

---

RAPPORT

# Oppdatering kostnads- og lønnsomhetsberegninger

---

OPPDRAKSGIVER

Direktoratet for byggkvalitet

EMNE

Oppdatering merkostnader tiltak utover TEK10

DATO / REVISJON: 11. april 2019 / 00

DOKUMENTKODE: 10210463-01-RIEn-RAP-01

---



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.



## RAPPORT

OPPDRAK	<b>Oppdatering kostnads- og lønnsomhetsberegninger</b>	DOKUMENTKODE	10210463-01-RIEn-RAP-01
EMNE	Oppdatering merkostnader tiltak utover TEK10	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAKSGIVER	<b>Direktoratet for byggkvalitet (DiBK)</b>	OPPDRAKSLEDER	Trond Ivar Bøhn
KONTAKTPERSON	Inger Grethe England	UTARBEIDET AV	Trond Ivar Bøhn
		ANSVARLIG ENHET	Multiconsult Norge AS

## SAMMENDRAG

Multiconsult har på oppdrag for DiBK oppdatert angitte deler av beregningene i tidligere leveranse (2014); Rapport 01 V05 Konsekvenser Energiregler 2015. Merkostnadene er oppdatert til dagens nivå, så langt det har latt seg gjøre å finne nye og gode kostnadstall. Det er gjort ny vurdering av energipriser som medførte en liten justering på «lav» energipris, mens ellers er benyttet de samme økonomiske forutsetninger. Størst endring i beregnet netto nåverdi finner vi for vinduer, hvor merkostnaden for forbedret U-verdi er betraktelig redusert. Noe mindre endringer for øvrige tiltak.

00	11.4.2019	Oversendelse kunde	Erik Aalgaard, Preben Jensen, Trond Ivar Bøhn	Trond Ivar Bøhn	Trond Ivar Bøhn
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

**INNHOLDSFORTEGNELSE**

1	Bakgrunn .....	6
2	Beregningsforutsetninger .....	6
3	U-verdi yttervegg.....	8
4	U-verdi tak.....	9
5	U-verdi gulv .....	10
6	U-verdi vindu .....	12
7	Lufttetthet.....	14
8	Belysning .....	15
9	Ventilasjon behovsstyring.....	16
10	Ventilasjon varmegjenvinning.....	18
11	Ventilasjon SFP .....	19
	Vedlegg A: Energifriser.....	22

## 1 Bakgrunn

DiBK ønsker å få oppdatert angitte deler av beregningene i tidligere leveranse (2014) fra Multiconsult; Rapport 01 V05 Konsekvenser Energiregler 2015.

Bestillingen lyder:

«Rapporten fra 2014 gir merkostnader ved ulike enkelttiltak med TEK 10 som referanse. DiBK ønsker at merkostnadene oppdateres til dagens nivå for samtlige enkelttiltak, med tilhørende tabeller og figurer i kapittel 5-8. I den opprinnelige rapporten tilsvarer dette for eksempel tabell 4, figur 3a og figur 4. Det skal beregnes med samme varmeløsninger og bygningskategorier som i rapporten fra 2014. Kun privatøkonomiske kostnader skal beregnes. I beregningen benyttes det en kalkulasjonsrente på 4 % uavhengig av levetiden. Multiconsult skal bruke oppdaterte energipriser etter samme metodikk som i 2014-utgaven av rapporten, med prisalternativer; høy, middels, lav. Multiconsult utarbeider grunnlagsdata og konkret forslag.»

## 2 Beregningsforutsetninger

Det er benyttet samme økonomisk forutsetninger som i rapporten fra 2014. I korte trekk:

### Netto nåverdi:

Det er for tiltaksalternativene beregnet netto nåverdi, som gir dagens verdi av fremtidige kontantstrømmer. Positiv netto nåverdi betyr at tiltaket vil være privatøkonomisk lønnsomt, motsatt med negativ netto nåverdi.

### 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

### Kalkulasjonsrente:

Lønnsomheten er diskontert med en realrente på 4 % etter anbefaling fra finansdepartementet for prosjekter med medium til lav risiko.

### Mva:

For boliger regnes inkl. mva i kostnader og i den privatøkonomiske lønnsomhetsanalysen.

For næringsbygg regnes eks. mva i kostnader og i den privatøkonomiske lønnsomhetsanalysen.

I den samfunnsøkonomiske vurderingen er ikke elavgift, innbetaling til energifondet (Enova) eller mva. inkludert.

### Drift og vedlikeholdskostnader:

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

### Energipriser:

Multiconsult har vurdert energipriser på nytt, og i samråd med DiBK benyttes følgende energipriser:

- Lav total energipris lik 0,90 kr/kWh inkludert avgifter og mva

- Forventet total energipris lik 1,0 kr/kWh inkludert avgifter og mva
- Høy total energipris lik 1,20 kr/kWh inkludert avgifter og mva

Det vises til vedlegg A for forutsetninger som ligger bak energiprisene.

#### **Bygningsmodeller:**

Det er gjort energi- og kostnadsberegninger på de samme bygningskategoriene og bygningsmodellene som lå til grunn for energirammekrav TEK10:

- Småhus 160 m<sup>2</sup> BRA , to etasjer, skråtak, 20 % vinduer ift. BRA
- Boligblokk 900 m<sup>2</sup> BRA , tre etasjer, flatt tak, 20 % vinduer ift. BRA
- Kontorbygg 3600 m<sup>2</sup> BRA, tre etasjer, flatt tak, 20 % vinduer ift. BRA

Det er ikke gjort nye energiberegninger, men benyttet samme beregnede energibesparelser som fra rapporten 2014. Energibesparelse for hvert enkelt tiltak er beregnet ved endring kun for dette tiltaket i forhold til TEK10. Beregningene er gjort for Oslo-klima.

#### **Energiforsyningsløsninger:**

Energibesparelsen og lønnsomheten er beregnet og vist ved følgende energiforsyningsløsninger (samme som i rapporten 2014):

- Luft/vann-varmepumpe med 60 % dekningsgrad og systemvirkningsgrad på 2
- Vann/vann-varmepumpe med 80 % dekningsgrad og systemvirkningsgrad på 3
- Panelovner med 100 % dekningsgrad og systemvirkningsgrad lik 0,98
- Fjernvarme med 100 % dekningsgrad og systemvirkningsgrad lik 0,88

#### **Merkostnader:**

Det er innhentet merkostnader for energiltakene ved bruk av Holte Kalkulasjonsnøkkelen, erfaringstall fra prosjekter i Multiconsult, og ved kontakt av leverandører. Kostnadene inkluderer materialkostnad, arbeidskostnad, underentreprenør-kostnad og påslag. Det er ikke regnet med reduksjon i kostnader for varmeanlegget og energiforsyningsløsningen.

#### **Energiltak:**

Det er gjort beregninger for følgende energiltak:

1. Yttervegg, U-verdi forbedret fra 0,18 til 0,16 W/m<sup>2</sup>K
2. Tak, U-verdi forbedret fra 0,13 til 0,10 W/m<sup>2</sup>K
3. Gulv, U-verdi forbedret fra 0,15 til 0,10 W/m<sup>2</sup>K
4. Vinduer, U-verdi forbedret U-verdi fra 1,2 til alternativene 1,0 / 0,8 / 0,7 W/m<sup>2</sup>K
5. Lufttetthet, lekkasjetall småhus forbedret fra 2,5 til 0,6 og øvrige fra 1,5 til 0,6 oms/h.
6. Belysning (kontorbygg), gjennomsnittlig effekt redusert fra 8 til alternativene 6 / 4 W/m<sup>2</sup>
7. Ventilasjon behovsstyring (kontorbygg), luftmengder redusert fra 10 til alternativene 8 og 6 m<sup>3</sup>/h,m<sup>2</sup>
8. Ventilasjon varmegjenvinning, bolig forbedret fra 70 til 80%, næring fra 80 til 85%
9. Ventilasjon SFP, bolig redusert fra 2,5 til 1,5, næring fra 2,0 til 1,5 kW/(m<sup>3</sup>/s)

Det er i denne rapporten ikke gjort beregninger for forbedringer på normalisert kuldebroverdi slik det ble gjort i rapporten fra 2014, fordi dette energitiltakskravet endte med en økning i tallverdi til TEK17.

### 3 U-verdi yttervegg

Energiltakskrav TEK10: U-verdi 0,18 W/m<sup>2</sup>K.

