

# MERKOSTNADER FOR ENERGIEFFEKTIVE BYGG



Rapporten er utarbeidet av:



<b>OSLO:</b> Postboks 4464 Nydalen, 0403 Oslo Telefon: 22 02 63 00		<h1>RAPPORT</h1>
<b>LILLEHAMMER:</b> Elvegata 19, 2609 Lillehammer Telefon: 61 27 59 00		
<b>SKIEN:</b> Lyngbakkveien 5, 3736 Skien Telefon: 35 58 85 00  Epost: firmapost@erichsen-horgen.no www.erichsen-horgen.no Foretaksreg.: NO 929 308 697 MVA		
OPPDRAGSGIVERS KONTAKTPERSON <b>Marit Hepsø (KMD)</b> <b>Inger Grethe England (DiBK)</b>		RAPPORTTITTEL <b>Merkostnader for energieffektive bygg</b>
		OPPDRAGSGIVER <b>Kommunal- og moderniseringsdepartementet, Direktoratet for byggkvalitet</b>
		UTARBEIDET <b>Ida Bryn, Øyvind Bånerud, Silje Navekvien, Arnkell Petersen</b>
EH OPPDRAGSNUMMER <b>11563</b>	DATO <b>03.07.2015</b>	SIDEMANNSKONTROLL <b>Arnkell Petersen</b>
REVISJONSDATO <b>24.08.2015</b>	REVISJONSNUMMER <b>1</b>	EH GODKJENNING <b>Arnkell Petersen</b>

## SAMMENDRAG

Erichsen & Horgen AS og AS Bygghanalyse har på oppdrag fra Kommunal- og moderniseringsdepartementet (KMD) og Direktoratet for byggkvalitet(DiBK) utredet kostnadsutvikling av komponenter som er særlig påvirket av endringer av myndighetskrav til energieffektivitet, samt til hvilken grad denne er korrelert med endringene.

Arbeidets hovedkonklusjoner er som følger:

- Kostnader for bygningsdeler med høy energiytelse endres generelt i takt med andre byggekostnader.
- Tallene indikerer at ferdig fabrikkerte komponenter/elementer vil ved betydelig økt volum ha en tendens til å falle i pris sammenlignet med andre komponenter.
- Tallene indikerer at enkelte sammensatte systemer har fått en forbedret ytelse uten prisøkning, VAV=> DCV.
- Introduksjon av krav til høyere ytelse i bygg som medfører nye systemer med merkostnad, medfører varig økt kostnadsnivå.

Ytterligere er de innhentede kostnadene sammenlignet med de kostnadstall som er presentert i Multiconsult rapporten *Konsekvensvurdering Energiregler 2015*, som er en evaluering av hvilke kostnadskonsekvenser en endring i myndighetskrav vil ha samt hvilke krav bør vurderes stilt. En sammenligning av funnene i denne rapporten med resultatene i *Konsekvensvurdering Energiregler 2015* viser dårlig samsvar i inndata for merkostnader for vinduer i kontorbygg samt ventilasjonsløsninger i både boliger og kontor. Det er flere elementer som ikke er undersøkt som bør vurderes utredet ytterligere.

Rammevilkår for utredningen har vært utførelse innen ramme på 7 uker og kr 196 000 kr eks. mva.

## INNHOLDSFORTEGNELSE

1	BAKGRUNN .....	3
2	HENSIKT OG METODE .....	3
3	KOSTNADSUTVIKLING BYGNINGSKOMPONENTER OG TJENTESTER .....	4
3.1	Metode og data .....	4
3.2	Kostnadsutvikling .....	4
3.2.1	Vinduer .....	4
3.2.2	Ventilasjonsaggregater for boliger .....	5
3.2.3	Tetthetsprøving eneboliger .....	6
3.3	Oppsummering prisutvikling komponenter fra leverandør .....	7
4	KOSTNADSUTVIKLING BYGNINGSDELER .....	8
4.1	Metode og data .....	8
4.2	Kostnadsutvikling .....	9
4.3	Oppsummering prisutvikling bygningsdeler .....	12
5	GENERELL KOSTNADSUTVIKLING I TAKT MED ØKT ENERGIEFFEKTIVITET .....	14
5.1	Hovedtrekk i intervjuer .....	14
5.2	Oppsummering .....	15
6	ÅRSAKSSAMMENHENGENE MELLOM MYNDIGHETSKRAV OG UTVIKLING I MERKOSTNADER .....	16
7	SAMMENLIGNING AV FUNN MED <i>KONSEKVENSVURDERING ENERGIREGLER 2015</i> .....	18
7.1	Sammenligning av inndata .....	18
7.1.1	U-verdi yttervegg .....	18
7.1.2	U-verdi vindu .....	18
7.1.3	Ventilasjon .....	19
7.1.4	Vannbårent varmeanlegg .....	23
7.2	Vurdering av andre prisbærende poster .....	24
7.3	Vurdering av metode .....	24
7.4	Oppsummering .....	25
8	OPPSUMMERING/SAMMENDRAG .....	26
8.1	Kostnadsutvikling i takt med økte krav til energieffektivitet .....	26
8.2	Årsakssammenhengene mellom krav/virkemidler og utvikling i merkostnader generelt .....	27
8.3	Vurdering av funn i rapporten <i>Konsekvensvurdering Energiregler 2015</i> .....	27
8.4	Oppsummering .....	28
9	BILAG A – KOSTNADSINDEKS .....	29
10	BILAG B – KOSTNADER BYGNINGSKOMPONENTER .....	30
11	BILAG C – KOSTNADER BYGNINGSDELER .....	31

## 1 BAKGRUNN

Erichsen & Horgen og Bygganalyse har på oppdrag fra Kommunal- og moderniseringsdepartementet (KMD) og Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) utredet kostnadsutvikling av komponenter som er påvirket av endringer av myndighetskrav til energieffektivitet, samt til hvilken grad denne er klart korrelert med endringene. Utover dette er vi bedt om å sammenligne funnene med de resultater som er rapportert i Multiconsult rapporten *Konsekvensvurdering Energiregler 2015*.

Dette arbeidet er dermed et innspill til den pågående prosessen ved innskjerping av krav til bygningers energiytelse.

Prisveksten på boliger har vært svært høy i Norge i de senere år. Mange aktører argumenterer mot forskriftsskjerpinger fordi de hevder at disse er en viktig årsak til kostnadsøkningene. Det er derfor interessant å se utviklingen av kostnadene på bygningskomponenter mot den generelle utvikling i byggekostnader for å undersøke om det her er noen sammenheng mellom kostnadsutvikling og forskriftsendringer.

## 2 HENSIKT OG METODE

Den primære hensikten med arbeidet er å danne et faktaunderlag for hvorledes kostnader på enkelkomponenter og komplette bygningsdeler har utviklet seg over tid ved en innskjerping i krav til bygningers energieffektivitet.

Faktaunderlag for utvikling av kostnader er dannet ved å innhente kostnader for utvalgte bygningskomponenter fra forskjellige tidspunkt det siste tiår fra leverandører av komponenter samt å trekke ut erfaringstall for utvalgte elementer fra prisdatabasene til Bygganalyse og Erichsen & Horgen.

Utover dette er et utvalg fagpersoner intervjuet for å høste deres erfaringer og meninger innen kostnadsendringer i sammenheng med energieffektive tiltak i byggebransjen, samt om det finnes ytterligere strukturert data om problemstillingen.

Basert på det faktagrunnlag som er innhentet for kostnader samt intervjuer er det forsøkt identifisert en korrelasjon mellom endring i krav til energiytelse og utvikling i kostnader på komponenter og komplette bygningsdeler over tid.

Den sekundære hensikt med arbeidet er å kvalitetssikre det kostnadsunderlag for evaluering av kostnader ved de kommende endringer i krav til bygningers energiytelse, som er presenterte i Multiconsult rapporten *Konsekvensvurdering Energiregler 2015*. Denne rapporten inneholder både kostnader relatert til endringer i enkelte krav, samt forventet nåverdi av disse, og er av myndighetene benyttet ved evaluering av hvilke kostnadskonsekvenser endring i myndighetskrav vil ha samt hvilke krav bør vurderes stilt.

Dette gjøres både ved å sammenligne de kostnadstall som er innhentet ifbm. med denne utredningen med de som er benyttet i rapporten *Konsekvensvurdering Energiregler 2015*, samt å gjennomgå de beregningsmodeller og metoder som er benyttet ved utarbeidelse av rapporten.

### 3 KOSTNADSUTVIKLING BYGNINGSKOMPONENTER OG TJENTESTER

#### 3.1 Metode og data

Det er valgt ut enkelt komponenter i samarbeid med oppdragsgiver, som antas at være sterkt påvirket av endringer i myndighetskrav til energieffektivitet. Vi har henvendt oss til et utvalg av leverandører som tilsammen representerer en betydelig markedsandel for hver av de komponenter som vi har etterspurt informasjon om.

De utvalgte komponentene er:

- Toppsving vinduer med trekarm med størrelsen 1,2 m x 1,2 m med U-verdi:
  - 1,6 W/m<sup>2</sup>K
  - 1,2 W/m<sup>2</sup>K
  - 0,8 W/m<sup>2</sup>K
- Balansert ventilasjonsanlegg for bolig med luftmengden 500 m<sup>3</sup>/h.
- Tetthetsprøving av boliger

Vi har etterspurt priser for 2004, 2008, 2012 og 2015 på det respektive års prisnivå. Disse priser er siden korrigert for stigning i SSBs *Byggjekostnadsindeks for einbustad av tre i alt materialer*, tabell 08652.

Utover disse elementer forsøkte vi å innhente data for kostnaden ved overgang til SFP 1,5 kW/m<sup>3</sup>/s for boligaggregater. Men har ikke kunnet få nok gode data til å presentere her, innenfor de rammer som denne utredningen har. I seinere avsnitt beregnes denne kostnaden basert på innhentede kostnader kombinert med erfaringstall.

Alle priser er i NOK uten merverdiavgift, og uten leveringskostnader samt rabatter.

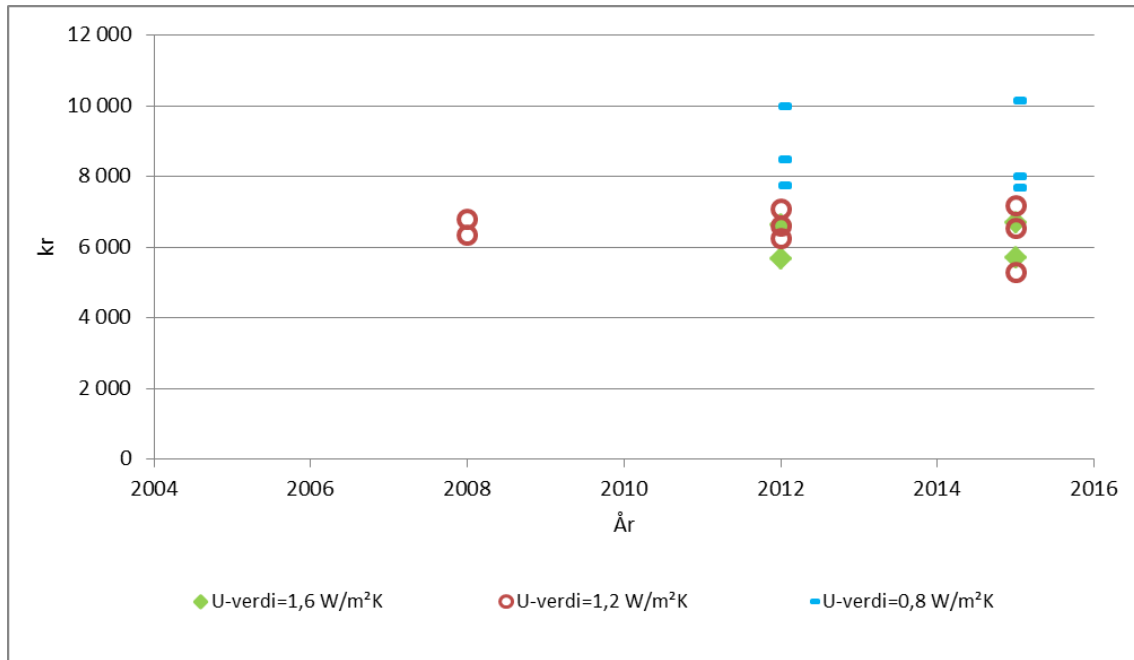
#### 3.2 Kostnadsutvikling

##### 3.2.1 Vinduer

Utvikling av kostnader på vinduer fremgår av Figur 3-1, og er basert på tall fra tre leverandører.

