

---

RAPPORT

# Mulige endringer i energikrav

---

OPPDRAAGSGIVER

Direktoratet for byggkvalitet (DiBK)

DATO / REVISJON: 02. desember 2024 / 02

DOKUMENTKODE: 10260773-01-RIEn-RAP-01

---



Multiconsult

Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt i den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredjeparter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult med mindre annet følger av norsk lov. Multiconsult påtar seg intet ansvar for bruk av dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn det som er godkjent skriftlig av Multiconsult. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter med mindre annet følger av norsk lov.



## RAPPORT

OPPDRAG	<b>Mulige endringer i energikrav</b>	DOKUMENTKODE	10260773-01-RIEn-RAP-001
EMNE	Utredning av mulige nye energikrav i TEK	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	<b>Direktoratet for byggkvalitet (DiBK)</b>	OPPDRAGSLEDER	Trond Ivar Bøhn
KONTAKTPERSON	Marius Fjeldbo	UTARBEIDET AV	Trond Ivar Bøhn, Wolfgang Kampel, Ida Bryn, Olav Rådstoga, David Helland, Stephan Niderehe, Trond Ulriksen, Adam Sjøstad
		ANSVARLIG ENHET	Inneklima, dagslys og energi

## SAMMENDRAG

DiBK har fått i oppdrag å utrede endringer i byggt teknisk forskrift (TEK17) for å fremme energieffektivitet, energifleksibilitet og lokal energiproduksjon. Dette inkluderer vurdering av krav til bygningskroppen, energirammer, energifleksibilitet og tekniske installasjoner.

Multiconsult anbefaler at nye energikrav i TEK inkluderer:

- Rammekrav for vektet levert energi:** Beregninger viser at det er mulig og lønnsomt å skjerpe enkelte komponenter. For småhus foreslås at det er energiforsyning med luft/luft-varmepumpe som legges til grunn for energiramme kravet, for boligblokk og yrkesbygg foreslås fjernvarme og fjernkjøling.
- Energiltak for bygningskropp:** Krav for å sikre en robust bygningskropp med lavt transmisjonstap, med mulighet for omfordeling av energiltak. Alternativt kan det settes krav til varmetapstall.
- Minimumsnivå for energieffektivitet:** Videreføring av innretning, skjerping av krav til vinduer og lekkasjetall, innføring av minimumsnivå for normalisert kuldebroverdi og gulv med gulvvarme.
- Tiltaksmetode (småhus):** Videreføring av innretning med forenklet oppfyllelse av energikrav uten omfattende beregninger, med skjerping for ventilasjon.
- Energifleksible varmesystemer:** Krav til energifleksible varmesystemer og varmesentral for å sikre fremtidig fleksibilitet og redusere avhengigheten av elektrisitet. Egne krav for småhus med minimum luft/luft-varmepumpe.
- Smart styring og energioptimalisering (store yrkesbygg):** Krav til SD- og automasjonsanlegg for smart styring, energioptimalisering og lastforskyvning for å redusere effekttopper.
- Tilrettelegging for individuell energimåling (boligblokk):** Krav til tilrettelegging for senere installasjon av individuell energimåling. Tilpasningstiltak for vannbårne systemer.
- Tilrettelegging for energioppfølging (boligblokk og yrkesbygg):** Krav til installasjon av energimålere for formålsdelt måling, for å tilrettelegge for energioppfølging og energieffektiv drift. Målerne bør kobles til byggets SD-anlegg.
- Solklare bygg:** Nye bygninger bør tilrettelegges for enkel ettermontering av solenergianlegg.

Alle forslag til krav må sees i sammenheng, spesielt rammekrav for vektet levert energi og krav til energiltak for bygningskropp slik at det i sum blir tilstrekkelig strengt. Det anbefales å fjerne skjulte «buffere» i dagens energiramme krav som gir beregningsmessig spillerom.

Det er nødvendig med en utredning av klimakorrigerende faktorer for å finne klimajusteringsfaktorer for alle kommuner/klimasoner. Det anbefales å gjennomføre en studie på distribusjonsvarmetap.

02	02.12.2024	Revisjon	Trond Ivar Bøhn	Ida Bryn	Trond Ivar Bøhn
01	05.11.2024	Leveranse	Trond Ivar Bøhn, Wolfgang Kampel, Ida Bryn, Olav Rådstoga, David Helland, Stephan Niderehe, Trond Ulriksen, Adam Sjøstad	Ida Bryn	Trond Ivar Bøhn
00	25.10.2024	Førsteutkast	Trond Ivar Bøhn		
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>5</b>
1.1	Bakgrunn.....	5
1.2	Bestilling fra DiBK.....	5
1.3	Premisser for oppdraget.....	6
<b>2</b>	<b>Krav til bygningskroppen .....</b>	<b>8</b>
2.1	Krav til varmetapstall .....	8
2.1.1	Varmetapstall for kravsnivået i gjeldende TEK17.....	8
2.1.2	Sensitivitet ift. kravsnivå for bygningskropp .....	8
2.1.3	Sensitivitet ift. bygningsform og -størrelse .....	10
2.1.4	Forslag kravsnivå bygningsrelatert varmetapstall.....	12
2.2	Minimumsnivå for energieffektivitet .....	13
2.2.1	Vurdering endring av minimumsnivå.....	13
2.2.2	Vurdering konsekvens av å endre fra gjennomsnittsverdi til faktisk U-verdi.....	17
2.2.3	Forslag til nye minimumsnivå .....	18
<b>3</b>	<b>Ramme for vektet levert energi .....</b>	<b>18</b>
3.1	Dagens kravsnivå TEK17.....	18
3.2	Buffere i dagens energirammekrav.....	19
3.3	Vurdering skjerpning av kravsnivået.....	22
3.4	Konsekvenser ved valg av ramme vektet levert energi .....	28
3.5	Vurdering fordeler og ulemper med faste poster .....	30
<b>4</b>	<b>Tiltaksmetoden.....</b>	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>Energifleksibilitet.....</b>	<b>32</b>
5.1	Krav til energifleksibel oppvarming .....	32
5.2	Krav til varmesentral.....	33
5.3	Krav som tilrettelegger for lastforskyvning og/eller forbrukerfleksibilitet .....	34
5.3.1	SD-anlegg med åpne kommunikasjonsprotokoller .....	35
5.3.2	Måling og logging.....	36
5.3.3	Effektstyring / optimal stopp og start .....	36
5.3.4	Digital tvilling .....	37
5.3.5	Smartberedere.....	37
<b>6</b>	<b>Tekniske installasjoner.....</b>	<b>39</b>
6.1	Krav til systemtap i vannbårne distribusjonsanlegg.....	39
6.2	Krav til andre tekniske installasjoner .....	41
6.3	Krav til tilrettelegging for individuell energimåling.....	43
6.4	Krav som tilrettelegger for energioppfølging og energioptimal drift.....	44
6.5	Krav til solklare bygg .....	45
6.5.1	Veiledning i TEK.....	45
6.5.2	Presiseringer i SAK10 .....	47
<b>7</b>	<b>Sammendrag med konklusjoner.....</b>	<b>49</b>
	<b>Vedlegg A – Kravspesifikasjonen fra DiBK .....</b>	<b>52</b>
	<b>Vedlegg B – Sensitivetsanalyse distribusjonstap og reguleringstap .....</b>	<b>55</b>
	<b>Vedlegg C – Resultater fra lønnsomhetsberegninger.....</b>	<b>56</b>

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Byggsektoren står for omtrent 40 prosent av energibruken i Norge. Norge har i lov om klimamål (klimaloven) lovfestet et mål om å bli et lavutslippssamfunn i 2050. Regjeringen la høsten 2023 frem «Handlingsplan for energieffektivisering i alle deler av norsk økonomi» (OED, 2023), der tiltak i bygningsmassen står sentralt. I handlingsplanen står det at en forutsetning for å lykkes er at vi bruker samfunnets ressurser effektivt, også på energiområdet. Videre står det at regjeringen nå setter i gang arbeidet med å gå gjennom energikravene i byggt teknisk forskrift og relevante krav i byggesaksforskriften, og at det legges opp til en bred utredning av mulige endringer som kan bidra til økt energieffektivitet, energifleksibilitet og lokal energiproduksjon.

DiBK har fått følgende oppdrag i tildelingsbrev fra Kommunal- og distriktsdepartementet i 2024:

*«DiBK skal utrede mulige endringer i byggt teknisk forskrift og byggesaksforskriften som kan legge til rette for økt energieffektivitet, energifleksibilitet og lokal energiproduksjon.»*

Bygningsregelverket utløser ikke energitiltak i seg selv, men setter rammer for de tiltakene byggeier selv velger å gjennomføre. DiBK skal foreslå mulige endringer i regelverket som kan bidra til økt energieffektivitet, energifleksibilitet og lokal energiproduksjon. Arbeidet vil omfatte mulige endringer i kravene for nye bygg og tiltak på eksisterende byggverk, samt mulige endringer som kan legge til rette for at flere energitiltak blir gjennomført i eksisterende bygg.

## 1.2 Bestilling fra DiBK

DiBK ønsker å utrede potensial for økt energieffektivitet, energifleksibilitet og lokal energiproduksjon gjennom mulige endringer i gjeldende byggt teknisk forskrift (TEK17). Dette oppdraget avgrenses til nye bygninger.

DiBK vil utrede en mulig endring av grensesnittet for energiberegning for bygninger til vektet levert energi, med vektingsfaktorer for ulike energibærere, samtidig som energikravene skal sikre god kvalitet til bygningskroppen (passive tiltak). En mulig innretning på kravene kan da være å sette

- krav til varmetapstall (transmisjon) og
- energiramme for bygningen beregnet ut fra vektet levert energi.

Endringer skal lønnsomhetsberegnes ut fra privatøkonomisk betraktning, med ulike valg av energiforsyningsløsninger. Det skal også gjennomføres beregninger og vurderes endringer som går ut over hva som er privatøkonomisk lønnsomt. Det skal gjennomføres energiberegninger og/eller energifaglige vurderinger av eventuelle endringer som omhandler;

1. Krav til bygningskroppen gjennom varmetapstall og minimumsnivå for energieffektivitet
2. Ramme for vektet levert energi
3. Krav til energifleksibilitet
4. Krav til tekniske installasjoner

Kravspesifikasjonen for oppdraget er i sin helhet i vedlegg A. Her er nærmere spesifisert hvilke energiberegninger og energifaglige vurderinger som skal utføres under hvert punkt. Rapporten følger i stor grad samme inndeling av oppgavene 1-4 med underpunkter ref. kravspesifikasjonen, som svares ut.