Forbedring til 0,16 W/m<sup>2</sup>K krever i noen alternativer endret oppbygning av bindingsverksvegg og økning av isolasjonstykkelse fra 250mm til 300mm, mens det for småhus og kontorbygg er eksempel på at bruk av mindre dimensjon i stenderverk og beste isolasjonstype med redusert lambda-verdi (varmeledningsevne) er tilstrekkelig. Merkostnaden kan dermed variere svært mye med de ulike alternativene. Kostnader er beregnet ut fra enhetspriser for isolasjon og bindingsverk etc hentet fra Holte Kalkulasjonsnøkkelen, for ulike konkrete veggoppbygninger som tilfredsstiller U-verdiene.

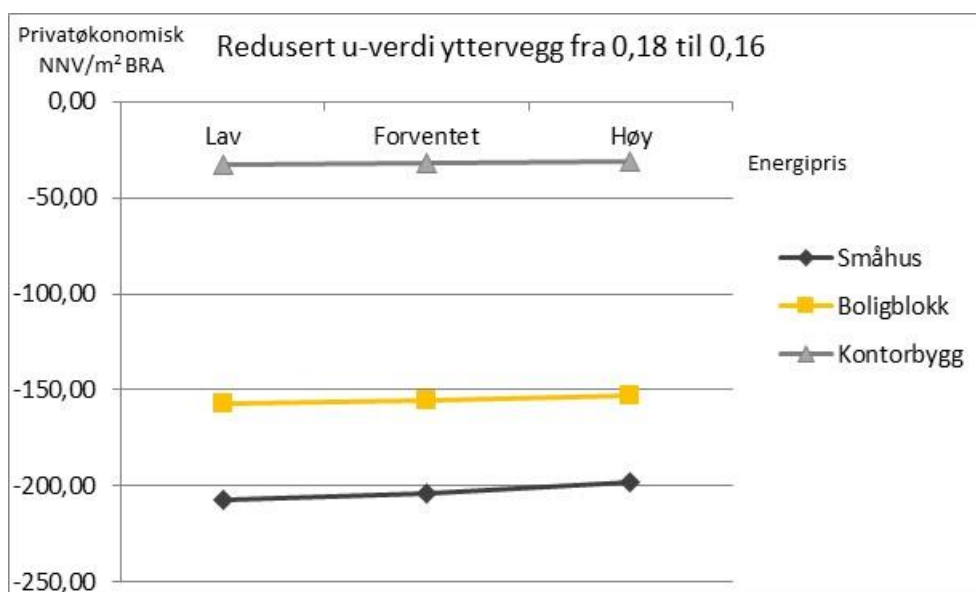
Tabellen under viser kostnadstall for yttervegg uttrykt per BRA ved å gå fra U-verdi 0,18 til 0,16 W/m<sup>2</sup>K. Forventet kostnad er satt lik gjennomsnittet av lav og høy kostnadsalternativ.

Romtapkostnader er ikke medtatt

Tabell 3-1: Yttervegg

U-verdi fra 0,18 til 0,16	Merkostnad	Usikkerhetsnivå merkostnad	Energibesparelse (netto energibehov)
Kategori	[NOK/BRA]	[NOK/BRA]	[kWh/m <sup>2</sup> , år]
Småhus (inkl.mva)	230	90 - 380	2,2
Boligblokk (inkl.mva)	170	140 - 190	1,0
Kontorbygg (eks.mva)	40	20 - 60	0,5

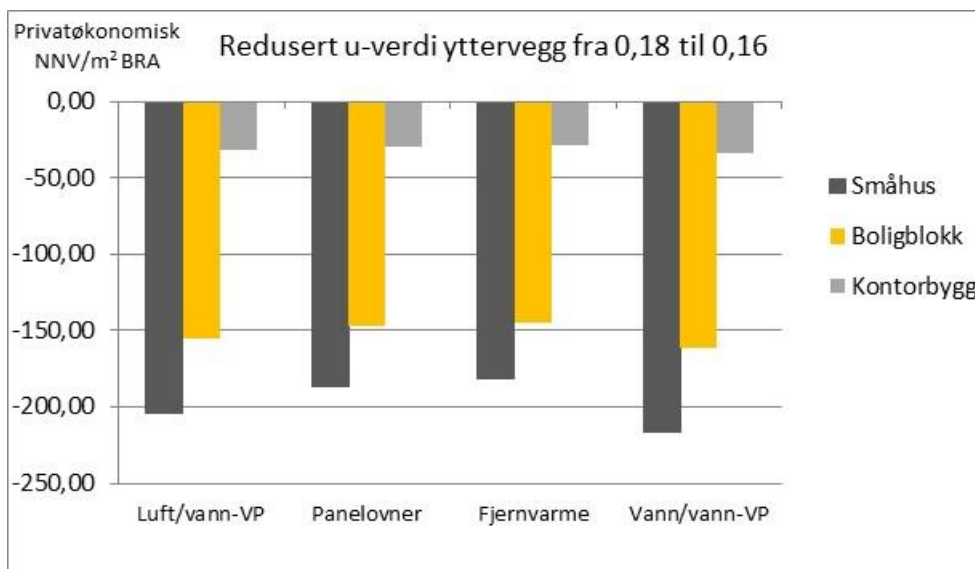
Figuren under viser lønnsomheten i netto nåverdi per kvadratmeter for de tre bygningskategoriene, forutsatt en luft/vann-varmepumpe, samt med forventet kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.



Figur 3-1: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved reduksjon av U-verdi i yttervegg fra 0,18 til 0,16 for småhus, boligblokk og kontorbygg, ved hhv. lav, forventet og høy energipris. Det er forutsatt en luft til vann varmepumpe, samt forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.

Figuren under viser lønnsomheten for de fire ulike energiforsyningsløsningene.





Figur 3-2: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved reduksjon av U-verdi i yttervegg fra 0,18 til 0,16 for småhus, boligblokk og kontorbygg ved ulike energiforsyningsløsninger. Det er forutsatt forventet (middels) energipris og forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.

Vi ser fra figurene at tiltaket ikke vil være privatøkonomisk lønnsomt gitt forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen. Dette var også tilfellet i rapporten fra 2014. Forventet merkostnad er vurdert som enda høyere nå enn i rapporten fra 2014, spesielt for småhus og boligblokk, og således forsterket ulønnsomt.

## 4 U-verdi tak

Energiltakskrav TEK10: U-verdi 0,13 W/m<sup>2</sup>K.

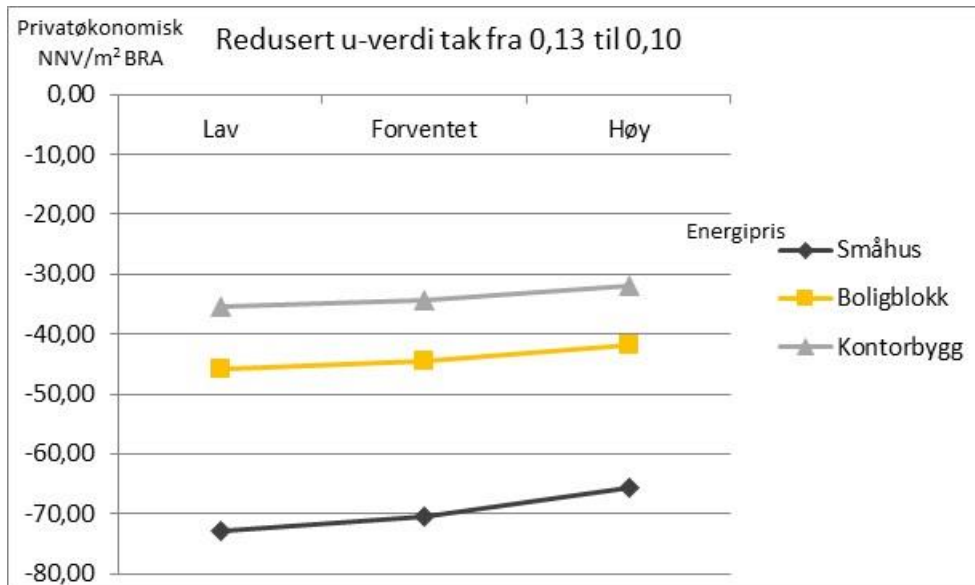
Forbedring til 0,10 W/m<sup>2</sup>K krever 70 – 100 mm ekstra isolasjon avhengig av isolasjonskvalitet (lambda) og type takoppbygning. Spesielt for småhus er det stor forskjell i merkostnad avhengig av om det er isolasjon på kaldtloft eller i sperretak. Kostnader er beregnet ut fra enhetspriser for isolasjon, materialer og arbeidskostnader hentet fra Holte Kalkulasjonsnøkkelen, for ulike konkrete takoppbygninger som tilfredsstillende U-verdiene. For flate tak er det lagt til 15 % grunnet økning av parapet og andre medfølgende material- og arbeidskostnader.