Kostnader på vinduer synes å være stabile i perioden, etter å være korrigert for bygningskostnadsindeksen. Noe som indikerer at prisutvikling av vinduer har vært lik utvikling av priser på andre priselementer i indeksen for boliger. Det er sannsynlig at volumet av vinduer med U-verdi 0,8 W/m<sup>2</sup>K og 1,2 W/m<sup>2</sup>K har steget i perioden, mens volumet av vinduer med U-verdi 1,6 W/m<sup>2</sup>K har falt, men dette synes ikke å ha påvirket kostnadselementet.

## MERKOSTNADER FOR ENERGIEFFEKTIVE BYGG

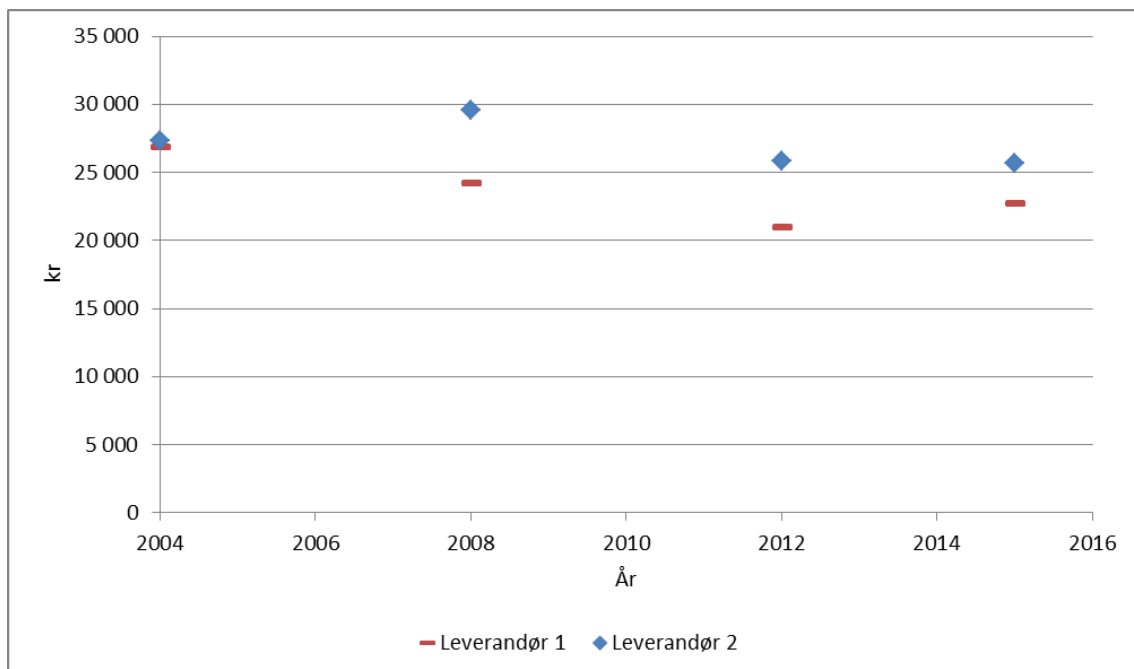


Figur 3-1 Kostnader for toppvindu 1,2x1,2 m med forskjellige kvalitet og ved forskjellige tidspunkt.

Bemerk at for vinduer med U-verdi 0,8 W/m<sup>2</sup>K så er det de to leverandørene med lavest pris som har høyest volum, det er dermed disse som gir best indikasjon på prisnivået i markedet. Hvis det utelukkende ses på disse to leverandørene, indikerer tallene et prisfall på vinduer med U-verdi 0,8 W/m<sup>2</sup>K.

### 3.2.2 Ventilasjonsaggregater for boliger

Utvikling av kostnader for ventilasjonsaggregater fremgår av Figur 3-2, og er basert på tall fra to leverandører. Prisen gjelder for et boligaggregat av størrelsen 500 m<sup>3</sup>/h.



Figur 3-2 Kostnader balanserte ventilasjonsaggregater for boliger av størrelsen 500 m<sup>3</sup>/h.

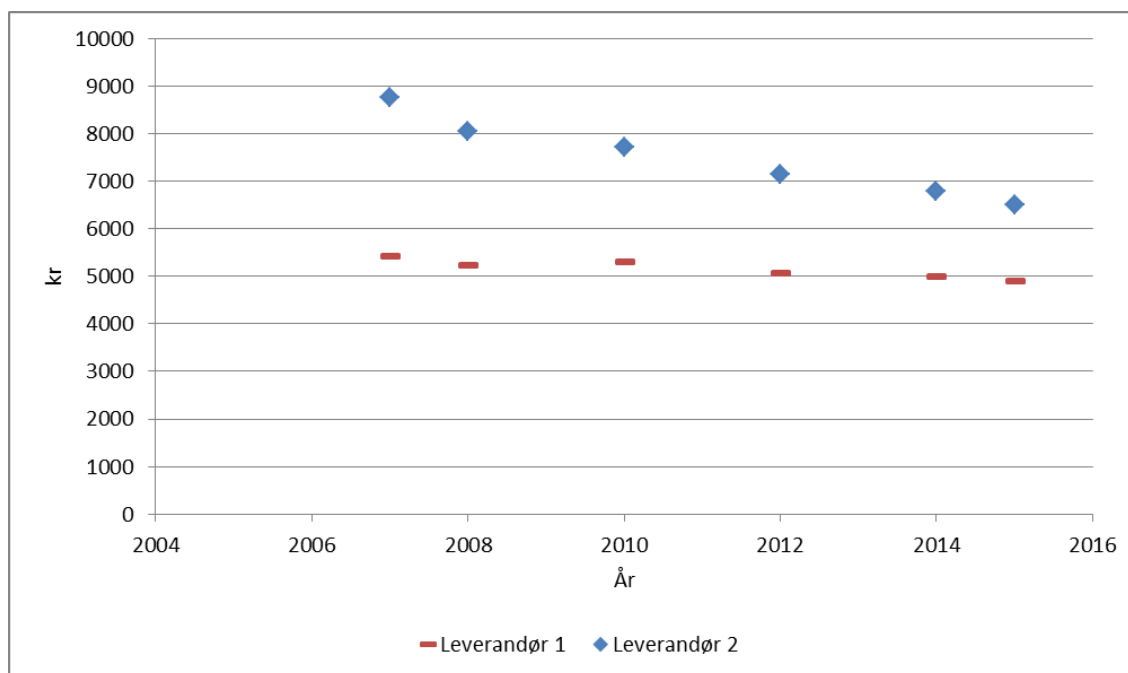
Utvikling av kostnader for ventilasjonsaggregater synes å ha en fallende tendens sammenlignet med indeksen, på tross av at det er i perioden introdusert krav til EC motorer fremfor AC motorer drevet av Økodesigndirektivet. Samt at det er blitt mer vanlig at det leveres anlegg med roterende gjenvinnere som har høyere virkningsgrad enn plategjenvinnere som var mer utbredt for 10 år siden. Begge disse tekniske endringer ville en ha forventet at ville å medførte høyere priser, i alle fall på kort sikt.

Utover dette så er det sannsynlig at volumet bak kostnaden ble endret betydelig etter at TEK 07 inntraff, da det heretter ble normalt med balansert ventilasjon i boliger.

Den første endringen medfører forbedret SFP på anleggene, og den andre mer energieffektive anlegg. Dermed representerer utviklingen her både bedre og rimeligere anlegg.

### 3.2.3 Tetthetsprøving eneboliger

Utvikling av kostnader for tetthetsprøving fremgår av Figur 3-3 og er basert på tall fra leverandører, som har stor markedsandel på Østlandet.



Figur 3-3 Kostnader ved tetthetsprøving av enebolig.

Tetthetsprøving av eneboliger er forutsigbart da de oftest utføres etter en fast pris, uansett størrelse. Leverandørene vi har vært i kontakt med har oppgitt at det har vært liten til ingen endring i kostnadene for tetthetsprøving på bolig. Leverandør 1 har kun indeksregulert prisene sine siden 2007 iht. KPI, mens leverandør 2 har hatt fast kronepris i samme tidsperiode.

Tallene viser en fallende utvikling etter korrigerings iht. bygningskostnadsindeksen, noe som sannsynligvis er forårsaket av økt volum samt evt. økt konkurranse på dette feltet. Vi har erfart at tidligere var det vanskelig å oppspore god kompetanse på tetthetsprøving, og gode resurser opplevde høy etterspørsel. Etter som det er blitt mer vanlig med tetthetsprøving, så har tilgang på kompetente tilbydere økt, og det er etter hvert mange entreprenørfirmaer som

## MERKOSTNADER FOR ENERGIEFFEKTIVE BYGG

---

har intern kompetanse på tetthetsprøving. Det er sannsynlig at dette også har påvirket prisutviklingen de siste år.

Leverandørene har rapportert at kostnader for tetthetsprøving av næringsbygg varierer mye fra bygg til bygg. Dette er forårsaket av bl.a. kompleksitet av måling og byggets størrelse. Bygg med samme størrelse kan ha en pris som går til det dobbelte avhengig av byggets kompleksitet. Det har derfor ikke vært mulig å presentere pålitelige priser her.

### 3.3 Oppsummering prisutvikling komponenter fra leverandør

De innhentede viser at prisutvikling av vinduer har vært lik utvikling av priser på andre priselementer i indeksen for boliger, med mulig unntak av vinduer med U-verdi 0,8 W/m<sup>2</sup>K. Den registrerte prisutvikling kan dermed være en indikator på at prisen falt noe i takt med økt etterspørsel/volum etter de beste vinduer, men korrelasjonen på andre vinduer er ikke sterkt nok for en entydig konklusjon.

Komponentkostnad for ventilasjonsaggregater for boliger har en fallende tendens fra 2004-2015, med en utflating etter 2012. Før TEK 07 var det vanlig med kun avtrekksventilasjon i boliger, mens nær alle boliger etter TEK 07 er bygget med balansert ventilasjonsanlegg. Den registrerte prisutvikling kan dermed være en indikator på at prisen falt noe i takt med økt etterspørsel/volum innenfor boligventilasjon men stabiliserte seg etter hvert.

Det er forstyrrende for en evaluering som denne at det er praksis for at de fleste leverandører gir betydelige rabatter (20-40%) fra sine faste prislistene, og de prisene som rapporteres her er fra prislistene. Dermed vil de virkelige kostnader for entreprenører og prosjekter være noe lavere enn de her. Ytterligere kan en endret praksis i rabatter, for eksempel grunnet økt konkurranse, gi utslag i utvikling av priser uten at det vil ses på prislistene. Vi har ikke kjennskap til at det har vært en konkret endring her, men har ikke kunnet finne data som kan belyse dette. Det har ikke vært mulig å korrigere for dette, og de ovenstående priser må derfor ses i lys av dette.

Tetthetsprøving av eneboliger viser en fallende prisutvikling sammenlignet med andre priselementer i indeksen for boliger. Denne utviklingen kan skyldes at økt volum på disse tjenester har bidratt til lavere pris, men utover dette kan det være andre elementer som økt konkurranse og tilgjengelighet på kompetanse som har bidratt her.



## 4 KOSTNADSUTVIKLING BYGNINGSDELER

### 4.1 Metode og data

Kostnader for komplette bygningsdeler er hentet fra erfaringstall fra beregningsprogrammet ISY Calcus<sup>a</sup> med priser fra Norsk Prisbok<sup>b</sup>, og verifisert opp mot interne erfaringstall hos Erichsen & Horgen AS hvor dette har vært aktuelt. De valgte bygningsdeler er et utvalg av bygningsdeler som forventes å ha vært mest påvirket av endrede krav til bygningers energieffektivitet.

Norsk Prisbok er et oppslagsverk for den norske byggebransjen som følger den kontinuerlige utviklingen i byggebransjen. Boken utgis i papirform én gang året, mens web, app og databaser for programvare utgis to ganger årlig. Innholdet består av 1700 ferdigkalkulerte elementer, over 7000 priser, m.m. Norconsult Informasjonssystemer AS og Bygganalyse har siden 2002 samlet, systematisert og utgitt prisdata for kostnader tilknyttet bygging av boliger, kontorer, forretningsbygg, parkeringsanlegg, skoler, barnehager, idrettshaller, sykehjem og andre bygg. Norsk Prisbok er dermed en av de beste kilder som er å finne for historiske priser på bygningsdeler i Norge. Prisene fra Norsk Prisbok er entreprisekost på Østlandet i NOK uten merverdiavgift, basert på beste vinnende tilbud. Disse priser er siden korrigert for stigning i SSBs *Byggjekostnadsindeks for einestad av tre i alt materialer*, tabell 08652.