### 1.3 Premisser for oppdraget

På oppdrag for DiBK i 2023 utførte Multiconsult kostnadsoptimaliseringsberegninger for TEK17, for å svare ut EUs bygningsenergidirektiv nr. 2 (EPBD, Directive 2010/31/EU) med tilhørende forordning No 244/2012 som setter krav til å gjennomføre kostnadsoptimaliseringsberegninger for nasjonale energikrav for bygninger og bygningselementer. Vi utarbeidet da et excelverktøy til kostnadsoptimaliseringsberegningene, for å sammenligne lønnsomhet i tiltaksalternativer med ulike beregningsforutsetninger i form av ulike renter, ulike energipriser, samt med både privatøkonomiske og samfunnsøkonomiske kostnader. Etter avtale med DiBK utnyttet nevnte beregningsverktøy igjen i dette nye oppdraget, for å finne energitiltak og dermed hvor mye energirammen kan skjerpes innenfor det som er lønnsomt sammenlignet med de energitiltak som ligger til grunn for dagens energirammekrav i TEK17. Mer om dette i avsnitt 3.3.

Vektingsfaktorer for energibærere er forutsatt de samme som foreslått i Energidepartementets Høringsnotat «*Forslag til endring i energimerkeforskriften for bygninger – endringer i beregningsmetode for energikarakter og justering av energikarakterskala*», 5.7.2024. Vektingsfaktorene er presentert i Tabell 1.

Tabell 1: Vektingsfaktorer foreslått av Energidepartementet

Energibærer	Vektingsfaktor
Elektrisitet	1,0
Fjernvarme	0,8
Fjernkjøling	0,8
Biobrensel	0,9
Egenprodusert kraft til egenbruk	1,0
Egenprodusert kraft til eksport	0,0
Øvrige energibærere	1,0

Det fremkommer av høringsnotatet at av egenprodusert kraft (typisk solstrøm fra solceller) medregnes kun andel til egenbruk, og ikke andel til eksport som derfor får vektingsfaktor 0.

Alle inndata og forutsetninger bak utførte energiberegninger, og alle resultater, er presentert i medfølgende excelark «10260773-01 RIEn-BER Mulige endringer i energikrav».

Energiberegninger for mulige nye energirammekrav er utført med de samme bygningsmodellene som ligger til grunn for dagens energirammekrav i TEK17 for de 13 bygningskategoriene (byggningsmodelldata er angitt i nevnte excelark). Det forutsettes at disse fortsatt er representative for nybygg, - det er ikke gjort noen studie på dette, men det er gjort sammenligning mot DiBKs referansebygg for småhus, boligblokk og kontorbygg.

Beregningene er gjort iht. *SN-NSPEK 3031:2023 Bygningers energiytelse- Beregning av energibehov og energiforsyning*, og med programvaren SIMIEN 7 versjon 7.052 fra SIMIEN AS (desktop-versjon av SIMIEN PRO Online) som regner etter nevnte spesifikasjon.

Det bemerkes at ny *prNS 3031:2024 Bygningers energiytelse - Beregning av energi- og effektbehov* i skrivende stund er på høring (høsten 2024). Denne er altså en kommende standard som dekker både energi- og effektbehov, som bygger på SN-NSPEK 3031:2023 samt SN-TS 3032:2021, men som vil ha

noen endringer og tillegg. Det legges opp til at denne nye standarden skal benyttes både i ny/endret energimerkeordning samt i fremtidig nye energikrav i TEK.

Alle energiberegninger er i utredningen utført med standard referanseklime (Oslo-klima), ref. SN-NSPEK 3031:2023 avsnitt A.8 Klimadata. Det må imidlertid bemerkes at beregninger etter SN-NSPEK 3031:2023 skal gjøres i lokalt klima der aktuell bygning ligger, for å sikre at aktuell energiforsyningsløsning fungerer som tilsiktet, for deretter å klimakorrigeres for å kunne sammenlignes og evalueres mot energirammekrav og energimerkeskala. SN-NSPEK 3031:2023 har tre ulike metoder for klimakorrigering i *Tillegg U Metoder for sammenligning av energiytelse ved normerte betingelser*. I prNS 3031:2024 er det gitt kun én og ny metode i *Tillegg U Beregning av klimajustert normert energiytelse som nøytraliserer effekt av lokalt klima*. DiBK gjør oppmerksom på at for å ta i bruk sistnevnte metode for klimakorrigering, må det også gjøres et utredningsarbeid for å finne klimajusteringsfaktorer for alle kommuner eller annen inndeling i aktuelle klimasoner i Norge, samt å vurdere om alle / hvilke energiposter som skal klimakorrigeres.

Før endelige rammekrav for vektet levert energi skal settes og publiseres ifm. nye energikrav i TEK, er det en klar anbefaling fra Multiconsult at det gjøres en oppdatering og ny gjennomregning av energirammene for de 13 bygningskategoriene, med begrunnelse i;

- Endelig og publisert NS 3031:2024 vil ha enkelte endringer ift. SN-NSPEK 3031:2023 som beregningene i denne rapporten er tuftet på. Etter innspill fra høringsrunden kan det også bli flere endringer. Eksempel på mulig endring er om det i normert beregning for boligbygg skal regnes uten virkningen av manuell regulerbar solskjerming i oppvarmingsperioder for å nyttiggjøre alt varmetilskudd fra sol.
- Programvaren SIMIEN Pro / SIMIEN 7 har vist seg å ha feil («bugs»), som blir rettet løpende iht. innmelding om feil, og det vil med all sannsynlighet oppdages og rettes flere feil også fremover. Videre er det ikke alle deler av SN-NSPEK 3031:2023 som faktisk er implementert i SIMIEN Pro / SIMIEN 7 ennå, eksempelvis *Tillegg J Modeller for el.kjeler* og *Tillegg O Modeller for fjernvarme og fjernkjøling* som vil si at virkningsgradene ikke blir beregnet i SIMIEN men må settes som input av bruker. *Tillegg V Batterier* er heller ikke implementert, som bl.a. vil si at man foreløpig ikke kan regne med økt egenbruk av solenergi ved batteri. Ifølge Simien AS vil de ikke implementere flere tillegg før nye NS 3031:2024 blir endelig og publisert. Vi kjenner også til at det er andre funksjonaliteter som mangler i SIMIEN Pro / SIMIEN 7 i dag, som er spilt inn og som Simien AS muligens vil komme med senere, eksempelvis å kunne legge inn grunnlast og spisslast for kjølesentral, og å kunne legge inn pumpeenergi for varmtvannssirkulasjon.
- Avhengig av valg av metode for klimakorrigering og hvordan myndighetene ønsker at energimerkeskala og energirammekrav i TEK skal relateres, kan det være aktuelt å regne energirammekrav med nye klimadata for Oslo i stedet for i «gamle» standard referanseklime.

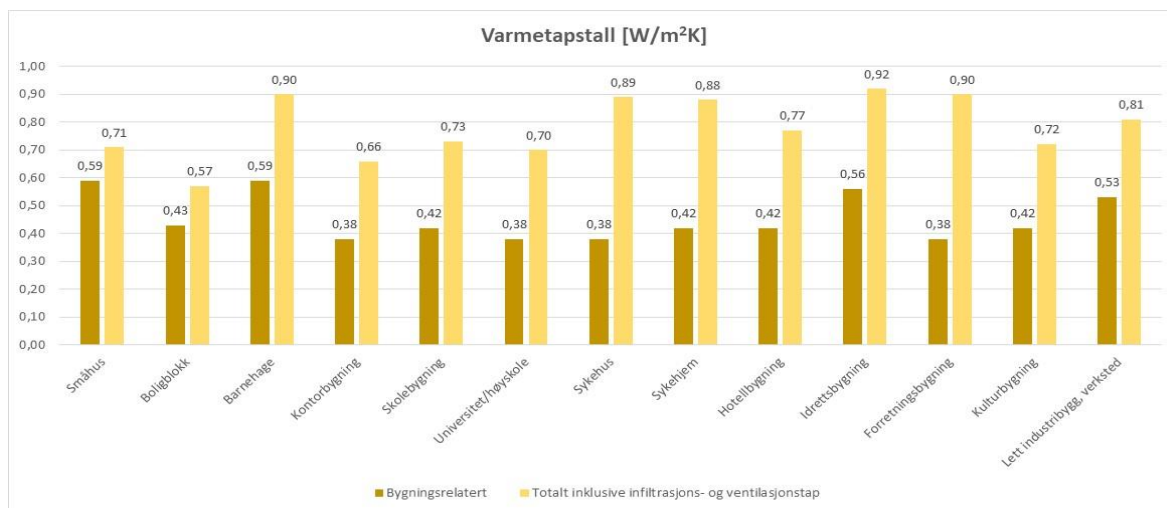
## 2 Krav til bygningskroppen

### 2.1 Krav til varmetapstall

Om det skal settes energiramme for vektet levert energi, virker det fornuftig å også sette krav til varmetapstall (alternativt energitiltaks krav for bygningskropp med omfordelingsmulighet) for å sikre en robust bygningskropp med lavt transmisjonsvarmetap, ellers ville man i teorien kunne bygge dårlige bygninger med stort varmebehov så lenge man installerte varmepumpe og nok solceller.

#### 2.1.1 Varmetapstall for kravsnivået i gjeldende TEK17

Det er gjort beregninger av varmetapstall for de 13 bygningskategoriene, i de bygningsmodellene og med det kravsnivået som ligger til grunn for energirammekravet i gjeldende TEK17 kapittel 14. Med henvisning til SN-NSPEK 3031:2023 Tabell 3, er det transmisjonstap gjennom vegger, tak, gulv, vinduer samt kuldebroer som inngår i bygningsrelatert varmetapstall. Det er i beregningsresultater også vist totalt varmetapstall inklusive infiltrasjon- og ventilasjonstap. Resultater fremgår av Figur 1.