Tabellen under viser kostnadstall for tak uttrykt per BRA ved å gå fra U-verdi 0,13 til 0,10 W/m<sup>2</sup>K. Forventet kostnad er satt lik gjennomsnittet av lav og høy kostnadsalternativ, bortsett fra for småhus da kaldtloft (lavt kostnadsalternativ) ikke er så vanlig lenger.

Tabell 4-1: Tak

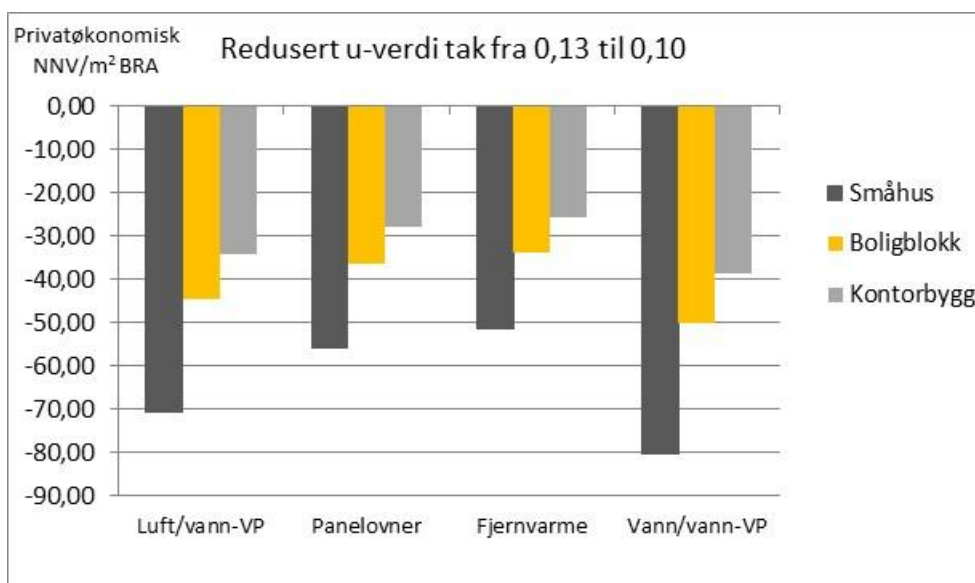
U-verdi fra 0,13 til 0,10	Merkostnad	Usikkerhetsnivå merkostnad	Energibesparelse (netto energibehov)
Kategori	[NOK/BRA]	[NOK/BRA]	[kWh/m <sup>2</sup> , år]
Småhus (inkl.mva)	100	60 - 110	1,8
Boligblokk (inkl.mva)	60	50 - 70	1,0
Kontorbygg (eks.mva)	50	40 - 60	1,1

Figuren under viser lønnsomheten i netto nåverdi per kvadratmeter for de tre bygningskategoriene, forutsatt en luft/vann-varmepumpe, samt med forventet kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.



Figur 4-1: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved reduksjon av U-verdi i tak fra 0,13 til 0,10 for småhus, boligblokk og kontorbygg, ved hhv. lav, forventet og høy energipris. Det er forutsatt en luft til vann varmpumpe, samt forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.

Figuren under viser lønnsomheten for de fire ulike energiforsyningsløsningene.



Figur 4-2: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved reduksjon av U-verdi i tak fra 0,13 til 0,10 for småhus, boligblokk og kontorbygg ved ulike energiforsyningsløsninger. Det er forutsatt forventet (middels) energipris og forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.

Vi ser fra figurene at tiltaket ikke vil være privatøkonomisk lønnsomt gitt forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen. Dette var også tilfellet i rapporten fra 2014. Forventet merkostnad er vurdert som lavere nå enn i rapporten fra 2014, og således mindre ulønnsomt.

## 5 U-verdi gulv

Energiltakskrav TEK10: U-verdi 0,15 W/m<sup>2</sup>K.

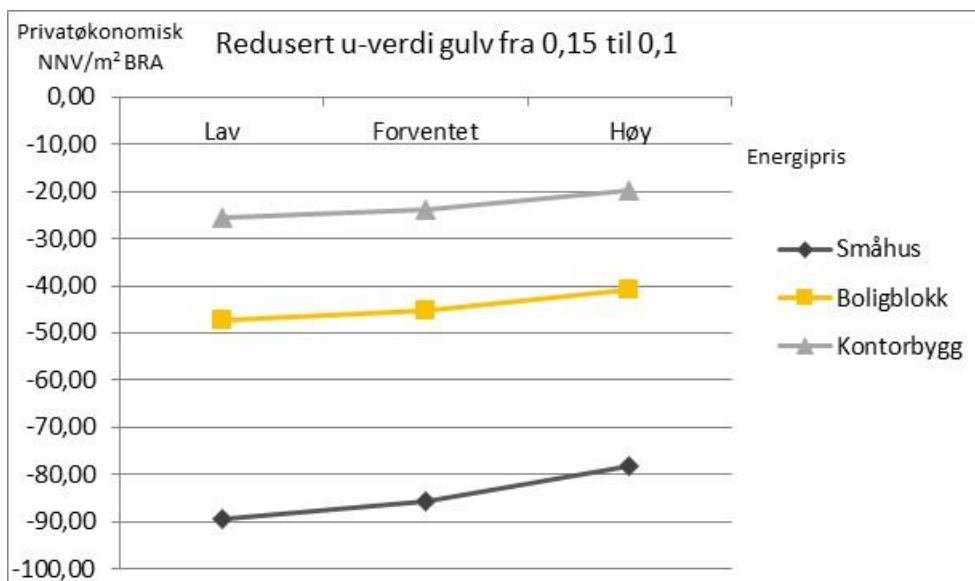
Forbedring til 0,10 W/m<sup>2</sup>K krever 80 – 120 mm ekstra isolasjon om det er gulv på grunn avhengig av byggets størrelse (bygningstype), eller det krever 130 – 150 mm ekstra isolasjon om det er gulv mot det fri. Kostnader er beregnet ut fra enhetspriser for isolasjon, materialer og arbeidskostnader hentet fra Holte Kalkulasjonsnøkkelen, for ulike konkrete type gulv som tilfredsstillende U-verdiene. For gulv på grunn er det inkludert utgraving og bortkjøring av ekstra masse.

Tabellen under viser kostnadstall for gulv uttrykt per BRA ved å gå fra U-verdi 0,15 til 0,10 W/m<sup>2</sup>K. Forventet kostnad er satt lik lavt kostnadsalternativ da dette er gulv på grunn som er mest vanlig (høyt kostnadsalternativ er gulv mot det fri).

Tabell 5-1: Gulv

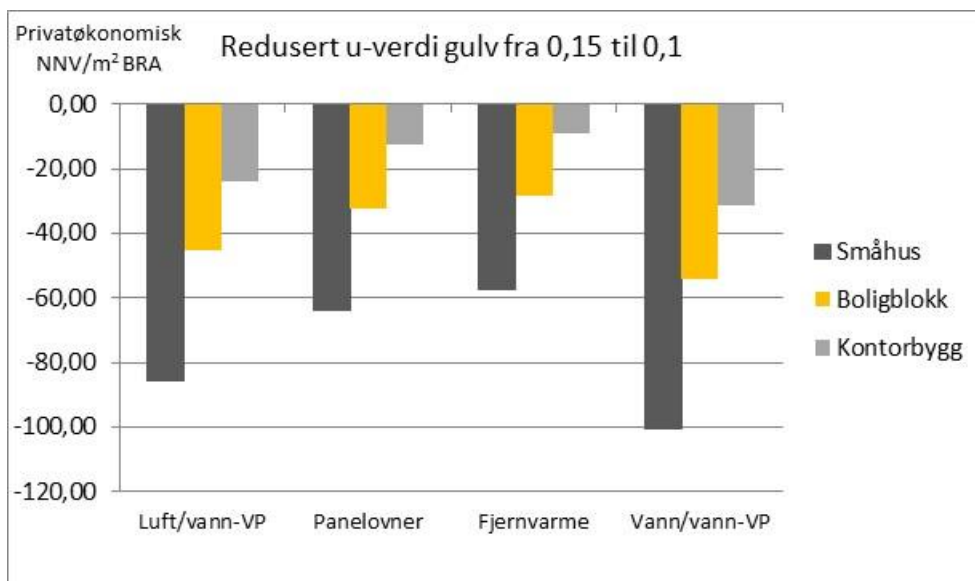
U-verdi fra 0,15 til 0,10	Merkostnad	Usikkerhetsnivå merkostnad	Energibesparelse (netto energibehov)
Kategori	[NOK/BRA]	[NOK/BRA]	[kWh/m <sup>2</sup> ,år]
Småhus (inkl.mva)	120	120 - 240	2,7
Boligblokk (inkl.mva)	70	70 - 150	1,6
Kontorbygg (eks.mva)	40	40 - 120	1,9

Figuren under viser lønnsomheten i netto nåverdi per kvadratmeter for de tre bygningstypene, forutsatt en luft/vann-varmepumpe, samt med forventet kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.