De bygningsdeler som er hentet priser for er:

- 23 – Yttervegger
  - U-verdi vindu i tre m/aluminiums mantling, fastkarm
    - U-verdi=1,6 W/m<sup>2</sup>K
    - U-verdi=1,2 W/m<sup>2</sup>K
    - U-verdi=0,8 W/m<sup>2</sup>K
  - Tett vegg
    - Trestendere, U-verdi=0,18 W/m<sup>2</sup>K
    - Trestendere, U-verdi=0,12 W/m<sup>2</sup>K
    - Sandwichelement i betong, U-verdi=0,18 W/m<sup>2</sup>K
- 25 – Dekker
  - Gulv på grunn
    - Betongdekke, U-verdi=0,15 W/m<sup>2</sup>K
    - Betongdekke, U-verdi=0,08 W/m<sup>2</sup>K
- 26 – Yttertak
  - Skrått tak med kaldt loft
    - U-verdi=0,13 W/m<sup>2</sup>K
    - U-verdi=0,09 W/m<sup>2</sup>K
  - flatt kompakt tak
    - U-verdi=0,13 W/m<sup>2</sup>K
    - U-verdi=0,09 W/m<sup>2</sup>K
- 32 – Varme
  - Vannbårent varmeanlegg

<sup>a</sup> Se evt. <https://www.nois.no/produkter/anbud/isy-calcus/>

<sup>b</sup> Se evt. <https://www.norskprisbok.no/>

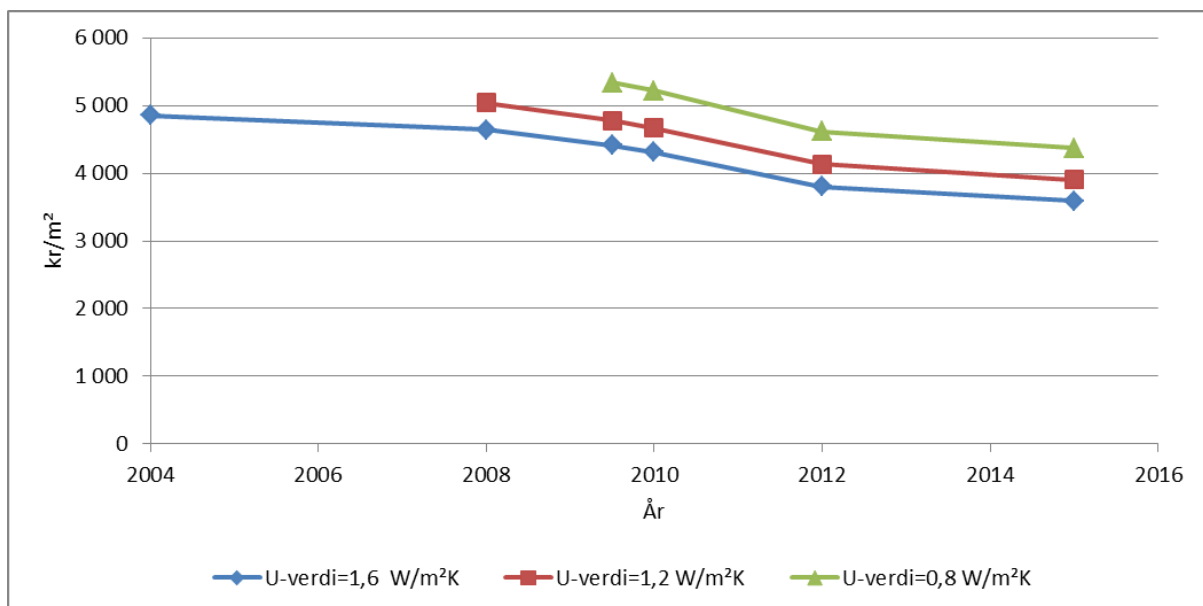
## MERKOSTNADER FOR ENERGIEFFEKTIVE BYGG

- I boliger
- I kontorbygg
- Passivhus, boliger
- Passivhus, kontorbygg
- 36 – Luftbehandling
  - Balansert ventilasjon
    - I boliger
    - I kontorbygg
  - Avtrekksventilasjon
    - I boliger

Prisene for bygningsdeler varierer med bygningstype og størrelse på bygg, og forutsetninger hertil er derfor viktige. Det er tatt utgangspunkt i en enebolig og et kontorbygg som er like de som ligger til grunn for utvikling av TEK, se evt. Bilag B på side 30. Ytterligere informasjon om forutsetninger for priser fremgår av Bilag C på side 31.

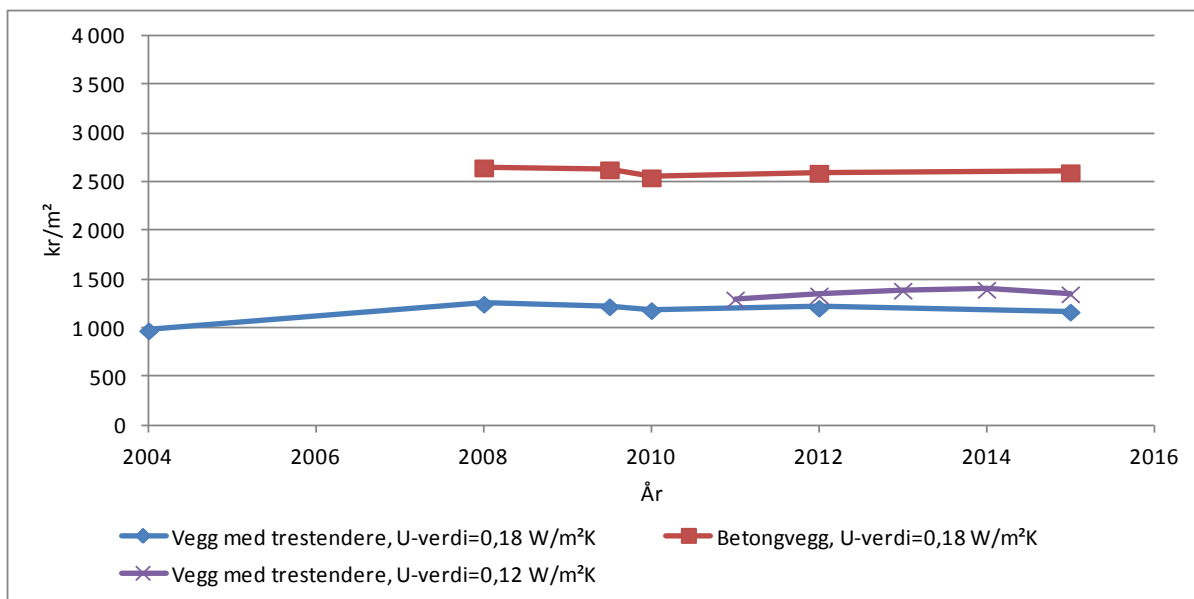
#### 4.2 Kostnadsutvikling

Utvikling av kostnader for 23 – Yttervegger – Vinduer fremgår av Figur 4-1. Det fremgår av figuren at prisutviklingen for vinduer har vært fallende sammenlignet med den generelle prisutvikling for byggevareindeksen. Priser for alle vinduer har falt, og vinduer med U-verdi lik  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  har kostnad som er ca. 10 % under den vinduer med U-verdi lik  $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  hadde i 2004, korrigert for stigning i indeksen.



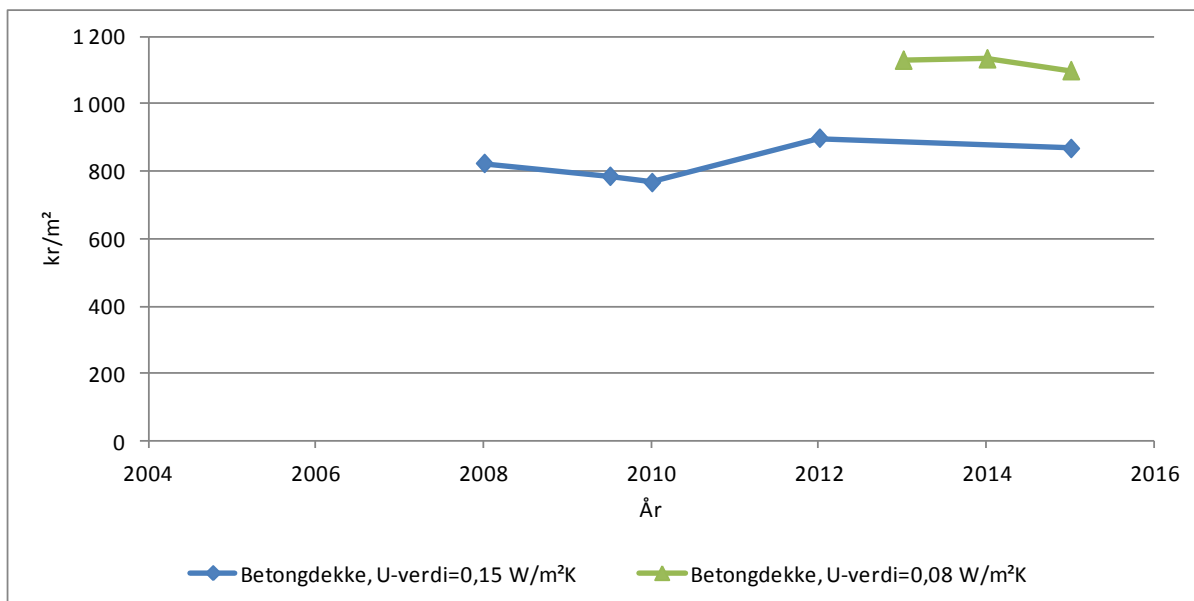
Figur 4-1 Kostnader 23 – Yttervegger - Vinduer komplett kr/m² vindu eks. mva.

Utvikling av kostnader for 23 – Yttervegger – Tett vegg fremgår av Figur 4-2. Det fremgår av figuren at kostnader for alle veggtyper har økt i takt med den generelle prisutvikling for byggevareindeksen uavhengig av kvalitet.



Figur 4-2 Kostnader 23 – Yttervegger – Tett vegg komplett kr/m² vegg eks. mva.

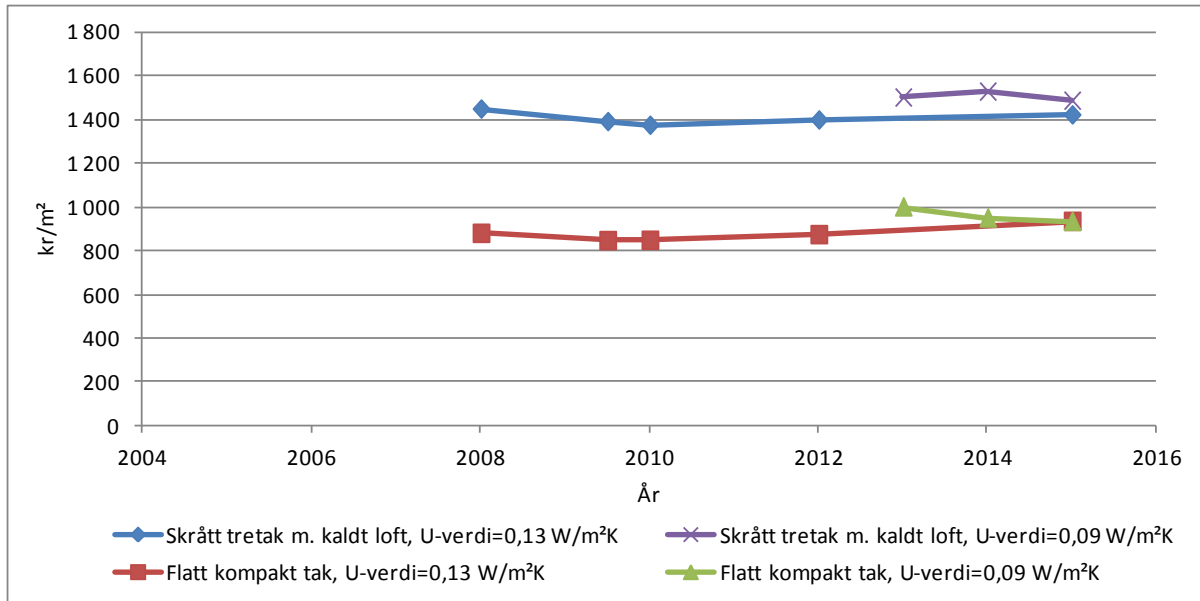
Utvikling av kostnader for 25 – Dekker – Gulv på grunn fremgår av Figur 4-3. Det fremgår av figuren at kostnadene økte fra 2010-2012 for samme kvalitet. Noe som er i forårsaket av skjerpede krav til radonsikring introdusert i TEK 10 med en kostnad på ~150 kr/m². Ytterligere er det en tendens til et nedadgående prisnivå de siste år.



Figur 4-3 Kostnader 25 – Dekker – Gulv på grunn komplett kr/m² gulv eks. mva.

