Det er derfor satt opp en tredje alternative tiltakspakke (alt C), som tilsvarende et energirammekrav der det er mulig å oppnå kravet ved bruk av biokjel og passivhusstandard. Det vil si at rammekravet ikke kan settes strengere enn 97 og 96 kWh/m<sup>2</sup> for småhus og boligblokk, og ikke strengere enn 76 kWh/m<sup>2</sup> for kontorbygg ved bruk av levert energi uten korreksjonsfaktorer**

Tiltakspakke C viser hvilken byggkvalitet man kan bruke for å tilfredsstille dette kravet, dersom man har luft-vann varmepumpe som er forutsatt for de foreslåtte tiltakspakkene:

Tiltakspakken er vist i tabell B1.

Vi ser fra tiltakene at et slikt rammekrav vil gi mindre strenge krav til vinduer, varmegjenvinningsgrad og SFP. Særlig for boligblokk og småhus må tiltakene nedjusteres. Dette fordi varmebehovet er størst her, så systemvirkningsgraden til biokjelen er viktigere for disse kategoriene.

Tabell B1: Tiltakspakke C som gjør det mulig å tilfredsstille energirammekravet i tiltakspakke B ved bruk av biokjel uten korreksjonsfaktorer

	Kontorbygg	Boligblokk	Enebolig
U-verdi yttervegg (W/(m <sup>2</sup> K))	0,18	0,18	0,18
U-verdi tak (W/(m <sup>2</sup> K))	0,13	0,13	0,13
U-verdi gulv (W/(m <sup>2</sup> K))	0,15	0,15	0,15
U-verdi vinduer og dører (W/(m <sup>2</sup> K))	1,0	1,2	1,0
Varmegjenvinningsgrad (%)	80,00	65,00	70,00
SFP (kW/(m <sup>3</sup> /s))	1,50	2,5	2,2
Luftlekkasjetall	0,60	1,5	1,5
Normalisert kuldebroverdi (W/(m <sup>2</sup> K))	0,03	0,06	0,03
Behovsstyring fast belysning	4 W/m <sup>2</sup>	1,95 W/m <sup>2</sup>	1,95 W/m <sup>2</sup>
Behovsstyring ventilasjon (DCV)	0,8 av NS 3031-verdier 8 m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> )		
Tidsstyring varmeanlegg – driftstider			
Varmeløsning	VP 60% dekningsgrad	VP 60% dekningsgrad	VP 60% dekningsgrad
Systemvirkningsgrad <ul style="list-style-type: none"> <li>• produksjon</li> <li>• distribusjon</li> <li>• regulering</li> </ul>	2	2	2
Klimatall – Oslo, Karasjok, Stavanger			
FDV – driftsavtale på tekniske anlegg			

## VEDLEGG C: Beregninger knyttet til "mindre strenge" tiltakspakker

### Nytt vedlegg i Versjon03

På oppdrag fra DiBK har Multiconsult sett på økningen i energibehovet ved noe økt lekkasjetall og SFP fra den anbefalte tiltakspakken (Tiltakspakke E). Det er sett på følgende tiltakspakker:

E. MCs anbefalte forslag etter føringer fra DiBK

F1. MCs anbefalte forslag med økt lekkasjetall til 1,0 for kontorbygg og boligblokk og småhus

F2. MCs anbefalte forslag med økt lekkasjetall til 1,5 for småhus

F3. MCs anbefalte forslag med økt SFP til 2,0 for kontorbygg og boligblokk og småhus

F4. MCs anbefalte forslag med økt SFP til 1,75 for kontorbygg

G. Tiltakspakke for et mulig alternativt «mindre strengt» energirammekrav

Forslaget til en alternativ tiltakspakke for «mindre strengt» energirammekrav (Tiltakspakke G), basert på DiBKs føringer, for beregning av rammekrav er vist i tabellen under. Endringer fra MCs anbefalte forslag (Tiltakspakke E), og verdier vurdert er vist i rødt.

Tabell C1: Tiltakspakke G og vurderinger gjort

	Kontorbygg	Boligblokk	Enebolig
U-verdi yttervegg (W/(m <sup>2</sup> K))	0,18	0,18	0,18
U-verdi tak (W/(m <sup>2</sup> K))	0,10	0,10	0,10
U-verdi gulv (W/(m <sup>2</sup> K))	0,15	0,15	0,15
U-verdi vinduer og dører (W/(m <sup>2</sup> K))	0,80	0,80	0,80
Varmegjenvinningsgrad (%)	85,00	80,00	80,00
SFP (kW/(m <sup>3</sup> /s))	2,00	2,00	2,00 (1,75 vurderes)
Luftlekkasjetall	1,00	1,00	1,50 (1,0 vurderes)
Normalisert kuldebroverdi (W/(m <sup>2</sup> K))	0,03	0,03	0,03
Behovsstyring fast belysning	Passivhus-verdier brukes 4 W/m <sup>2</sup>	Passivhus-verdier brukes 1,95 W/m <sup>2</sup>	Passivhus-verdier brukes 1,95 W/m <sup>2</sup>
Behovsstyring ventilasjon (DCV)	0,8 av NS 3031-verdier Tilsvarende 8 m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> )		
Tidsstyring varmeanlegg – driftstider			
Varmeløsning	VP 60% dekningsgrad	VP 60% dekningsgrad	VP 60% dekningsgrad
Systemvirkningsgrad <ul style="list-style-type: none"> <li>• produksjon</li> <li>• distribusjon</li> <li>• regulering</li> </ul>	2	2	2
Klimatall – Oslo, Karasjok, Stavanger			
FDV – driftsavtale på tekniske anlegg			

Disse tiltakspakkene er brukt til å beregne et alternativ rammekrav på netto og levert energi, og vurderes opp mot anbefalt tiltakspakke fra Multiconsult (tiltakspakke E) og referansene TEK10 og passivhusstandard.

Resultatet av beregningene er vist i tabell C2 a og b (netto energi) og tabell C2c og d (levert energi ved luft til vann varmepumpe med 60 % dekning.)

Tabell C2a og C2 b (Netto energi)

Bygningskategorier	E	F1	F2	F3	F4	G
	Multiconsult					
Småhus	100	103	106	101		104
Boligblokk	85	87		87		89
Kontorbygning	82	84		86	84	88

Prosentvis økning fra rammekrav etter anbefalt tiltakspakke E

Bygningskategorier	E	F1	F2	F3	F4	G
	Multiconsult					
Småhus	0 %	3 %	6 %	1 %		4 %
Boligblokk	0 %	2 %		2 %		4 %
Kontorbygning	0 %	3 %		5 %	2 %	7 %

Tabell C2c og C2 d (Levert energi ved luft til vann varmepumpe med 60 % dekning):

Bygningskategorier	E	F1	F2	F3	F4	G
	Multiconsult					
Småhus	84	86	88	85		87
Boligblokk	73	74	0	74		76
Kontorbygning	70	71	0	73	72	75

Prosentvis økning fra rammekrav etter anbefalt tiltakspakke E

Bygningskategorier	E	F1	F2	F3	F4	G
	Multiconsult					
Småhus	0 %	3 %	6 %	1 %		4 %
Boligblokk	0 %	2 %		2 %		4 %
Kontorbygning	0 %	3 %		6 %	3 %	8 %

Vi ser at en endring i lekkasjetall og SFP fra anbefalt tiltakspakke E og nærmere TEK10-verdier gir 4 % høyere ramme for boliger og 8 % høyere ramme for kontorbygg enn i anbefalt tiltakspakke E fra Multiconsult.

Denne alternative tiltakspakken G gir betydelig høyere rammekrav enn den anbefalte tiltakspakken E. Samtidig blir det ingen betydelig besparelse i merkostnadene i forhold til tiltakspakke E. Det er vanskelig å skille på merkostnadene mellom SFP 1,5 og 2, og mellom lekkasjetall på 0,06 og 0,1. Det er sannsynlig at merkostnadene er omtrent like. Siden energibesparelsen blir mindre for tiltakspakke G, vil også for tiltakspakke G da bli betydelig dårligere enn for den anbefalte tiltakspakken E.

## VEDLEGG D: Energiramme ved 25 % vindusareal

### Nytt vedlegg i Versjon03

I de tiltakspakkene som er sett på i denne rapporten, og basert på SINTEF bygningsmodeller, har vindusarealet vært på 20 %. På oppdrag fra DiBK har Multiconsult sett på det økte energibehovet ved et økt vindusareal til 25 % av BRA (Tiltakspakke H)

Resultatet av beregningen for tiltakspakken med økt vindusareal til 25 % er vist i tabell D1a (netto energi) og tabell D1b (levert energi ved luft til vann varmpumpe med 60 % dekning), sammen med anbefalt tiltakspakke fra Multiconsult (tiltakspakke E) og referansene TEK10 og passivhusstandard.

Tabell D1a (Netto energi)

Bygningskategorier	1	2	E	H
	TEK2010	Passivhus	Multiconsult	25% vindu
Småhus	131	83	100	101
Boligblokk	112	80	85	86
Kontorbygning	130	74	82	83

Tabell D1b (Levert energi ved luft til vann varmpumpe med 60 % dekning)

Bygningskategorier	1	2	E	H
	TEK2010	Passivhus	Multiconsult	25% vindu
Småhus	108	71	84	85
Boligblokk	94	69	73	74
Kontorbygning	108	63	70	71

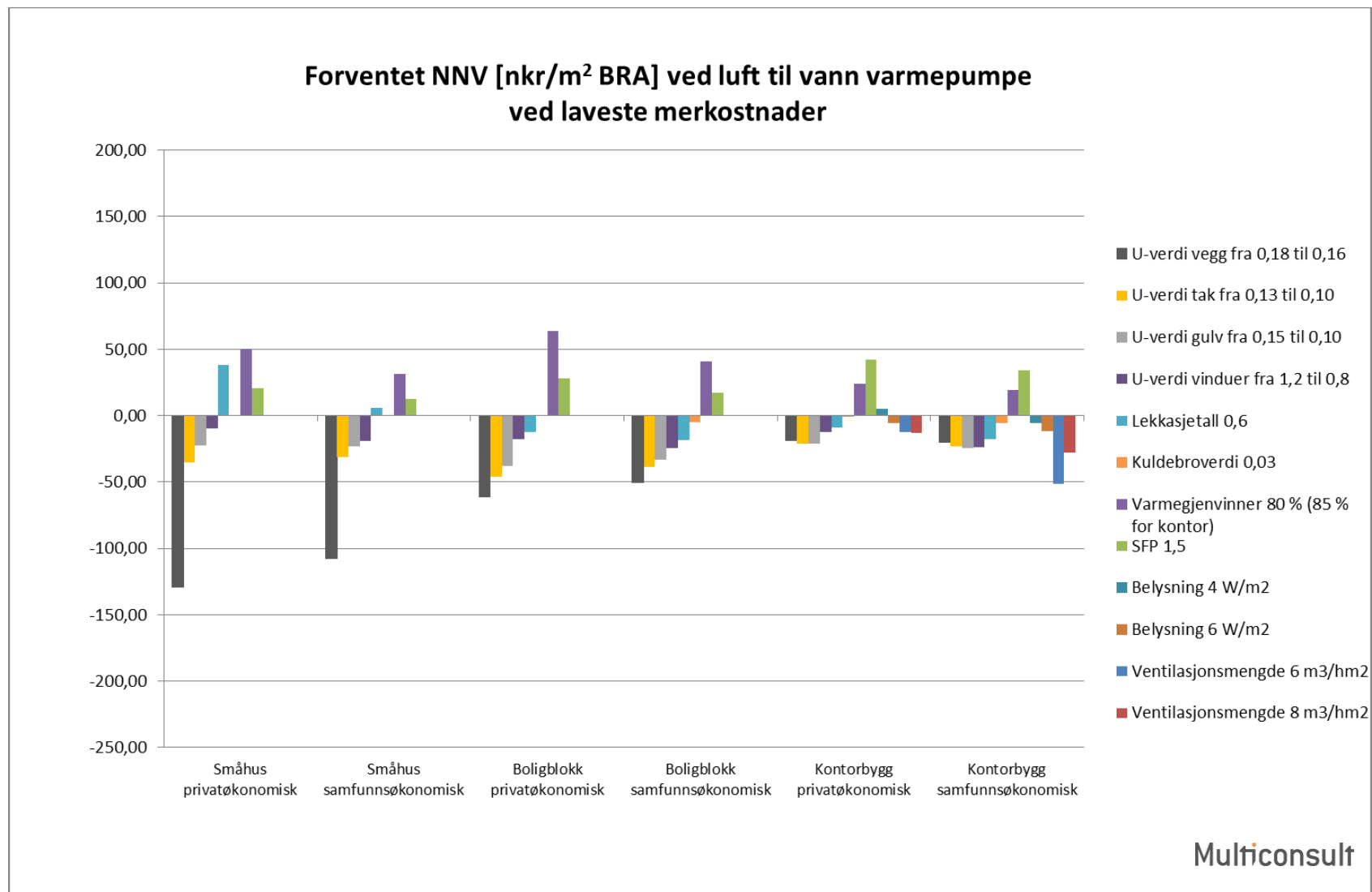
## **VEDLEGG E: Lønnsomhet for tiltak ved laveste og høyeste forventede merkostnader**

### *Nytt vedlegg i Versjon03*

Usikkerhetene i kostnadene for de ulike tiltakene er som beskrevet i rapporten store.

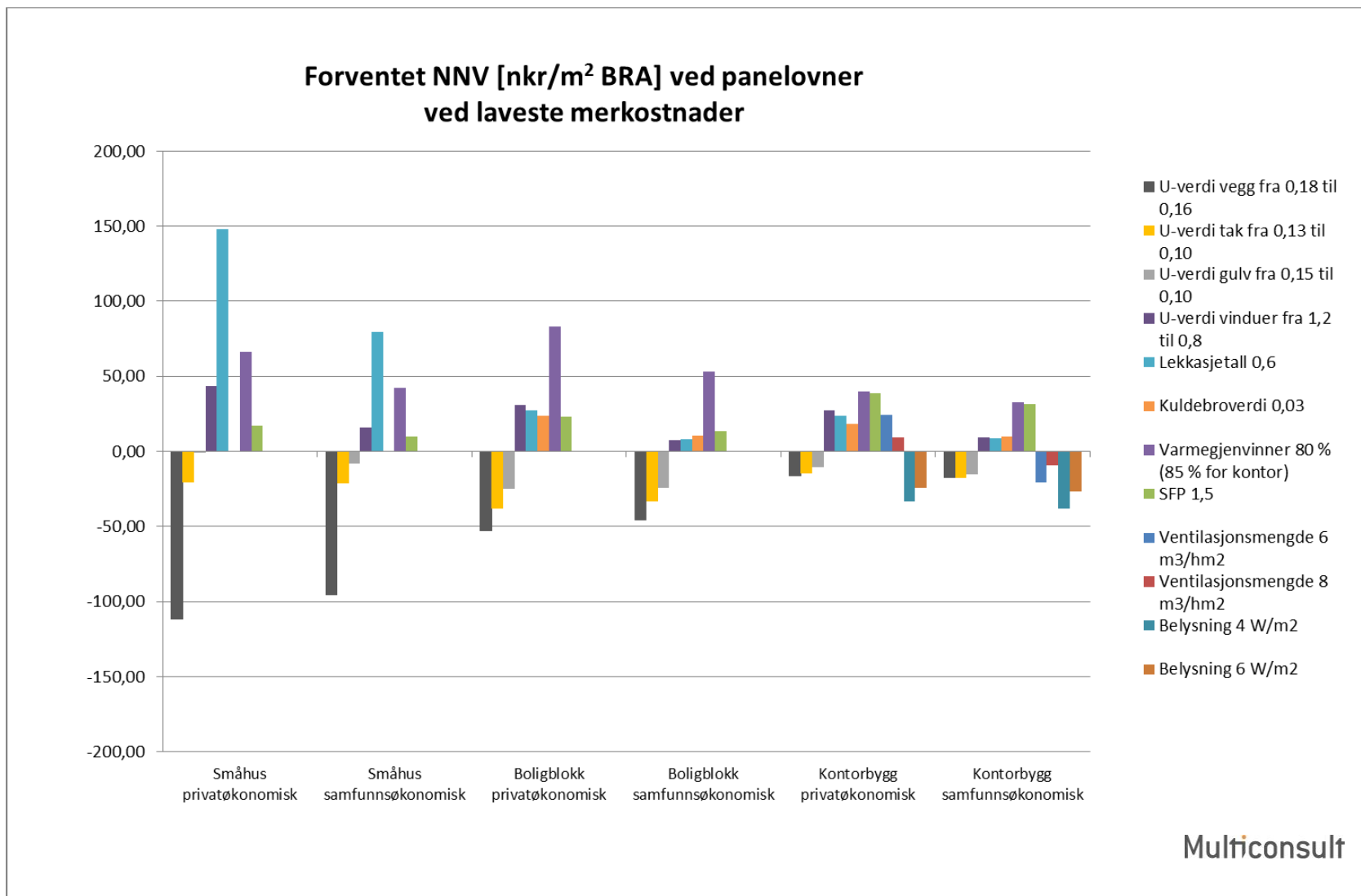
Det er derfor sett på forventet netto nåverdi for hele kostnadsspennet for hvert enkelt tiltak. I dette vedlegget ligger en oversikt over lønnsomheten et bygg med luft-til-vann varmepumpe, et bygg med fjernvarme og et bygg med panelovner, for både laveste forventede kostnad (Figur E1a,b og c) og høyeste forventede kostnad (Figur E2a,b og c). Figurene viser usikkerheten i Figur 1a, 1b og 1c.

Kostnadsspennet er vurdert basert på erfaringsprosjekter og kostnadstall gitt i tidligere rapporter. Kostnadene kan også variere utenom dette, og det vil også være en endring i kostnadsbildet i årene framover.