Figur 5-1: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved reduksjon av U-verdi i gulv fra 0,15 til 0,10 for småhus, boligblokk og kontorbygg, ved hhv. lav, forventet og høy energipris. Det er forutsatt en luft til vann varmepumpe, samt forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.

Figuren under viser lønnsomheten for de fire ulike energiforsyningsløsningene.



Figur 5-2: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved reduksjon av U-verdi i tak fra 0,13 til 0,10 for småhus, boligblokk og kontorbygg ved ulike energiforsyningsløsninger. Det er forutsatt forventet (middels) energipris og forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.

Vi ser fra figurene at tiltaket ikke vil være privatøkonomisk lønnsomt gitt forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen. Dette var også tilfellet i rapporten fra 2014. Forventet merkostnad er vurdert som vesentlig lavere nå enn i rapporten fra 2014, og således mindre ulønnsomt.

## 6 U-verdi vindu

Energiltakskrav TEK10: U-verdi 1,2 W/m<sup>2</sup>K.

Vinduers forbedring til 1,0 W/m<sup>2</sup>K krever overgang fra 2-lags til 3-lags glass. Ytterligere forbedring til 0,8 W/m<sup>2</sup>K krever økt karmdybde for tykkere glass og bedre spacer. Ytterligere forbedring til 0,7 W/m<sup>2</sup>K krever isolert karm. Med fastkarm oppnås litt bedre U-verdi enn for åpningsbart vindu, og det er lettere å oppnå god U-verdi for større vinduer (mer glass ift. karm). For beste U-verdi 0,7 W/m<sup>2</sup>K kan det i noen tilfeller kreves litt større vindu enn normalen 12x12M, alternativt må det velges gassfylling med krypton i stedet for argon, - men dette har en vesentlig større kostnad. Det er innhentet kostnader for vindusalternativer fra Nordan.

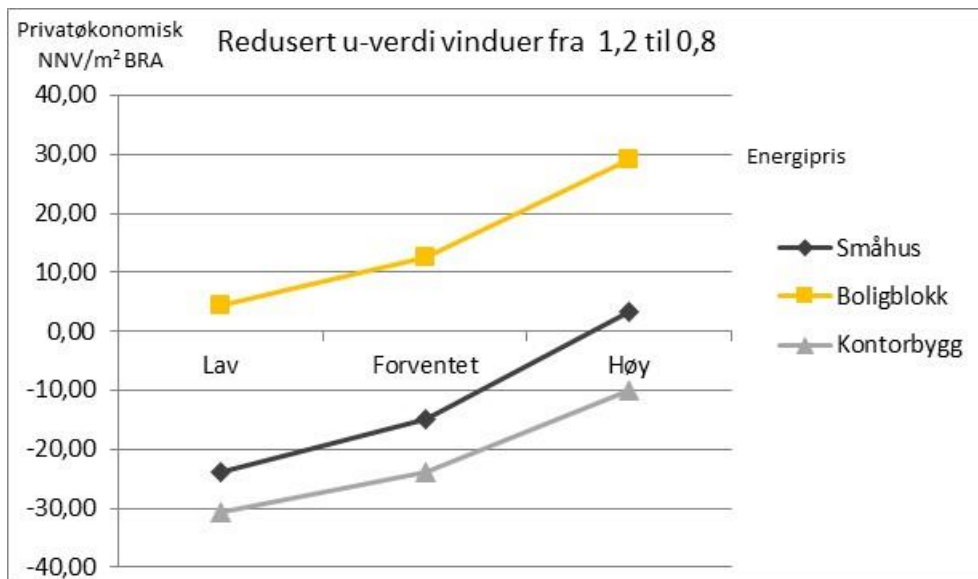
For glassfelt / profilsystemer er det innhentet priser fra Profilteam for standard fasadeelement med ulik U-verdi kvalitet. Dette alternativt utgjør høyeste kostnadsalternativ for kontorbygg ved U-verdi 0,8 og 0,7 W/m<sup>2</sup>K.

Tabellen under viser kostnadstall for vinduer uttrykt per BRA ved å gå fra U-verdi 0,15 til til hhv. 1,0, 0,8 og 0,7 W/m<sup>2</sup>K. Forventet kostnad er satt lik gjennomsnittet av lav og høy kostnadsalternativ.

Tabell 6-1: Vindu

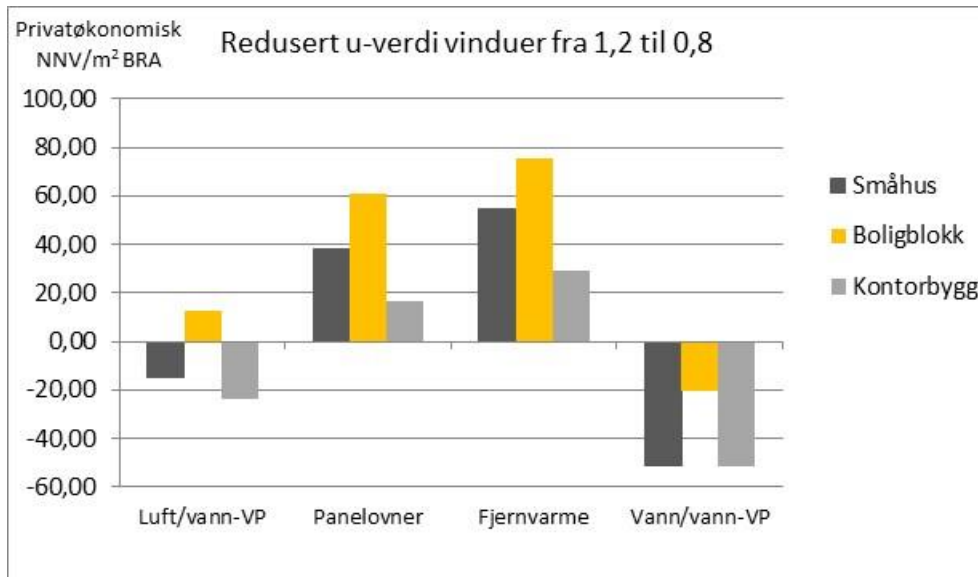
U-verdi fra 1,2 til 1,0 / 0,8 / 0,7	Merkostnad [NOK/BRA]			Usikkerhetsnivå merkostnad [NOK/BRA]	Energibesparelse (netto energibehov) [kWh/m <sup>2</sup> ,år]
	1,0	0,8	0,7		
Kategori					
Småhus (inkl.mva)	80	110	240	40-120 / 70-140 / 190-300	4,5 / 9,0 / 11,3
Boligblokk (inkl.mva)	50	70	160	30-80 / 50-90 / 130-190	4,1 / 8,2 / 10,3
Kontorbygg (eks.mva)	30	90	150	20-40 / 40-150 / 100-200	4,3 / 8,7 / 10,8

Figuren under viser lønnsomheten i netto nåverdi per kvadratmeter for de tre bygningskategoriene, forutsatt en luft/vann-varmepumpe, samt med forventet kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.



Figur 6-1: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved reduksjon av U-verdi i vindu fra 1,2 til 0,8 for småhus, boligblokk og kontorbygg, ved hhv. lav, forventet og høy energipris. Det er forutsatt en luft til vann varmepumpe, samt forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.

Figuren under viser lønnsomheten for de fire ulike energiforsyningsløsningene.



Figur 6-2: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved reduksjon av U-verdi i vindu fra 1,2 til 0,8 for småhus, boligblokk og kontorbygg ved ulike energiforsyningsløsninger. Det er forutsatt forventet (middels) energipris og forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.

Vi ser fra figurene at tiltaket i noen tilfeller vil være privatøkonomisk lønnsomt gitt forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen. Best lønnsomhet forventes for boligblokk. Dette var ikke tilfellet i rapporten fra 2014, og skyldes at merkostnaden ved bedre vinduer har sunket betraktelig.