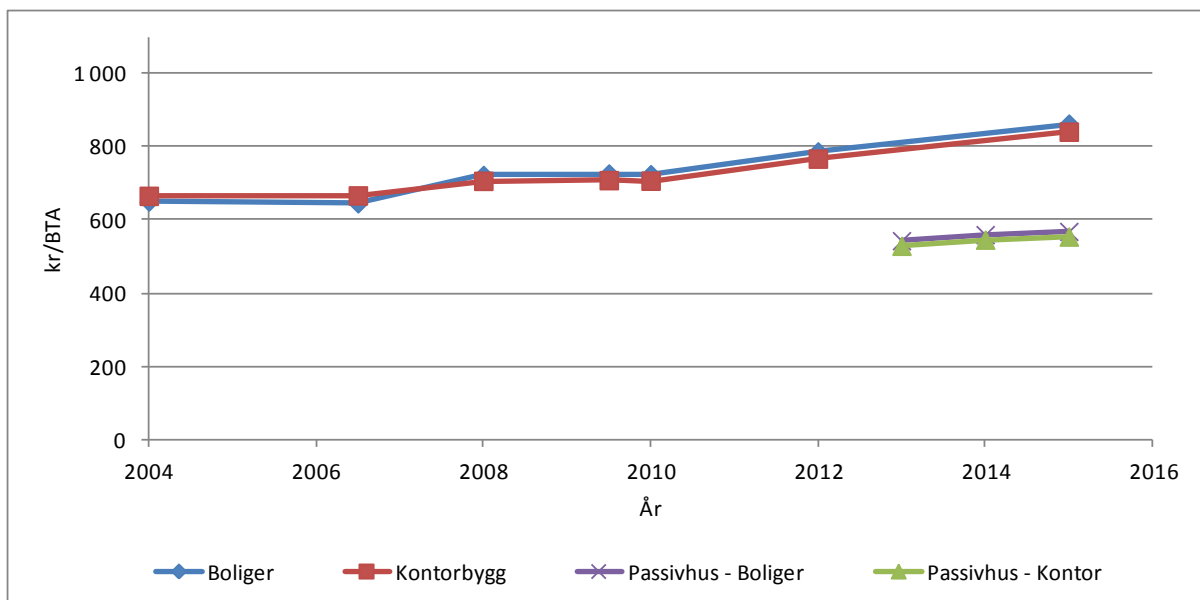
Utvikling av kostnader for 26 – Yttertak fremgår av Figur 4-4. Det fremgår av figuren at kostnader for yttertak har i store trekk fulgt den generelle prisutvikling for byggevareindeksen. Et unntak her er de flate kompakte takene, hvor de med U-verdi lik 0,13 W/m²K har fått økt kostnadsnivå, mens tak med U-verdi lik 0,09 W/m²K har falt i pris slik de nå koster det samme som de på 0,13 W/m²K.

## MERKOSTNADER FOR ENERGIEFFEKTIVE BYGG



Figur 4-4 Kostnader 26 – Yttertak komplett kr/m² tak eks. mva.

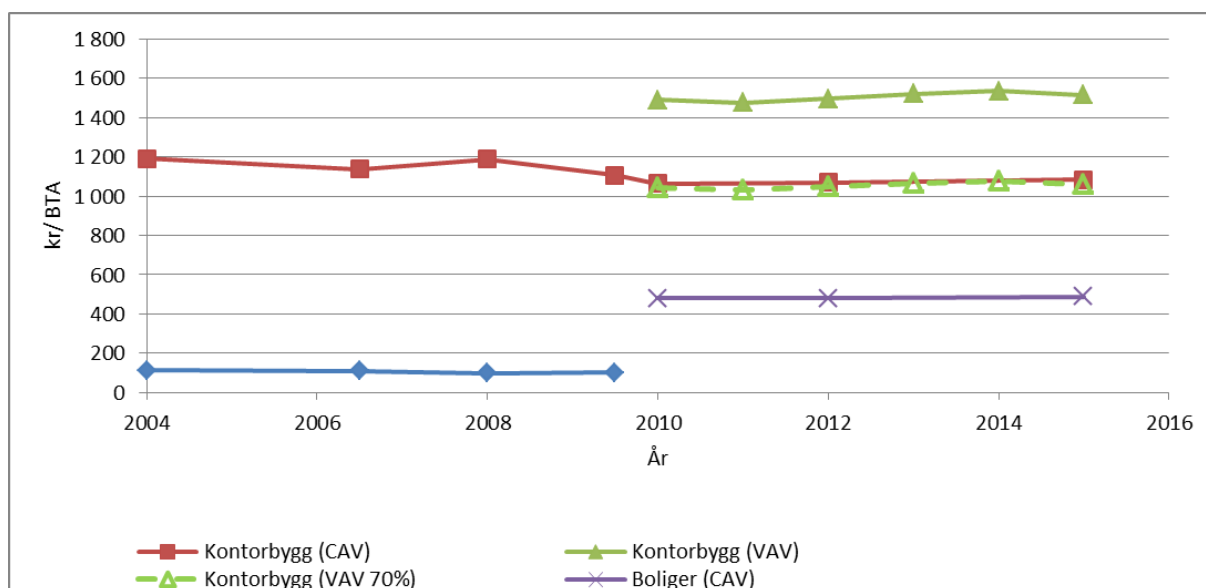
Utvikling av kostnader for 32 – Varme – Vannbårent varmeanlegg fremgår av Figur 4-5. Det fremgår av figuren at kostnader for vannbårent varmeanlegg i vanlige bygg har steget jevnt siden 2006 sammenlignet med den generelle prisutvikling for byggevareindeksen. Dette på tross av både at de behovene anleggene skal svare på er redusert i takt med økt energieffektivitet, og at råvarepriser på stål og kobber har gått ned. Det fremgår ytterligere at det er en betydelig besparelse å hente på varmeanlegg ved overgang til passivhus både ved kontor og boliger, besparelsen er i størrelsesordenen 300 kr/m²BTA.



Figur 4-5 Kostnader 32 – Varme – Vannbårent varmeanlegg komplett kr/m²BTA eks. mva.

Utvikling av kostnader for 36 – Luftbehandling fremgår av Figur 4-6. Det fremgår av figuren at prisutvikling for de forskjellige ventilasjonsløsninger har fulgt den generelle prisutvikling for byggevareindeksen. Dette på tross av at VAV løsninger har de siste år blitt mer detaljerte,

og svarer på mindre endringer i behov, og kan ofte med riktighet benevnes DCV<sup>c</sup> løsninger selv om det ikke har vært mulig å skille mellom de to ved innhenting av kostnader.



Figur 4-6 Kostnader 36 – Luftbehandling komplett kr/m<sup>2</sup>BTA eks. mva.

Dessverre finnes det ikke i prisdatabasen pålitelig data for VAV i kontorbygg lengre tilbake enn 2010. Interne erfaringstall fra Erichsen og Horgen tilsier at kostnadene i 2005 var i størrelsesområde 5 % høyere i kronepris enn i 2015. Noe som ville etter indeksregulering tilsa 1690 kr i 2015 kr.

Det er Erichsen & Horgens erfaring at mer effektive løsninger for styring av slike systemer samt økt konkurranse og volum innenfor VAV/DCV systemer har medført lavere kostnader. I kraft av at maksimal samtidighet på sentrale installasjoner medregnes ved dimensjonering, i en grad som ikke er blitt gjort tidligere. Dette er vist på figuren ved at kostnader ved et VAV anlegg med 70 % samtidighet er vist.

Ytterligere er det å bemerke at overgangen fra avtrekksventilasjon i boliger til balansert ventilasjon har gitt en markant økning i kostnad her.

#### 4.3 Oppsummering prisutvikling bygningsdeler

Generelt er det ikke mulig å se på de innsamlede kostnadsdata at økte krav til energieffektivitet har påvirket prisutvikling på bygningsdeler i større grad.

Det er en klar tendens at teknologier og kvaliteter utvikler seg i takt med den generelle prisutvikling for byggevareindeksen. Men at nye teknologier og komponenter med bedre kvalitet har et varig høyere prisnivå.

Det er to unntak fra det ovenstående, nemlig kostnader på vinduer og kostnader tilknyttet vannbårent varmeanlegg. På vinduer er det en generell trend mot lavere priser, og det er ikke mulig å skille mellom effekten av økte krav til komponenter, eller evt. andre faktorer som

<sup>c</sup> DCV = Demand Controlled Ventilation, dvs. luftmengden varierer slik den svarer på det behov som er i lokalene for luft, enten grunnet oppvarming, kjøling eller behov for friskluft.

## MERKOSTNADER FOR ENERGIEFFEKTIVE BYGG

---

økt konkurranse, rimeligere produksjon m.m. Når det kommer til varmeanlegg så har kostnaden her steget utover den generelle prisutvikling for byggevarer, selv om effektbehovet for varme har gått ned. Tallene indikerer at det er en besparelse på 300 kr/m<sup>2</sup>BTA på vannbårent anlegg ved overgang fra TEK kvalitet til passivhusstandard.

## 5 GENERELL KOSTNADSUTVIKLING I TAKT MED ØKT ENERGIEFFEKTIVITET

Vi har henvendt oss til nøkkelpersoner innen byggebransjen for å innhente på deres erfaringer med og viten om kostnadsendringer i sammenheng med energieffektive tiltak i byggebransjen, samt om det finnes ytterligere strukturert data om problemstillingen.

Vi har valgt å kontakte personer med varierende bakgrunn og arbeidsfelt for å få et vidt bilde av erfaring og holdninger i bransjen angående temaet. Vi kontaktet 8 fagpersoner, og fikk intervjuet syv av dem. Vi snakket bl.a. med en seniorrådgiver i Enova, førsteamanuensis i avd. institutt for energi- og prosessteknikk hos NTNU, sivilingeniør som jobber innen energibruk og inn klima hos SINTEF og en prosjektleder i et større entreprenørfirma.

Intervjuene hadde et løst format, og flere relevante temaer ble gjennomgått, men hovedtemaene var:

- Hvordan prisutviklingen har vært på de bygningskomponenter som er særlig påvirket av endringer i TEK.
- Deres erfaring angående sammenheng mellom forskjellige byggestandarder og byggekostnader.

### 5.1 Hovedtrekk i intervjuer

I intervjuene ble hovedtemaene diskutert samtidig som det ble trukket på intervjuobjektene erfaringer og synspunkter.

Følgende hovedpunkter kom frem under intervjuene:

- Det er noe dyrere å bygge passivhus fremfor å bygge i henhold til TEK10 standarden.
- Denne merkostnaden ved å bygge passivhus i forhold til TEK10 standard skyldes
  - o Økt tidsforbruk
  - o Nødvendig med større kvantitet av materialer
  - o Markedet henger etter
  - o Nødvendig med økt erfaring
- Det har blitt vesentlig lettere/rimeligere å utføre trykktesting etter det ble innført strengere krav på lufttetthet, da det har etablert seg egne firmaer som utfører testene.
- Det økte fokuset på bedre og tettere bygningskropp vil ha en sterkere og sterkere innvirkning på energibruken ettersom arbeidsmetodikken og løsningene blir innarbeidet i bransjen
- Det er en generell oppfattelse at skjerpede krav til energiytelse på myndighetsnivå, har bidratt til en fallende pris på energieffektive komponenter, systemer og prosjektering av energieffektive bygg

Ytterligere kom det frem i flere av intervjuene at det generelt holdes lite statistikk over kostnadsendringene. På tross av dette hadde alle intervjuobjektene en klar oppfatning av at det var noe dyrere å bygge passivhus, selv om dette kun i liten grad basert på fakta, men i større grad på følelser/inntrykk.

## MERKOSTNADER FOR ENERGIEFFEKTIVE BYGG

---

De nevnte erfaringstall er gjerne basert på et lite antall byggeprosjekter og kan dermed ikke brukes til å generalisere kostnadsendringene ved å bygge etter passivhus fremfor TEK10 standard.

Det er verdt å nevne her at et utvalg av kategorier fra Norsk Prisbok gir en forventet kostnadsøkning totalt på eneboliger, boligblokker og kontorbygg i størrelsesorden 1-6 %, ved overgang fra TEK 10 standard til passivhusstandard (NS 3700/3700). Merkostnadene for eneboliger her er beregnet til 1635 kr/m<sup>2</sup>BTA og for rekkehus til 680 kr/m<sup>2</sup>BTA, noe under de erfaringstall som kom frem under intervjurunden.

### 5.2 Oppsummering

Med hensyn til kostnader så kan resultatene fra intervjurunden kort oppsummeres slik at det er lite konkrete tall om forskjeller i kostnadsnivåer for like bygg, historisk utvikling av kostnader eller forventet utvikling. Men det eksisterer en formening om at passivhus har et moderat høyere kostnadsnivå, og at skjerpede krav til energieffektivitet har vært en driver for å redusere denne forskjellen.