Figur 1: Varmetapstall for bygningsmodeller og det kravsnivået som ligger til grunn i gjeldende TEK17

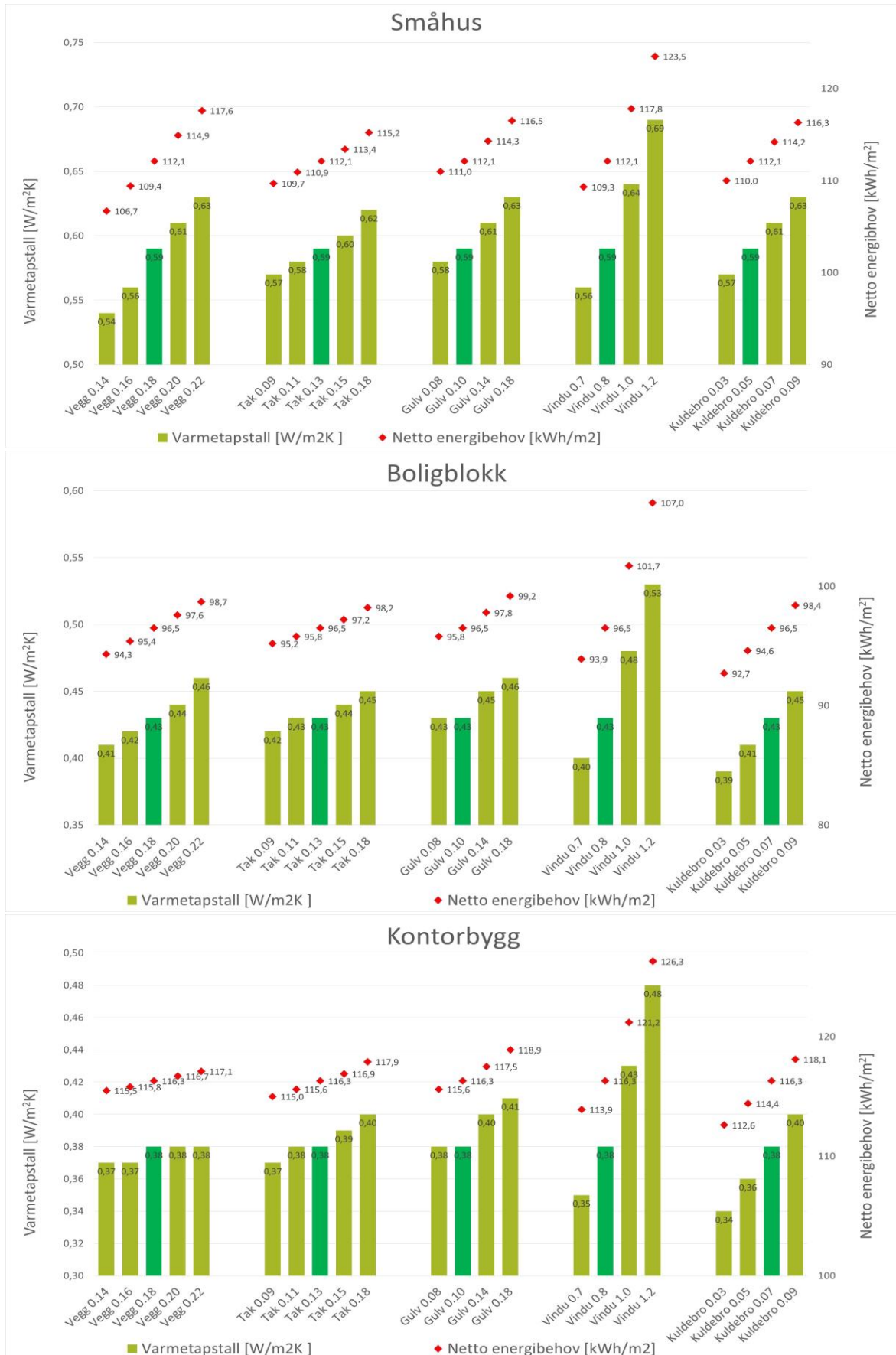
Skal det i nye energikrav i TEK settes krav til varmetapstall, er det naturlig å sette dette for det bygningsrelaterte varmetapstallet med referanse til SN-NSPEK 3031:2023 Tabell 3.

Infiltrasjonsvarmetapet er også sterkt bygningsrelatert, men det er avhengig av ventilasjonsløsning, som er årsak til at det i NSPEK ikke er tatt med. Vi ser av resultatene at bygningsrelatert varmetapstall naturlig nok varierer med de bygningsmodellene som definerer hver bygningskategori, og krav bør derfor også differensieres per bygningskategori. Senere i avsnitt 2.1.3 gjøres nærmere vurderinger for bygningskategoriene småhus, boligblokk, kontorbygg og lett industri/verksted. Bygningsrelatert varmetapstall for idrettsbygning bør sees i sammenheng med lett industri/verksted. Bygningsrelatert varmetapstall for øvrige yrkesbygg kan sees i sammenheng med kontorbygning. Bortsett fra barnehage som bør vurderes spesielt, - det er en bygningskategori som kan variere svært i form/størrelse; fra de minste som kan sammenlignes med småhus, til de større som kan sammenlignes med kontorbygning.

#### 2.1.2 Sensitivitet ift. kravsnivå for bygningskropp

Med utgangspunkt i kravsnivået for gjeldende TEK17 (ref. beregningene i avsnitt 2.1.1) er det gjort beregninger som viser utslaget i form av endringer på det bygningsrelaterte varmetapstallet og netto energibehov når kravsnivå for U-verdier og normalisert kuldebroverdi skjerpes eller lempes. Det er gjort beregninger for småhus, boligblokk og kontorbygg. Resultater fremgår av Figur 2. I figuren er søyler som representerer dagens kravsnivå i TEK17 markert med annen farge.





Figur 2: Variasjoner i bygningsrelatert varmetapstall og netto energibehov gitt skjerpning og lemping på U-verdier og normalisert kuldebroverdi, vist for småhus, boligblokk og kontorbygg (varmetapstallet blir avrundet til nærmeste to desimal i SIMIEN, som gjør at noen verdier og søyler blir framstilt som like tross for endring i input).

Resultatene viser at for bygningsmodell småhus er det kravsnivå for U-verdi vindu og dernest U-verdi vegg samt normalisert kuldebroverdi som har størst påvirkning. Samme gjelder for bygningsmodell boligblokk. For bygningsmodell kontorbygg er det U-verdi vindu og dernest normalisert kuldebroverdi som har størst påvirkning. For kontorbygg vil eksempelvis skjerping av normalisert kuldebroverdi fra 0,07 til 0,05 W/m<sup>2</sup>K ha mer å si enn skjerping av U-verdi vegg fra 0,18 til 0,14 W/m<sup>2</sup>K. For kontorbygg gir ev. skjerping av U-verdi for vegg, tak og gulv veldig små differanser på netto energibehov, som er et argument for å ikke legge stor vekt på dette.

### 2.1.3 Sensitivitet ift. bygningsform og -størrelse

Med utgangspunkt i bygningsmodellene (her kalt «MC-kassa») som ligger til grunn for energirammekravet i TEK17, er det gjort beregninger som viser utslaget i form av endringer på det bygningsrelaterte varmetapstallet og netto energibehov når bygningsstørrelse og bygningsform varierer. U-verdier og normalisert kuldebroverdi er altså holdt konstant på TEK17-nivå. Beregninger er utført for småhus, boligblokk og kontorbygg. Resultater fremgår av Figur 3.



Figur 3: Varisjoner i bygningsrelatert varmetapstall og netto energibehov gitt ulike bygningsstørrelser og bygningsform, vist for småhus, boligblokk og kontorbygg.

Alle bygg har en vindusandel på 25 % av BRA, om annet ikke er spesifisert.

### Småhus

«MC-kassa» er et småhus på 8 x 10m i halvannen etasje, med varmetapstall 0,59 W/m<sup>2</sup>K. «Ett plan» er et småhus på 12 x 8m i 1 etasje med kaldt loft, med varmetapstall 0,62 W/m<sup>2</sup>K. «Tre plan» er et småhus («funkishus») på 8 x 12m i 3 etasjer med flatt tak, med varmetapstall 0,47 W/m<sup>2</sup>K. Som figuren viser utgjør naturligvis varmetapstall for gulv og tak mindre andel når huset har flere etasjer. Dersom kravsnivå for bygningsrelatert varmetapstall settes på nivået for «MC-kassa» på 0,59 W/m<sup>2</sup>K, vil småhuset «ett plan» måtte forbedre seg noe, men ikke mer enn det som er fullt oppnåelig gjennom forbedret kuldebroverdi og/eller forbedret U-verdi vegg eller andre bygningskomponenter som vist i Figur 2. DiBK's «referansebygg», som er et kataloghus på 145 m<sup>2</sup> fordelt på 2 etasjer og med noe større vindusandel på 33 % av BRA har varmetapstall på 0,61 W/m<sup>2</sup>K. Om det skal fastsettes én verdi for krav til bygningsrelatert varmetapstall for småhus, vurderer vi på denne bakgrunn **0,58 W/m<sup>2</sup>K** som fornuftig kravsnivå. Men som eksempelberegningene viser, kan det være svært stor variasjon i varmetapstallet avhengig av form og ikke minst størrelse, eksempelvis har småhuset «ett plan» 32 % høyere varmetapstall en «tre plan». Derfor vil det være mer riktig å sette kravsnivå for varmetapstall som er avhengig av oppvarmet BRA. Dette vil være mer rettferdig, slik at ikke små hus straffes hardt og store hus får det lett.

### Boligblokk

«MC-kassa» er en boligblokk på 10 x 30m i 3 etasjer, som har varmetapstall på 0,43 W/m<sup>2</sup>K. De andre modellene har alle et lavere varmetapstall. «Langstrakt» er en boligblokk på 10 x 60m i 3 etasjer, med varmetapstall 0,42 W/m<sup>2</sup>K. «Høyblokk» er en boligblokk på 10x40m i 9 etasjer, med varmetapstall 0,38 W/m<sup>2</sup>K. DiBK's «referansebygg» er en større boligblokk på 3086 m<sup>2</sup> fordelt på 4 etasjer, og med vindusandel på kun 17 % av BRA, med varmetapstall 0,36 W/m<sup>2</sup>K. I mange boligblokk-prosjekter kan det synes som at vindusandelen er lavere enn 25 % som er forutsetningen brukt i «MC-kassa». Vi vurderer at et fornuftig krav til varmetapstall er **0,40 W/m<sup>2</sup>K**, tilsvarende boligblokk «mindre vinduer» som er lik MC-kassa bare med vindusandel redusert fra 25 til 20 %. Boligblokkene «MC-kassa» og «langstrakt» som har 25 % vinduer vil da måtte forbedre seg noe, men ikke mer enn det som er fullt oppnåelig gjennom forbedret kuldebroverdi og/eller forbedret U-verdi vegg eller andre bygningskomponenter som vist i Figur 2. Men, eksempelberegningene viser betydelig variasjon i varmetapstallet avhengig av form og ikke minst størrelse, eksempelvis har boligblokken «MC-kassa» 19% høyere varmetapstall en «referansebygg». Derfor vil det også her være mer riktig å sette kravsnivå for varmetapstall som er avhengig av oppvarmet BRA.