## 7 Lufttetthet

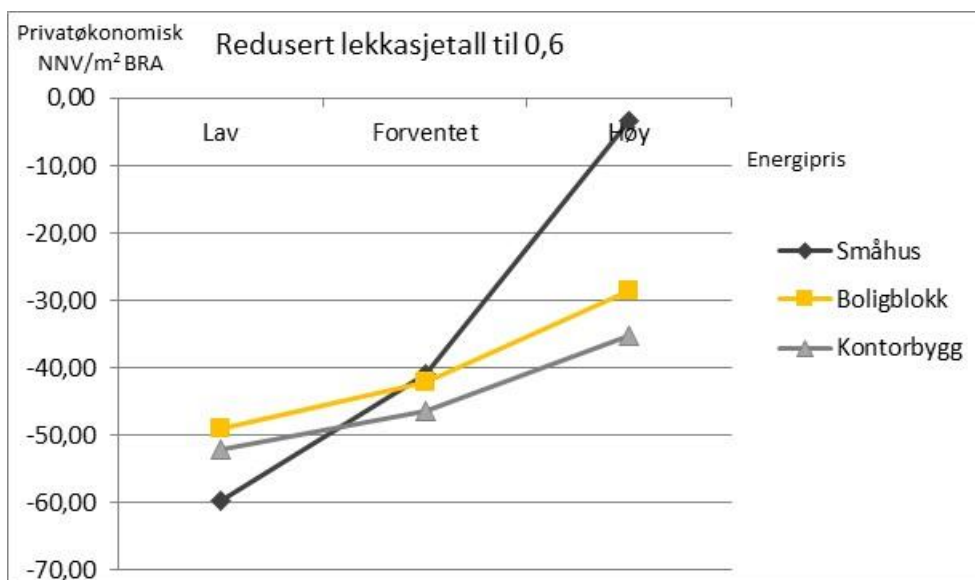
Energiltaks krav TEK10: Lekkasjetall på 2,5 oms/h for småhus og 1,5 for øvrige bygninger.

Forbedring til 0,6 oms/h krever god prosjektering og oppfølging på byggeplass, og bruk av tetningsmidler i større grad enn tidligere. Det er for småhus innhentet synspunkter og kostnadsanslag fra husleverandøren Follohus, for økte kostnader for tettemidler og tilhørende arbeidstimer. Det har i denne omgang ikke lyktes å få konkrete kostnadstall / -anslag fra store entreprenører som bygger boligblokker og næring, og det benyttes derfor her samme kostnadstall som fra rapporten 2014 til usikkerhetsnivået, mens forventet kostnad er satt lik gjennomsnittet av lav og høy kostnadsalternativ. Enkelte har uttalt at det ikke synes å være mye mer kostnader nå enn tidligere, da man alltid har gjort så godt man har kunnet, men noe ekstra til tettemidler som mansjetter etc.

Tabell 7-1: Lufttetthet

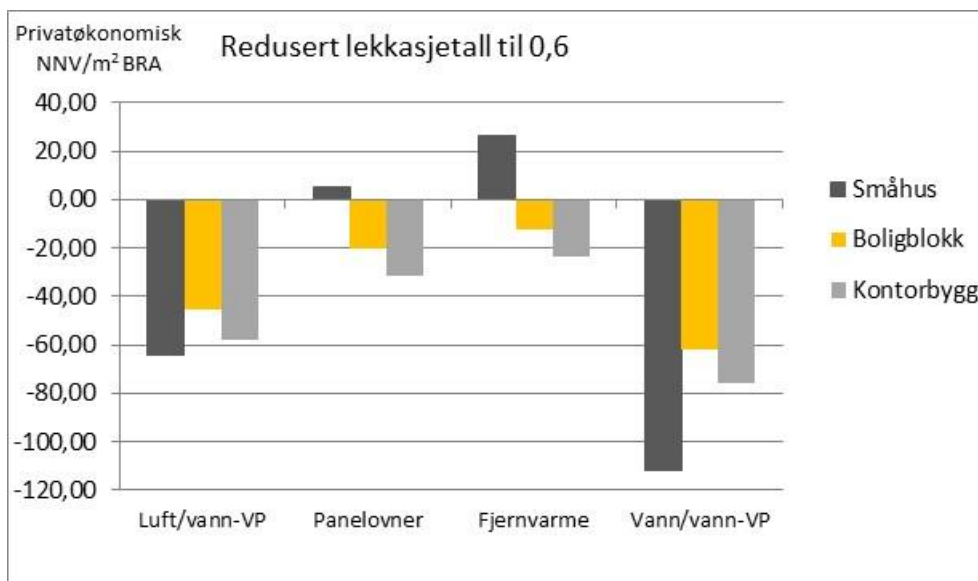
Småhus fra 2,5 til 0,6. Øvrige fra 1,5 til 0,6	Merkostnad	Usikkerhetsnivå merkostnad	Energibesparelse (netto energibehov)
Kategori	[NOK/BRA]	[NOK/BRA]	[kWh/m <sup>2</sup> , år]
Småhus (inkl.mva)	230	150 - 300	13,6
Boligblokk (inkl.mva)	110	80 - 140	4,9
Kontorbygg (eks.mva)	100	60 - 140	5,6

Figuren under viser lønnsomheten i netto nåverdi per kvadratmeter for de tre bygningskategoriene, forutsatt en luft/vann-varmepumpe, samt med forventet kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.



Figur 7-1: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved reduksjon av lekkasjetall til 0,6 for småhus, boligblokk og kontorbygg, ved hhv. lav, forventet og høy energipris. Det er forutsatt en luft til vann varmepumpe, samt forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.

Figuren under viser lønnsomheten for de fire ulike energiforsyningsløsningene.



Figur 7-2: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved reduksjon av lekkasjetall til 0,6 for småhus, boligblokk og kontorbygg ved ulike energiforsyningsløsninger. Det er forutsatt forventet (middels) energipris og forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.

Vi ser fra figurene at tiltaket i noen tilfeller for småhus vil være privatøkonomisk lønnsomt gitt forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen. For boligblokk og kontorbygg er det gitt panelovner eller fjernvarme kun marginalt ulønnsomt, men her er det mangel på gode kostnadstall. Omtrent samme var tilfelle i rapporten fra 2014, men merkostnaden kan ha sunket noe som har bedret lønnsomheten noe.

## 8 Belysning

Energiltaksnivå TEK10: Gjennomsnittlig effekt 8 W/m<sup>2</sup> for kontorbygg.

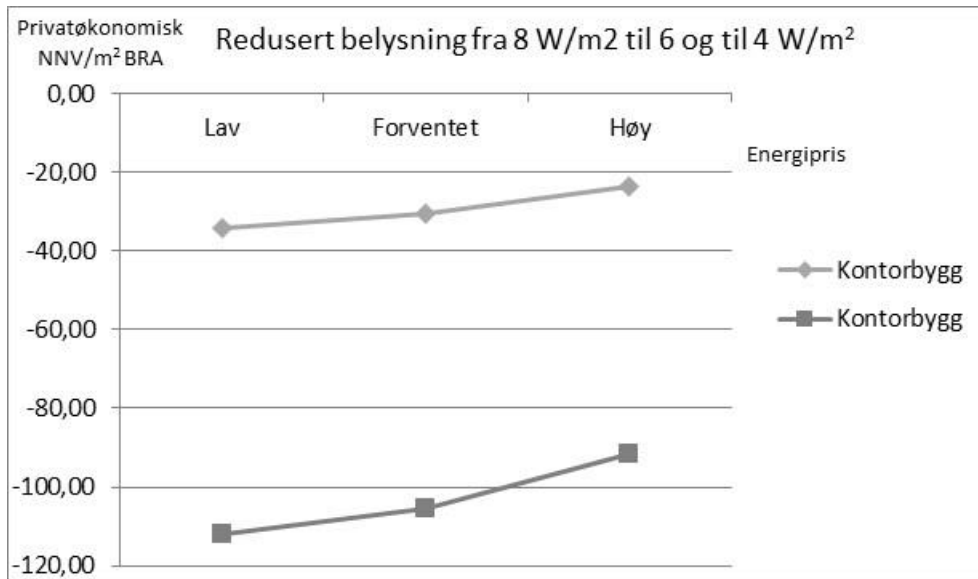
Tiltaket er sammensatt av mer energieffektiv lyskilde og automatikk for behovsstyring. Det er dermed mange alternativer for å oppnå redusert energibehov. Forbedring fra 8 til 6 W/m<sup>2</sup> antas at tilsvarer merkostnaden ved å gå fra lysrørsarmaturer T5 uten lysstyring til T5 med lysstyring, altså kostnaden for selve lysstyringen. Fra 8 til 4 W/m<sup>2</sup> antas at tilsvarer merkostnaden å gå fra T5 uten lysstyring til LED med lysstyring, altså merkostnaden for LED + kostnaden for lysstyring.

Det er innhentet kostnadsanslag på lysstyring og konkrete kostnadseksempler for belysningsutstyr T5 og LED fra Glamox. Det er overslagsmessig satt et usikkerhetsnivå på +/- 30 % fra forventet merkostnad.