Ytterligere var det en fellestrekk i en optimisme til fremtiden mht. at bransjen hadde tatt innover seg behovet for nye løsninger og økt kompetanse, og at bygningers kvalitet var på oppadstigende kurve.



## 6 ÅRSAKSSAMMENHENGENE MELLOM MYNDIGHETSKRAV OG UTVIKLING I MERKOSTNADER

Det kan enkelt resonneres at det er en årsakssammenheng mellom hvordan myndigheters krav til bygningers energiytelse utvikles, og at denne årsakssammenheng varierer med hvilke virkemidler myndighetene benytter.

Men det er vanskeligere å trekke en klar kobling mellom en dokumentert historisk utvikling og endringer i myndighetskrav. Det kan være flere faktorer som kan påvirke utvikling av kostnader samtidig, uten at det er mulig å skille mellom faktorenes påvirkning. Det beste vi kan dermed oppnå er å antyde en mulig korrelasjon mellom utvikling i myndighetskrav og kostnader.

Etterfølgende belyses noen av de mulige måter endrede krav til bygningers energiytelse kan ha påvirket kostnader av bygningsdeler:

- **Økning i volum**  
Ved en markant økning i volum, vil diverse kostnader tilknyttet produksjon, salg, levering m.m. falle per levert enhet. Dette er sannsynligvis en bidragende faktor til fall i kostnader tilknyttet bl.a. boligaggregater.
- **Fall i volum**  
Kraftig fall i volum, kan medføre at produkter med lav ytelse og lavere produksjonskostnader blir dyrere enn før.
- **Innføring av erstatningsløsninger ved forbud**  
Myndighetene vil til tider innføre krav som medfører at en type produkt utgår, og et annet produkt kommer isteden. Dette har for eksempel vært tilfellet for overgang til EC fra AC motorer grunnet Økodesigndirektivet. Her ville en ha forventet et økt kostnadsnivå, men vi har konstatert et fall i aggregatpriser.
- **Fokus på energieffektivitet som driver for teknisk utvikling**  
Det har de senere år vært økt fokus på bygningers energieffektivitet, bl.a. pga. ønsket om energimerker som er bedre enn det som gis av forskriftskravet. Dette har ført til fokus på identifisering av de mest kostnadseffektive løsninger for besparelse av energi.  
Noe som videre har ført til en kraftig utvikling i ytelse på varmegjenvinnere. Til den grad at det er ingen nevneverdig merkostnader tilknyttet høyeffektive varmegjenvinnere.
- **Krav til nye ytelser og teknologier**  
TEK07 medførte kraftig skjerpede krav til ventilasjon i boliger, og dermed ble det vanskelig å bygge boliger uten en form for mekanisk ventilasjon. Her har myndighetene vært en driver for økt byggekostnad ved å normalisere en økt ytelse.

Utover dette kommer markedspåvirkning i form av endringer i kontraktsformer, ønsker fra byggherrer, økt konkurranse m.m.

Det er mulig å ane konturene til årsakssammenheng mellom utvikling i myndighetskrav og utvikling i kostnader ved å gjennomgå de data som presenteres i kapittel 3 & 4. Samt hvorledes forskjellige typer komponenter utvikles forskjellig. Noen eksempler på dette kunne være:

- **Videreutvikling av kjente/modne komponenter**

Kostnader på komponenter som vegger og tak synes å påvirkes i liten grad av økt krav til energiytelse, og at forskjellen blir mindre etterhvert. Kan være dette er grunnet at konstruksjonen endres lite, bare isoleres litt mer, og andre kostnadskomponenter er de samme som før. Se for eksempel Figur 4-4 Yttertak.

- **Komponenter som er komplekse i produksjon**

Det kan tenkes at komponenter som er komplekse i produksjon og som produseres industrielt, påvirkes annerledes enn andre komponenter ved økt volum. Da utvikling av produksjonen, bedre utnyttelse av denne og økt konkurranse har større påvirkning her. Se for eksempel utviklingen av kostnader på vinduer Figur 4-1.

Det kan her også være en sammenheng med at dette er komponenter som enkeltvis utsettes for konkurranse inn mot et prosjekt, mens en plassbygd komponent ikke vil ha samme konkurranse og prispress.

- **Kjente teknologier med allerede betydelig volum**

Synes å kunne være forholdsvis stabile i pris, men at dette kan delvis eller helt kompenseres for med bedre ytelse. Se for eksempel Figur 4-6 Luftbehandling og Figur 7-1 VAV/CAV.

Et ubenyttet handlingsrom for kostnadsreduksjon i bygninger er kostnader tilknyttet vannbårne oppvarmingssystemer, som stiger ut av takt med andre byggevarer. Her viser kostnadstallene at det er betydelig besparelse som kan innfris ved overgang til passivhusstandard. Vi vurderer det slik at tallene undervurderer mulig besparelse ved å gå over til forenklede vannbårne systemer. Samtidig med at slike systemer vil være mer effektive i drift, særlig hvis de forsynes av et varmepumpesystem.

## 7 SAMMENLIGNING AV FUNN MED KONSEKVENSVURDERING ENERGIREGLER 2015

I forbindelse med oppdraget å kartlegge utviklingen av priser på komponenter knyttet til energieffektivisering ønsket DIBK en gjennomgang av rapporten *Konsekvensvurdering Energiregler 2015* og sammenholde resultatene i den med resultatene fra denne rapporten der det var felles data. I tillegg var det ønsket en vurdering av metode og evt. manglende prisbærende elementer.

### 7.1 Sammenligning av inndata

Dette kapitlet sammenligner prisunderlag ved avsluttet prisinnhenting og vurdering i KMD oppdrag med priser benyttet av Multiconsult i rapporten. Forskjellene kommenteres og påvirkningen vurderes kvalitativ. Bemerk at her fokuseres det kun på de prislelementer som inngår i begge studier.

Vi tar for oss elementene i den rekkefølge de er behandlet i *Konsekvensvurdering Energiregler 2015*. Sammenligningene er gjennomført ved at det er foretatt en beregning av kostnadene på kvalitetsforbedringer på de enkelte elementer i hhv. småhus, boligblokk og kontor basert på SINTEF bygningsmodellene som er benyttet for å beregne energirammekrav og som også ble benyttet i *Konsekvensvurdering Energiregler 2015*. Forutsetningene er nærmere beskrevet i vedlegg 11. For ventilasjon og SFP er det gjort en noe annerledes vurdering, forutsetninger for dette beskrives i det aktuelle avsnittet.

#### 7.1.1 U-verdi yttervegg

Det er beregnet kostnader ved å forbedre ytterveggen fra U-verdi 0,18 til U-verdi 0,16 W/m<sup>2</sup>K for hhv småhus, boligblokk og kontorbygg. Det fargede området viser kostnader beregnet i denne rapporten samt tall fra tabell 4 i Rapporten *Konsekvensvurdering Energiregler 2015*.

Tabell 7-1 Merkostnader yttervegg.

	Denne rapporten	<i>Konsekvensvurdering Energiregler 2015</i>	
	Merkostnad	Merkostnad	Usikkerhetsnivå merkostnad
	NOK/m <sup>2</sup> BRA	NOK/m <sup>2</sup> BRA	NOK/m <sup>2</sup> BRA
Småhus, inkl mva	153	160	160-280
Boligblokk, inkl mva	85	75	75-140
Kontorbygg, eks mva	28	30	30-50

Det er uklart hvorfor en i rapporten *Konsekvensvurdering Energiregler 2015* har valgt å legge seg i den nedre delen av usikkerhetsområdet for kostnadene. Det er godt samsvar mellom de benyttede verdiene fra de to rapportene.

#### 7.1.2 U-verdi vindu

Det er beregnet kostnader ved å forbedre vinduene fra U-verdi 1,2 til U-verdi 0,8 W/m<sup>2</sup>K for hhv Småhus, boligblokk og kontorbygg. Det fargede området viser kostnader beregnet i denne rapporten og i tall fra tabell 7 i Rapporten *Konsekvensvurdering Energiregler 2015*.

## MERKOSTNADER FOR ENERGIEFFEKTIVE BYGG

Tabell 7-2 Merkostnader vindu.

	Denne rapporten		<i>Konsekvensvurdering Energiregler 2015</i>
	Merkostnad	Merkostnad	Usikkerhetsnivå merkostnad
	NOK/m <sup>2</sup> BRA	NOK/m <sup>2</sup> BRA	NOK/m <sup>2</sup> BRA
Småhus, inkl mva	164	170	100-170
Boligblokk, inkl mva	166	170	100-171
Kontorbygg, eks mva	241	140	80-140

Det er uklart hvorfor en i rapporten *Konsekvensvurdering Energiregler 2015* har valgt å legge seg i den øvre delen av usikkerhetsområdet for kostnadene. Det er godt samsvar mellom denne rapportens verdier og de benyttede verdiene for lønnsomhetsvurdering i rapporten *Konsekvensvurdering Energiregler 2015* for boliger. Men betydelig avvik på merkostnaden for kontorbygg.

Forskjellen på kostnader for vinduer, kan være forårsaket av at vi har valgt å beregne en glassfasade av aluminium og glass, uten solskjerming. Men det er uklart hvilken spesifikk vindus type ligger til grunn for kostnadene i *Konsekvensvurdering Energiregler 2015*.

Bedre U-verdi for vinduer fører til bedret termisk komfort og muliggjør redusert energibruk ved at en kan senke innetemperaturen. Dette er ikke hensyntatt i energiberegninger. Dette vil øke lønnsomheten i tiltaket.

### 7.1.3 Ventilasjon

En del av energieffektiviseringen i bygg består av skjerpede krav til SFP<sup>d</sup>. Utviklingen i SFP-verdier som benyttes til beregning av energirammene i TEK fremgår av Tabell 7-3.

Tabell 7-3 SFP ved beregning av energirammer i TEK 10 og foreslåtte verdier for TEK 15.

	Energirammer TEK 10	Foreslått nivå TEK 15
	[W/m <sup>3</sup> /s]	[W/m <sup>3</sup> /s]
Bolig	2,5	1,5
Øvrige bygg	2,0	1,5

Den reduserte SFP faktoren oppnås på ulike måter for ulike typer bygg. En del bygg har behov for kontinuerlig og tilnærmet konstant luftmengde når de er i drift. Eksempler på dette er sykehjem, sykehus og boliger. For å redusere SFP må en for disse anleggene øke kapasiteten på aggregat og kanalnett, med tilhørende kostnader tilknyttet dette. Utover dette kommer følgekostnader knyttet til økt arealbehov, som bør tas med i vurderingen.

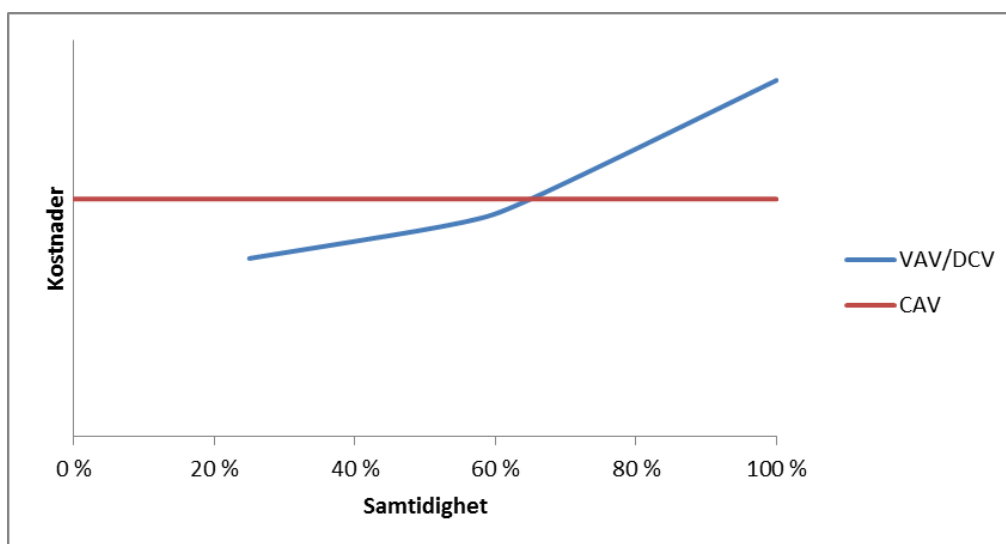
For bygg med varierende bruk slik som skoler og kontor er det etablert praksis å oppnå redusert SFP ved at en utnytter samtidighet på bruk av anlegget og installerer et ventilasjonsanlegg med variabel luftmengde, såkalt VAV-anlegg<sup>e</sup>. Erfaringsmessig betyr det

<sup>d</sup> SFP (Specific Fan Power) er et ytelsestall mht. energi til vifter for en bestemt luftmengde, lavere SFP gir lavere energibruk til vifter.