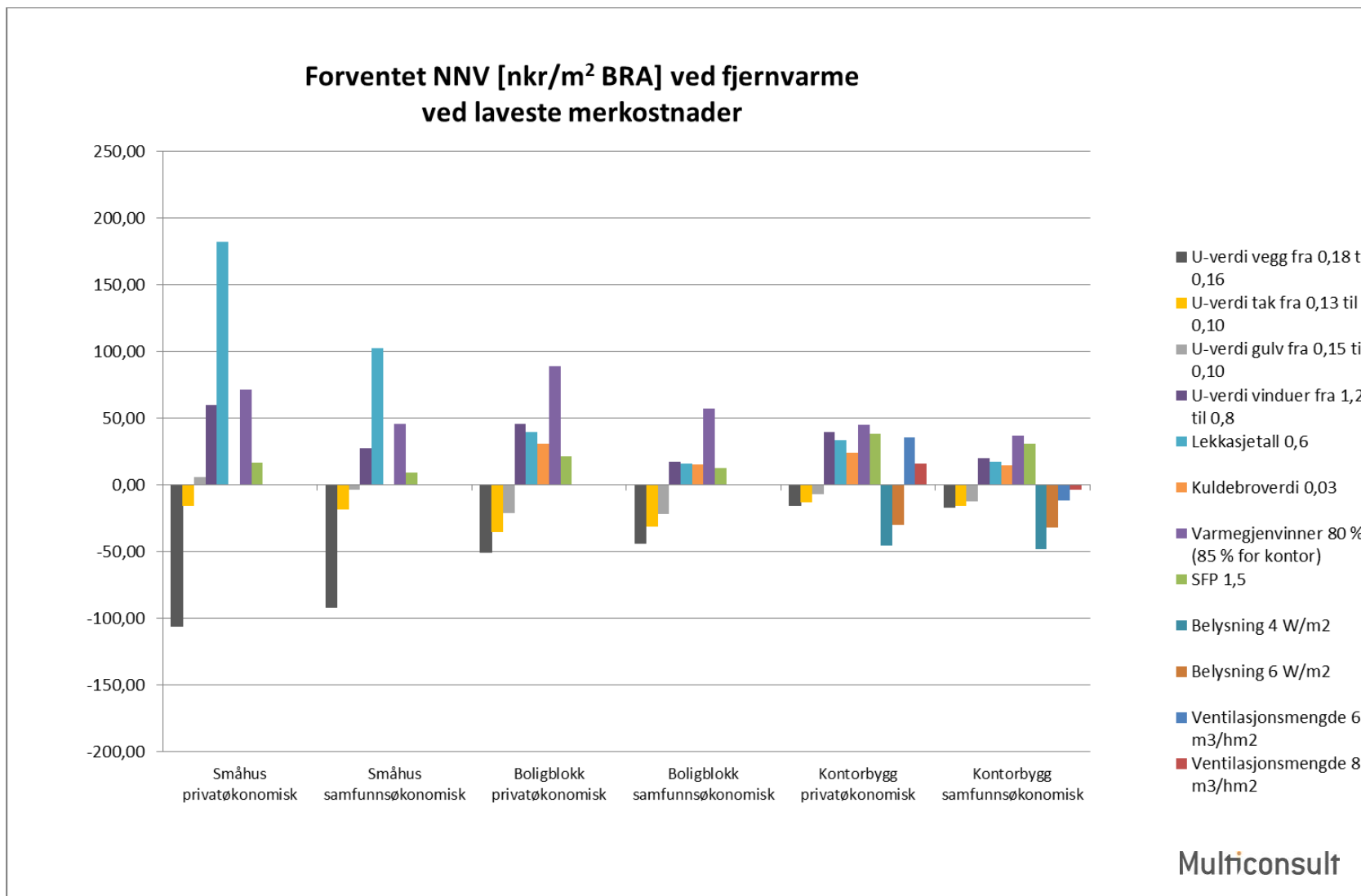


Figur E1a Oversikt over lønnsomhet for de ulike tiltakene basert på en nåverdibetraktning ved luft til vann varmpumpe, dersom kostnadene er i det laveste forventede kostnadsspennet.

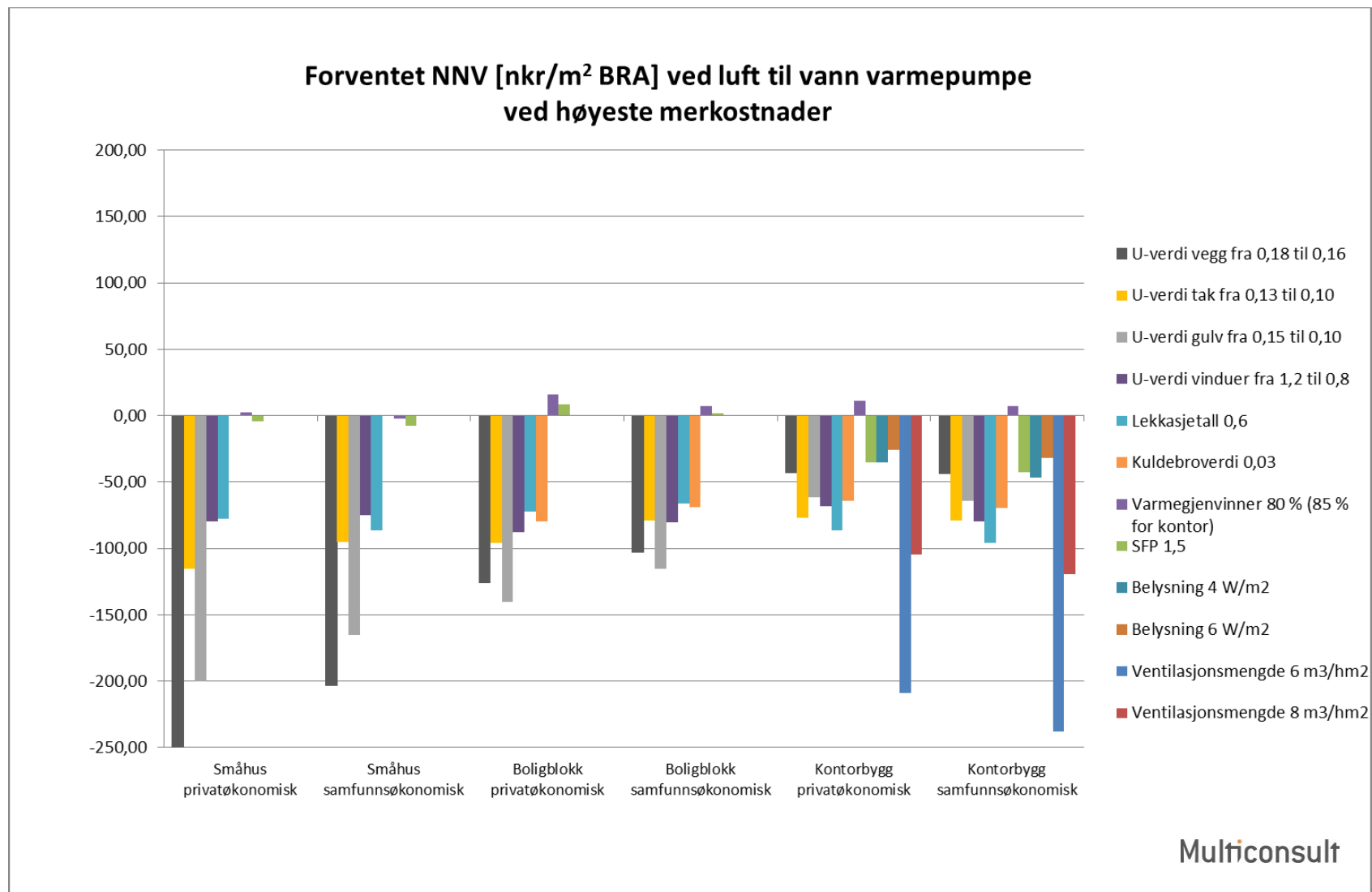




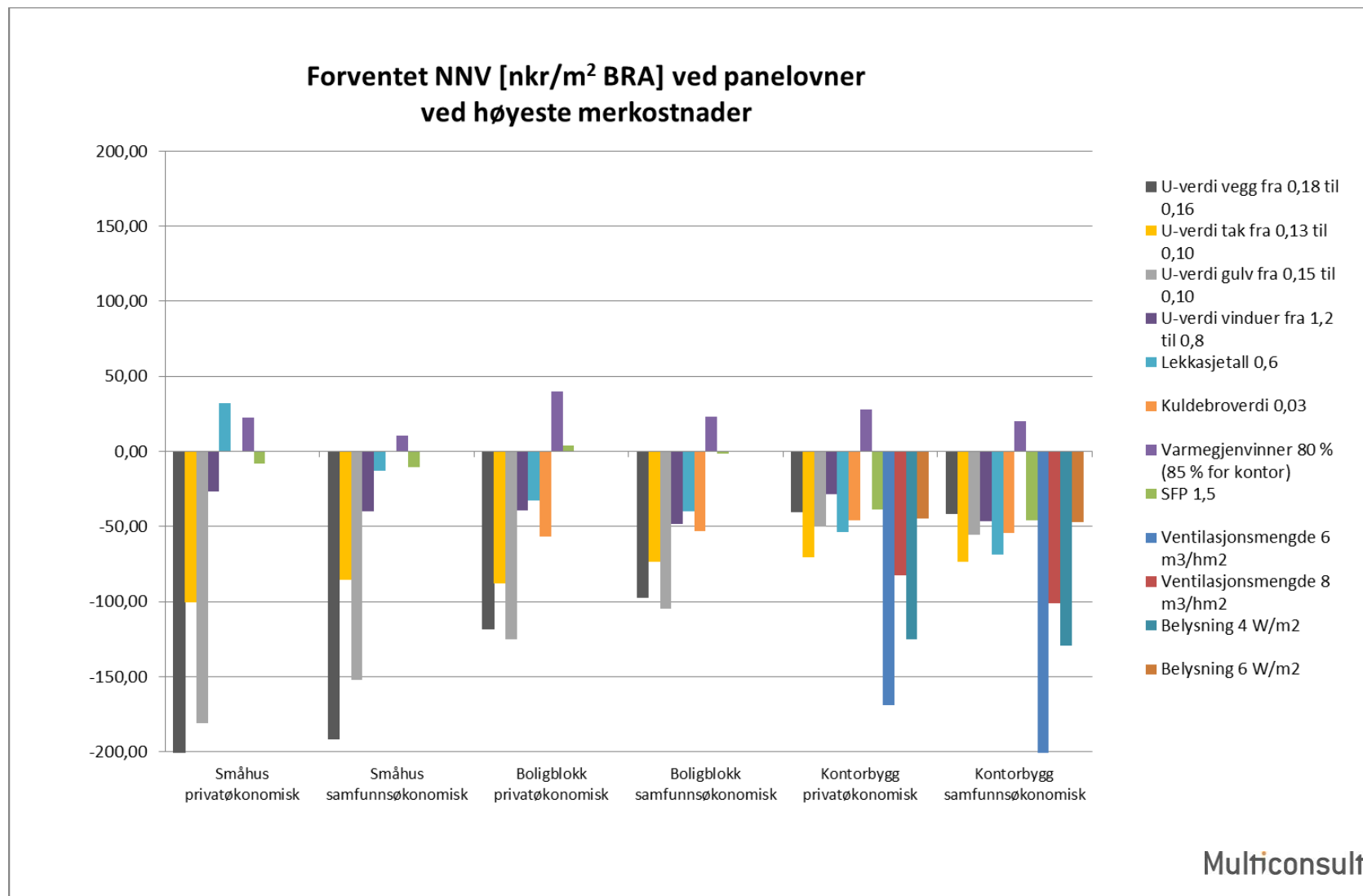
Figur E1b Oversikt over lønnsomhet for de ulike tiltakene basert på en nåverdibetraktning med elektrisitet (panelovner), dersom kostnadene er i det laveste forventede kostnadsspennet.



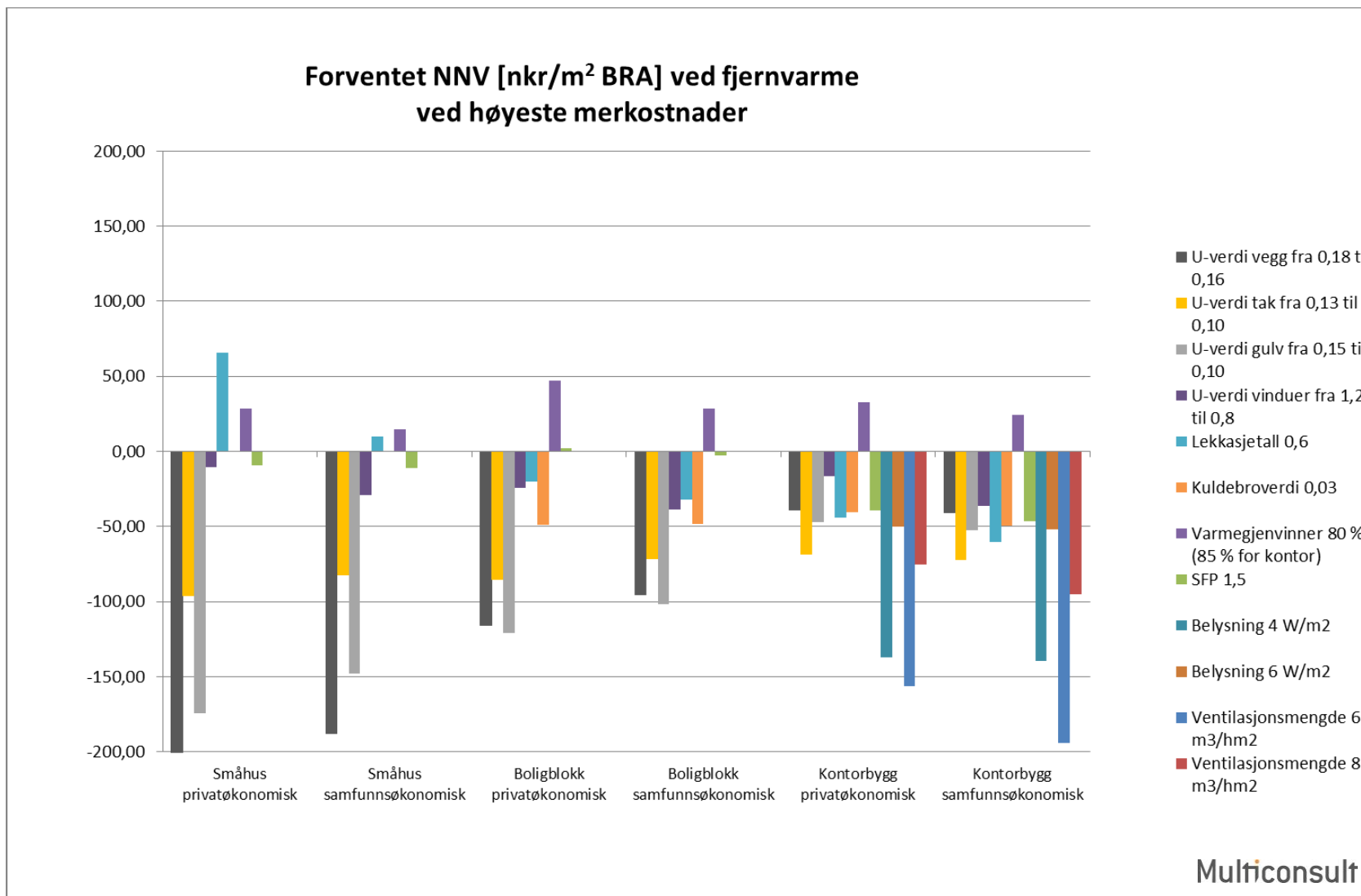
Figur E1c Oversikt over lønnsomhet for de ulike tiltakene basert på en nåverdibetraktning med fjernvarme dersom kostnadene er i det laveste forventede kostnadsspennet.



Figur E2a Oversikt over lønnsomhet for de ulike tiltakene basert på en nåverdbetraktning med luft til vann varmpumpe, dersom kostnadene er i det høyeste forventede kostnadsspennet



Figur E2b Oversikt over lønnsomhet for de ulike tiltakene basert på en nåverdibetraktning med elektrisitet (panelovner), dersom kostnadene er i det høyeste forventede kostnadsspennet

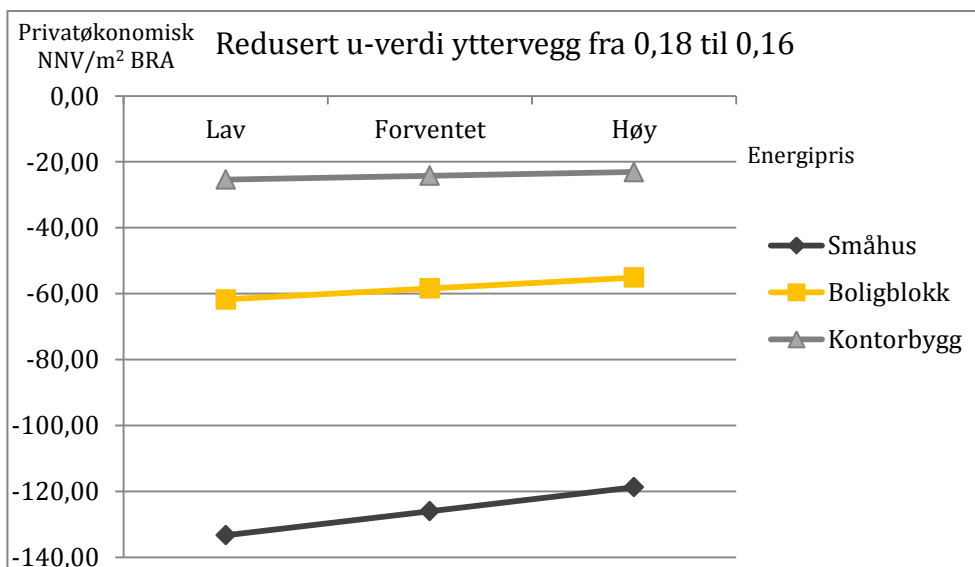


Figur E2c Oversikt over lønnsomhet for de ulike tiltakene basert på en nåverdibetraktning med fjernvarme dersom kostnadene er i det høyeste forventede kostnadsspennet.