Tabell 8-1: Belysning

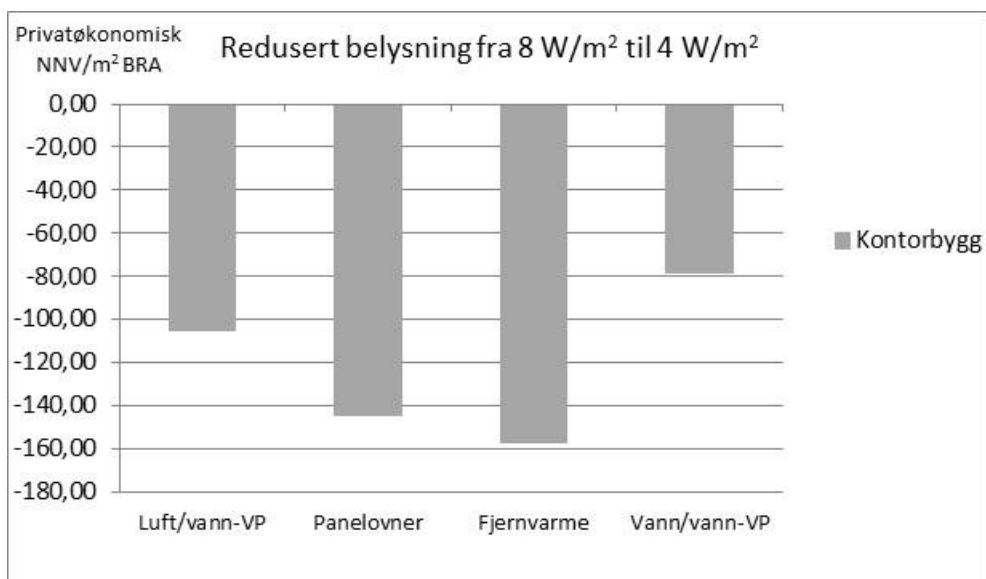
Gj.snittlig effekt belysning fra 8 til 6 / 4 W/m <sup>2</sup>	Merkostnad [NOK/BRA]		Usikkerhetsnivå merkostnad [NOK/BRA]	Energibesparelse (netto energibehov) [kWh/m <sup>2</sup> ,år]
	6 W/m <sup>2</sup>	4 W/m <sup>2</sup>		
Kategori				
Kontorbygg (eks.mva)	50	130	40-70 / 90-180	6,3 / 12,5

Figuren under viser lønnsomheten i netto nåverdi per kvadratmeter for de tre bygningskategoriene, forutsatt en luft/vann-varmepumpe, samt med forventet kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.



Figur 8-1: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved reduksjon av belysning fra 8 til hhv 6 og 4 W/m<sup>2</sup> for kontorbygg, ved hhv. lav, forventet og høy energipris. Det er forutsatt en luft til vann varmpumpe, samt forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.

Figuren under viser lønnsomheten for de fire ulike energiforsyningsløsningene.



Figur 8-2: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved reduksjon av belysning fra 8 til 4 W/m<sup>2</sup> for kontorbygg ved ulike energiforsyningsløsninger. Det er forutsatt forventet (middels) energipris og forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.

Vi ser fra figurene at tiltaket ikke vil være privatøkonomisk lønnsomt gitt forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen. Dette var også tilfellet i rapporten fra 2014. Forventet merkostnad er vurdert som enda høyere nå for alternativet som skal oppnå 4 W/m<sup>2</sup> enn i rapporten fra 2014, da kostnaden den gang muligens var undervurdert, og således er tiltaket nå forsterket ulønnsomt.

## 9 Ventilasjon behovsstyring

Energiltaksnivå TEK10: Ingen krav til behovsstyring, og dermed gjennomsnittlig luftmengde 10 m<sup>3</sup>/h,m<sup>2</sup> for kontorbygg.



For forbedring til  $6 \text{ m}^3/\text{h},\text{m}^2$  antas behovsstyring i alle større arealer, dvs. installasjon av sonesjeld (VAV) i landskap, møterom etc, sentralt avtrekk, trykkstyring og tilhørende automatikk. Det er benyttet typiske leverandørpriser på utstyr. Det kan selvsagt være store forskjeller ift. tettheten av soner (for eksempel stor forskjell i antall soner og dermed kostnad om det er kontorbygg med cellekontorer eller åpent landskap), og dermed stor forskjell i merkostnad. Kostnaden er oppjustert siden rapporten fra 2014.

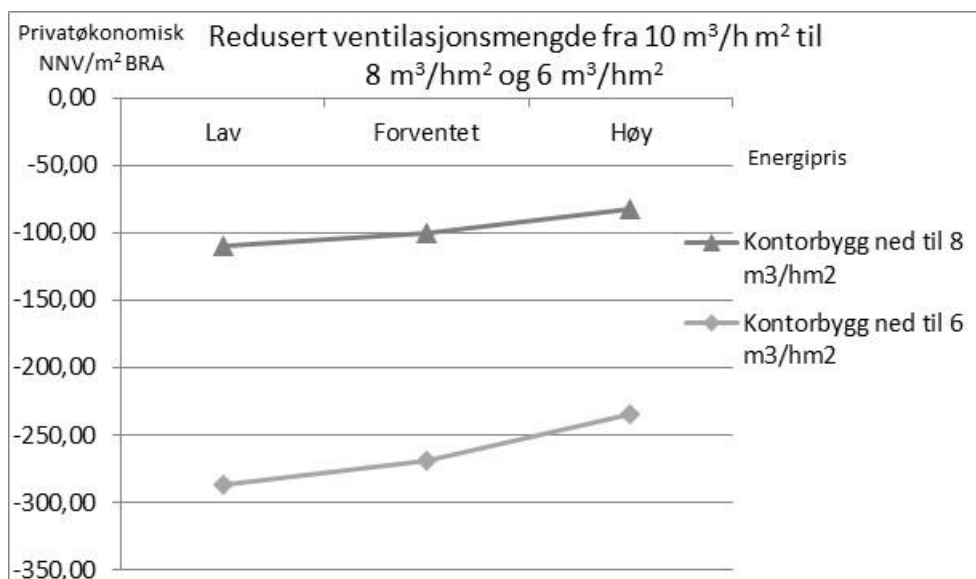
For forbedring til  $8 \text{ m}^3/\text{h},\text{m}^2$  antas en enklere variant av behovsstyring alternativt færre soner, og det benyttes samme kostnadstall som i rapporten fra 2014 da det ikke er funnet andre relevante kostnadsalternativer i denne omgang.

For tiltaket er det kun regnet energibesparelse som følge av gjennomsnittlig redusert ventilasjonsluftmengde. Ved redusert luftmengde over vifter og varmegjenvinner i aggregatet vil imidlertid også SFP reduseres og varmegjenvinningen øke noe.

Tabell 9-1: Ventilasjon behovsstyring

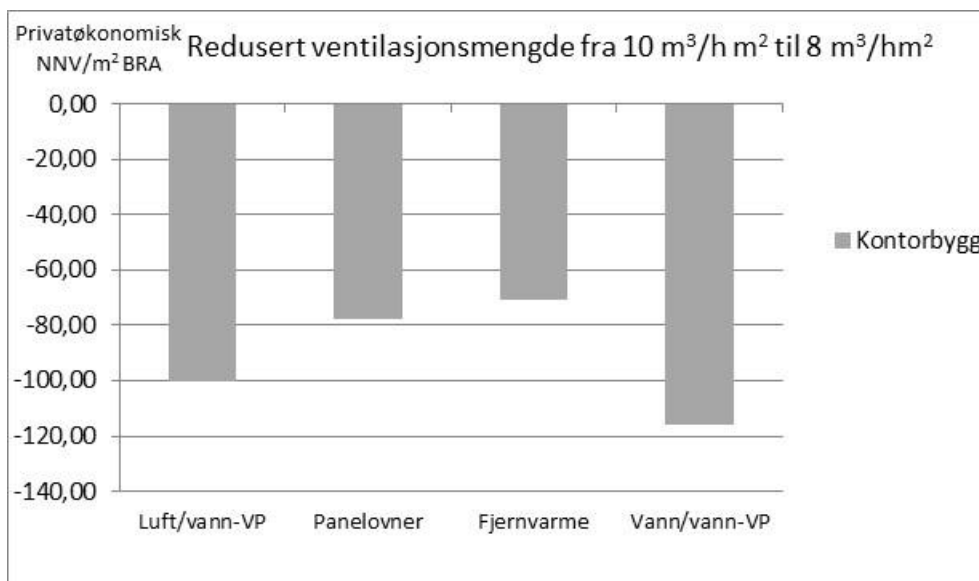
Reduksjon ventilasjonsluftmengder fra 10 til 8 og 6 $\text{m}^3/\text{h},\text{m}^2$	Merkostnad [NOK/BRA]		Usikkerhetsnivå merkostnad [NOK/BRA]	Energibesparelse (netto energibehov) [ $\text{kWh}/\text{m}^2,\text{år}$ ]
	8 $\text{m}^3/\text{h},\text{m}^2$	6 $\text{m}^3/\text{h},\text{m}^2$		
Kontorbygg (eks.mva)	160	350	80-160 / 160-380	6,6 / 13,4

Figuren under viser lønnsomheten i netto nåverdi per kvadratmeter for de tre bygningskategoriene, forutsatt en luft/vann-varmepumpe, samt med forventet kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.