<sup>e</sup> VAV =Variable Air Volume, dvs. anlegg som opererer med variabel luftmengde

at en i sentrale komponenter da opererer med samme dimensjoner som tidligere og at det kun er i de perifere delene en må øke dimensjonene. En unngår derfor økt arealbehov i tekniske rom. En får imidlertid økte kostnader på automatikk og elektro på styringsenheter på romnivå. Det er derfor vanskelig å si hva forbedret SFP koster alene fordi tiltaket med VAV også påvirker energibruk til vifter.

Av Figur 7-1 fremgår hvordan kostnadene ved større VAV og CAV anlegg varierer med vurdering av maksimal samtidighet<sup>f</sup>. Denne figuren er basert på kalkyletall som brukes i Erichsen & Horgen ved budsjettering av slike anlegg. Her fremgår det at en omlegging til VAV faktisk kan gi redusert pris samtidig som en reduserer SFP dersom en kan regne med en maksimal samtidighetsfaktor i størrelsesordenen 60-70 %. Størrelsen på reduksjonen på anlegget avhenger i stor grad av virksomheten og forventet maksimal samtidig belastning i anlegget. Overgang til VAV kan dermed være kostnadsreduserende, hvis denne mulighet for kostnadsoptimering benyttes, og samtidig med dette vil en lavere gjennomsnittlig SFP i driftstiden oppnås.



Figur 7-1 Prinsippkisse over forholdet mellom kostnader ved CAV og VAV anlegg avhengig av samtidighet på sentrale komponenter.

Overgang til VAV anlegg, hvor det ikke gjøres en vurdering av samtidighet, eller det ikke er mulig å medregne maksimal samtidighet grunnet bruken, vil føre til en betydelig kostnadsøkning. Det forefinnes ikke, så vidt forfatterne kjenner til, noen forskning eller utredning som har hatt fokus på hva generell praksis er i bransjen mht. dette. Og vi opplever forskjellige krav mht. dette i våre prosjekter. Vi har sett oppdragsgivere stille krav i begge retninger, dvs. både krav til at det skal brukes en bestemt lav samtidighet og at bruk av samtidighet ved dimensjonering av sentrale installasjoner ikke er tillatt.

Vår egen praksis er å medregne samtidighet ved dimensjonering på sentrale installasjoner, i de prosjekter dette tillates, og erfarer da at ved en samtidighet i størrelsesordenen 60-70 % vil overgang til VAV og SFP krav på  $\sim 1,5 \text{ kW/m}^3/\text{s}$  ikke påvirke kostnader i nevneverdig

<sup>f</sup> Maksimal samtidighet er et dimensjoneringskriterium for størrelse på installasjoner, og skal ikke forveksles med gjennomsnittlig samtidighet i driftstiden.

## MERKOSTNADER FOR ENERGIEFFEKTIVE BYGG

grad. Det bemerkes at slike vurderinger krever at termisk inneklima, og tilgjengelig kjøling til bygget vurderes samtidig.

### CAV vs. VAV i kontorbygg

Det er i *Konsekvensvurdering Energiregler* beregnet kostnader ved å gå over fra et CAV anlegg med kapasitet 10 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> til VAV anlegg med hhv 6 og 8 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> for et kontorbygg.

Nær alle kontorbygg bygges i dag med VAV/DCV anlegg. Dette har flere grunner:

- VAV/DCV har forholdsvis beskjedne kostnader, eller medfører en kostnadsreduksjon ved investering hvis maksimal samtidighet kan medregnes.
- VAV/DCV anlegg har betydelig lavere driftskostnader grunnet lavere behov for energi til vifter og romoppvarming.
- VAV/DCV anlegg støyer mindre enn CAV anlegg.

Vi mener derfor at strengere krav til SFP og termisk energibruk som medfører at kontorbygg må ha VAV anlegg ikke vil ha nevneverdige kostnadskonsekvenser utover det som er dagens kostnadsnivå i praksis.

Tabell 7-4 Merkostnader ventilasjon for kontorbygg.

	Denne rapporten		<i>Konsekvensvurdering Energiregler 2015</i>		
	Merkostnad 8 m <sup>3</sup> /h	Merkostnad 6 m <sup>3</sup> /h	Merkostnad 8 m <sup>3</sup> /h	Merkostnad 6 m <sup>3</sup> /h	Usikkerhetsnivå merkostnad
	NOK/m <sup>2</sup> BRA	NOK/m <sup>2</sup> BRA	NOK/m <sup>2</sup> BRA	NOK/m <sup>2</sup> BRA	NOK/m <sup>2</sup> BRA
Kontorbygg, eks mva	Moderat eller ingen		160	310	80-160/160-310

Denne konklusjonen er her basert på kontorbygg, men vil også være overførbart til andre bygningskategorier som har stor variasjon i belastning i lokalene, typiske eksempler på slike lokaler er skoler, universiteter, m.m.

Vi vil fremheve at denne konklusjonen er ikke overførbart til bygg, eller anlegg, hvor sentrale komponenter ikke kan tas ut med betydelig samtidighet. Idet sentrale komponenter som betjener områder som har sammenfallende maksimal belastning ikke vil kunne neddimensjoneres. Eksempler på dette vil kunne forekomme i alle bygningskategorier avhengig av systemdesign, men vil være særlig vanlige i sykehus, sykehjem, boliger m.m.

### Varmegjenvinning

Rapporten *Konsekvensvurdering Energiregler 2015* har også et avsnitt om merkostnader ved forbedret varmegjenvinningsgrad fra 70 til hhv 80 og 85 %. Erichsen & Horgen erfarer ingen merkbar kostnadsforskjell her i våre tilbud uansett varmegjenvinningsgrad. Og at det etter hvert er blitt svært uvanlig med løsninger som har varmegjenvinningsgrad på 70 %. Det er oftere praktiske forhold som plass og luftsmitte som blir dimensjonerende for valg, uten at dette påvirker investeringskostnader i noen merkbar grad. Vi stiller oss derfor tvilende til de tall som rapporteres mht. dette.

### Vifteenergi

Rapporten *Konsekvensvurdering Energiregler 2015* angir at merkostnad for redusert SFP til 1,5 kW/m<sup>3</sup>/s på 15 kr/m<sup>2</sup>BRA for kontor. Dette samsvarer ikke med våre funn som beskrevet

i ovenfor, idet lav gjennomsnittlig SFP i driftstiden er en bigevinst ved overgang til VAV/DCV systemer.

Ut fra kostnadene for kontor er det i *Konsekvensvurdering Energiregler 2015* ekstrapolert til luftmengder som rapportforfatterne mener er vanlige i boliger. Det kommenteres ytterligere i rapporten at "*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.*" Vi erfarer at det benyttes svært forskjellige systemer for ventilering av boliger og kontor, og støtter derfor denne vurderingen.

Vi har derfor sett på merkostnadene ved å benytte SFP på 1,5 i stedet for 2,5 for en boligblokk. Det er forutsatt et sentralt ventilasjonsaggregat på 9 000 m<sup>3</sup>/h. Her er det kun merkostnad for selve aggregatet samt økt arealbehov i teknisk rom som er medtatt. Det er regnet en kostnad for arealet på 20 000 kr/m<sup>2</sup>BTA. Det vil også påløpe merkostnader på distribusjonsnett, uten at disse er medtatt her.

I rapporten *Konsekvensvurdering Energiregler 2015* har en benyttet en luftmengde på 1,5 (m<sup>3</sup>/h)/m<sup>2</sup>BTA for boliger. Dette er lavere enn hva forskriftene tilsier. Vi har derfor i tillegg regnet kostnader for et tilfelle der luftmengden 3 (m<sup>3</sup>/h)/m<sup>2</sup> luft som er mer i tråd med hva som benyttes i nye boligblokker som planlegges iht. forskrift.

Tabell 7-5 Merkostnad ved å redusere SFP fra 2,5 til 1,5 for boliger hvis økt arealbehov medregnes. Kostnad inklusiv MVA.

Antatt luftmengde	Merkostnad	Konsekvensvurdering Energiregler 2015
(m <sup>3</sup> /h)/ m <sup>2</sup> BTA	kr/ m <sup>2</sup> BTA	kr/m <sup>2</sup> BTA
1,5	121	25
3	154	-

Dette er betydelig større merkostnader enn i Rapporten *Konsekvensvurdering Energiregler 2015*. Samtidig vil besparelsene i vifteenergi bli tilsvarende større med økte luftmengder og energibruk og derfor tilsvarende endring i driftskostnader. De fremlagte nåverdiberegninger beskriver dermed etter vår vurdering ikke dette på en tilfredsstillende måte.

Hvis kostnadene for økt areal til aggregat holdes utenfor, og det kun tas med kostnader til selve aggregatet, fås verdiene som fremgår av Tabell 7-6. Dette vil ofte være tilfellet i boliger med desentralisert anlegg plassert under tak i arealer med annen bruk.

Tabell 7-6 Merkostnad ved å redusere SFP fra 2,5 til 1,5 for boliger hvis økt arealbehov ikke medregnes. Kostnad inklusiv MVA.

Antatt luftmengde	Merkostnad	Konsekvensvurdering Energiregler 2015
(m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup> BTA	kr/ m <sup>2</sup> BTA	kr/m <sup>2</sup> BTA
1,5	100	25
3	112	-

## MERKOSTNADER FOR ENERGIEFFEKTIVE BYGG

Her fås et kostnadsnivå i samme størrelsesorden som tallet i rapporten *Konsekvensvurdering Energiregler 2015*, men da med en luftmengde på det dobbelte av den som benyttes i rapporten.

Redusert SFP fra 2,5 til 1,5 gir i tillegg til redusert energibruk også betydelig redusert støy fra ventilasjonsanlegget. Dette gir bedret trivsel og komfort for brukerne av boligene og reduserer risikoen for misnøye med anlegget, som i verste fall kan medføre at det ikke benyttes og at det luftes ut av vinduer i stedet.

Med stadig mindre boenheter og større persontetthet er det grunn til å forvente behov for høyere ventilasjonsgrad enn 3 (m<sup>3</sup>/h)/m<sup>2</sup> for femtidens boliger. Energieffektiv ventilasjon vil derfor få økende betydning i fremtidens byggeri.

Balansert ventilasjon har en ytterligere betydelig større økonomisk gevinst utover energiøkonomisering ved at den bidrar til bedret helse og produktivitet. Rapporten *Samfunnskostnader av dårlig inneklima i Norge* av Jan Vilhelm Bakke utgitt av Helserådet i 2014 oppgir sammenheng mellom sykdom og fukt i bygningsmassen. Det hevdes et forebyggende potensial på 20 % i forhold til sykdom dersom forholdene utbedres. Dette representerer et potensiale i Norge på i størrelsesorden kr. 2,8 milliarder. Tilstrekkelig balansert ventilasjon er et viktig tiltak for å redusere problemene.

Det er ikke en triviell oppgave å anslå hvor stor denne gevinsten er på et konkret bygg, men den bør tas inn i vurderingen av tiltaket balansert ventilasjon i boliger.

### 7.1.4 Vannbårent varmeanlegg

Det er beregnet kostnader ved å installere vannbåren varme. Energisentralen er her regnet til å utgjøre 10-20 % av totalkostnaden. Denne kan være betydelig høyere avhengig av løsning. Det fargede området viser kostnader beregnet i denne rapporten og i tall fra tabell 28b i Rapporten *Konsekvensvurdering Energiregler 2015*.

Tabell 7-7 Kostnader ved vannbåren varme. Kostnad inkluderer ikke MVA.

	Denne rapporten	<i>Konsekvensvurdering Energiregler 2015<sup>9</sup></i>	
	Merkostnad	Merkostnad	Usikkerhet merkostnadsnivå
	NOK/m <sup>2</sup> BRA	NOK/m <sup>2</sup> BRA	NOK/m <sup>2</sup> BRA
Enebolig TEK10	994	1142	465 - 1164
Enebolig passivhus	697	657	371 - 681
Boligblokk TEK10	792	641	438 - 1095
Boligblokk passivhus	607	-	341 - 625
Kontorbygg TEK10	871	821	262 - 838
Kontorbygg passivhus	586	553	854 - 587

<sup>9</sup> Det fremgår ikke klart i *Konsekvensvurdering Energiregler 2015* om de angitte arealer her er BRA eller BTA. Men tallene for enebolig passivhus, samt kontor stemmer med BTA tall fra Norsk Prisbok 2014. Vi har derfor korrigert tallene for forskjellen på BTA og BRA. Korreksjonsfaktorer fremgår av Tabell 11-2. Bemerk at tallene for enebolig TEK 10 og Boligblokk TEK 10, avviker fra de andre idet de ikke synes å stamme fra Norsk Prisbok 2014



Det er generelt godt samsvar mellom denne rapportens verdier og de benyttede verdiene for lønnsomhetsvurdering i rapporten *Konsekvensvurdering Energiregler 2015*. Noen av de verdier som beregnes her ligger over de som er benyttet i *Konsekvensvurdering Energiregler 2015*, men små forskjeller i størrelse og forutsetninger kan gi slike utslag på anleggskostnader vannbåren varme.