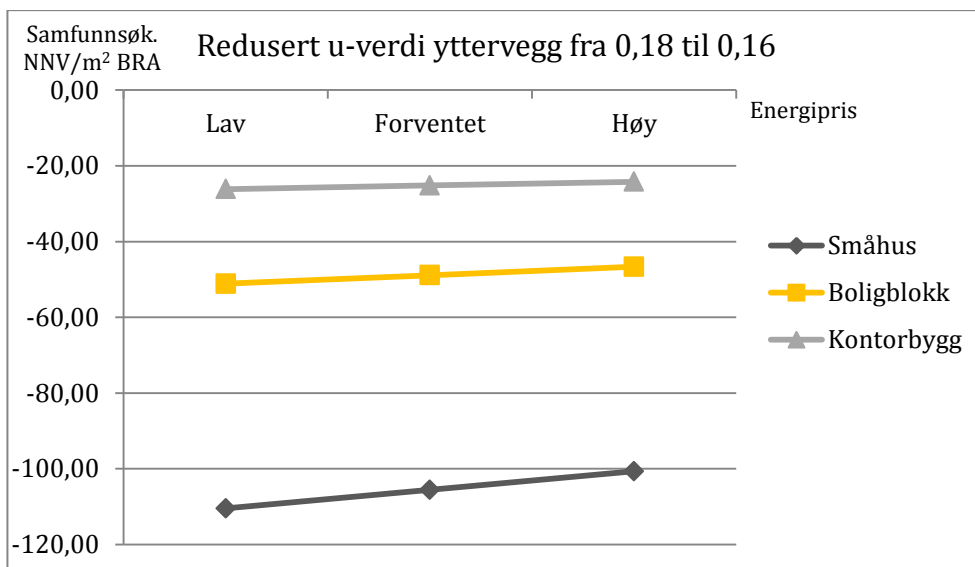
## VEDLEGG F: Lønnsomhet med 3 % rente

### Vedlegg C i Versjon02

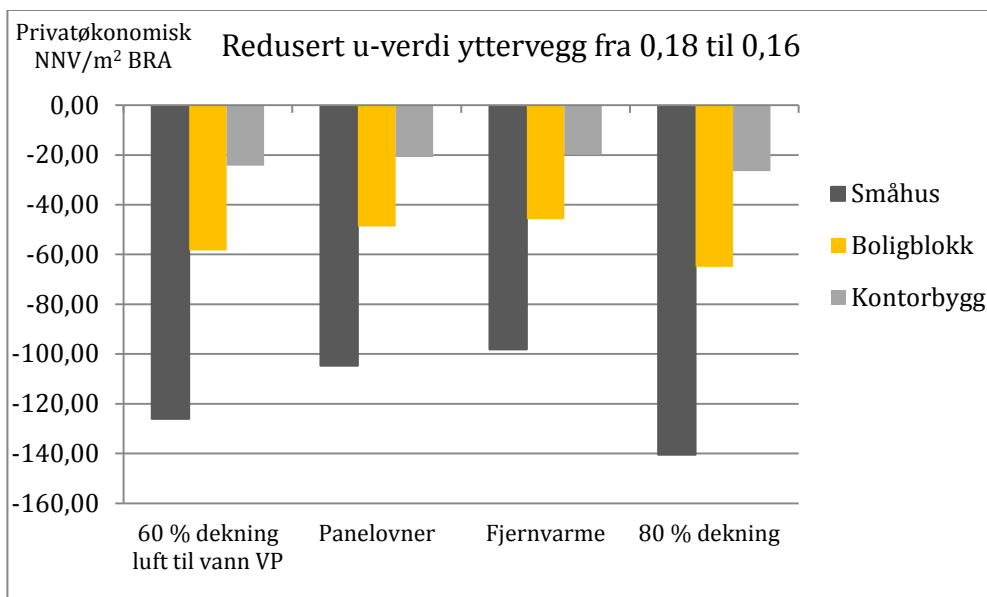
I dette vedlegget presenteres tilsvarende figurer for lønnsomhet som tidligere i rapporten, men nå med 3 % rente.



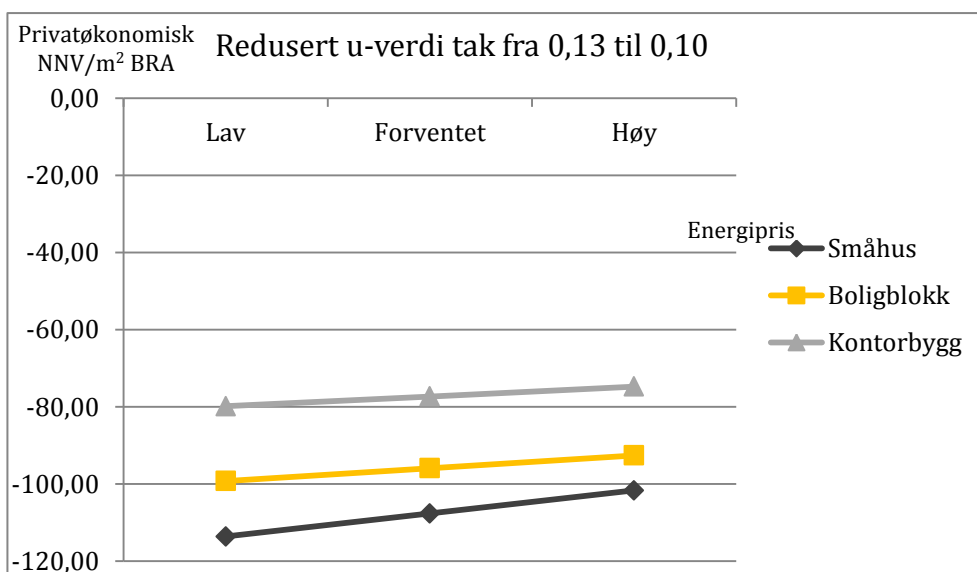
Figur F1a: Privatøkonomisk NNV for redusert U-verdi yttervegg (3 % rente).



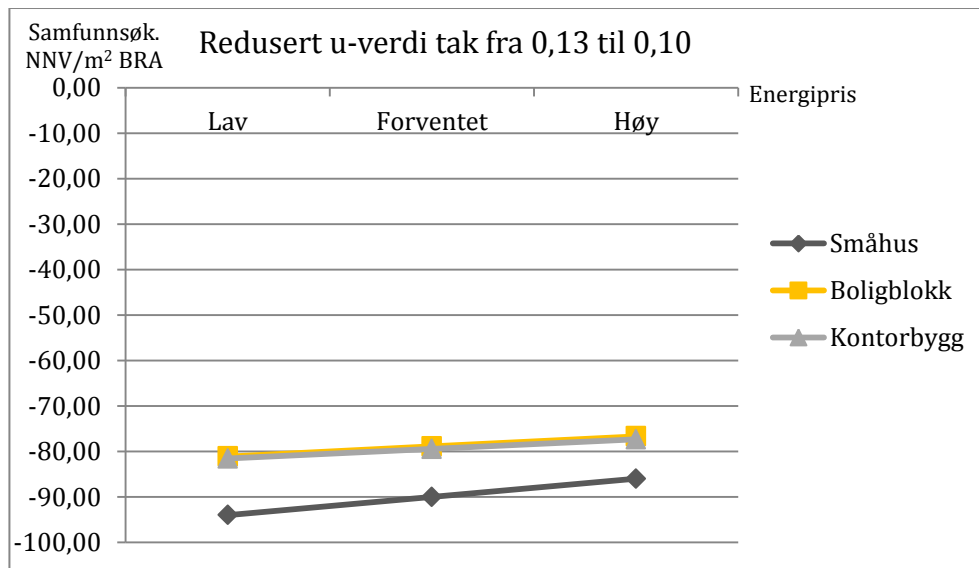
Figur F1b: Samfunnsøkonomisk NNV for redusert U-verdi yttervegg (3 % rente).



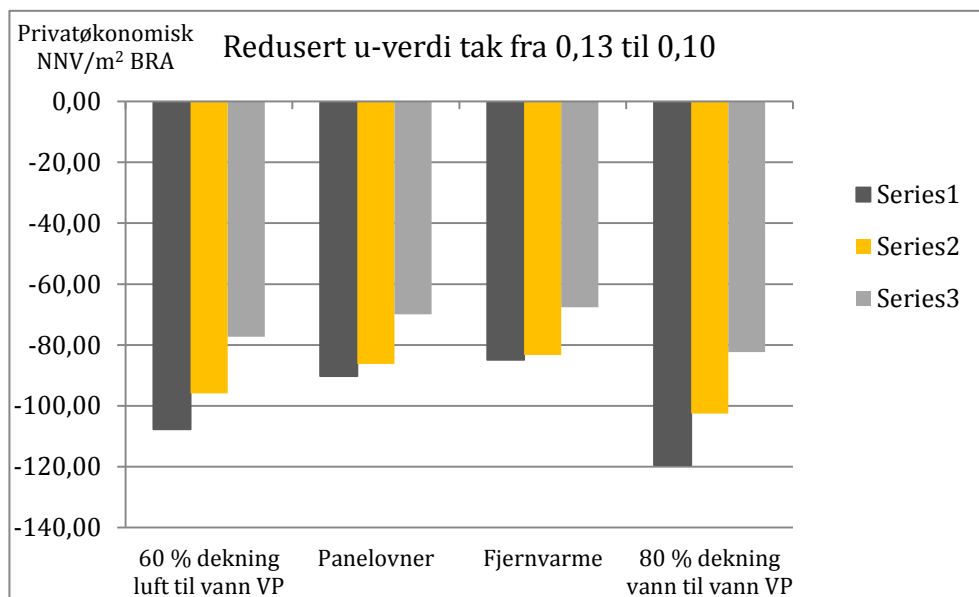
Figur F1c: Privatøkonomisk NNV for redusert U-verdi yttervegg for ulike energikilder (3 % rente).



Figur F2a: Privatøkonomisk NNV for redusert U-verdi tak (3 % rente).

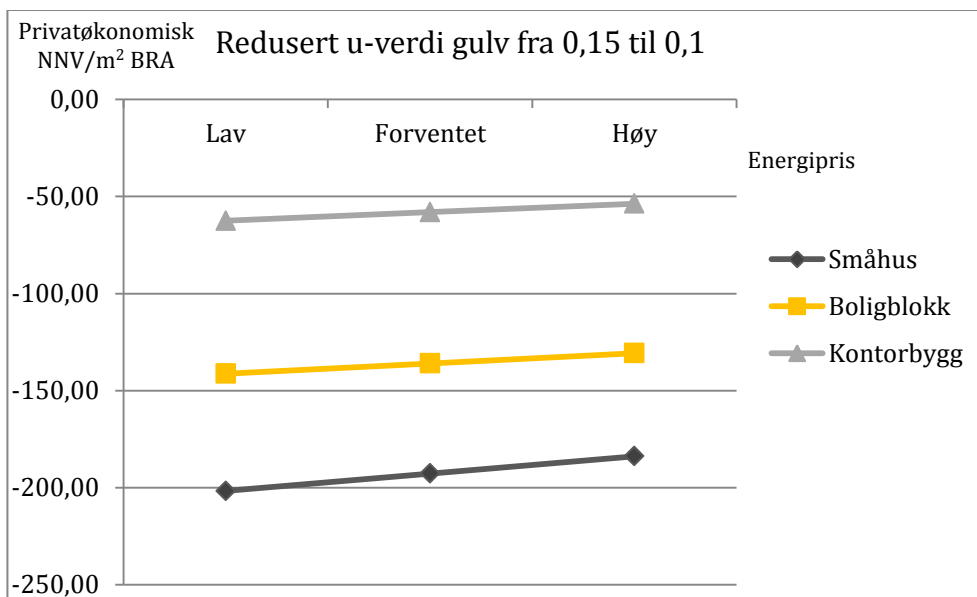


Figur F2b: Samfunnsøkonomisk NNV for redusert U-verdi tak (3 % rente).

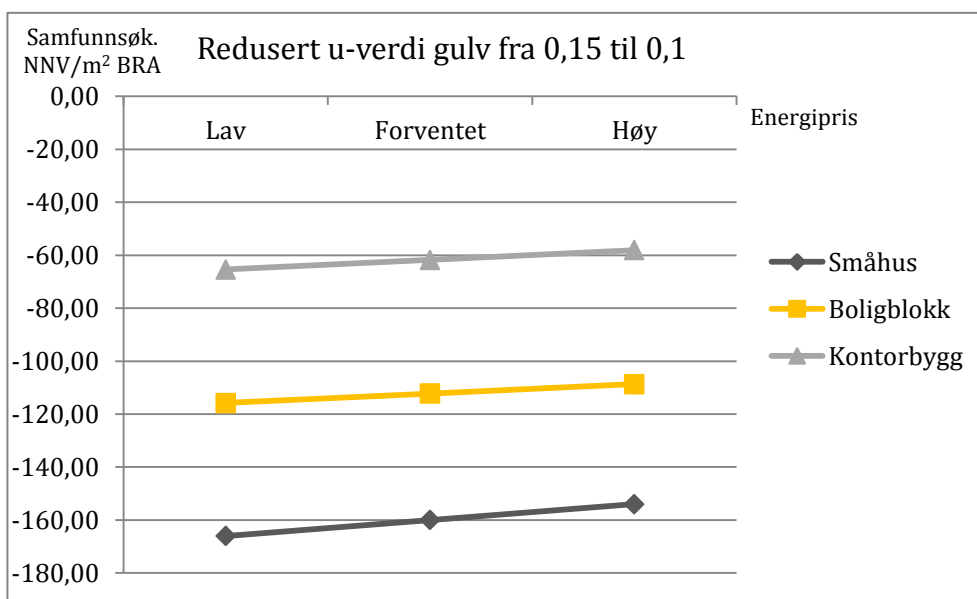


Figur F2c: Privatøkonomisk NNV for redusert U-verdi tak for ulike energikilder (3 % rente).

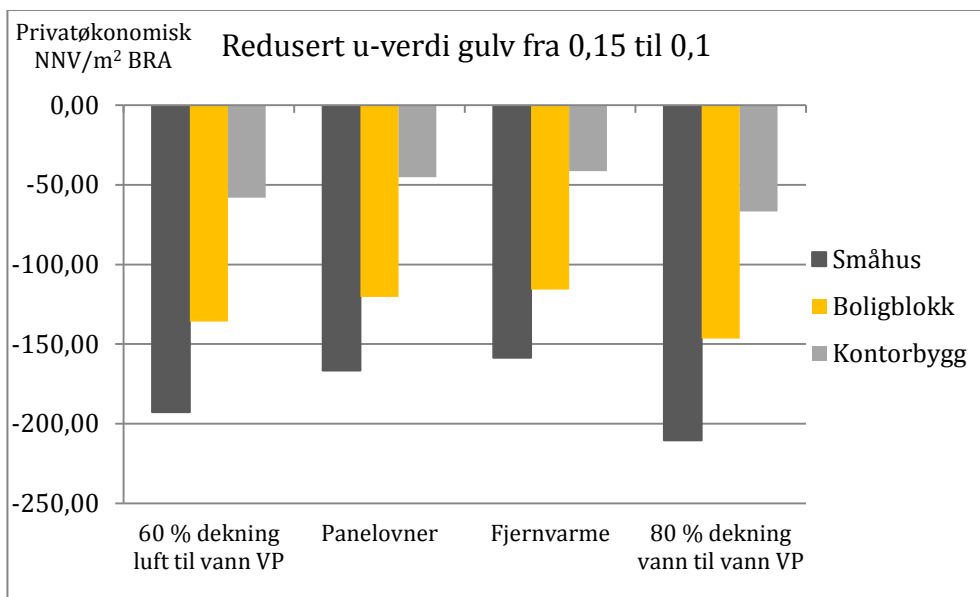




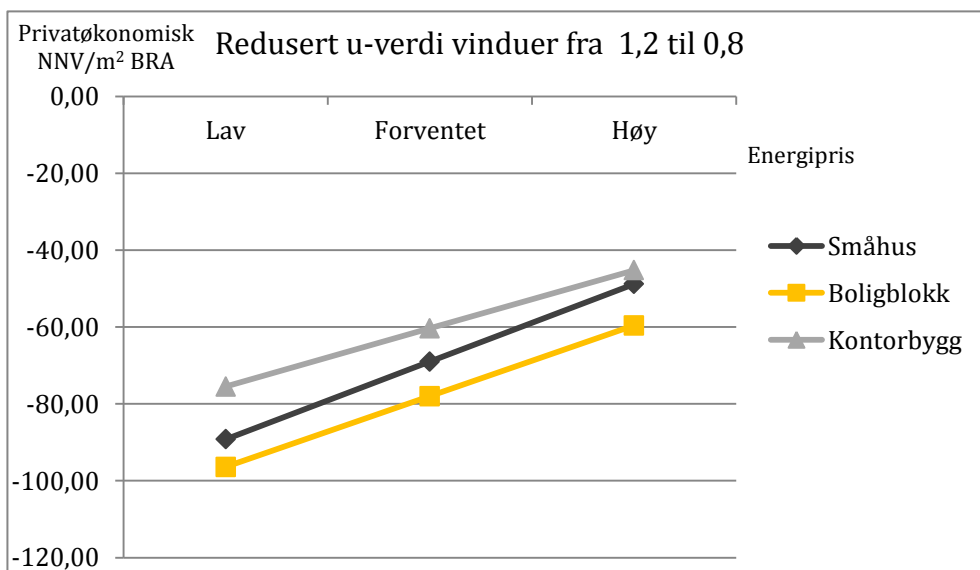
Figur F3a: Privatøkonomisk NNV for redusert U-verdi gulv (3 % rente).