Figur 9-1: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved reduksjon av ventilasjonsluftmengder fra 10 til hhv 8 og 6  $\text{m}^3/\text{h},\text{m}^2$  for kontorbygg, ved hhv. lav, forventet og høy energipris. Det er forutsatt en luft til vann varmepumpe, samt forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.

Figuren under viser lønnsomheten for de fire ulike energiforsyningsløsningene.



Figur 9-2: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved reduksjon ventilasjonsluftmengder fra 10 til 8 m<sup>3</sup>/h, m<sup>2</sup> for kontorbygg ved ulike energiforsyningsløsninger. Det er forutsatt forventet (middels) energipris og forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.

Vi ser fra figurene at tiltaket ikke vil være privatøkonomisk lønnsomt gitt forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen. Dette var også tilfellet i rapporten fra 2014. Forventet merkostnad er vurdert som enda høyere nå for alternativet som skal oppnå 6 m<sup>3</sup>/h, m<sup>2</sup> enn i rapporten fra 2014, og således er tiltaket nå forsterket ulønnsomt.

## 10 Ventilasjon varmegjenvinning

Energiltakskrav TEK10: Bolig 70% og næring 80% temperaturvirkningsgrad.

For forbedring fra 80 til 85 % for kontorbygg, kan det typisk være nødvendig å gå opp én (i noen tilfeller to) aggregatstørrelse(r) for å få lavere lufthastighet over varmegjenvinneren. Det er innhentet erfaringstall fra prosjekter, og kostnaden har ikke endret seg nevneverdig fra rapporten 2014. Det er dermed benyttet de samme kostnadstall.

For forbedring fra 70 til 80 % for boligblokk, kan det typisk være nødvendig å gå fra enkel kryssgjenvinner til dobbel kryssveksler eller motstrømsveksler (gitt løsning med sentralt aggregat), og i noen tilfeller også gå opp en aggregatstørrelse for å få lavere lufthastighet over varmegjenvinneren. Det er ikke funnet vesentlige endringer i kostnader fra rapporten 2014, og dermed benyttes de samme kostnadstall.

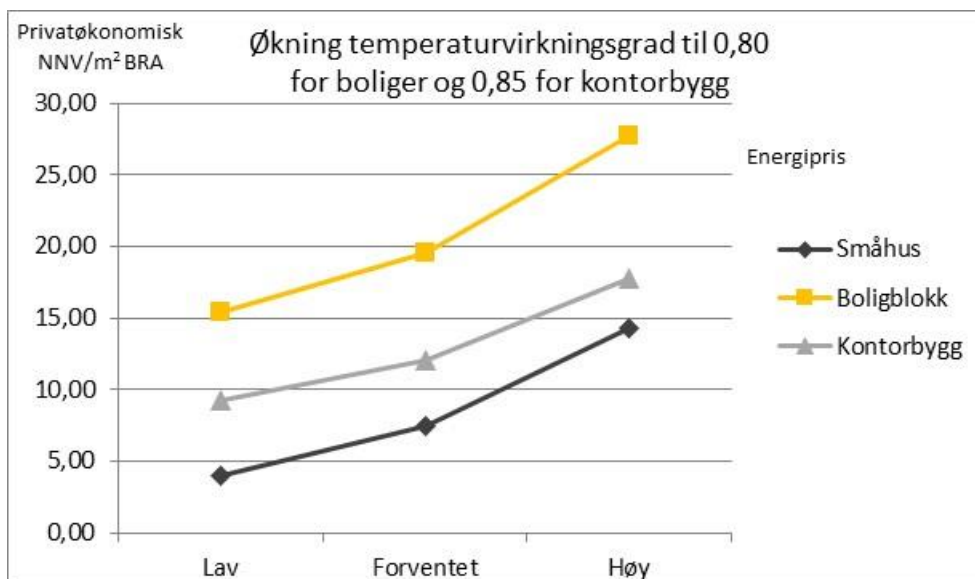
For småhus er det ikke funnet nye kostnadstall.

For tiltaket er det kun regnet energibesparelse som følge av forbedret varmegjenvinning. Ved økt aggregatstørrelse vil imidlertid også SFP reduseres.

Tabell 10-1: Ventilasjon varmegjenvinning

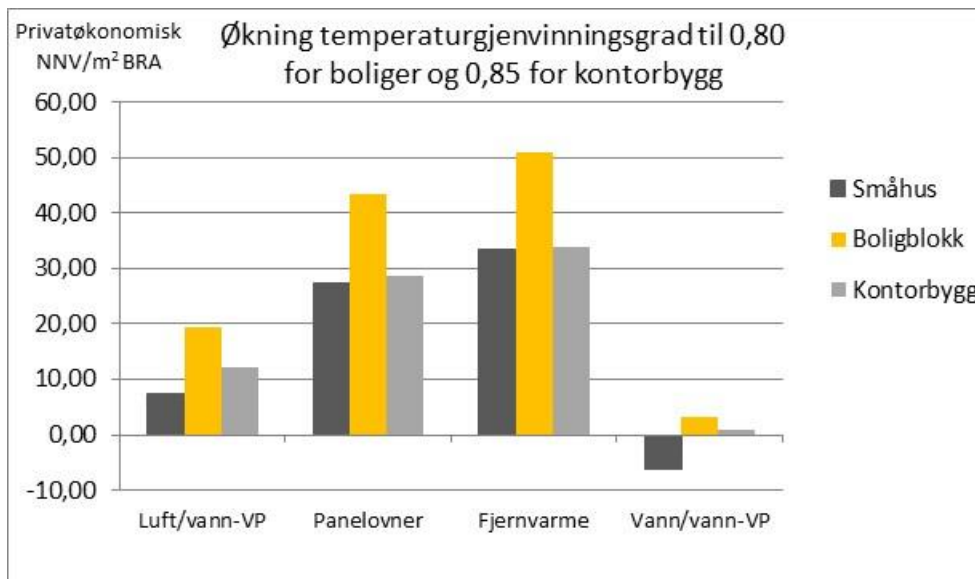
Bolig fra 70 til 80%. Næring fra 80 til 85%.	Merkostnad	Usikkerhetsnivå merkostnad	Energibesparelse (netto energibehov)
Kategori	[NOK/BRA]	[NOK/BRA]	[kWh/m <sup>2</sup> , år]
Småhus (inkl. mva)	20	4 - 20	3,9
Boligblokk (inkl. mva)	20	4 - 20	4,7
Kontorbygg (eks. mva)	15	4 - 15	4,0

Figuren under viser lønnsomheten i netto nåverdi per kvadratmeter for de tre bygningskategoriene, forutsatt en luft/vann-varmepumpe, samt med forventet kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.



Figur 10-1: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved økt temperaturvirkningsgrad til 80% for småhus og boligblokk samt til 85 % for kontorbygg, ved hhv. lav, forventet og høy energipris. Det er forutsatt en luft til vann varmepumpe, samt forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.

Figuren under viser lønnsomheten for de fire ulike energiforsyningsløsningene.



Figur 10-2: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved økt temperaturvirkningsgrad til 80% for småhus og boligblokk samt til 85 % for kontorbygg ved ulike energiforsyningsløsninger. Det er forutsatt forventet (middels) energipris og forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.

Vi ser fra figurene at tiltaket vil være privatøkonomisk lønnsomt i nær alle tilfeller. Dette var også tilfellet i rapporten fra 2014.

## 11 Ventilasjon SFP

Energiltakskrav TEK10: Bolig 2,5 kW/(m<sup>3</sup>/s) og næring 2,0 kW/(m<sup>3</sup>/s).

For forbedring fra 2,0 til 1,5 kW/(m<sup>3</sup>/s) for kontorbygg, kan det på samme måte som for varmegjenvinningen være nødvendig å gå opp én (i noen tilfeller to) aggregatstørrelse(r), samt valg av de mest energieffektive viftene (EC eller PM-viftemotorer). Det er innhentet erfaringstall fra prosjekter, og kostnaden har ikke endret seg nevneverdig fra rapporten 2014. Det er dermed benyttet de samme kostnadstall.