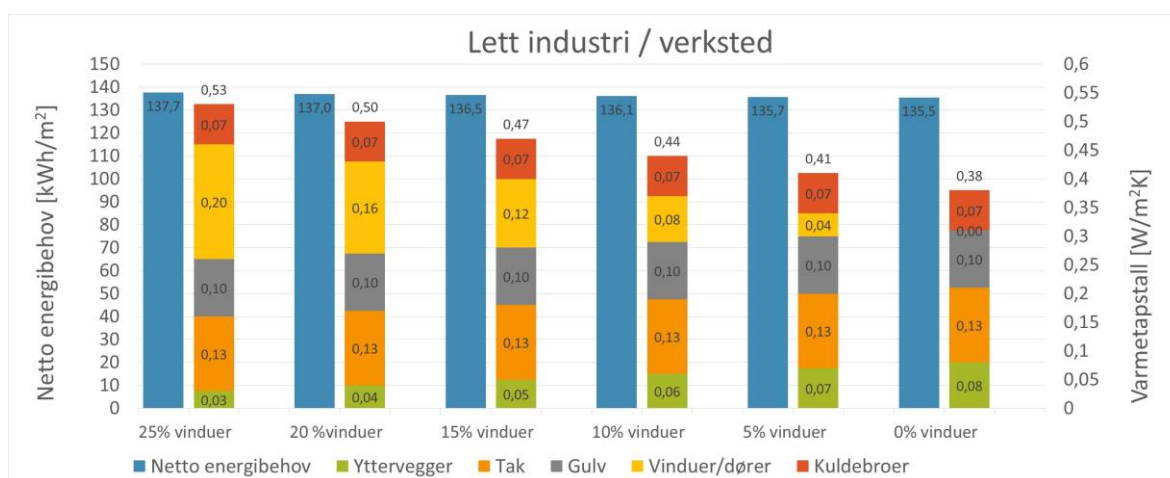
### Kontorbygg

«MC-kassa» er et kontorbygg på 20 x 60m i 3 etasjer, som har varmetapstall på 0,38 W/m<sup>2</sup>K. «To etasjer» er et mindre kontorbygg på 15 x 40m i kun 2 etasjer og har det største varmetapstallet på 0,45 W/m<sup>2</sup>K. «9 etasjer» er et stort kontorbygg på 20 x 50m i 9 etasjer, med varmetapstall 0,33 W/m<sup>2</sup>K. «E-form» er et kontorbygg i 4 etasjer med fløyer formet som en E, med varmetapstall 0,38 W/m<sup>2</sup>K. DiBK's «referansebygg» er et kontorbygg på 2089 m<sup>2</sup> oppvarmet BRA fordelt på 4 delvis 3 etasjer, kompleks geometri, mye ytterveggareal, vindusandel på 21 % av BRA, og gir varmetapstall på 0,42 W/m<sup>2</sup>K. Om det skal fastsettes én verdi vurderer vi **0,42 W/m<sup>2</sup>K** til å være et fornuftig kravsnivå. Kontorbygningen «to plan» vil da måtte forbedre seg noe, men ikke mer enn det som er fullt oppnåelig gjennom forbedret kuldebroverdi og/eller forbedret U-verdi vegg eller andre bygningskomponenter som vist i Figur 2. Men også her kan det være svært stor variasjon i varmetapstallet avhengig av form og ikke minst størrelse, eksempelvis har kontorbygget «To etasjer» 36% høyere varmetapstall en «9 etasjer». Derfor vil det være mer riktig å sette kravsnivå for

varmetapstall som er avhengig av oppvarmet BRA. Dette vil være mer rettferdig, slik at ikke små bygg straffes hardt og store bygg får det lett.

### Lett industri/verksteder

I dagens bygningsmodeller ligger det til grunn en vindusandel på 25 % av BRA for samtlige bygningskategorier. For eksempelvis idrettsbygning og lett industri/verksteder kan vindusandel typisk være langt lavere, og dermed gi en buffer ift. energirammekravet. Av denne grunn er det også gjort eksempelberegninger for bygningskategorien lett industri/ verksteder, med variasjon over vindusandel. Resultater fremgår av Figur 4. Her ser vi at vindusandelen har meget stor innvirkning på varmetapstallet, og at det bør vurderes lavere vindusandel når krav til varmetapstall skal fastsettes, f.eks. vindusandel på 10 % av BRA som gir varmetapstall på **0,44 W/m<sup>2</sup>K**. Vi vurderer sistnevnte til å være et fornuftig kravsnivå for lett industri/verksteder om det skal settes én verdi. Men som for de andre bygningskategoriene, vil det være mer riktig å sette kravsnivå avhengig av areal.



Figur 4: Variasjoner i bygningsrelatert varmetapstall og netto energibehov gitt reduksjon i vindusareal, for bygningskategorien Lett industri / verksted.

#### 2.1.4 Forslag kravsnivå bygningsrelatert varmetapstall

Som nevnt i avsnitt 2.1.1 kan krav til bygningsrelatert varmetapstall settes til samme nivå for flere bygningskategorier. Det bør settes eget varmetapstall for småhus, og eget for boligblokk. Barnehage kan variere svært i form/størrelse, hvor små barnehager kan sammenlignes med småhus. Idrettsbygning kan i utgangspunktet settes til samme nivå som lett industri/verksteder. Det vil antagelig fungere for de fleste idrettsbygninger, men svømmehaller kan ha vesentlig større vindusandel, hvilken kan bety behov for dispensasjonssøknad i noen tilfeller. For alle øvrige yrkesbygg kan bygningsrelatert varmetapstall settes lik nivået for kontorbygning, basert på at disse har nokså likt nivå på varmetapstallet i dag, ref. Figur 1.

I rapportens avsnitt 3.3 vurderes skjerping av kravsnivå som grunnlag for ny energiramme. Her fremkommer at eneste tiltak som er lønnsomt og som samtidig påvirker bygningsrelatert varmetapstall er skjerping av U-verdi tak for boligblokk til 0,10 W/m<sup>2</sup>K. Som resultater i Figur 2 viser vil dette gi svært liten endring i varmetapstallet med ca. 0,01 W/m<sup>2</sup>K. På denne bakgrunn beholdes foreslått 0,40 W/m<sup>2</sup>K for boligblokk.

Basert på beregningene foreslås krav til maksimalt bygningsrelatert varmetapstall som oppsummert i Tabell 2.

Tabell 2: Forslag tallverdi for maksimalt bygningsrelatert varmetapstall

Bygningskategori	Bygningsrelatert varmetapstall
Småhus, barnehage	0,58 W/m <sup>2</sup> K
Boligblokk	0,40 W/m <sup>2</sup> K
Kontorbygning, skolebygning, universitet/høyskole, sykehus, sykehjem, hotellbygning, forretningsbygning, kulturbygning	0,42 W/m <sup>2</sup> K
Idrettsbygning, lett industri/verksteder	0,44 W/m <sup>2</sup> K

Men som vist kan det for alle bygningskategorier være store variasjoner i bygningsrelatert varmetapstall avhengig av form og ikke minst størrelse. Det er en utfordrende å skulle sette et krav til varmetapstall som ikke er «umulig» for små bygg samtidig som det ikke gir altfor store friheter for større bygg. Dette vil kunne gi uheldige utslag. Eksempelvis vil det kunne gi muligheter for bygninger med vinduer fra gulv til tak og/eller veldig stor andel glass. Vi vet at det vil medføre mer infiltrasjon, store temperaturforskjeller og overtemperaturproblemer i toppen og kanskje stort kjøleenergi behov, og vi får ikke frem disse virkelige uønskede «bieffektene» gjennom en energiberegning.

Av denne grunn vil det være mer riktig å sette kravsnivå for varmetapstall som er avhengig av oppvarmet BRA. Dette vil være mer rettferdig, slik at ikke små bygninger straffes hardt og store bygninger får det for lett. Dette kan f.eks. gjøres på samme måte som i passivhusstandardene NS 3700:2013 og NS 3701:2012. For yrkesbygg over 1000 m<sup>2</sup> er det der angitt krav til høyeste varmetapstall for transmisjons- og infiltrasjonstap som varierer med bygningskategori, og for yrkesbygg under 1000 m<sup>2</sup> varierer det også med et arealledd og arealkoeffisient. For boligbygg er det gitt krav til høyeste varmetapstall for tre areal-intervaller; under 100m<sup>2</sup>, mellom 100-250m<sup>2</sup> og over 250m<sup>2</sup>. For å bestemme innretning og kravsnivå i form av utgangsverdier samt areal-intervaller og/eller areal-korreksjonsledd, kreves imidlertid en nærmere studie med mange flere beregninger for bygnings-varianter enn eksemplene vist i denne rapporten.

En alternativ innretning for kravet, kan være å angi energitiltaks krav for alle bygningskategorier på tilsvarende måte som i dagens §14-2 (2) for boliger. Hvor det angis energitiltak for alle U-verdier, normalisert kuldebroverdi samt andel vindus- og dørareal av oppvarmet BRA, og at energitiltakene kan fravikes forutsatt at bygningens bygningsrelaterte varmetapstall ikke øker (dvs. omfordeling). Med en slik innretning blir det like strengt uavhengig bygningens form og størrelse. Dette er vår anbefaling. Det vil gi en tydelighet, og samtidig være rettferdig. Og dessuten vil disse energitiltaks kravene samtidig kunne tjene et formål til, ved at nasjonale myndigheter viser til disse som de gjeldende for å oppfylle taksonomiens krav til komponentverdier.