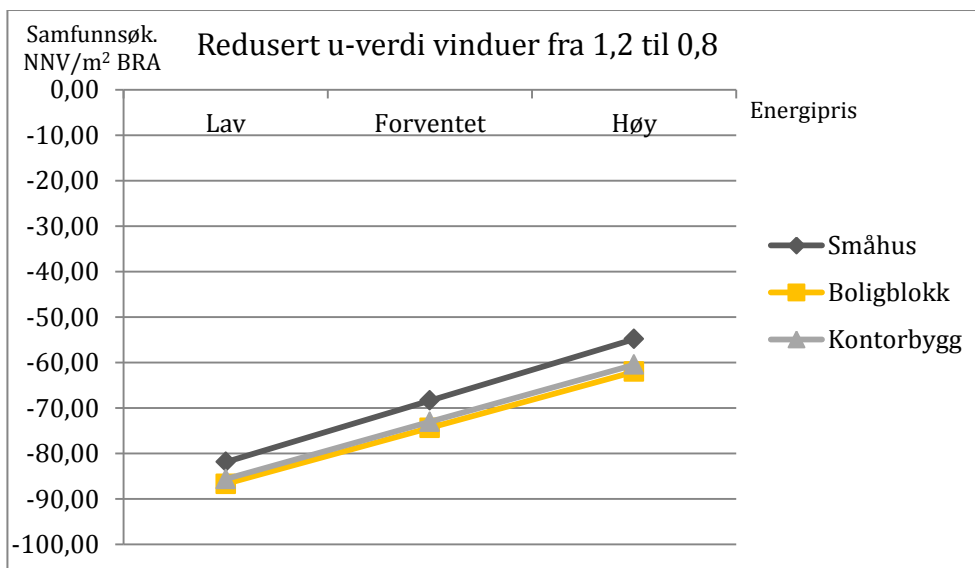
Figur F3b: Samfunnsøkonomisk NNV for redusert U-verdi gulv (3 % rente).



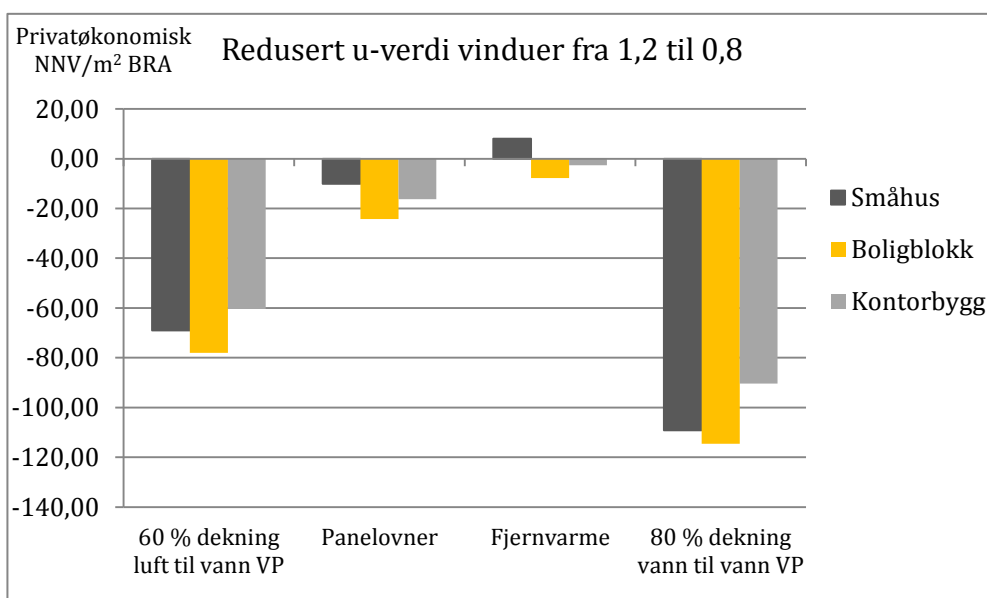
Figur F3c: Privatøkonomisk NNV for redusert U-verdi gulv for ulike energikilder (3 % rente).



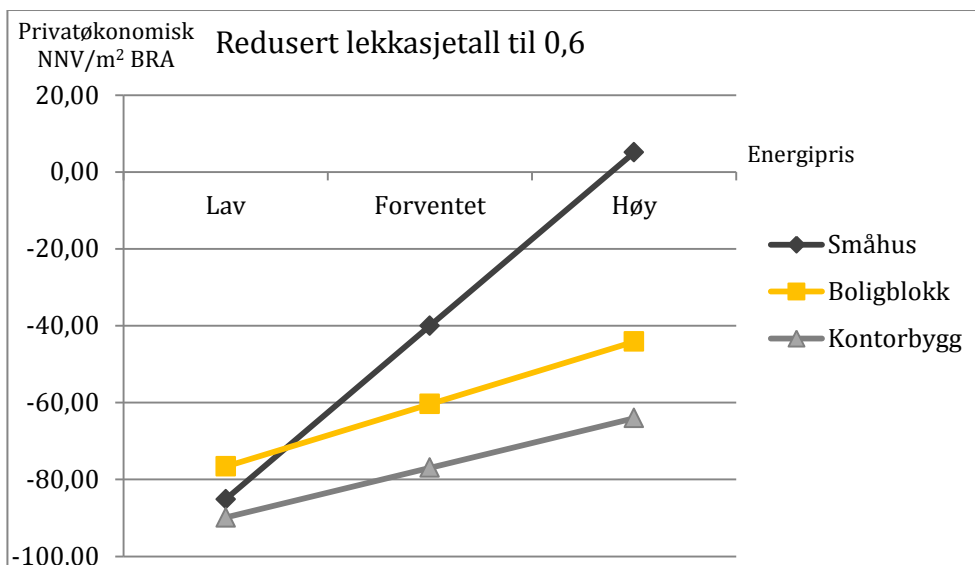
Figur F4a: Privatøkonomisk NNV for redusert U-verdi vinduer (3 % rente).



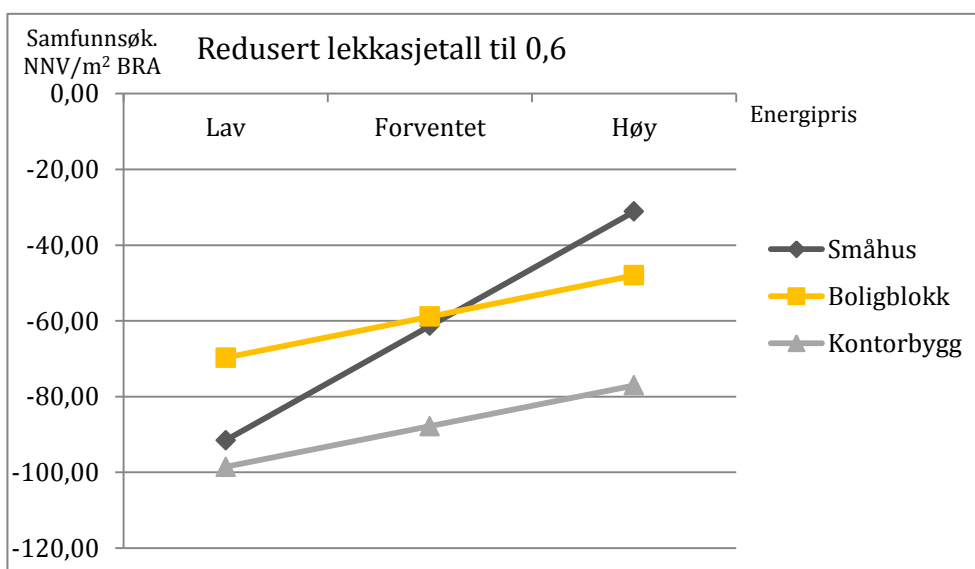
Figur F4b: Samfunnsøkonomisk NNV for redusert U-verdi vinduer (3 % rente).



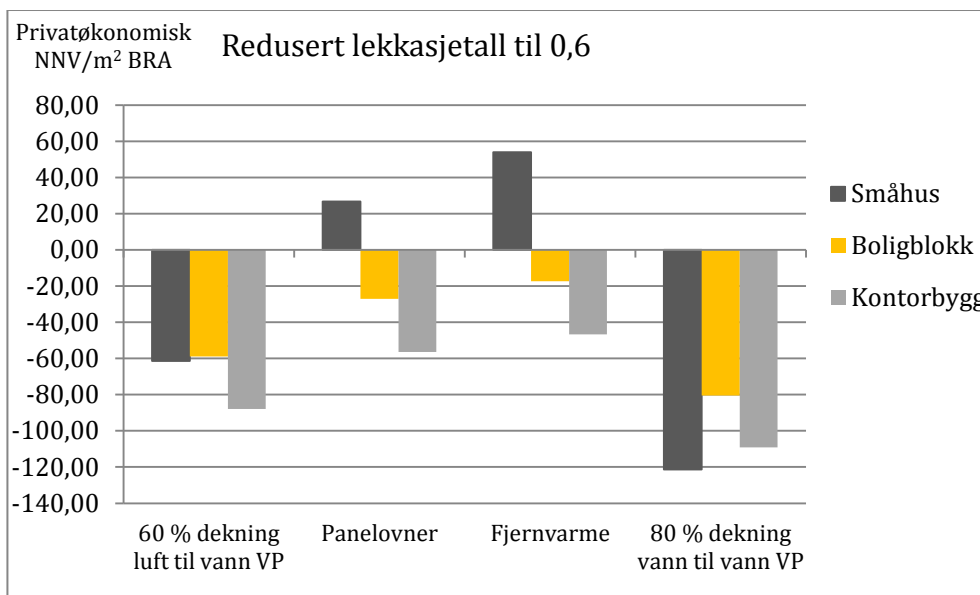
Figur F4c: Privatøkonomisk NNV for redusert U-verdi vinduer for ulike energikilder (3 % rente).



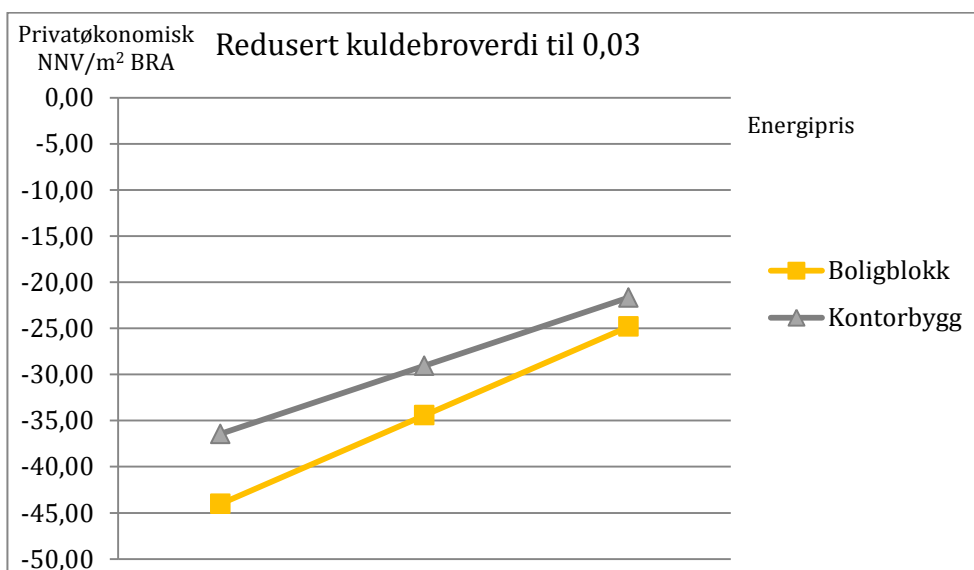
Figur F5a: Privatøkonomisk NNV for redusert lekkasjetall (3 % rente).



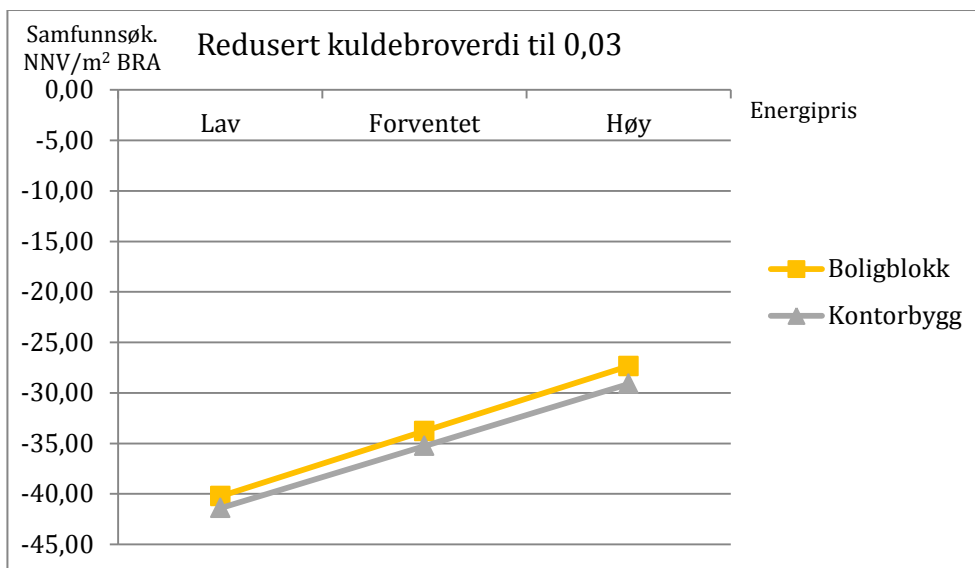
Figur F5b: Samfunnsøkonomisk NNV for redusert lekkasjetall (3 % rente).



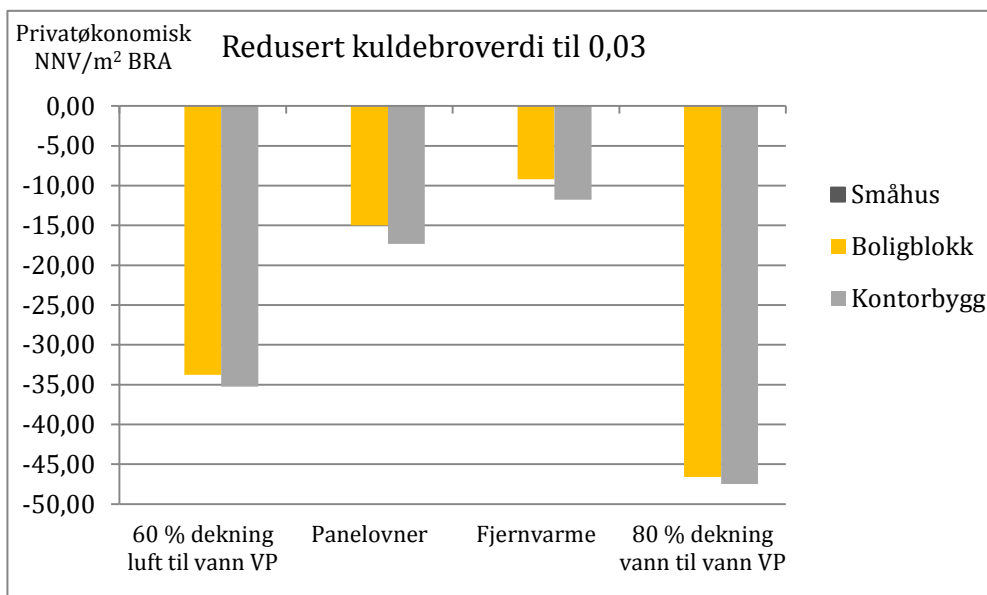
Figur F5c: Privatøkonomisk NNV for redusert lekkasjetall for ulike energikilder (3 % rente).



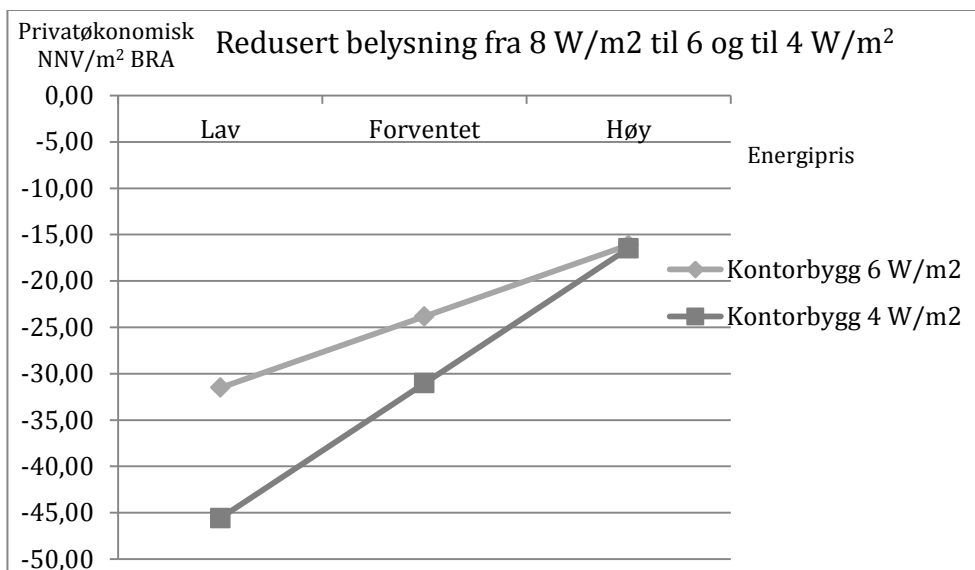
Figur F6a: Privatøkonomisk NNV for redusert kuldebroverdi (3 % rente).



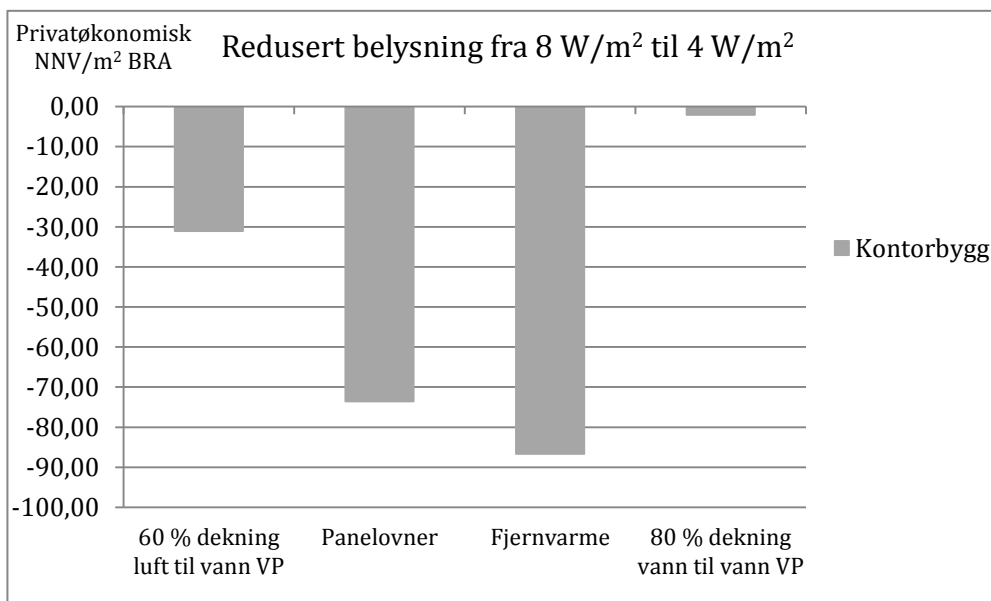
Figur F6b: Samfunnsøkonomisk NNV for redusert kuldebroverdi (3 % rente).