Forenklet varmeanlegg gir reduserte systemtap og muliggjør høyere systemvirkningsgrad på distribusjon. Dette er ikke tatt med i beregningene i rapporten. Det ville gi forbedret lønnsomhet ved overgang til passivhus.

## 7.2 Vurdering av andre prisbærende poster

Vi har bemerket oss at i kapittel 5 i *Konsekvensvurdering Energiregler 2015* er kostnadstabeller utarbeidet for en rekke bygningselementer. I kapittel 5.3.1 sies det at det i boliger benyttes kalde loft, mens det så i neste setning regnes på sperretak. I kapittel 5.4.2 benyttes XPS-isolasjon som er en svært dyr løsning, omtrent dobbelt så dyr som EPS, som ville i svært mange tilfeller være et tilstrekkelig godt isoleringsmateriale.

## 7.3 Vurdering av metode

Vi opplever til dels store kostnadsspenn i de kostnadene som vi har kontrollert i følgende tabeller i *Konsekvensvurdering Energiregler 2015*:

- Tabell 4 Yttervegg
- Tabell 7 Vinduer
- Tabell 11 Ventilasjonsmengder

Det varierer om en har valgt å regne med utgangspunkt i verdier som ligger i nedre, midtre eller øvre del av spennet i lønnsomhetsverdiene, uten at det er gitt noen begrunnelse for dette. Dette fører til relativt stor usikkerhet når en skal vurdere resultatene.

I modellene (bygningsskategoriene) som legges til grunn (ref. SINTEF Byggforsk bygningssmodeller benyttet til å sette rammekrav i TEK10) forekommer det en begrepsforvirring da småhus og eneboliger defineres som det samme. Iht. NS 3457-3:2013 *Klassifisering av byggverk, del 3: Bygningstyper* tilhører Enebolig og Småhus samme bygningssgruppe (1 Boligbygging). Videre defineres Enebolig i bygningstype 11 og Småhus i bygningstype 12. Norsk Prisbok / ISY Calcus opererer med diverse forskjellige enhetspriser for tekniske fag for disse bygningsskategoriene (konto 32 Varme og konto 36 Luftbehandling).

Romhøyder som er benyttet av Multiconsult, oppgitt til oss på forespørsel, for de forskjellige bygningssmodellene er også vanskelig for oss å gjennomskue. Figurer av de tre bygningssmodellen benyttet i SIMIEN modellen burde vært lagt ved, ikke kun diverse geometriske data inkl. diverse arealer. Romhøyder er oppgitt i rapporten med referanse til SINTEF og SIMIEN bygningssmodeller, disse sammenstilt med våre erfaringstall for det samme fremgår av Tabell 7-8.

## MERKOSTNADER FOR ENERGIEFFEKTIVE BYGG

Tabell 7-8 Romhøyder benyttet i *Konsekvensvurdering Energiregler 2015* holdt opp mot erfaringstall for romhøyder.

	Romhøyde i <i>Konsekvensvurdering Energiregler 2015</i>	Våre erfaringstall himlingshøyder	Våre erfaringstall innvendig etasjehøyde
	[m]	[m]	[m]
12 Småhus	2,75	2,40	2,40
13 Boligblokk	2,28	(2,20 -) 2,40	2,40 – 2,70
31 Kontor	2,43	(2,50 -) 2,70	2,70 – 3,20

I *Konsekvensvurdering Energiregler 2015* benyttes også en blanding av kostnader inklusive og eksklusive mva. Idet kostnader til kontor presenteres eks. mva. mens kostnader til boliger presenteres inklusiv mva. Vi har i denne rapporten her valgt å følge samme metode når det kommer til dette, mht. å lette sammenligningen. Men opplever at denne fremgangsmåten kan virke forvirrende.

#### 7.4 Oppsummering

En sammenligning av funnene i denne rapporten med resultatene i *Konsekvensvurdering Energiregler 2015* viser godt samsvar i inndata for merkostnader på yttervegg, U-verdi på vindu for boliger og vannbårent varmeanlegg.

Vi registrerer store forskjeller på kostnadsnivå for vinduer i kontorbygg og ventilasjonsløsninger i både boliger og kontor.

Kostnadene på balansert ventilasjon for kontorbygg er svært ulik i denne rapporten og *Konsekvensvurdering Energiregler 2015*. Det er av Multiconsult opplyst at kostnadene er basert på innrapporterte merkostnader til ENOVA for 2 prosjekter. Det har ikke vært mulig å avdekke årsaken til avviket grunnet manglende underlag.

Ved overgang til passivhusstandard for ventilasjon i kontorbygg finner vi liten eller ingen merkostnad dersom overgangen skjer ved behovsstyring og en kan forutsette en maksimal samtidighet i området 60-70 %. Samtidighet i bruk avhenger mye av den enkelte virksomhet, men det opereres ofte med verdier mellom 50 og 60 % i kontorbygg. Ved en slik løsning kan en benytte mindre installasjoner sentralt i anlegget, men får noe mer installasjoner på romnivå. Løsningen gir både redusert SFP, mindre støy, bedret varmegjenvinning og redusert energibruk. Dette er kanskje noe av årsaken til at dette er blitt mer eller mindre alminnelig praksis i kontorbygg i dag. Forholdet vil imidlertid være annerledes for bygg med liten grad av samtidighet som for eksempel sykehjem m.m. Det er behov for ytterligere dokumentasjon av løsninger på ventilasjon for ulike byggkategorier.

For økte kostnader pga økte krav til SFP i ventilasjon i boliger svært dårlig samsvar i merkostnadene i denne rapportens tallunderlag sammenlignet med *Konsekvensvurdering Energiregler 2015*. Dette gjelder både nå om det tas hensyn til arealkostnader ved tekniske rom og føringer, og når denne effekten utelates. Samtidig er luftmengdene som er benyttet i *Konsekvensvurdering Energiregler 2015* under forskriftsnivå.

Ved beregning av nåverdi for vannbårent anlegg, medregnes ikke at forenklete lavtemperatur anlegg i passivhus vil være mer effektive både mht. avgivelses-, distribusjons- og produksjonsvirkningsgrad for anlegget.

## 8 OPPSUMMERING/SAMMENDRAG

Erichsen & Horgen og Bygganalyse har på oppdrag fra Kommunal- og moderniseringsdepartementet (KMD) og Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) utredet kostnadsutvikling av komponenter som er påvirket av endringer av myndighetskrav til energieffektivitet, samt til hvilken grad denne er klart korrelert med endringene. Utover dette er vi bedt om å sammenligne funnene med de resultater som er rapportert i Multiconsult rapporten *Konsekvensvurdering Energiregler 2015*.

Dette arbeidet er dermed et innspill til den pågående prosessen ved innskjerping av krav til bygningers energiytelse.

### 8.1 Kostnadsutvikling i takt med økte krav til energieffektivitet

Generelt er det ikke mulig å se på de innsamlede kostnadsdata at økte krav til energieffektivitet har påvirket prisutvikling på bygningskomponenter eller –deler i større grad. Det er en klar tendens at teknologier og kvaliteter utvikler seg i takt med den generelle prisutvikling for byggevarereindeksen. Men at nye teknologier og komponenter med bedre kvalitet har et varig høyere prisnivå.

Det er noen få unntak fra dette, nemlig:

- **Ventilasjonsaggregat bolig**  
Komponentkostnad for ventilasjonsaggregater for boliger har en fallende tendens fra 2004-2015, med en utflating etter 2012. Før TEK 07 var det vanlig med kun avtrekksventilasjon i boliger, mens nær alle boliger etter TEK 07 er bygget med balansert ventilasjonsanlegg. Den registrerte prisutvikling kan dermed være en indikator på at prisen falt noe i takt med økt etterspørsel/volum innenfor boligventilasjon men stabiliserte seg etter hvert.
- **Tetthetsprøving av eneboliger**  
Tetthetsprøving av eneboliger viser en fallende prisutvikling sammenlignet med andre priselementer i indeksen for boliger. Denne utviklingen kan dermed være på at økt volum på disse tjenester har bidratt til lavere pris, men utover dette kan det være andre elementer som økt konkurranse og tilgjengelighet på kompetanse som har bidratt her.
- **Vinduer**  
På vinduer er det en generell trend mot lavere priser, og det er ikke mulig å skille mellom effekten av økte krav til komponenter, eller evt. andre faktorer som økt konkurranse, rimeligere produksjon, m.m.
- **Vannbårent varmeanlegg**  
Når det kommer til varmeanlegg så har kostnaden her steget utover den generelle prisutvikling for byggevarer, selv om effektbehovet for varme har gått ned. Tallene indikerer at det er en besparelse på 300 kr/m<sup>2</sup>BTA på vannbårent anlegg ved overgang fra TEK kvalitet til passivhusstandard.

Med hensyn til kostnader så kan resultatene fra intervjurunden kort oppsummeres slik at det er lite konkrete tall om forskjeller i kostnadsnivåer for like bygg, historisk utvikling av kostnader eller forventet utvikling. Men det eksisterer en formening om at passivhus har et

## MERKOSTNADER FOR ENERGIEFFEKTIVE BYGG

moderat høyere kostnadsnivå, og at skjerpede krav til energieffektivitet har vært en driver for å redusere denne forskjellen. Uten at det foreligger gode data om dette hos de intervjuede.

Ytterligere var det en fellestrekk i en optimisme til fremtiden mht. at bransjen hadde tatt innover seg behovet for nye løsninger og økt kompetanse, og at bygningers kvalitet var på oppadstigende kurve.

En oppsummering av hovedpunkter mht. utvikling av kostnader tilknyttet bygningsdeler fremgår av Tabell 8-1.

Tabell 8-1 Oppsummering prisutvikling bygningsdeler.

Priselement	Endring av pris over tid	Endring ved overgang fra TEK 07 til Passivhusstandard
Vinduer – U-verdi	Fallende	~20-25 % Vinduer med U-verdi 0,8 koster 10 % mindre enn vinduer med U-verdi 1,6 for 10 år siden.
Ventilasjon	Kontorbygg: Stabil/Svakt fallende Boliger: Økning ved overgang til balansert ventilasjon	Kontorbygg: ingen, se vurdering i avsnitt 7.1.3 Boliger: Ingen.
Yttervegger	Konstant	Ca 20 % økning
Dekker	Økning ca 10 % siste 7 år	Ca 20 % økning
Yttertak	Konstant	Minimal økning
Vannbåren varme	Økning ca 30 % siste 10 år	Fall ca 40 %

### 8.2 Årsakssammenhengene mellom krav/virkemidler og utvikling i merkostnader generelt

Det har ikke vært mulig å trekke klare korrelasjoner eller årsakssammenheng mellom utvikling i myndighetskrav og endringer kostnader på bygningskomponenter og bygningsdeler.

Det er en tendens til at kjente komponenter som vegg, tak og gulv som videreutvikles noe grunnet endring i myndighetskrav, vil etter noen tid få samme prisnivå som før endringen.

Sammensatte prefabrikerte komponenter, som vinduer, synes å påvirkes mest av økt volum, men det er vanskelig å skille denne effekten klart fra andre markedskrefter.

Nye systemer, som balansert boligventilasjon, synes å falle i pris på komponentnivå. Uten at denne kostnadsreduksjonen synes å komme frem i prosjektkostnadene.

### 8.3 Vurdering av funn i rapporten *Konsekvensvurdering Energiregler 2015*

En sammenligning av funnene i denne rapporten med resultatene i *Konsekvensvurdering Energiregler 2015* viser dårlig samsvar i inndata for merkostnader for vinduer i kontorbygg samt ventilasjonsløsninger i både boliger og kontor.

Det kan synes som at interaksjonen mellom VAV, SFP og samtidighet i anlegg er ikke hensyntatt i rapporten samt arealbehov for teknisk anlegg. Ytterligere er den luftmengden som er benyttet ved vurdering av kostnader for ventilasjon i boliger i størrelsesorden det halve av det som kreves iht. TEK07/10 og er normalt i dag

### 8.4 Oppsummering

Erichsen & Horgen AS har i samarbeid med AS Bygganalyse foretatt denne inneværende utredningen for KMD og DiBK. Utredningen har hatt forholdsvis stramme rammer mht. omfang og fremdrift, og det er flere problemstillinger som faller innunder de emner som omhandles her som vi har ikke kunnet gå til tilfredsstillende dybde i.