## 2.2 Minimumsnivå for energieffektivitet

### 2.2.1 Vurdering endring av minimumsnivå

Det bør i denne sammenheng først vurderes hvilken rolle minimumsnivået skal ha.

Minimumsnivåene settes ikke med bakgrunn i lønnsomhetsberegninger slik som for bestemmelse av nivå på energitiltak og grunnlag for energirammekrav. Minimumsnivå settes for å unngå byggskader, f.eks. å unngå kalde områder som kan gi kondens og fukt/råteskader. Minimumsnivåene skal sikre robuste kvaliteter til de enkelte bygningsdeler, og at samlet varmetapstall ikke blir for høyt. Og de vil

sikre en fleksibilitet for småhus/boligblokker som bruker tiltaksmetoden med omfordeling innenfor varmetapstallet, men som skal bli begrenset av minimumsnivåene.

Man kunne også tenke seg at minimumsnivåene kunne svare ut EU-taksonomiens komponentkrav for eksisterende bygg<sup>1</sup>. Norge må definere nasjonale komponentkrav, for det har vi ikke per i dag. Men dagens minimumsnivå i TEK17 er svakere enn taksonomiens produksjonskrav<sup>2</sup> og egner seg derfor dårlig, etter vår mening. Nasjonal definisjon bør kobles på egne energikrav for eksisterende bygg, som er en egen separat utredning. Multiconsult mener nivået bør være omtrent lik det som er dagens energiltak for boligbygninger i TEK17 §14-2 (2), og at energiltakene for boligbygning også kan gjelde for yrkesbygg-kategoriene.

Minimumsnivåene vil ikke ha så stor betydning dersom det i tillegg blir krav til varmetapstall (eller energiltak). Men hvis det *ikke* blir krav til varmetapstall, blir minimumsnivåene veldig viktige, og da bør enkelte av dem antagelig skjerpes betraktelig. Dagens minimumsnivå er gitt i Tabell 3.

Tabell 3: Minimumsnivå i dagens TEK17 §14-3 (1) a). Tabell klippet fra TEK17.

U-verdi yttervegg [W/(m <sup>2</sup> K)]	U-verdi tak [W/(m <sup>2</sup> K)]	U-verdi gulv på grunn og mot det fri [W/(m <sup>2</sup> K)]	U-verdi vindu og dør inkludert karm/ramme [W/(m <sup>2</sup> K)]	Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell (luftveksling per time)
≤ 0,22	≤ 0,18	≤ 0,18	≤ 1,2	≤ 1,5

#### Yttervegg

Minimumsnivå for yttervegg på 0,22 W/m<sup>2</sup>K bør ikke skjerpes, fordi det ofte ønskes smale vegger som ikke «spiser» for mye av bruksarealet, hvilket kan være svært kostbart areal. Utførte lønnsomhetsberegninger (gitt forutsetninger behandlet i avsnitt 3.3) viser at det heller ikke er lønnsomt med lavere U-verdi vegg enn 0,22 W/m<sup>2</sup>K.

#### Tak

Minimumsnivå for tak på 0,18 W/m<sup>2</sup>K bør ikke skjerpes, da vi vurderer det tilstrekkelig godt slik det er. Eksempelvis ville for småhus skråtak med sperrer og 300mm isolasjon gi en U-verdi på 0,15 W/m<sup>2</sup>K, hvilket vurderes å være for strengt som minimumsnivå. Utførte lønnsomhetsberegninger viser at det heller ikke er lønnsomt å skjerpe minimumsnivået fra 0,18 W/m<sup>2</sup>K for småhus. For boligblokk og kontorbygg med flatt tak antyder lønnsomhetsberegningene at det er lønnsomt med skjerping til 0,16 W/m<sup>2</sup>K. Men dersom det ikke skal skilles på minimumsnivå mellom bygningskategorier, synes det fornuftig å beholde 0,18 W/m<sup>2</sup>K.

#### Gulv

Dagens minimumsnivå på 0,18 W/m<sup>2</sup>K er spesifisert for gulv på grunn og gulv mot det fri. Vi spør oss hvorfor gulv mot uoppvarmet sone (eksempelvis kald kjeller) er utelatt? Minimumsnivået bør gjelde for alle typer gulv, dvs. både gulv mot det fri, gulv på grunn (ekvivalent verdi hensyntatt varmemotstanden i grunnen) samt gulv mot annen sone (også ekvivalent verdi hensyntatt temperaturforskjeller, ref. nye prNS 3031:2024). Dette kan med fordel spesifiseres i veiledningen.

Det er for småhus (liten grunnflate) hvor det er vanskeligst å oppnå god ekvivalent U-verdi på gulv. En skjerping til 0,16 W/m<sup>2</sup>K kan vurderes, men vi vet ikke nok om kostnadskonsekvensene for dette. Utførte lønnsomhetsberegninger antyder at det ikke er privatøkonomisk lønnsomt å skjerpe dagens

<sup>1</sup> Angitt i annex 1 kap. 7-3 Installation, maintenance and repair of energy efficiency equipment

<sup>2</sup> Angitt i kap. 3-5 Manufacture of energy efficiency equipment for buildings



minimumsnivå. Det å stoppe frosten løser man uansett med å isolere fundamenter og med markisolasjon.

For boligblokk og kontorbygg antyder lønnsomhetsberegningene at det kan være lønnsomt med skjerpning til 0,15 W/m<sup>2</sup>K. Men dersom det ikke skal skilles på minimumsnivå mellom bygningskategorier, synes det fornuftig å beholde 0,18 W/m<sup>2</sup>K.

Når det er snakk om gulv med gulvvarme, er det spesielt viktig med god U-verdi slik at ikke for mye av gulvvarmen forsvinner som direkte tap (gjelder altså for gulv som utgjør klimaskjerm). I slike tilfeller bør minimumsnivået settes likt som dagens energitiltaks krav på 0,10 W/m<sup>2</sup>K. Dette bør vurderes angitt som eget krav, eller spesifiseres i veiledningstekst.

Videre bør det angis som krav i TEK at også gulv mellom etasjer skal isoleres når det er gulvvarme, for å unngå oppvarming av underliggende etasje. Dette fordi det har vist seg å være et gjentakende problem i nybygg (boligblokker), med rettsaker i flere prosjekt. Dette medfører høyere energibruk enn nødvendig, men er også et kombinert inneklimate-problem. Det bør utredes hvor mye isolasjon det skal være krav til, alternativt kan det i veiledningstekst stå at det skal isoleres tilstrekkelig for at det kan opprettholdes ønsket temperatur i underliggende rom.

#### Vinduer og dører

I dag er en meget stor andel av vinduer som selges med kun 2-lags glass og U-verdi på 1,2 W/m<sup>2</sup>K fordi det tillates gjennom dagens minimumsnivå (som gjennomsnittsverdi for bygningen). Det ligger med andre ord et betydelig energisparepotensial i å skjerpe minimumsnivået.

Gjennomsnittsverdien for vinduer og dører foreslås at skjerpes til 0,9 W/m<sup>2</sup>K. Fordi vindusarealet normalt sett er dominerende i en bygning, vil dette bety vinduer med 3-lags glass. Utgangspunktet her er vindu med 3-lags glass med energibelegg, argongassfylling, isolert karm og varmkant. Men hvilken U-verdi som oppnås for vinduet som helhet er bla. avhengig av størrelsen på vinduet (bedre U-verdi jo mer glass ift. ramme, for vindu størrelse 123 x 148 cm utgjør 2-fags utførelse ca. + 0,11 W/m<sup>2</sup>K ift. helt vindu), om det er åpningsbart eller fastkarm (for vindu 123 x 148 cm utgjør åpningsbart ca. +0,05 W/m<sup>2</sup>K ekstra ift. fastkarm), og lystransmisjon ift. dagslys krav (krav til høyere LT-verdi medfører "dårligere" energibelegg og høyere U-verdi, for vindu 123 x 148 cm utgjør LT74 ca. +0,05 W/m<sup>2</sup>K ift. LT64). Typiske verdier er oppsummert i Tabell 4. I tillegg vil evt. lydkrav eller krav til sikkerhetsglass påvirke U-verdien negativt. Det kan også i et prosjekt være føringer på om det skal være aluminium eller trekarm (aluminium gir dårligere U-verdi).

*Tabell 4: U-verdi for vinduer med 3-lags glass med energibelegg, argongassfylling, isolert karm og varmkant, vist avhengig av type, størrelse og lystransmisjon (LT). U-verdien er gjennomsnitt for vinduet som helhet inkl. karm, sprosser etc.*

Vindu og størrelse	LT < 70	LT > 70
Fastkarm > 1,5 m <sup>2</sup>	≤ 0,65 W/m <sup>2</sup> K	≤ 0,70 W/m <sup>2</sup> K
Åpningsbart > 1,5 m <sup>2</sup>	≤ 0,70 W/m <sup>2</sup> K	≤ 0,75 W/m <sup>2</sup> K
Fastkarm ≤ 1,5 m <sup>2</sup>	≤ 0,75 W/m <sup>2</sup> K	≤ 0,80 W/m <sup>2</sup> K
Åpningsbart ≤ 1,5 m <sup>2</sup>	≤ 0,80 W/m <sup>2</sup> K	≤ 0,85 W/m <sup>2</sup> K

Det må legges til grunn åpningsbare vinduer for boliger, mens det kan være fastkarm for de fleste yrkesbygg. Det er et argument for å skille på minimumsnivå mellom bolig / yrkesbygg.

Lønnsomhetsberegninger viser at det er lønnsomt med vindu 0,8 W/m<sup>2</sup>K (3-lags glass med energibelegg, argongassfylling, isolert karm og varmkant) for boligblokk, mens for kontorbygg er det vindu 1,0 W/m<sup>2</sup>K (2-lags glass, beste løsning) dernest vindu 0,8 W/m<sup>2</sup>K. For småhus viser

lønnsomhetsberegningene at det ikke er lønnsomt med skjerping fra dagens minimumskrav på  $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$  (2-lags glass med argon-fylling). Likevel mener vi det er riktig skjerpe minimumsnivået for å realisere det nevnte betydelige energisparepotensialet. En viktig årsak til anbefalingen er at 3 lags vinduer gir høyere overflatetemperaturer på innsiden store deler av året og reduserer trekk og kaldras sammenlignet med 2 lag. De har også relativt konstant U-verdi ved ulike utetemperaturer i motsetning til 2 lags vinduer som har sterk økning i reell U-verdi ved lave utetemperaturer. Dette er forhold som ikke hensyntas i energiberegninger, men som har betydning både for muligheter for valg av enklere tekniske løsninger og lavere reell energibruk.