For forbedring fra 2,5 til 2,0 kW/(m<sup>3</sup>/s) for boligblokk gjelder samme som for kontorbygg.

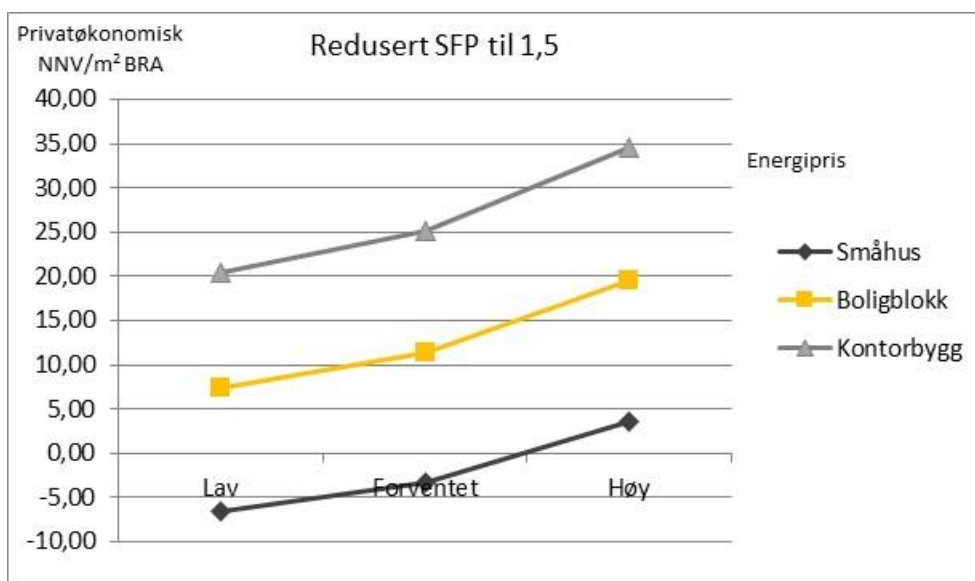
For småhus er det ikke funnet nye kostnadstall.

For tiltaket er det kun regnet energibesparelse som følge av forbedret SFP. Ved økt aggregatstørrelse vil imidlertid også varmegjenvinningen forbedres.

Tabell 11-1: Ventilasjon SFP

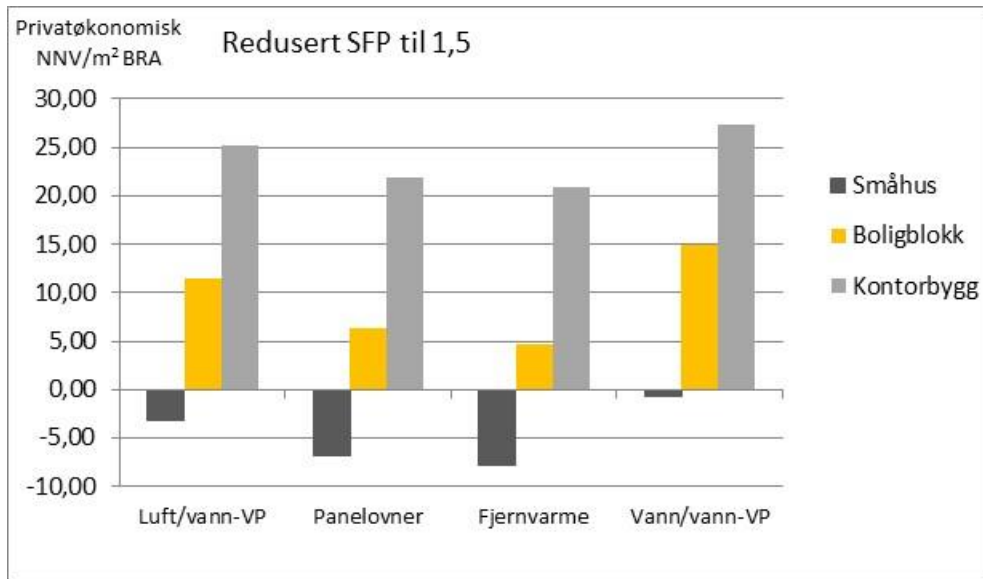
Bolig fra 2,5 til 1,5. Næring fra 2,0 til 1,5.	Merkostnad	Usikkerhetsnivå merkostnad	Energibesparelse (netto energibehov)
Kategori	[NOK/BRA]	[NOK/BRA]	[kWh/m <sup>2</sup> ,år]
Småhus (inkl.mva)	30	10 - 30	2,2
Boligblokk (inkl.mva)	25	10 - 25	4,1
Kontorbygg (eks.mva)	15	4 - 65	4,4

Figuren under viser lønnsomheten i netto nåverdi per kvadratmeter for de tre bygningskategoriene, forutsatt en luft/vann-varmepumpe, samt med forventet kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.



Figur 11-1: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved redusert SFP til 1,5 kW/(m<sup>3</sup>/s) for småhus, boligblokk og kontorbygg, ved hhv. lav, forventet og høy energipris. Det er forutsatt en luft til vann varmepumpe, samt forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.

Figuren under viser lønnsomheten for de fire ulike energiforsyningsløsningene.



Figur 11-2: Privatøkonomisk netto nåverdi per BRA ved redusert SFP til 1,5 kW/(m<sup>3</sup>/s) for småhus, boligblokk og kontorbygg ved ulike energiforsyningsløsninger. Det er forutsatt forventet (middels) energipris og forventet (middels) kostnadsnivå på merkostnaden ved tiltaksforbedringen.

Vi ser fra figurene at tiltaket vil være privatøkonomisk lønnsomt i nær alle tilfeller. Dette var også tilfellet i rapporten fra 2014.

## Vedlegg A: Energipriser

- Lav total energipris lik 0,90 kr/kWh inkludert avgifter og mva

Tilsvarende det som i dag er kostnadsnivået, som snitt over året. Benytter den samme kraftprisen 0,3156 kr/kWh som Enovas baserer deg på som prisforutsetning for søknader. (Basert på omsetning av 3-års forwardkontrakter på NordPool)

- Forventet total energipris lik 1,0 kr/kWh inkludert avgifter og mva

Tilsvarende det som er markedspris-nivået for vintermånedene 2020, ref. Nasdaq 2020 Q1 som er omtrentlig på 0,40 kr/kWh. Tiltak som reduserer oppvarmingsbehovet medfører at hovedvekten av energireduksjonen er i vintermånedene hvor energiprisen er høyere enn årsnittet. Dette gjelder alle tiltakene vi vurderer nå, bortsett fra belysning og SFP.

- Høy total energipris lik 1,20 kr/kWh inkludert avgifter og mva

"Langsiktig marginalkostnad». I Energiutredningen – verdiskaping, forsyningsikkerhet og miljø (2012) er det antatt en langsiktig marginalkostnad på ny kraft i det nordiske markedet på 0,50 kr/kWh. I tillegg er det lagt til en 30 % økning i nettleien.

### Bestanddelene i forventet energipris:

#### INPUT

Kraftpris	1)	0,4001	NOK/kWh
Elsertifikatpåslag	2)	0,0112	NOK/kWh
Elavgift		0,1583	NOK/kWh
Energifondet (Enova)	3)	0,0100	NOK/kWh
Annet påslag	4)	0,0050	NOK/kWh
Nettleie (energidel), boliger	5)	0,2153	NOK/kWh
Nettleie (energidel), næringsbygg	6)	0,2153	NOK/kWh
Mva		25 %	

#### OUTPUT

Privatøkonomisk energipris boliger	1,00	NOK/kWh
Privatøkonomisk energipris næringsbygg	0,79	NOK/kWh
Samfunnsøkonomisk energipris boliger	0,63	NOK/kWh
Samfunnsøkonomisk energipris næringsbygg	0,63	NOK/kWh

1) Kilde: Nasdaq markedspris for 2020 Q1. Tilsvarende det som er markedspris-nivået for vintermånedene 2020

2) Kilde: Enova. Som et tillegg til selve strømprisen beregner vi en pris for elsertifikatene for elsertifikatperioden 2019-2035.

3) 0,01 kr/kWh gjelder for bolig. For næring 800kr per år per målepunkt-ID, slikt fastledd regnes ikke med i denne sammenhengen.

4) Kilde: Enova. Påslag for å ivareta lønnsomhet i grossistledet.

5) Hafslund nettleie privat, energiledd, pris gjeldende fra 1.januar 2019

6) Hafslunds nettleie næring, energitariff, energiledd, pris gjeldende fra 1.januar 2019