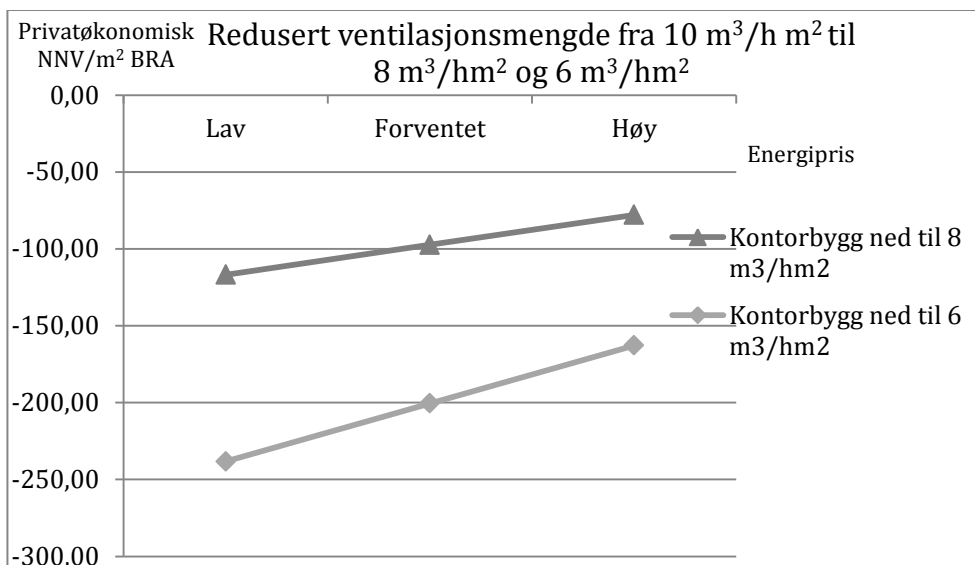
Figur F6c: Privatøkonomisk NNV for redusert kuldebroverdi for ulike energikilder (3 % rente).



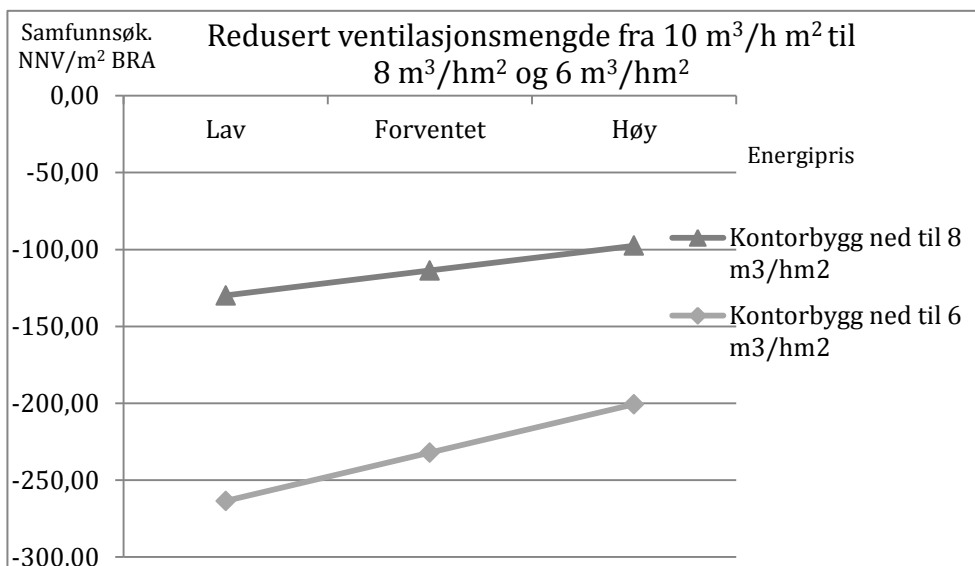
Figur F7a: Privatøkonomisk NNV for redusert belysningseffekt til 6 og 4 W/m<sup>2</sup> (3 % rente).



Figur F7b: Privatøkonomisk NNV for redusert belysningseffekt 4 W/m<sup>2</sup> for ulike energikilder (3 % rente).

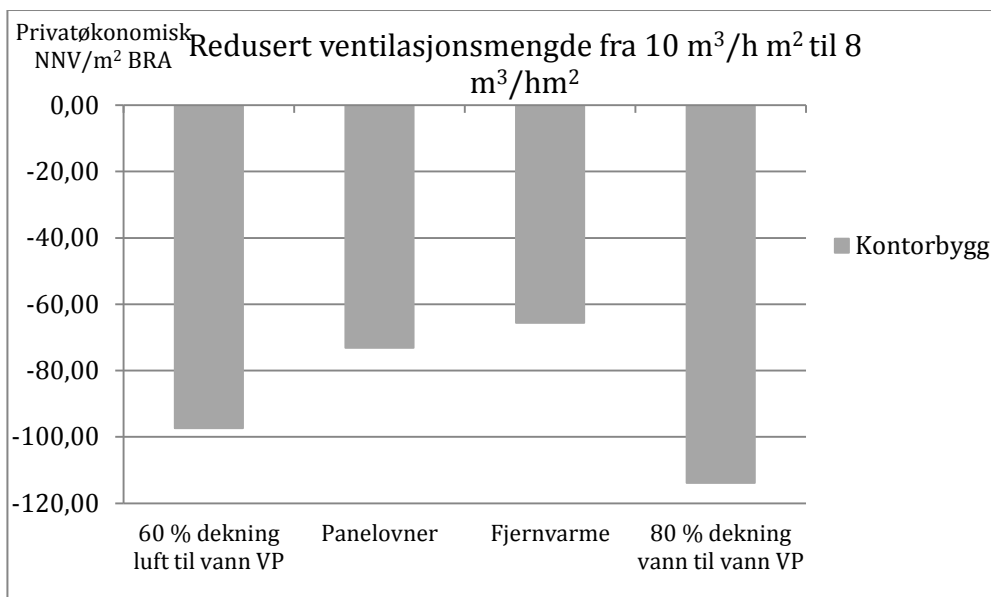


Figur F8a: Privatøkonomisk NNV for redusert ventilasjonsmengde (3 % rente).

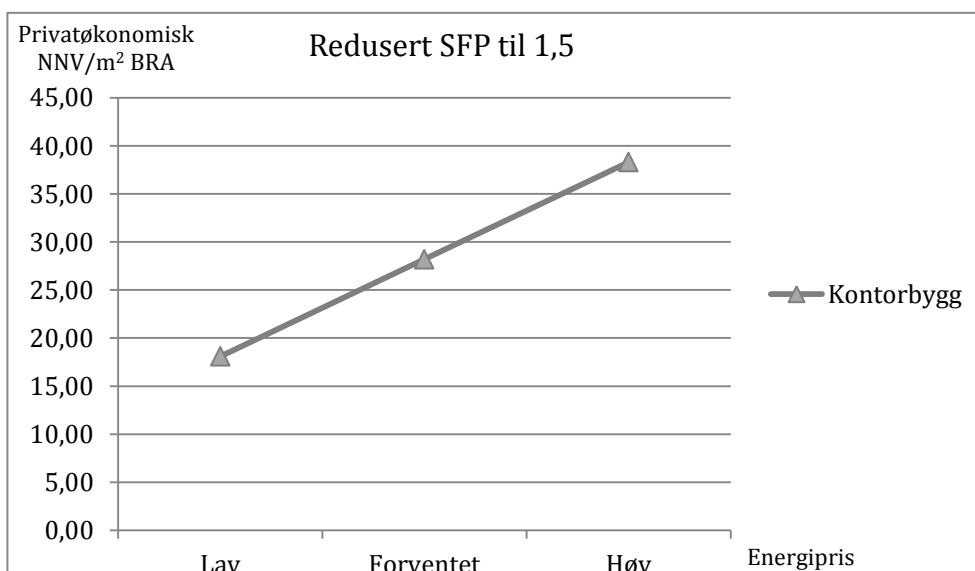


Figur F8b: Samfunnsøkonomisk NNV for redusert ventilasjonsluftmengde (3 % rente).

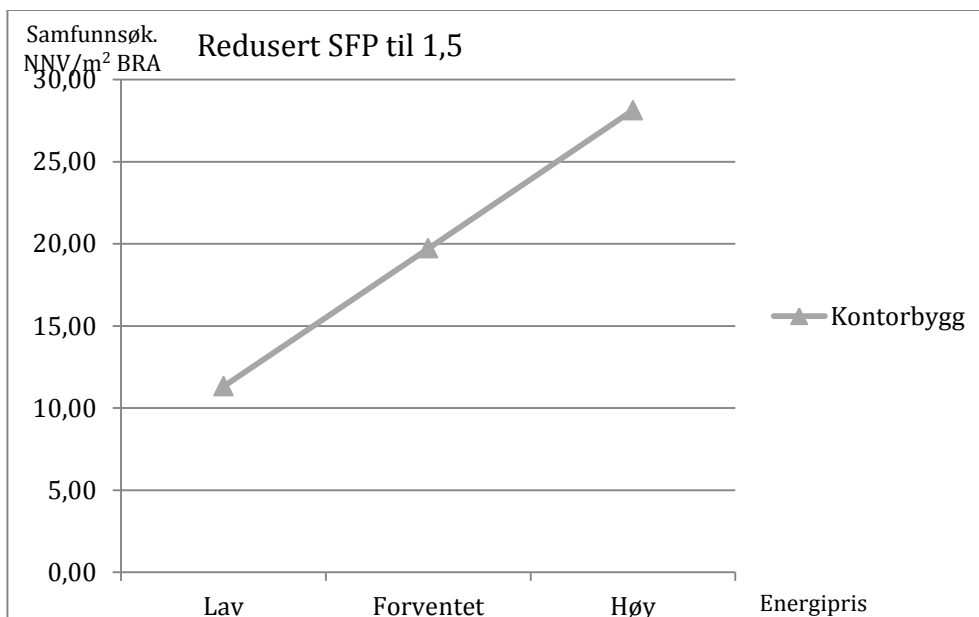




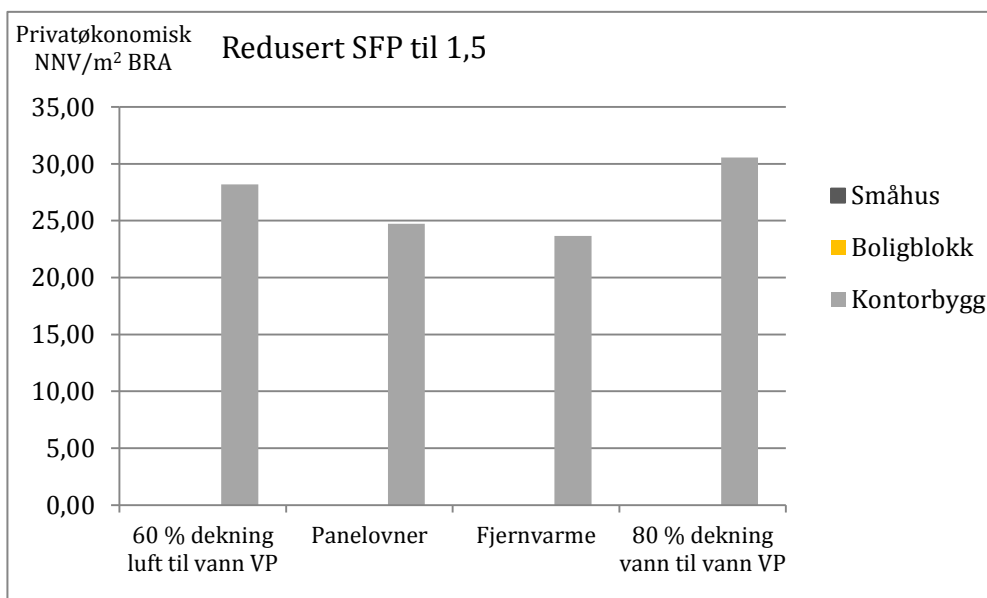
Figur F8c: Privatøkonomisk NNV for redusert ventilasjonsluftmengde (3 % rente).



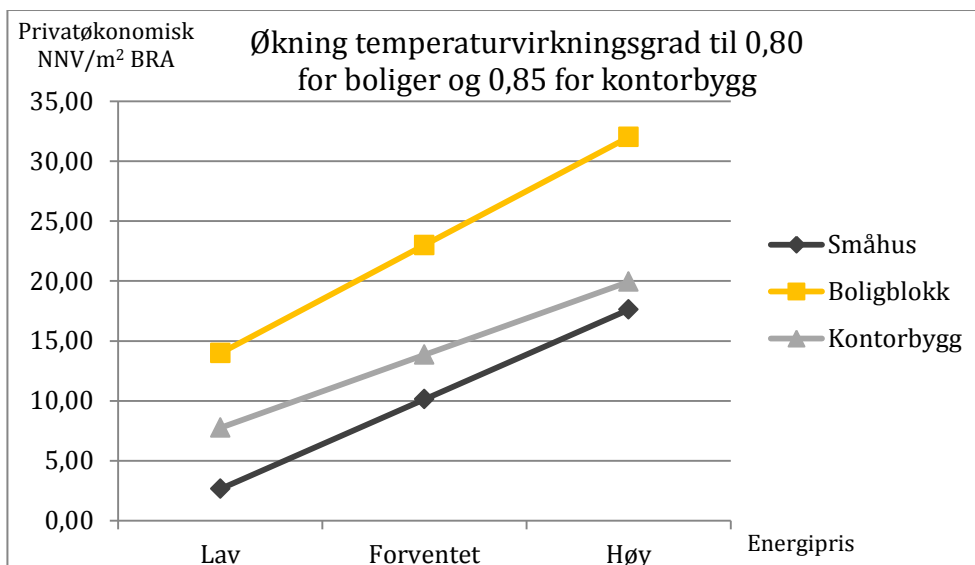
Figur F9a: Privatøkonomisk NNV for redusert SFP (3 % rente).



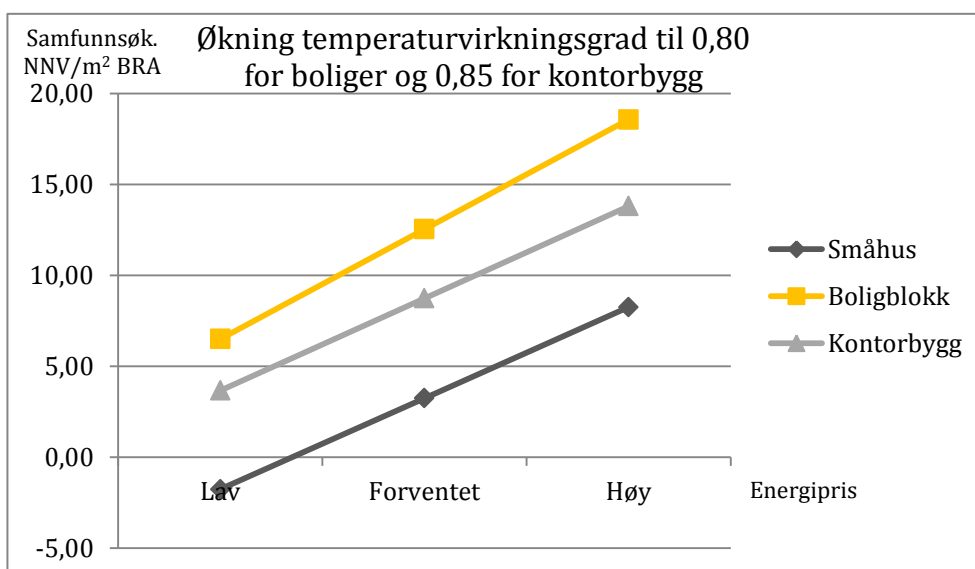
Figur F9b: Samfunnsøkonomisk NNV for redusert SFP (3 % rente).



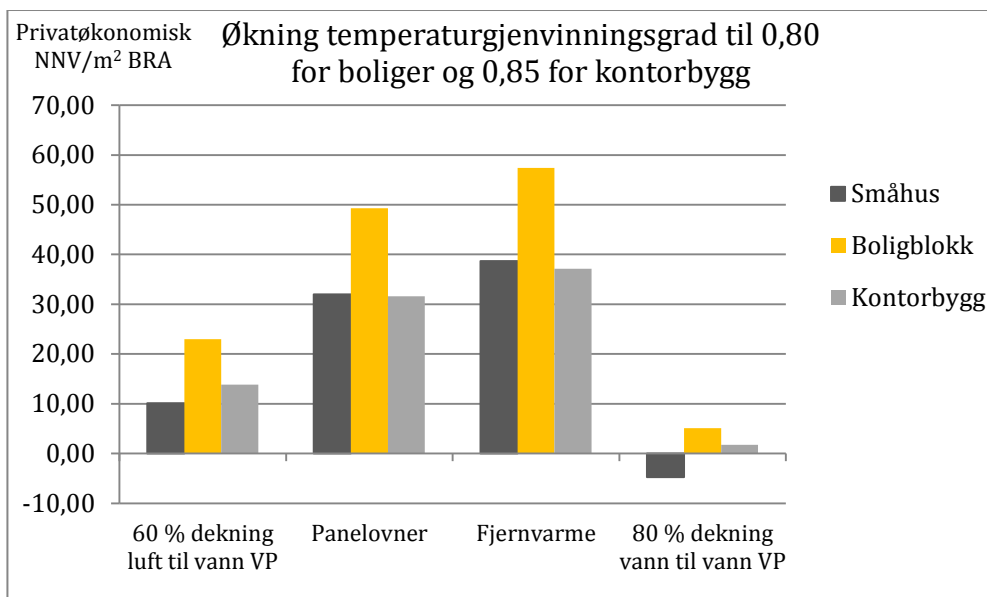
Figur F9c: Privatøkonomisk NNV for redusert SFP for ulike energikilder (3 % rente).