I den grad vinduets vekt er en problemstilling for eksisterende bygg, så bør dette ivaretas gjennom egne energikrav for eksisterende bygg.

En aktuell problemstilling er takvinduer / glasstak. For disse ønskes i utgangspunktet ikke en altfor god U-verdi fordi man ønsker at snøen skal smelte, eksempelvis en U-verdi på omkring  $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Siden minimumsnivået gjelder gjennomsnitt for alle vinduer og dører på bygningen, gir det en fleksibilitet ved at takvinduer / glasstak kan ha noe høyere U-verdi samtidig som øvrige vinduer har lavere. Mens for bygninger glasstak utgjør stor andel av totalen må det antagelig søkes om fravik fra minimumsnivået. Lav U-verdi i glasstak kan også muliggjøres ved at snøsmelting løses ved å ha varme i glasset eller på rammene på vinduene som kobles inn ved snøfall. Vi har imidlertid begrenset erfaring med dette (konsekvenser av varme i glass kan antagelig gi en noe lavere lystransmisjon, videre antar vi det er lite langtidserfaring med større glasstak i norsk klima, og at det kan være en fare for defekt system og kostbar(?) reparasjon). Ulike leverandører har stor variasjon mht. effektbehov for snøsmelting, og dette påvirker også hvorvidt det er energimessig bedre med varme i glass med lav U-verdi enn glass med høy U-verdi uten varme. Hvorvidt det er en aktuell løsning og lønnsom løsning må sannsynligvis vurderes spesielt i det enkelte prosjekt.

For glassfasade med tettfelt (curtain wall) må det beregningsteknisk regnes én U-verdi for glassfasaden som en helhet. Men U-verdien må likevel splittes opp i arealvektet verdi for hhv. vindu og vegg (tettfelt) etterpå som input til energiberegning, og minimumsnivået for vindu/dører gjelder da for arealvektet U-verdi vindu. Dette kan med fordel spesifiseres i veiledningstekst.

Dører utgjør normalt liten andel av det totale arealet for vinduer og dører. Så lenge minimumsnivået gjelder gjennomsnittlig U-verdi for alle vinduer og dører, er det ikke nødvendig å tilpasse minimumsnivået etter dørene, - som det gjerne er vanskeligere å få like god U-verdi på, i alle fall på ståldører aktuelle i yrkesbygg.

Minimumsnivået er i dag angitt for vinduer/dører, ikke porter. Men vi mener porter også bør inkluderes i gjennomsnittlig verdi, for å sette økt fokus på valg av porter med god U-verdi. Det finnes gode produkter på markedet med meget god U-verdi, men det er også tilfeller på det motsatte. Porter utgjør normalt liten andel av det totale arealet for vinduer/dører/porter. For bygninger med dominerende arealer for porter (lagerbygg, logistikkbygg etc) vil i utgangspunktet minimumsnivå på  $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$  også fungere, så sant det ikke er andre spesielle krav til portene (eksempelvis vil porter med vinduer / dører integrert føre til høyere U-verdi), men da må det antagelig søkes om fravik fra minimumsnivået.

#### Lekkasjetall

Minimumsnivå for lekkasjetall er  $1,5 \text{ h}^{-1}$  ved 50 Pa. Dette anbefaler vi å skjerpe. Man har de senere år fått på plass gode materialer og rutiner i arbeidsutførelse for å oppnå god tetting. Det har vært mye fokus på dette i mange prosjekter, og fokus i prosjektering på (lett) byggbare løsninger som medfører god tetthet. En rekke målinger i prosjekt kan vise til lave lekkasjetall og verdier på  $0,3 - 0,4 \text{ h}^{-1}$  er ofte dokumentert. Fordeler ved skjerpe minimumsnivået vil være å få hevet kvaliteten også på de øvrige



prosjekter / utbyggere som ikke er så gode på dette i dag. Her bør det skilles mellom småhus og øvrige bygg, og det foreslås minimumskrav for boligblokk og yrkesbygg på  $0,6 \text{ h}^{-1}$  og for småhus på  $0,8 \text{ h}^{-1}$ . Dette kan ev. utredes nærmere i form av innsamling av måledata fra nybyggprosjekter.

#### Normalisert kuldebroverdi

Det er ikke noe minimumsnivå for normalisert kuldebroverdi i dag. Det kan vurderes å innføre minimumsnivå på  $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$  tilsvarende 10 cm kuldebrytning (ref. tabell A.4 i NS 3031:2014). Dette er "standard" i nybyggprosjekter i dag, men det står ikke angitt noen steder som krav.

Aller viktigst er å unngå lokale kuldebroer så kraftige at de kan medføre problemer med kondens og lokal diskomfort i enkeltrom, men dette er ikke noe utbredt problem.

#### Øvrige betraktninger

I nye prNS 3031:2024 defineres «delvis oppvarmede soner» som eksempelvis omfatter kjeller / parkeringskjeller som sikres med noe varme for å holdes frostfri eller temperert, og det regnes da varmetap til sonen gjennom en ekvivalent U-verdi på skillekonstruksjon som bestemmes ut fra temperaturforskjell mellom sonene. Slike konstruksjoner med ekvivalente U-verdier skal inngå i gjennomsnittsverdi som skal tilfredsstille minimumsnivå for bygningsdelen. Men det kan også være andre soner i en bygning som i en standardisert energiberegning regnes som fullt oppvarmede, men som i realiteten vil ha en viss temperaturforskjell. Derfor kan det vurderes å angi minimumsnivå for skillekonstruksjoner (vegg/tak/gulv) mellom to temperatursoner når det er en temperaturforskjell på  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  eller mer, slik at skillekonstruksjon isoleres. Foreslås til minimumsnivå U-verdi  $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Da blir det også lettere å opprettholde ønsket temperatur i sonen.

Det bør angis i TEK at alle verdier som evalueres mot minimumsnivåene skal dokumenteres jf. TEK17 kapittel 2, også normalisert kuldebroverdi og lekkasjetall.

### **2.2.2 Vurdering konsekvens av å endre fra gjennomsnittsverdi til faktisk U-verdi.**

Multiconsult ser ikke at det er hensiktsmessig å ev. sette krav til faktisk U-verdi i stedet for gjennomsnittsverdi. Men U-verdi skal selvsagt være så god at man unngår lokal diskomfort og problemer med kondens, så vi foreslår at dette skrives som forskriftstekst eller veiledningstekst. Ev. lokal diskomfort som eksempel, vil være helt avhengig av omfanget / arealet på det bygningselementet som har dårlig U-verdi i aktuelt rom, - dersom det utgjør et svært lite areal så er det uproblematisk så lenge det ikke kan medføre problemer med kondens, men dersom det utgjør store flater så kan det være et problem og skape diskomfort. Derfor mener vi det ikke er hensiktsmessig å angi absolutte krav til U-verdi.

En endring til faktisk U-verdi vil dessuten kunne skape enkelte utfordringer. Eksempelvis for dører, som i så fall må skilles ut med separat minimumsnivå. Hvis man ser på dører av metall, som man ofte ønsker seg i større yrkesbygg, så er dagens minimumsnivå U-verdi  $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$  problematisk, og krever at det velges vinduer med bedre U-verdi for å gi lavt nok gjennomsnitt. Ståldører i yrkesbygg har gjerne også ha andre krav enn bare til U-verdi, og kan typisk ha U-verdi på  $2 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Porter kan også være utfordrende. Samme med tidligere nevnte glasstak / takvinduer som også da ville måtte ha separat minimumsnivå.

For eksisterende bygg som skal oppgraderes, vil det ofte kunne være problematisk å oppnå minimumsnivåene, spesielt for gulv (gulv på grunn og gulv mot kjeller med lav romhøyde), og det kan være begrensninger for tak og vegg. Det bør altså være egne energikrav og egne minimumsnivåer for eksisterende bygg (ikke omfattet av denne utredningen).

Vi ser det som fordelaktig å opprettholde dagens minimumsnivå i form av gjennomsnittsverdier, for å opprettholde en viss grad av fleksibilitet.

### 2.2.3 Forslag til nye minimumsnivå

Minimumsnivå angis som gjennomsnittsverdier for bygningsdelen / bygningen. Forslag til minimumsnivå er oppsummert i Tabell 5.

Tabell 5: Forslag til minimumsnivå

Bygningsdel	Minimumsnivå
U-verdi vegg	$\leq 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$
U-verdi tak	$\leq 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$
U-verdi gulv	$\leq 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$
U-verdi gulv med gulvvarme	$\leq 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
U-verdi vindu/glasstak/dør/port	$\leq 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$
Lekkasjetall småhus	$\leq 0,8 \text{ h}^{-1}$
Lekkasjetall boligblokk og yrkesbygg	$\leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
Normalisert kuldebroverdi	$\leq 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$

## 3 Ramme for vektet levert energi

### 3.1 Dagens kravsnivå TEK17

Som et første steg er det ønskelig å vise netto energibehov og levert energi (uten vekting) for dagens kravsnivå TEK17, altså med de samme forutsetninger som ble benyttet som grunnlag for energirammekravet i TEK17, men beregnet etter SN-NSPEK 3031:2023 med de nye normerte inndata som er gitt der og som skiller seg noe fra gamle NS 3031:2014. Det er benyttet de samme bygningsmodeller, de samme U-verdier, de samme luftmengder etc.