Dette arbeidet har hatt fokus på at trekke frem historiske data for kostnadsutvikling basert på reelle kvalitetssikrede entreprisetall, og supplere disse med kalkyldata hvor det har vært nødvendig.

Arbeidets hovedkonklusjoner er som følger:

- Kostnader for bygningsdeler med høy energiytelse endres generelt i takt med andre byggekostnader.
- Tallene indikerer at ferdig fabrikerte komponenter/elementer vil ved betydelig økt volum ha en tendens til å falle i pris sammenlignet med andre komponenter.
- Tallene indikerer at enkelte sammensatte systemer har fått en forbedret ytelse uten prisøkning, VAV=> DCV.
- Introduksjon av krav til høyere ytelse i bygg som medfører nye systemer med merkostnad, medfører varig økt kostnadsnivå.
- Våre databaser viser dårlig samsvar med *Konsekvensvurdering Energiregler 2015* for merkostnader for vinduer i kontorbygg samt ventilasjonsløsninger i både boliger og kontor.

**MERKOSTNADER FOR ENERGIEFFEKTIVE BYGG**

---

**9 BILAG A – KOSTNADSIKDEKS**

Tabell 9-1 gir en oversikt over SSBs *Byggjekostnadsindeks for einbustad av tre i alt materialer*, tabell 08652, brukt til å regulere de innhentede kostnadene i Tabell 10-1, Tabell 10-2, Tabell 10-3 og Tabell 11-4.

Tabell 9-1 Byggjekostnadsindeks.

	Byggjekostnadsindeks	Stigning
<b>2004</b>	111	55 %
<b>2006,5</b>	118	45 %
<b>2008</b>	138	24 %
<b>2009,5</b>	141	21 %
<b>2010</b>	144	19 %
<b>2011</b>	150	14 %
<b>2012</b>	155	10 %
<b>2013</b>	161	6 %
<b>2014</b>	164	4 %
<b>2015</b>	171	0 %

KPI indeksen vist i Tabell 9-2 er brukt til å indeksregulere kostnadene i Tabell 10-3 for leverandør 1 bak i tid før en indeksregulering iht. byggjekostnadsindeksen, idet leverandøren rapporterte å ha brukt KPI indeksen ved sin prisregulering.

Tabell 9-2 KPI indeks.

	KPI indeks	Stigning
<b>2007</b>	849	18 %
<b>2008</b>	880	14 %
<b>2010</b>	922	8 %
<b>2012</b>	946	6 %
<b>2014</b>	980	2 %
<b>2015</b>	1000	0 %

10 BILAG B – KOSTNADER BYGNINGSKOMPONENTER

Tabellene under gir en oversikt over indeksregulerte kostnader fra leverandører.

Tabell 10-1 Kostnader for vindu med toppsving 1,2x1,2 m med forskjellige kvaliteter og forskjellige tidspunkt.

	U-verdi	2004	2008	2012	2015
Leverandør 1	1,6 W/m <sup>2</sup> K	-	-	5 680	5 710
	1,2 W/m <sup>2</sup> K	-	6 346	6 248	5 270
	0,8 W/m <sup>2</sup> K	-	-	7 753	7 671
Leverandør 2	1,6 W/m <sup>2</sup> K	-	-	-	-
	1,2 W/m <sup>2</sup> K	-	6 775	6 590	6 547
	0,8 W/m <sup>2</sup> K	-	-	8 499	8 013
Leverandør 3	1,6 W/m <sup>2</sup> K	-	-	6 615	6 704
	1,2 W/m <sup>2</sup> K	-	-	7 078	7 173
	0,8 W/m <sup>2</sup> K	-	-	10 002	10 137

Tabell 10-2 Kostnader balanserte ventilasjonsaggregater for boliger av størrelsen 500 m<sup>3</sup>/h.

	2004	2008	2012	2015
Leverandør 1	26 911	24 273	21 005	22 800
Leverandør 2	27 332	26 249	23 500	25 677

Tabell 10-3 Kostnader ved tetthetsprøving av boliger.

	2007	2008	2010	2012	2014	2015
Leverandør 1	5434	5243	5318	5083	5010	4900
Leverandør 2	8768	8050	7704	7148	6782	6500

## MERKOSTNADER FOR ENERGIEFFEKTIVE BYGG

---

### 11 BILAG C – KOSTNADER BYGNINGSDELER

Prisene for bygningsdeler varierer med bygningstype og størrelse på bygg, og forutsetninger hertil er derfor viktige.

Ved innhenting av kostnader til bygningselementer er det benyttet to av bygningsmodellene som SINTEF Byggforsk brukte til å sette rammekravene i TEK10. Tabell 11-1 viser oversikt over bygningsmodellene, og Tabell 11-2 viser en sammenstilling av arealer og volumer i SIMIEN modellene, og de ytterligere antakelser som er benyttet i denne utredningen vedrørende geometri.

Tabell 11-1 Forutsetninger for småhus og kontorbygg.

	Grunnflate	Oppvarmet BRA	Oppvarmet volum	Yttervegg ink. vindu	Areal vindu	Areal vegg
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
<b>Småhus</b>	80	160	440	192	32	160
<b>Kontorbygg</b>	1200	3600	8748	1516	720	796

Kontorbyggets utforming er i tillegg beskrevet i Prosjektrapport 42 av 2009[Dokka, et. al].

En styrke ved å bruke de overnevnte modellene er lett gjenkjennelighet for bransjen og enkelt å sammenligne med *Konsekvensvurdering Energiregler 2015*.

De kostnader som hentes fra prisdatatabasen er avhengig av bl.a. byggeår, bygningstype størrelse, osv. Slike forutsetninger er derfor viktige ved vurdering av innhentede data. Bakgrunnsdata for innhenting av kostnader fremgår av Tabell 11-3 og de innhentede kostnadstall fremgår av Tabell 11-4.



Tabell 11-2 Sammenstilling av arealer og volumer som er benyttet.

Bygningstype	Forskrift / Standard	Oppgitt i SIMIEN modellen			Antatt		Kalkulert		Oppg. høyde	Antatt Etasje- høyde	Kalkulert YV (YOM)	Oppgitt	
		Bruksareal (m <sup>2</sup> BRA)	Grunnflate	Bygningsareal	Bruttoareal	m <sup>2</sup> BTA	Bruksareal	Bruttoareal				Veggareal m <sup>2</sup>	Vindu
12 Småhus	Standard	etg.	8 x 10	8,7 x 10,7	93	186	116 %	2,75	3,00	233	192	32	
	TEK10 Passivhus	2	oppvarmet	9,0 x 11,0	99	198	124 %	2,75	3,00	240	192	32	
13 Boligblokk	TEK10	3	10 x 30	10,7 x 30,7	328	985	109 %	2,28	2,57	638	638	180	
	Passivhus	3	oppvarmet	11,0 x 31,0	341	1 023	114 %	2,28	2,57	678	638	180	
31 Kontor	TEK10	3	20 x 60	20,7 x 60,7	1 256	3 769	105 %	2,43	3,10	1 514	1 516	720	
	Passivhus	3	oppvarmet	21,0 x 61,0	1 281	3 843	107 %	2,43	3,10	1 525	1 516	720	

## MERKOSTNADER FOR ENERGIEFFEKTIVE BYGG

Tabell 11-3 Bakgrunnsdata for innhenting av kostnader for bygningsdeler.

Konto/ post nr.	Beskrivelse		Kommentar
25	Gulv på grunn (per m <sup>2</sup> gulv)	Betongdekke, U-verdi=0,15 W/m <sup>2</sup> K	Gulv på grunn (t=100mm) + 150 mm isolasjon
		Betongdekke, U-verdi=0,08 W/m <sup>2</sup> K	Gulv på grunn, t = 100 mm + 400 mm isolasjon
26	Yttertak (per m <sup>2</sup> tak)	Skrått tretak m. kaldt loft, U-verdi=0,13 W/m <sup>2</sup> K	W-stoler, 300 mm isolasjon i undergurt
		Flatt kompakt tak, U-verdi=0,13 W/m <sup>2</sup> K	300 mm isolasjon
		Skrått tretak m. kaldt loft, U-verdi=0,09 W/m <sup>2</sup> K	W-stoler, 400 mm isolasjon i undergurt
		Flatt kompakt tak, U-verdi=0,09 W/m <sup>2</sup> K	400 mm isolasjon
23	U-verdi vindu (per m <sup>2</sup> vindusflate)	U-verdi=1,6 W/m <sup>2</sup> K	Vindu i tre, aluminiumsmantlede, fast karm. Ingen
		U-verdi=1,2 W/m <sup>2</sup> K	merkostnader for sikkerhets-, trygghets- evt. lydglass
		U-verdi=0,8 W/m <sup>2</sup> K	inkludert.
		Vegg med trestendere, U-verdi=0,18 W/m <sup>2</sup> K	250 mm isolasjon
		Betongvegg, U-verdi=0,18 W/m <sup>2</sup> K	Sandwichelement av betong ink. 400mm EPS isolasjon
	Yttervegg (per m <sup>2</sup> vegg)	Vegg med trestendere, U-verdi=0,12 W/m <sup>2</sup> K	Bindingsverk av I-profiler, 350 mm isolasjon

Tabell 11-4 Kostnader for bygningsdeler.

Konto/ post nr.	Beskrivelse	2004	2006,5	2008	2009,5	2010	2011	2012	2013	2014	2015
32	Vannbårent varmeanlegg (per m <sup>2</sup> BTA)	650	644	722	726	724	-	786	-	-	862
	Boliger	665	666	706	708	706	-	767	-	-	840
	Kontorbygg	-	-	-	-	-	-	-	543	559	568
	Passivhus - Boliger	-	-	-	-	-	-	-	529	546	554
36	Balansert ventilasjon (per m <sup>2</sup> BTA)	113	112	100	103	-	-	-	-	-	-
	Boliger (avtrekk)	-	-	-	-	479	-	481	-	-	487
	Kontorbygg (CAV)	1191	1137	1189	1107	1063	-	1068	-	-	1082
	Kontorbygg (VAV)	-	-	-	-	1489	1476	1495	1520	1535	1515
25	Gulv på grunn (per m <sup>2</sup> gulv)	-	-	824	785	767	-	898	-	-	868
	Betongdekke, U-verdi=0,15 W/m <sup>2</sup> K	-	-	-	-	-	-	-	1130	1134	1099
26	Yttertak (per m <sup>2</sup> tak)	-	-	1448	1390	1374	-	1398	-	-	1421
	Betongdekke, U-verdi=0,08 W/m <sup>2</sup> K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Skrått tretak m. kaldt loft, U-verdi=0,13 W/m <sup>2</sup> K	-	-	879	846	847	-	873	-	-	934
	Flatt kompakt tak, U-verdi=0,13 W/m <sup>2</sup> K	-	-	-	-	-	-	-	1500	1527	1486
23	Yttervegg (per m <sup>2</sup> vegg)	-	-	-	-	-	-	-	1000	949	934
	Betongvegg, U-verdi=0,18 W/m <sup>2</sup> K	4856	-	4644	4412	4314	-	3805	-	-	3590
	U-verdi=1,6 W/m <sup>2</sup> K	-	-	5040	4776	4670	-	4135	-	-	3900
	U-verdi=1,2 W/m <sup>2</sup> K	-	-	0	5333	5215	-	4619	-	-	4370
	U-verdi=0,8 W/m <sup>2</sup> K	977	-	1251	1224	1185	-	1210	-	-	1170
	Vegg med trestendere, U-verdi=0,18 W/m <sup>2</sup> K	-	-	2650	2630	2548	-	2595	-	-	2600
	Vegg med trestendere, U-verdi=0,12 W/m <sup>2</sup> K	-	-	-	-	-	1299	1341	1390	1399	1352



## RÅDGIVERE MED SPISSKOMPETANSE

**Erichsen & Horgen AS** er et rådgiverselskap med spisskompetanse innen VVS, energi og klimateknikk, særlig for bygg i kaldt klima. Våre ingeniører leverer i tillegg et bredt spekter av tilgrensende spesialiserte tjenester for bygge- og eiendomsbransjen.

Vi yter rådgivning og prosjektering for alle prosjektfaser fra utvikling og utredning av muligheter, via detaljering av planer til bygging/implementering og drift.

**AS Bygghanalyse** tilbyr kvalifiserte tjenester og produkter innenfor fagfeltet byggøkonomi, og er leverandør av kalkyler, økonomiske beregninger og usikkerhetsanalyser for alle typer landbaserte prosjekter.

Med levering av over 550 utredninger hvert år, har vi bred kompetanse og kan raskt sette oss inn i nye problemstillinger med fokus på lønnsomheten i prosjektet. I tillegg til byggøkonomisk rådgivning har vi lang erfaring med utarbeidelse av tilbudsgrunnlag/beskrivelse.