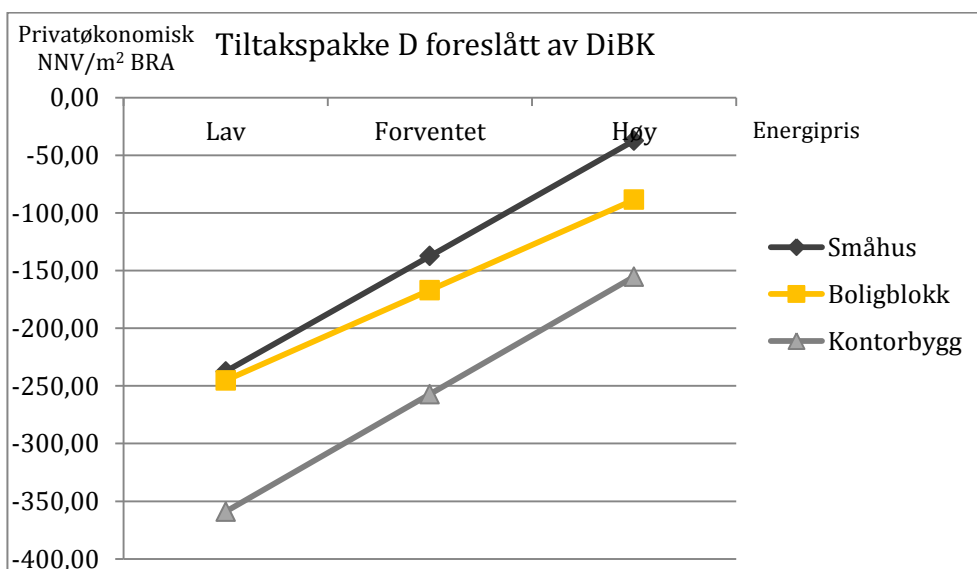
Figur F10a: Privatøkonomisk NNV for økt temperaturvirkningsgrad (3 % rente).



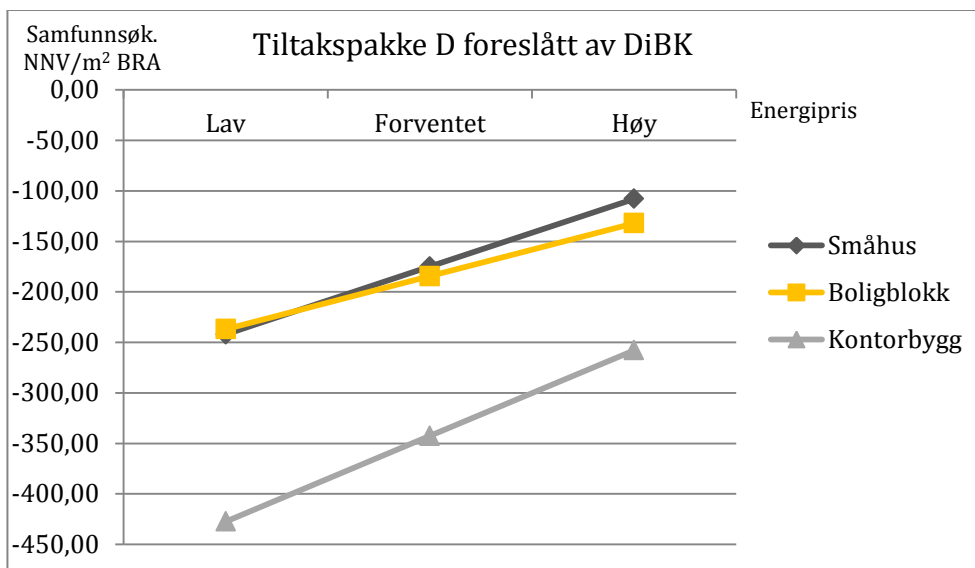
Figur F10b: Samfunnsøkonomisk NNV for økt temperaturvirkningsgrad (3 % rente).



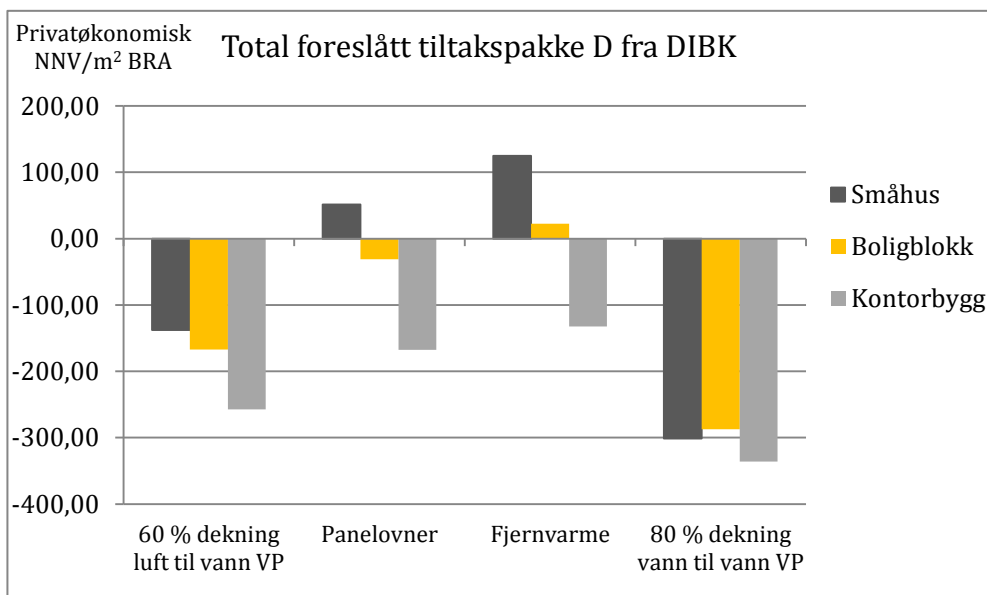
Figur F10c: Privatøkonomisk NNV for økt temperaturvirkningsgrad for ulike energikilder (3 % rente).



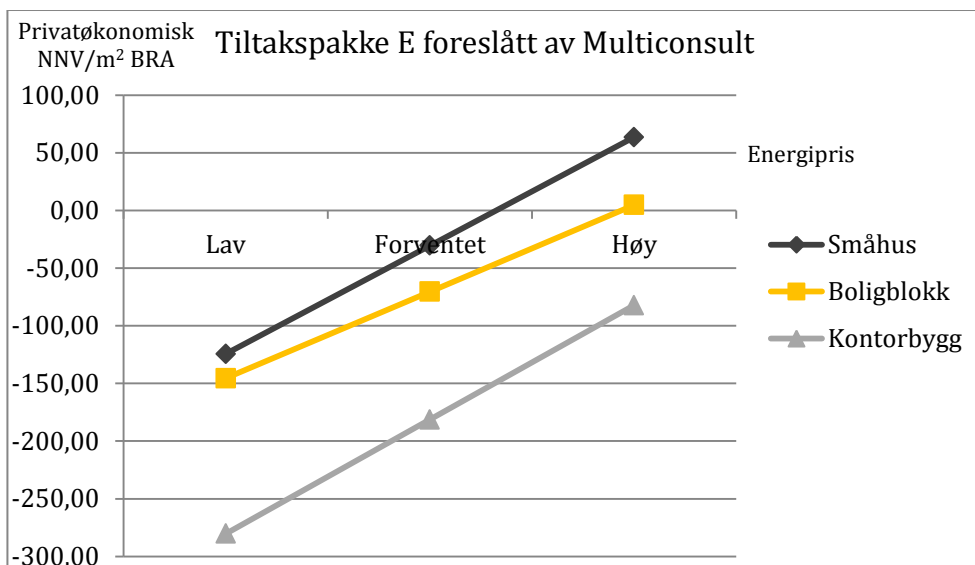
Figur F11a: Privatøkonomisk NNV for tiltakspakke D foreslått av DiBK (3 % rente).



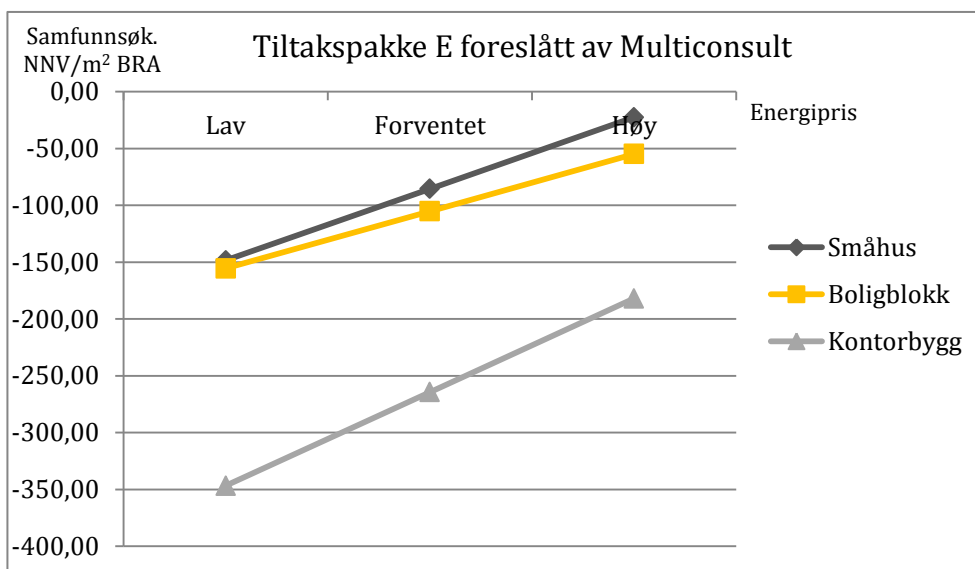
Figur F11b: Samfunnsøkonomisk NNV for tiltakspakke D foreslått av DiBK (3 % rente).



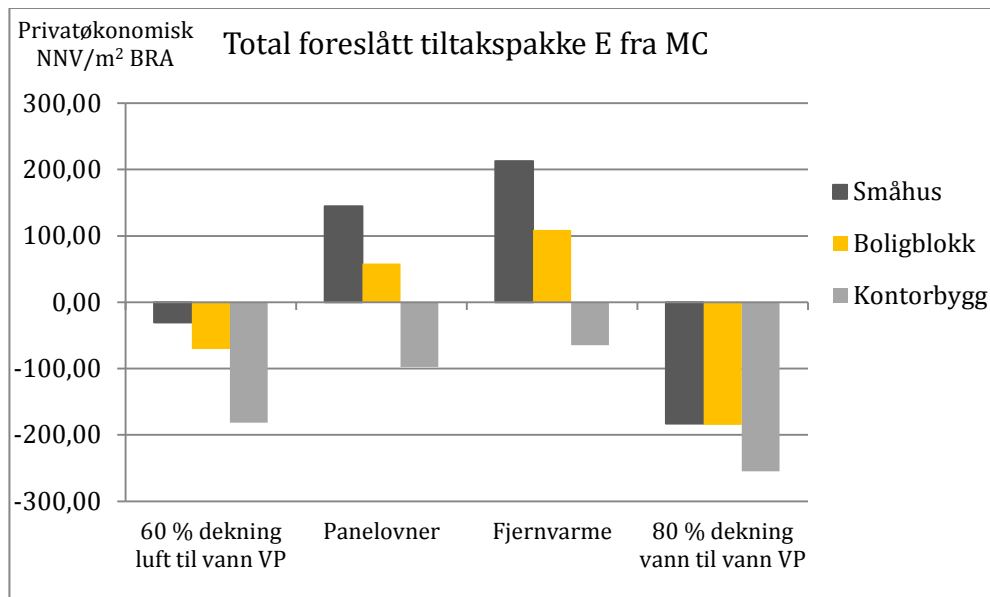
Figur F11c: Privatøkonomisk NNV for tiltakspakke D foreslått av DiBK for ulike energikilder (3 % rente).



Figur F12a: Privatøkonomisk NNV for tiltakspakke E foreslått av Multiconsult (3 % rente).



Figur F12b: Samfunnsøkonomisk NNV for tiltakspakke E foreslått av Multiconsult (3 % rente).



Figur F12c: Privatøkonomisk NNV for tiltakspakke E foreslått av Multiconsult for ulike energikilder (3 % rente).

## VEDLEGG G: Fremskrivning av total energibesparelse - underlag

### Vedlegg D i Versjon02

#### Forventet nybyggareal

I estimeringen av forventet nybyggareal i årene mellom 2015 og 2020 benytter vi oss av resultater fra hhv. "Potensial- og barrierestudien norske boligbygg" og "Potensial- og barrierestudien norske næringsbygg" utarbeidet for Enova i 2011. Studiene tar utgangspunkt i bygningsareal i 2010 inndelt etter bygningskategorier og det gjøres en framskrivning til 2020. I næringsbygg-studien benyttes en flat nybyggrate på 1,5 %, mens i boligbygg-studien benyttes årlige prognoser fra SSB og Prognosesenteret som over perioden tilsvarer en nybyggrate for småhus på rett i underkant av 1 % og for boligblokker rett i overkant av 2 %. Nybyggarealet kommer primært som følge av forventet befolkningsvekst, men dels også som erstatning for areal som rives.

Tabell G1: Eksisterende bygningsareal i 2010 [m<sup>2</sup>]

Bygningskategorier	2010
Småhus	217 608 674
Boligblokker	42 126 802
Barnehage	1 275 200
Kontorbygning	26 769 600
Skolebygning	13 884 700
Universitet/høgskole	2 440 300
Sykehus	4 753 000
Sykehjem	5 215 700
Hotellbygning	5 714 500
Idrettsbygning	2 323 300
Forretningsbygning	30 378 600
Kulturbygning	2 899 300
Lettindustri/verksted	9 707 400
<b>SUM</b>	<b>365 097 076</b>

Tabell G2: Nybyggareal per år mellom 2015 og 2020 [m<sup>2</sup>]

Bygningskategorier	2016	2017	2018	2019	2020	SUM
Småhus	2 330 936	1 817 755	2 040 421	1 989 445	2 043 823	<b>10 222 380</b>
Boligblokker	535 875	820 635	963 836	1 111 709	1 232 550	<b>4 664 605</b>
Barnehage	18 280	18 280	18 280	18 280	18 280	<b>91 400</b>
Kontorbygning	383 700	383 700	383 700	383 700	383 700	<b>1 918 500</b>
Skolebygning	199 010	199 010	199 010	199 010	199 010	<b>995 050</b>
Universitet/høgskole	34 980	34 980	34 980	34 980	34 980	<b>174 900</b>
Sykehus	68 130	68 130	68 130	68 130	68 130	<b>340 650</b>
Sykehjem	74 760	74 760	74 760	74 760	74 760	<b>373 800</b>
Hotellbygning	81 910	81 910	81 910	81 910	81 910	<b>409 550</b>
Idrettsbygning	33 300	33 300	33 300	33 300	33 300	<b>166 500</b>
Forretningsbygning	435 430	435 430	435 430	435 430	435 430	<b>2 177 150</b>
Kulturbygning	41 560	41 560	41 560	41 560	41 560	<b>207 800</b>
Lettindustri/verksted	139 140	139 140	139 140	139 140	139 140	<b>695 700</b>
<b>SUM</b>	<b>4 377 011</b>	<b>4 148 590</b>	<b>4 514 457</b>	<b>4 611 354</b>	<b>4 786 573</b>	<b>22 437 985</b>



### Forventet fordeling av energivarer i nye bygg

For å vise framskrevet energibesparelse både for netto og levert energi, må vi sette opp en forventet fordeling av energivarer i nye bygg. Det finnes lite statistikk og framskrivninger på hva som bygges ut av energiløsninger i nye bygg i dag og hva som kan forventes framover. Det ble gjort noe arbeid på dette i Miljødirektoratets rapport Klimakur 2020 fra 2009-2010, men vi velger å gjøre vår egen vurdering.

Oppvarmingskarakteren til bygg som ble energimerket i 2013, og oppnådde C og B kan gi oss en pekepinn på hvordan det ligger an for energiforsyningen for nybygg som stod ferdig i 2013. Rødt oppvarmingsmerke tilsvare ofte el, oransje tilsvare ofte enkel luft til luft varmepumpe eller noe bruk av ved/bio, gul farge tilsvare ofte en noe bedre varmepumpe, lysegrønn fjernvarme og helt grønn bioenergi eller gode kombinasjoner av flere ting. (Men oppvarmingsmerkene kan selvsagt avvike fra dette og andre kilder gi andre farger, i tillegg til at også eldre bygg kan oppnå B og C. Dette gir oss en usikkerhet.)

Tabell G3: Boliger som oppnådde B og C i 2013 (55 % småhus og 45 % boligblokker):

Rød	El	26 %
Oransje	Vedovn/luft til luft VP	31 %
Gul	VP	10 %
Lysegrønn	Fjernvarme	33 %
Grønn	Bio	1 %

Tabell G4: Næringsbygg som oppnådde B og C i 2013:

Rød	El	50 %
Oransje	Vedovn/luft til luft VP	8 %
Gul	VP	13 %
Lysegrønn	Fjernvarme	28 %
Grønn	Bio	1 %

Basert på betraktninger rundt disse tallene, sammen med vår kjennskap til markedet, og en forutsetning om at fordelingen kommer å være relativt lik fram mot 2020 som den er i dag, har vi kommet fram til følgende grove overslag på en fordeling for nybygg:

#### Småhus:

- 50 % Luft til luft varmepumpe (dekker 40 % av varmen)
- 25 % Kun panelovner (dekker 100 % av varmen)
- 20 % Effektiv vedovn/pellets (dekker 20 % av varmen)
- 2,5 % Luft til vann varmepumpe (dekker 60 % av varmen)
- 2,5 % Vann til vann varmepumpe (dekker 80 % av varmen)
- Spisslast med panelovner

#### Boligblokker:

- 50 % Fjernvarme (dekker 100 % av varmen)
- 20 % Vann til vann varmepumpe (dekker 80 % av varmen)
- 10 % Luft til vann varmepumpe (dekker 60 % av varmen)
- 10 % Luft til luft varmepumpe (dekker 40 % av varmen)
- 10 % Kun panelovner (dekker 100 % av varmen)
- Spisslast med el.kjel

Øvrige bygningskategorier:

- 40 % Fjernvarme \* (dekker 100 % av varmen)
- 25 % Vann til vann varmpumpe (dekker 80 % av varmen)
- 20 % Luft til vann varmpumpe (dekker 60 % av varmen)
- 10 % elektriske panelovner (dekker 100 % av varmen)
- 5 % Biokjel (dekker 80 % av varmen)

Spisslast med elkjel

\* Antatt høy utbyggingsrate i områder med tilknytningsplikt til eksisterende fjernvarme.