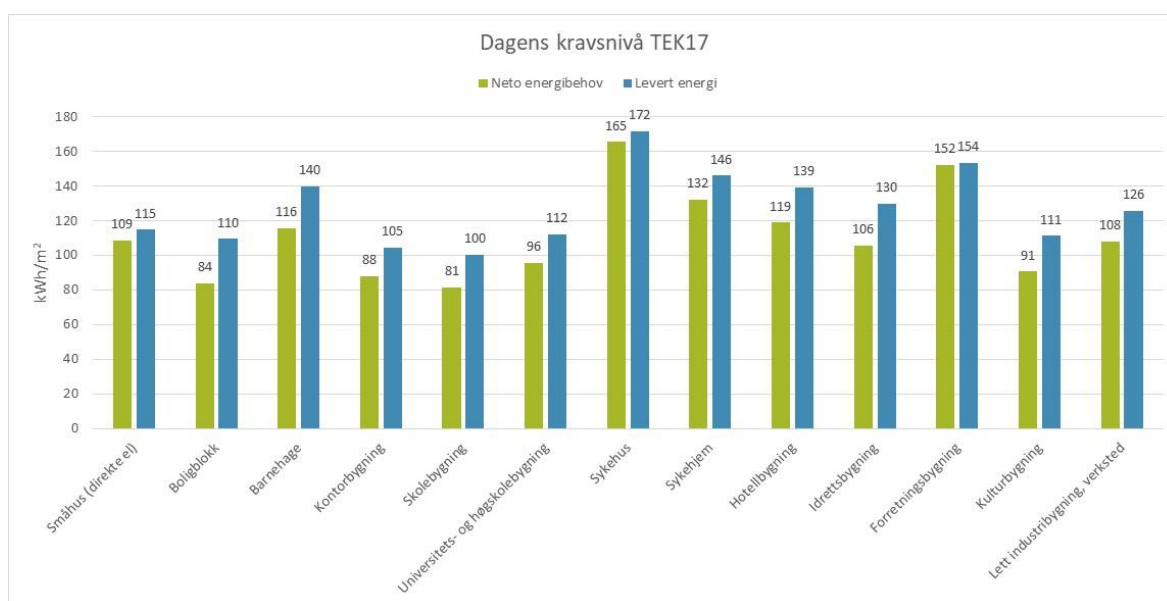
For å vise levert energi må det tas et valg om energiforsyningsløsning, og i samarbeid med DiBK er det for alle bygningskategorier valgt vannbåren varme med el.kjel for romoppvarming, ventilasjonsvarme og tappevann, bortsett fra småhus som er vist med direkte elektrisk varme dvs. el.ovner, el.varmebatteri og el.vvb. Videre må det iht. SN-NSPEK 3031:2023 gjøres en rekke detaljerte valg for type varmeregulering, forutsetninger for det vannbårne distribusjonssystemet osv. Dette finnes det naturlig nok ikke fra tidligere noe definert TEK17-nivå for, og på bakgrunn av instruks fra DiBK om å ta utgangspunkt i gjennomsnittlige verdier («den gylne middelvei», i den grad det kan forsvares som noenlunde realistisk) har vi benyttet «normalt nivå» fra de tabellverdier gitt av SN-NSPEK 3031:2023 med typiske verdier for normalt lange rørstrekk, normal isolasjon etc. Men det bemerkes at bransjen ikke (ennå) har et aktivt forhold til mange av disse verdiene for spesifikk rørlengde, andel i uoppvarmet rom etc. Dette er trolig noe som vil få et nærmere forhold til etter hvert som ny standard tas i bruk. Like fullt har det stor betydning hvilke valg av verdier som skal legges til grunn for TEK17-nivå. Vi har utført en sensitivitetsanalyse for ulike valg som påvirker reguleringstap og distribusjonstap, se vedlegg B. Sensitivitetsanalysen viser hvor mye de ulike egenskaper og tabellvalg endrer brutto energibehov [ $\text{kWh/m}^2$ ], hvilket er betydelig. Disse valgene har mye større betydning enn det man eksempelvis oppnår med en liten skjerping av U-verdi på en bygningsdel, ref. resultater vist i avsnitt 2.1.2. Eksempelvis vil endring av U-verdi vegg fra  $0,18$  til  $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$  for kontorbygg kun gi en reduksjon i netto energibehov på  $0,8 \text{ kWh/m}^2$ , mens kort i stedet for normal lengde på rør til romoppvarming gir en differanse i brutto energibehov på  $1,3 \text{ kWh/m}^2$ , og ingen distribusjonsanlegg i uoppvarmet areal i stedet for normalt 25 % gir en differanse på  $3,1 \text{ kWh/m}^2$ . Vi er ikke kjent med hvordan disse forutsetningene er eller varierer i virkeligheten og input til beregningene er helt skjønnsmessige på om det er korte eller lange rørstrekk og godt eller

dårlig isolerte rør. Det er mange slike valg for romoppvarming, ventilasjon og varmtvann. Avhengig av hva som legges til grunn for et energirammekrav, kan dette potensielt gi et stort beregningsmessig spillerom dersom det i aktuelt bygg er kortere rørstrekk og/eller mindre andel rør i uoppvarmet rom. Dvs. en kan her innarbeide en skjult buffer. En bør vurdere å begrense valgfriheten her med krav til dokumentasjon dersom en velger å regne med bedre forutsetninger enn det som er gjort i referanseberegningen. Det bør også defineres hva referanseberegningen er mht. mengde rør og isolasjonsstandard. Det vises til avsnitt 6.1 som behandler denne problemstillingen videre.

For de bygningskategorier hvor det i dagens kravsnivå TEK17 er forutsatt ventilasjonskjøling, er det lagt inn løsning med DX-kjøling.

All input til beregningene er gitt i Excelark «10260773-01 RIEn-BER Mulige endringer i energikrav».

Resultater for netto energibehov og levert energi for dagens kravsnivå TEK17 er vist i Figur 5.



Figur 5: Dagens kravsnivå TEK17

### 3.2 Buffere i dagens energirammekrav

Vi skal vurdere hvor mye energirammen kan skjerpes i form av endringer for bygningskropp og tekniske anlegg. Men aller først er det viktig å vise hvilke «buffer» (beregningmessige spillerom) som finnes i dagens energirammekrav som følge av de forutsetninger som har blitt lagt til grunn tidligere av beregningsteknisk karakter. Vi mener det først må tas stilling til å fjerne/reducere på disse bufferne, før man skjerper inn i form av faktiske energiltak. I Tabell 6 er det vist utregning av differanser fra energirammekrav TEK17 for å synliggjøre hvilke type buffer det er og størrelsen på dem. Alle resultater er på beregningspunktet netto energibehov.

Beregningene er gjort med SIMIEN 6 som regner etter gamle NS 3031:2014, som dagens energirammekrav i TEK17 er basert på.

**Beregning 1)** viser differanse fra avrundet energirammekrav i TEK17 til faktisk beregningsresultat fra Simien. Dette har i seg selv vært en «buffer» som har gjort at man har kunnet bygge med noe dårligere kvaliteter enn det som har vært grunnlaget for beregnet ramme. Vi ser at det har gitt størst buffer for småhus og boligblokk, hvor sistnevnte faktisk utgjør hele 8,8 % av det påvirkbare forbruket. Med «påvirkbart forbruk» menes at energipostene varmtvann og utstyr (og belysning for småhus og boligblokk) er faste iht. NS 3031:2014 Tillegg A og ikke mulige å redusere med energiltak. "Endring påvirkbart forbruk" uttrykker dermed reell skjerping av energirammen.

**Beregning 2)** viser differanse for luftmengde utenfor driftstid, fra veiledende luftmengde i NS 3031:2014 Tabell B.1 ned til minste tillatte luftmengde i NS 3031:2014 Tabell A.6. Dette har i praksis vært en «buffer» da man i evaluering mot offentlige krav alltid benytter minste tillatte luftmengde utenfor driftstid (i virkeligheten er ventilasjonsanlegget avslått utenfor driftstid, og startes opp tidligere på morgenen for å luften ut bygget før brukstid). Vi ser at dette har gitt store «buffer» for de fleste av yrkesbyggene, med over 6 % av påvirkbart forbruk for brorparten.

Aggregert 1+2 viser den «buffer» som alle nybygg-prosjekter i realiteten har hatt ift. gjeldende energirammekrav i TEK17.

**Beregning 3)** viser differanse for belysning, fra 80 % av tabellverdi i A.1 i NS 3031:2014 som representerte gammel belysningsteknologi med lysstyring, til tabellverdi SN-NSPEK 3031:2023 Tabell A.6 for effektivt belysningssystem basert på LED-teknologi og system med tilstedeværelsesstyring i alle rom. Dette har vært en "buffer" for de som via LENI-talls beregning har dokumentert lavere belysningsverdi, - som man lett oppnår med LED. Merk at differansen ikke blir så stor som man kanskje skulle tro fordi alt varmetapet fra belysningen regnes å komme romoppvarmingen til gode, og fordi det ikke er forutsatt noen lokalkjøling i noen av yrkesbyggene. Men dette har gitt størst buffer for kontorbygning og universitet/høgskolebygning med over 5 % av det påvirkbare forbruket.

**Beregning 4)** viser differanse for luftmengde i driftstid, fra 80 % av veiledende luftmengde i NS 3031:2014 Tabell B.1 ned til minste tillatte luftmengde i NS 3031:2014 Tabell A.6. 80 % av veiledende kommer av NS 3031:2014 avsnitt 6.1.1.1.4 hvor det står "Hvis ikke nærmere beregninger eller simuleringer gjøres, kan gjennomsnittlig luftmengde i driftstiden i VAV-anlegg, behovsstyrt etter CO2-nivå eller tilstedeværelse, reduseres med 20 % i forhold til dimensjonerende luftmengde." I praksis kommer man imidlertid ofte enda lavere i gjennomsnittlig luftmengde ved behovsstyring (så sant man ikke har hatt høyemitterende/udokumenterte materialer), og har blitt begrenset av minste tillatte luftmengde i Tabell A.6. Dette har således frem til nå vært en «buffer» for de fleste bygg med behovsstyrt ventilasjon, og vi ser at dette har utgjort mye med godt over 10 % av påvirkbart forbruk for flere av yrkesbyggene.

Aggregert 1 til 4 viser hvor store «buffer» det i praksis har vært til dagens energirammekrav i TEK17 for de bygg som har dokumentert LENI-tall samt behovsstyrt ventilasjon.

Før videre beregninger skiftes beregningsmodell. Det er fortsatt TEK17-standard som er referansen. Men det er nå gjort beregninger med SIMIEN 7 som regner etter SN-NSPEK 3031:2023, for å vise hvor stor betydning valg av behovsstyrt ventilasjon og minste tillatte luftmengder i behovsstyrte anlegg har å si for nytt energirammekrav. Det vises da til SN-NSPEK 3031:2023 Tabell A.13 hvor det er gitt tabellverdier for luftmengder i DCV system med hhv. høyemitterende/udokumenterte materialer og lavemitterende materialer. (Dette er nytt ift. gamle NS 3031:2014 som ikke tillot å gå så langt ned i luftmengde.) Resultater er vist i Tabell 7.