Et alternativ for å finne en grundigere fordeling senere er å be NVE gå dypere i tallene for 2013 og se på valgt energiforsyning for nybygg. Det vil sannsynligvis fortsatt være noe usikkerhet i disse tallene, og så vidt vi kjenner til er det vanskelig for NVE å skille i sin database på om det er nye eller eksisterende bygg som har blitt energimerket.

#### Spesifikk energibruk tiltakspakker

Det er ønskelig å vise framskrevet energibesparelse fra TEK10 til energiregler 2015 for hhv. tiltakspakke D og Multiconsults anbefaling (tiltakspakke E), samt både for netto og levert energi.

Det er beregnet energirammer levert energi for den forventede fordelingen av energivarer.

Tabell G5: Energirammer netto og levert energi for hhv. TEK10 og alternativene tiltakspakke D og Multiconsult sin anbefaling.

Bygningskategorier	TEK10		Tiltakspakke D		MC anbefaling	
	Netto	Levert	Netto	Levert	Netto	Levert
Småhus	131,0	131,7	98,2	97,9	99,9	99,6
Boligblokker	111,6	106,0	84,4	80,7	85,2	81,5
Barnehage	121,4	107,4	75,4	67,9	76,4	68,8
Kontorbygning	130,1	115,1	80,8	72,7	81,9	73,7
Skolebygning	104,1	92,1	64,6	58,2	65,5	59,0
Universitet/høgskole	138,8	122,8	86,2	77,6	87,4	78,6
Sykehus	260,2	230,2	161,6	145,4	163,8	147,4
Sykehjem	186,5	165,0	115,8	104,2	117,4	105,6
Hotellbygning	190,8	168,8	118,5	106,6	120,1	108,1
Idrettsbygning	147,4	130,5	91,6	82,4	92,8	83,5
Forretningsbygning	182,1	161,1	113,1	101,8	114,7	103,2
Kulturbygning	143,1	126,6	88,9	80,0	90,1	81,1
Lettindustri/verksted	151,8	134,3	94,3	84,8	95,6	86,0

Fordi vi ikke har beregnet energibehov for alle bygningskategoriene (kun for småhus, boligblokk og kontorbygg), har vi med utgangspunkt i kontorbygg benyttet samme forholdstall til TEK10 og samme prosentvise energibesparelse for de øvrige kategoriene.

Framskrevet energibesparelse

Differansen mellom energirammene fra TEK10 til hhv. tiltakspakke D og Multiconsults anbefaling (tiltakspakke E) er multiplisert med forventet nybyggareal. Besparelsen er vist både som netto og levert energi. Samlet nybyggareal (areal som bygges etter nye energiregler 2015) vokser for hvert år som går fra start i 2015, og dermed vokser også den totale oppnådde energibesparelsen.

Tabell G6: Netto energibesparelse for årene 2016-2020 for tiltakspakke D [GWh]

Bygningskategorier	2016	2017	2018	2019	2020
Småhus	76	136	203	268	335
Boligblokker	15	37	63	93	127
Barnehage	1	2	3	3	4
Kontorbygning	19	38	57	76	95
Skolebygning	8	16	24	31	39
Universitet/høgskole	2	4	6	7	9
Sykehus	7	13	20	27	34
Sykehjem	5	11	16	21	26
Hotellbygning	6	12	18	24	30
Idrettsbygning	2	4	6	7	9
Forretningsbygning	30	60	90	120	150
Kulturbygning	2	5	7	9	11
Lettindustri/verksted	8	16	24	32	40
<b>SUM</b>	<b>181</b>	<b>352</b>	<b>535</b>	<b>720</b>	<b>910</b>

Tabell G7: Netto energibesparelse for årene 2016-2020 for Multiconsults anbefalte tiltakspakke E [GWh]

Bygningskategorier	2016	2017	2018	2019	2020
Småhus	72	129	192	254	318
Boligblokker	14	36	61	91	123
Barnehage	1	2	2	3	4
Kontorbygning	18	37	55	74	92
Skolebygning	8	15	23	31	38
Universitet/høgskole	2	4	5	7	9
Sykehus	7	13	20	26	33
Sykehjem	5	10	15	21	26
Hotellbygning	6	12	17	23	29
Idrettsbygning	2	4	5	7	9
Forretningsbygning	29	59	88	118	147
Kulturbygning	2	4	7	9	11
Lettindustri/verksted	8	16	23	31	39
<b>SUM</b>	<b>174</b>	<b>340</b>	<b>516</b>	<b>695</b>	<b>879</b>

Tabell G8: Energibesparelse levert energi for årene 2016-2020 for tiltakspakke D [GWh]

Bygningskategorier	2016	2017	2018	2019	2020
Småhus	79	140	209	276	345
Boligblokker	14	34	59	87	118
Barnehage	1	1	2	3	4
Kontorbygning	16	33	49	65	81
Skolebygning	7	13	20	27	34
Universitet/høgskole	2	3	5	6	8
Sykehus	6	12	17	23	29
Sykehjem	5	9	14	18	23
Hotellbygning	5	10	15	20	25
Idrettsbygning	2	3	5	6	8
Forretningsbygning	26	52	78	103	129
Kulturbygning	2	4	6	8	10
Lettindustri/verksted	7	14	21	28	34
<b>SUM</b>	<b>169</b>	<b>328</b>	<b>499</b>	<b>671</b>	<b>848</b>

Tabell G9: Energibesparelse levert energi for årene 2016-2020 for Multiconsults anbefalte tiltakspakke E [GWh]

Bygningskategorier	2016	2017	2018	2019	2020
Småhus	75	133	199	263	328
Boligblokker	13	33	57	84	114
Barnehage	1	1	2	3	4
Kontorbygning	16	32	48	64	79
Skolebygning	7	13	20	26	33
Universitet/høgskole	2	3	5	6	8
Sykehus	6	11	17	23	28
Sykehjem	4	9	13	18	22
Hotellbygning	5	10	15	20	25
Idrettsbygning	2	3	5	6	8
Forretningsbygning	25	50	76	101	126
Kulturbygning	2	4	6	8	9
Lettindustri/verksted	7	13	20	27	34
<b>SUM</b>	<b>163</b>	<b>317</b>	<b>481</b>	<b>647</b>	<b>819</b>

## VEDLEGG H: Rangering av tiltak etter lønnsomhet

### En del av sammendraget i Versjon02

Tabell H1: Rangering av tiltakene etter gjennomsnittlig nåverdi basert på privatøkonomisk og samfunnsøkonomiske netto nåverdi, ved bruk av varmepumpe. Best lønnsomhet rangeres øverst.

<u>Småhus:</u>	<u>Boligblokk:</u>	<u>Kontorbygg:</u>
Temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner 80 %	Temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner 80 %	SFP-faktor 1,5 kW/(m <sup>3</sup> /s)
SFP-faktor 1,5 kW/(m <sup>3</sup> /s)	SFP-faktor 1,5 kW/(m <sup>3</sup> /s)	Temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner 85 %
U-verdi vindu 0,8 W/m <sup>2</sup> K	Normalisert kuldebroverdi 0,03 W/(m <sup>2</sup> K)	U-verdi vegg 0,16 W/m <sup>2</sup> K
Lekkasjetall 0,6 oms/h	U-verdi vegg 0,16 W/m <sup>2</sup> K	Behovsstyring belysning 6 W/m <sup>2</sup>
U-verdi tak 0,10 W/m <sup>2</sup> K	Lekkasjetall 0,6 oms/h	Normalisert kuldebroverdi 0,03 W/(m <sup>2</sup> K)
U-verdi vegg 0,16 W/m <sup>2</sup> K	U-verdi vindu 0,8 W/m <sup>2</sup> K	Behovsstyring belysning 4 W/m <sup>2</sup>
U-verdi gulv 0,10 W/m <sup>2</sup> K	U-verdi tak 0,10 W/m <sup>2</sup> K	U-verdi vindu 0,8 W/m <sup>2</sup> K
	U-verdi gulv 0,10 W/m <sup>2</sup> K	U-verdi gulv 0,10 W/m <sup>2</sup> K
		U-verdi tak 0,10 W/m <sup>2</sup> K
		Lekkasjetall 0,6 oms/h
		Ventilasjonsmengde 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
		Ventilasjonsmengde 6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h

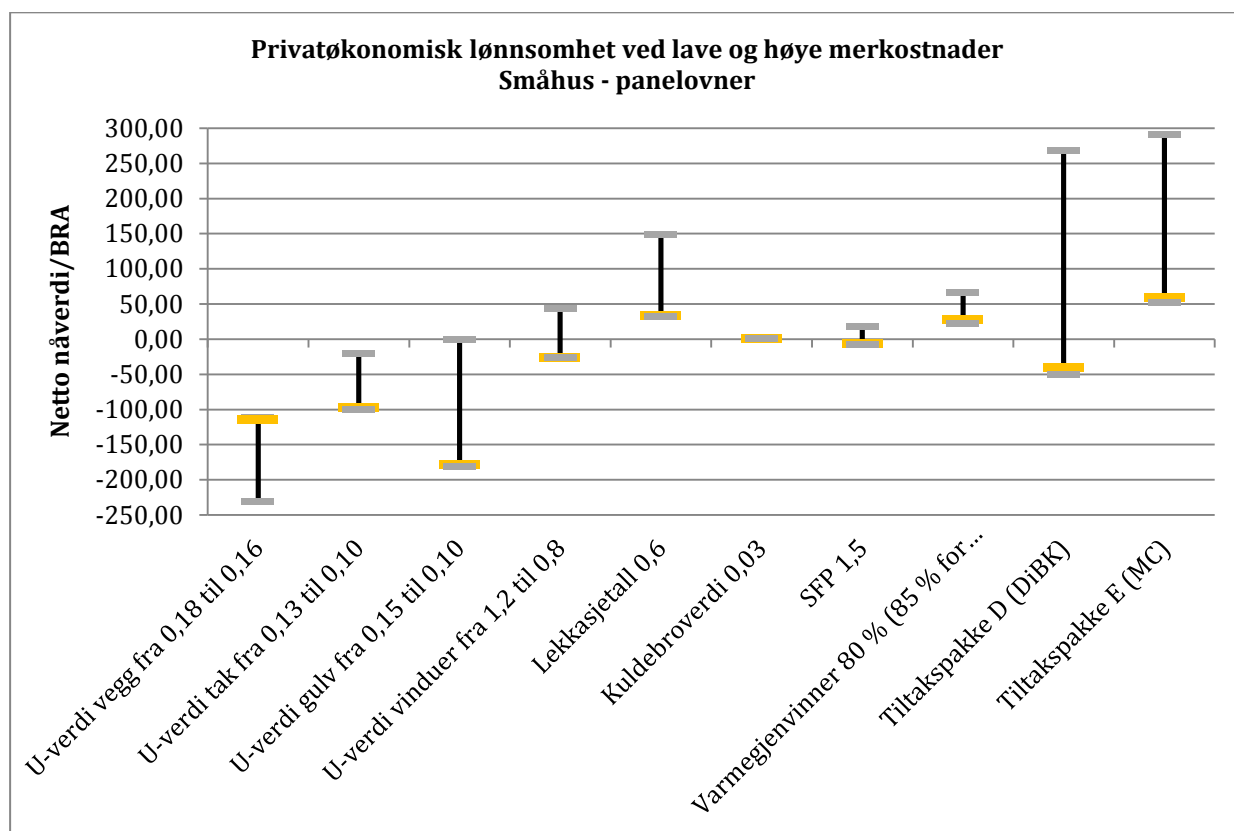
Tabell H2: Rangering av tiltakene etter samfunnsøkonomisk kostnad pr energibesparelse (kr/kWh) ved bruk av varmepumpe. Best lønnsomhet rangeres øverst.

<u>Småhus:</u>	<u>Boligblokk:</u>	<u>Kontorbygg:</u>
Temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner 80 %	Temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner 80 %	SFP-faktor 1,5 kW/(m <sup>3</sup> /s)
SFP-faktor 1,5 kW/(m <sup>3</sup> /s)	SFP-faktor 1,5 kW/(m <sup>3</sup> /s)	Temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner 85 %
Lekkasjetall 0,6 oms/h	Normalisert kuldebroverdi 0,03 W/(m <sup>2</sup> K)	Behovsstyring belysning 4 W/m <sup>2</sup>
U-verdi vindu 0,8 W/m <sup>2</sup> K	U-verdi vindu 0,8 W/m <sup>2</sup> K	Behovsstyring belysning 6 W/m <sup>2</sup>
U-verdi vegg 0,16 W/m <sup>2</sup> K	Lekkasjetall 0,6 oms/h	U-verdi vindu 0,8 W/m <sup>2</sup> K
U-verdi tak 0,10 W/m <sup>2</sup> K	U-verdi vegg 0,16 W/m <sup>2</sup> K	Normalisert kuldebroverdi 0,03 W/(m <sup>2</sup> K)
U-verdi gulv 0,10 W/m <sup>2</sup> K	U-verdi gulv 0,10 W/m <sup>2</sup> K	Ventilasjonsmengde 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
	U-verdi tak 0,10 W/m <sup>2</sup> K	Ventilasjonsmengde 6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
		Lekkasjetall 0,6 oms/h
		U-verdi gulv 0,10 W/m <sup>2</sup> K
		U-verdi vegg 0,16 W/m <sup>2</sup> K
		U-verdi tak 0,10 W/m <sup>2</sup> K

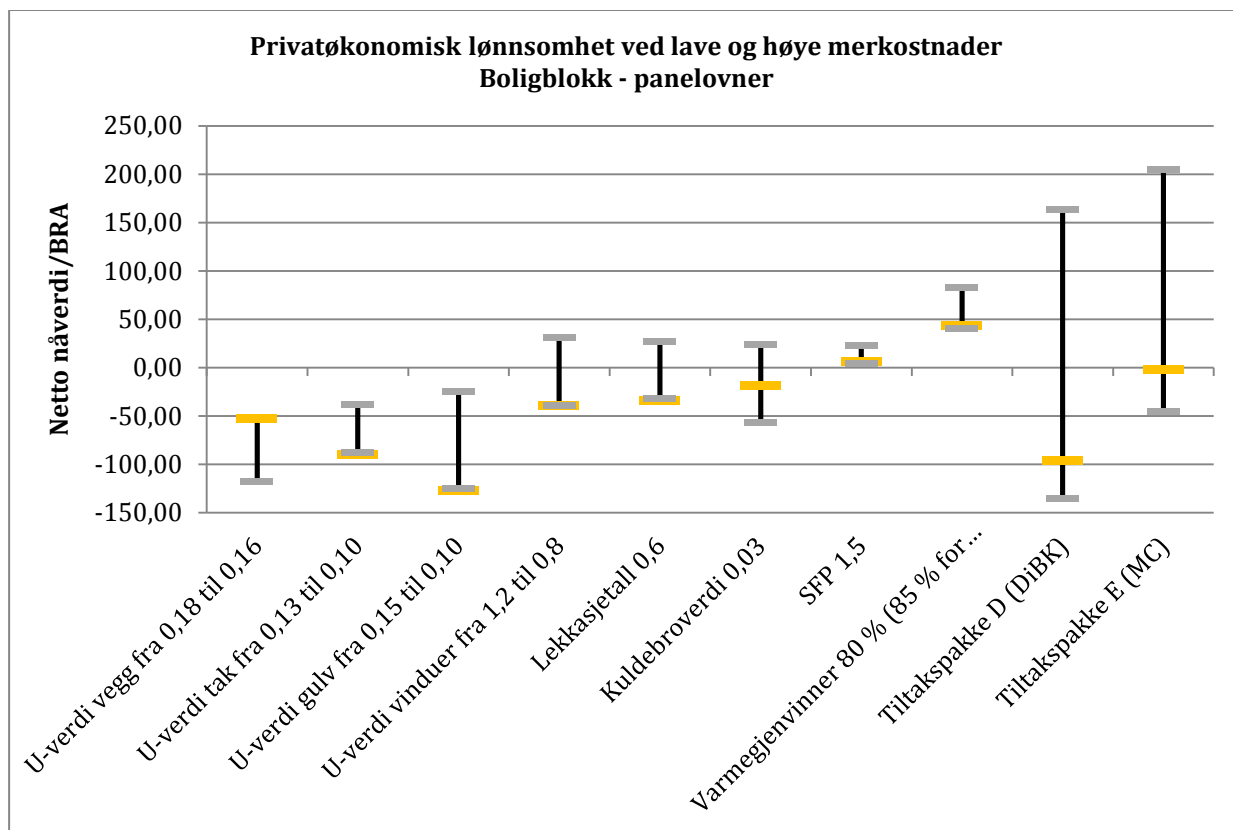
## VEDLEGG I: Visning av hvordan usikkerheten i merkostnader påvirker lønnsomheten

### Nytt vedlegg i Versjon04

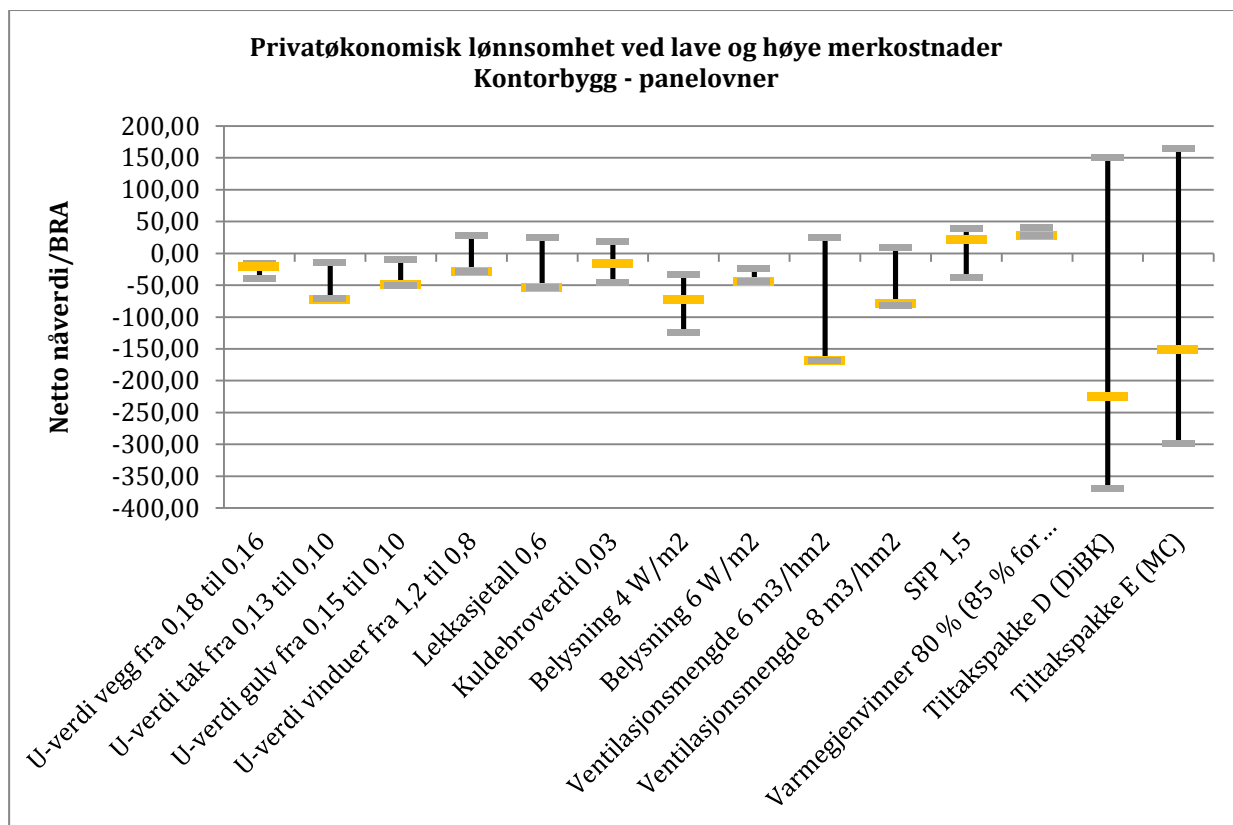
Oversikt over hvordan usikkerheten i merkostnader påvirker lønnsomheten for hhv. småhus, boligblokk og kontorbygg for de ulike tiltakene og tiltakspakkene basert på en nåverdibetraktning med luft til vann varmpumpe, er gitt som figur 1d, 1e og 1f i sammendraget. I dette vedlegget presenteres også tilsvarende oversikter for panelovner og fjernvarme.



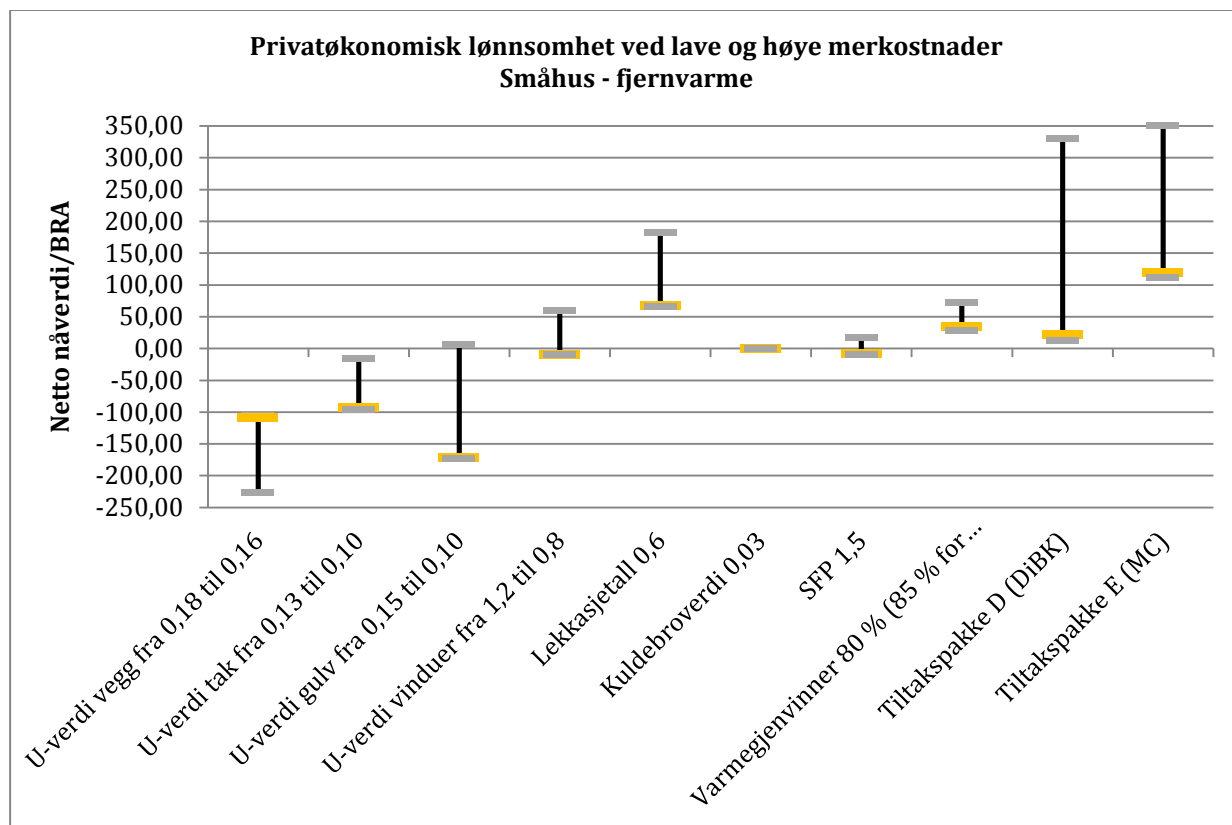
Figur I1a: Oversikt over hvordan usikkerheten i merkostnader påvirker lønnsomheten for småhus for de ulike tiltakene og tiltakspakkene basert på en nåverdibetraktning med panelovner.



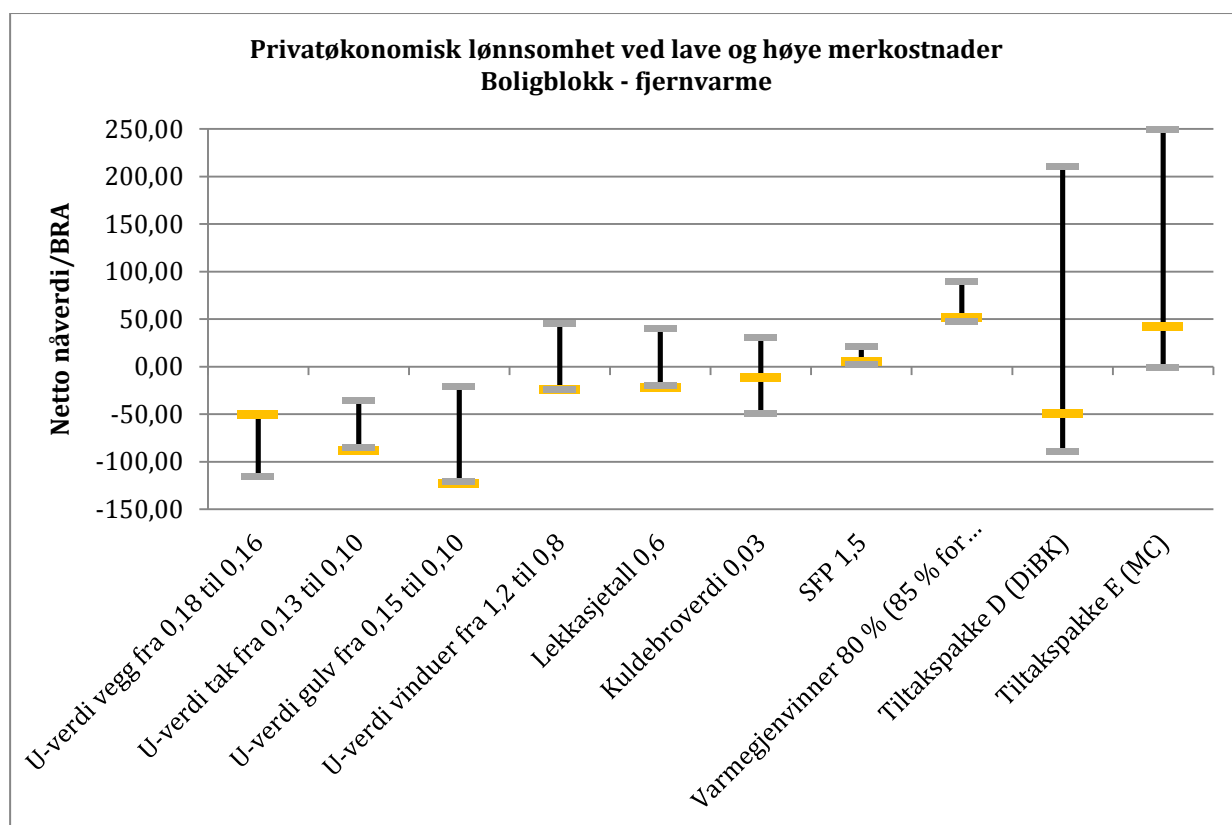
Figur 11b: Oversikt over hvordan usikkerheten i merkostnader påvirker lønnsomheten for boligblokk for de ulike tiltakene og tiltakspakkene basert på en nåverdibetraktning med panelovner.



Figur 11c: Oversikt over hvordan usikkerheten i merkostnader påvirker lønnsomheten for kontorbygg for de ulike tiltakene og tiltakspakkene basert på en nåverdibetraktning med panelovner.

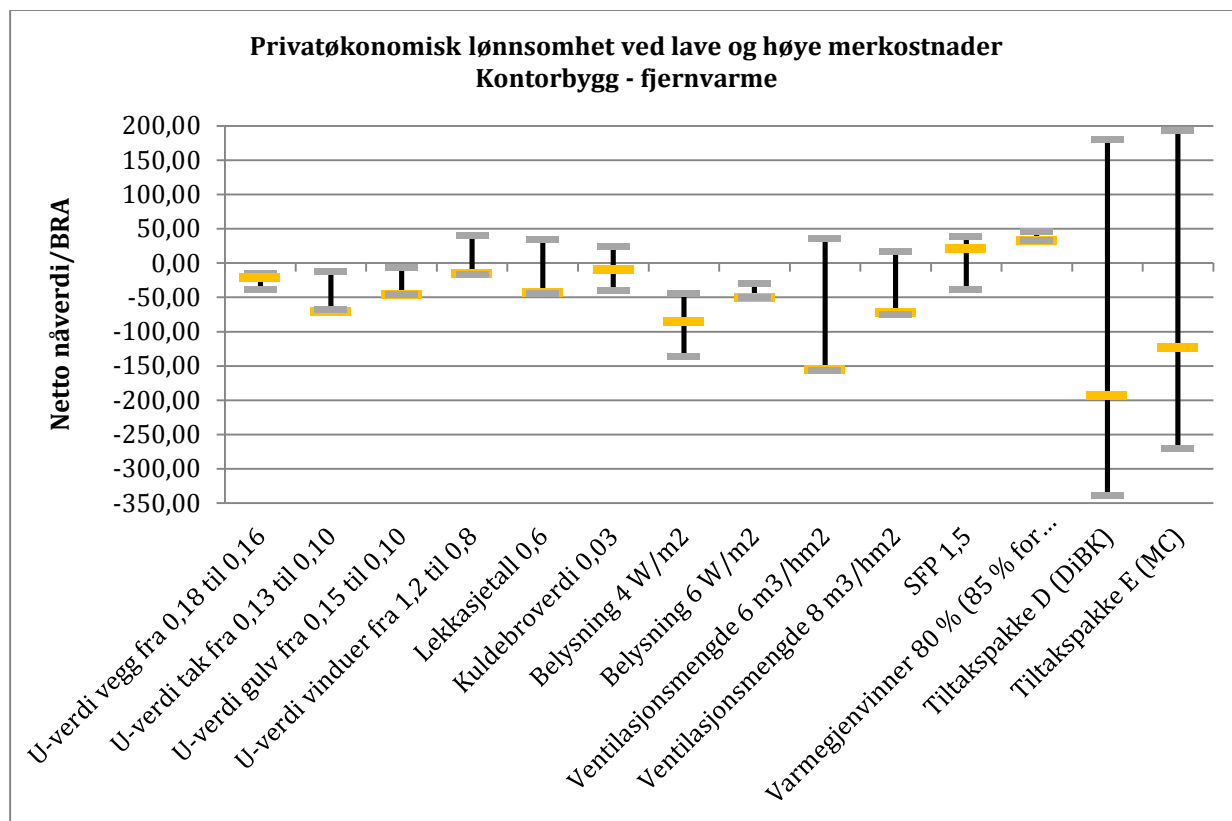


Figur I2a: Oversikt over hvordan usikkerheten i merkestnader påvirker lønnsomheten for småhus for de ulike tiltakene og tiltakspakkene basert på en nåverdibetraktning med fjernvarme.



Figur I2b: Oversikt over hvordan usikkerheten i merkestnader påvirker lønnsomheten for boligblokk for de ulike tiltakene og tiltakspakkene basert på en nåverdibetraktning med fjernvarme.





Figur I2c: Oversikt over hvordan usikkerheten i merkostnader påvirker lønnsomheten for kontorbygg for de ulike tiltakene og tiltakspakkene basert på en nåverdibetraktning med fjernvarme.

## VEDLEGG J: Sammenstilling av ulike case

### Nytt vedlegg i Versjon04

Sammenstilling av den privatøkonomiske og samfunnsøkonomiske kostnaden for energibesparelsen ved Tiltakspakke D (DiBK sin foreslåtte tiltakspakke) og Tiltakspakke E (Multiconsult sitt forslag), for luft til vann varmepumpe, er gitt som tabell 17 og 18 i kapitel 9. I dette vedlegget presenteres også tilsvarende sammenstillinger for panelovner og fjernvarme.

Tabell J1a: Sammenstilling ulike case for total tiltakspakke D fra DiBK, med panelovner.

Levert energi Panelovner						
Total tiltakspakke DiBK:	Base case	Case inkl. kostnadsbesp. varmesystem	Case med laveste merkostnad	Case med høyeste merkostnad	Case 3 % rente	
<b>Privatøkonomisk kostnad energibesparelse</b>						
kr/kWh	kr/kWh					
Småhus	1,07	0,96	0,55	1,09	0,93	
Boligblokk	1,21	1,07	0,65	1,29	1,06	
Kontorbygg	1,10	1,05	0,56	1,22	0,99	
<b>Samfunnsøkonomisk kostnad energibesparelse</b>						
kr/kWh	kr/kWh					
Småhus	0,86	0,77	0,44	0,87	0,74	
Boligblokk	0,97	0,85	0,52	1,04	0,85	
Kontorbygg	1,10	1,05	0,56	1,22	0,99	

Tabell J1b: Sammenstilling ulike case for total tiltakspakke D fra DiBK, med fjernvarme.

Levert energi Fjernvarme						
Total tiltakspakke DiBK:	Base case	Case inkl. kostnadsbesp. varmesystem	Case med laveste merkostnad	Case med høyeste merkostnad	Case 3 % rente	
<b>Privatøkonomisk kostnad energibesparelse</b>						
kr/kWh	kr/kWh					
Småhus	0,97	0,68	0,50	0,98	0,84	
Boligblokk	1,10	0,88	0,59	1,18	0,96	
Kontorbygg	1,04	0,85	0,53	1,15	0,94	
<b>Samfunnsøkonomisk kostnad energibesparelse</b>						
kr/kWh	kr/kWh					
Småhus	0,77	0,54	0,40	0,78	0,67	
Boligblokk	0,88	0,70	0,47	0,94	0,77	
Kontorbygg	1,04	0,85	0,53	1,15	0,94	

Tabell J2a: Sammenstilling ulike case for total tiltakspakke E foreslått av Multiconsult, med panelovner.

Levert energi Panelovner					
Total tiltakspakke MC	Base case	Case inkl. kostnadsbesp. varmesystem	Case med laveste merkostnad	Case med høyeste merkostnad	Case 3 % rente
Privatøkonomisk kostnad energibesparelse					
kr/kWh	kr/kWh				
Småhus	0,89	0,78	0,48	0,91	0,78
Boligblokk	1,01	0,86	0,54	1,10	0,88
Kontorbygg	1,00	0,95	0,53	1,12	0,91
Samfunnsøkonomisk kostnad energibesparelse					
	kr/kWh				
Småhus	0,71	0,62	0,38	0,72	0,62
Boligblokk	0,81	0,69	0,43	0,88	0,71
Kontorbygg	1,00	0,95	0,53	1,12	0,91

Tabell J2b: Sammenstilling ulike case for total tiltakspakke E foreslått av Multiconsult, med fjernvarme.

Levert energi Fjernvarme					
Total tiltakspakke MC	Base case	Case inkl. kostnadsbesp. varmesystem	Case med laveste merkostnad	Case med høyeste merkostnad	Case 3 % rente
Privatøkonomisk kostnad energibesparelse					
kr/kWh	kr/kWh				
Småhus	0,81	0,50	0,43	0,82	0,70
Boligblokk	0,91	0,69	0,49	1,00	0,80
Kontorbygg	0,95	0,76	0,50	1,07	0,86
Samfunnsøkonomisk kostnad energibesparelse					
	kr/kWh				
Småhus	0,65	0,40	0,35	0,66	0,56
Boligblokk	0,73	0,55	0,39	0,80	0,64
Kontorbygg	0,95	0,76	0,50	1,07	0,86