**Beregning 5)** viser differanse for luftmengde i driftstid, fra minste tillatte luftmengde i driftstid for CAV-anlegg ref. NSPEK 3031:2023 Tabell A.12, ned til minste tillatte luftmengde for DCV-anlegg (behovsstyrte anlegg) med høyemitterende / udokumenterte materialer ref. Tabell A.13. Dette uttrykker reduksjon som følge av behovsstyrt ventilasjon. Og vi ser at dette potensielt utgjør en meget stor energireduksjon ift. CAV-anlegg, med over 7 % av det påvirkbare forbruket for de fleste yrkesbygg, enkelte vesentlig mer.

**Beregning 6)** viser differanse for luftmengde i driftstid, mellom DCV-anlegg med hhv. høyemitterende / udokumenterte materialer og lavemitterende materialer, ref. Tabell A.13. Dette uttrykker ytterligere reduksjon som følge av behovsstyrt ventilasjon med lavemitterende materialer,

som også potensielt utgjør en stor energireduksjon, med over 4 % av det påvirkbare forbruket for de fleste yrkesbygg, enkelte vesentlig mer.

Tabell 6: Utregning av differanser fra energirammekrav TEK17

Byggingkategori	Energirammer TEK17	Faste poster iht. NS 3031:2014	1) Avrunding av energirammekrav				2) Minste tillatte luftmengde utenfor driftstid				Aggregert 1+2	
			Beregnet Simien 6	Diff.	Endring totalt	Endring påvirkbart forbruk	Beregnet Simien 6	Diff.	Endring totalt	Endring påvirkbart forbruk	Endring totalt	Endring påvirkbart forbruk
Småhus	110	58,7	107,5	-2,5	-2,3 %	-4,9 %	107,5	0,0	0,0 %	0,0 %	-2,3 %	-4,9 %
Boligblokk	95	58,7	91,8	-3,2	-3,4 %	-8,8 %	91,8	0,0	0,0 %	0,0 %	-3,4 %	-8,8 %
Barnehage	135	15	132,0	-3,0	-2,2 %	-2,5 %	124,4	-7,6	-5,8 %	-6,5 %	-7,9 %	-8,8 %
Kontorbygning	115	39	115,3	0,3	0,3 %	0,4 %	109,9	-5,4	-4,7 %	-7,1 %	-4,4 %	-6,7 %
Skolebygning	110	23	106,8	-3,2	-2,9 %	-3,7 %	99,2	-7,6	-7,1 %	-9,1 %	-9,8 %	-12,4 %
Universitet/høgskole	125	39	125,0	0,0	0,0 %	0,0 %	119,3	-5,7	-4,6 %	-6,6 %	-4,6 %	-6,6 %
Sykehus	225	77	222,7	-2,3	-1,0 %	-1,6 %	219,2	-3,5	-1,6 %	-2,4 %	-2,6 %	-3,9 %
Sykehjem	195	53	191,8	-3,2	-1,6 %	-2,3 %	188,3	-3,5	-1,8 %	-2,5 %	-3,4 %	-4,7 %
Hotellbygning	170	36	168,7	-1,3	-0,8 %	-1,0 %	165,2	-3,5	-2,1 %	-2,6 %	-2,8 %	-3,6 %
Idrettsbygning	145	53	144,3	-0,7	-0,5 %	-0,8 %	138,5	-5,8	-4,0 %	-6,4 %	-4,5 %	-7,1 %
Forretningsbygning	180	14	177,8	-2,2	-1,2 %	-1,3 %	160,4	-17,4	-9,8 %	-10,6 %	-10,9 %	-11,8 %
Kulturbygning	130	13	128,0	-2,0	-1,5 %	-1,7 %	120,7	-7,3	-5,7 %	-6,3 %	-7,2 %	-7,9 %
Lett industri/verksted	140	33	137,7	-2,3	-1,6 %	-2,1 %	129,9	-7,8	-5,7 %	-7,4 %	-7,2 %	-9,4 %

Byggingkategori	3) Skifte av belysningsteknologi				Aggregert 1+2+3		4) Minste tillatte luftmengde i driftstid				Aggregert 1+2+3+4	
	Beregnet Simien 6	Diff.	Endring totalt	Endring påvirkbart forbruk	Endring totalt	Endring påvirkbart forbruk	Beregnet Simien 6	Diff.	Endring totalt	Endring påvirkbart forbruk	Endring totalt	Endring påvirkbart forbruk
Småhus	107,5	0,0	0,0 %	0,0 %	-2,3 %	-4,9 %	107,5	0,0	0,0 %	0,0 %	-2,3 %	-4,9 %
Boligblokk	91,8	0,0	0,0 %	0,0 %	-3,4 %	-8,8 %	91,8	0,0	0,0 %	0,0 %	-3,4 %	-8,8 %
Barnehage	123,7	-0,7	-0,6 %	-0,6 %	-8,4 %	-9,4 %	116,5	-7,2	-5,8 %	-6,6 %	-13,7 %	-15,4 %
Kontorbygning	106,3	-3,6	-3,3 %	-5,1 %	-7,6 %	-11,4 %	101,6	-4,7	-4,4 %	-7,0 %	-11,7 %	-17,6 %
Skolebygning	97,3	-1,9	-1,9 %	-2,5 %	-11,4 %	-14,6 %	87,7	-9,6	-9,9 %	-12,9 %	-20,3 %	-25,6 %
Universitet/høgskole	115,1	-4,2	-3,5 %	-5,2 %	-7,9 %	-11,5 %	102,9	-12,2	-10,6 %	-16,0 %	-17,7 %	-25,7 %
Sykehus	218,2	-1,0	-0,5 %	-0,7 %	-3,0 %	-4,6 %	186,7	-31,5	-14,4 %	-22,3 %	-17,0 %	-25,9 %
Sykehjem	186,8	-1,5	-0,8 %	-1,1 %	-4,2 %	-5,8 %	163,4	-23,4	-12,5 %	-17,5 %	-16,2 %	-22,3 %
Hotellbygning	163,8	-1,4	-0,8 %	-1,1 %	-3,6 %	-4,6 %	151,1	-12,7	-7,8 %	-9,9 %	-11,1 %	-14,1 %
Idrettsbygning	137,6	-0,9	-0,6 %	-1,1 %	-5,1 %	-8,0 %	132,2	-5,4	-3,9 %	-6,4 %	-8,8 %	-13,9 %
Forretningsbygning	158,5	-1,9	-1,2 %	-1,3 %	-11,9 %	-13,0 %	134,6	-23,9	-15,1 %	-16,5 %	-25,2 %	-27,3 %
Kulturbygning	120,6	-0,1	-0,1 %	-0,1 %	-7,2 %	-8,0 %	110,6	-10,0	-8,3 %	-9,3 %	-14,9 %	-16,6 %
Lett industri/verksted	129,2	-0,7	-0,5 %	-0,7 %	-7,7 %	-10,1 %	120,9	-8,3	-6,4 %	-8,6 %	-13,6 %	-17,9 %

Tabell 7: Utregning av differanser mellom CAV og DCV-ventilasjon

Byggingkategori	Beregnet TEK17 med Simien 7 iht. NSPEK 3031:2023	Faste poster iht. NSPEK 3031:2023	5) Minste tillatte luftmengde i driftstid for DCV høyemitterende/udok.				6) Minste tillatte luftmengde i driftstid for DCV lavmitterende				Aggregert 5+6	
			Beregnet Simien 7	Diff.	Endring totalt	Endring påvirkbart forbruk	Beregnet Simien 7	Diff.	Endring totalt	Endring påvirkbart forbruk	Endring totalt	Endring påvirkbart forbruk
Småhus	108,6	53,9	108,6	0,0	0,0 %	0,0 %	108,6	0,0	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Boligblokk	83,9	53,9	83,9	0,0	0,0 %	0,0 %	83,9	0,0	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Barnehage	104,2	15	98,0	-6,2	-6,0 %	-7,0 %	94,8	-3,2	-3,3 %	-3,9 %	-9,0 %	-10,5 %
Kontorbygning	79,6	23,8	76,0	-3,6	-4,5 %	-6,5 %	72,4	-3,6	-4,7 %	-6,9 %	-9,0 %	-12,9 %
Skolebygning	68,4	13,8	63,4	-5,0	-7,3 %	-9,2 %	61,3	-2,1	-3,3 %	-4,2 %	-10,4 %	-13,0 %
Universitet/høgskole	81,7	20,6	78,1	-3,6	-4,4 %	-5,9 %	74,5	-3,6	-4,6 %	-6,3 %	-8,8 %	-11,8 %
Sykehus	146,5	62	140,6	-5,9	-4,0 %	-7,0 %	134,8	-5,8	-4,1 %	-7,4 %	-8,0 %	-13,8 %
Sykehjem	116	33	103,9	-12,1	-10,4 %	-14,6 %	97,9	-6,0	-5,8 %	-8,5 %	-15,6 %	-21,8 %
Hotellbygning	110,3	36	98,0	-12,3	-11,2 %	-16,6 %	92,0	-6,0	-6,1 %	-9,7 %	-16,6 %	-24,6 %
Idrettsbygning	92,4	13	85,7	-6,7	-7,3 %	-8,4 %	82,3	-3,4	-4,0 %	-4,7 %	-10,9 %	-12,7 %
Forretningsbygning	129,4	50	121,6	-7,8	-6,0 %	-9,8 %	117,8	-3,8	-3,1 %	-5,3 %	-9,0 %	-14,6 %
Kulturbygning	79,4	8	74,2	-5,2	-6,5 %	-7,3 %	70,7	-3,5	-4,7 %	-5,3 %	-11,0 %	-12,2 %
Lett industri/verksted	97,2	28	93,0	-4,2	-4,3 %	-6,1 %	90,2	-2,8	-3,0 %	-4,3 %	-7,2 %	-10,1 %

Beregningene 1-4 viser med tydelighet at å fjerne/reducere på disse bufferne man har hatt til nå har svært mye større betydning enn det man eksempelvis oppnår med en liten skjerpning av U-verdi på en bygningsdel, ref. resultater vist i avsnitt 2.1.2. Det blir en viktig beslutning for DiBK. Multiconsult foreslår å fjerne samtlige av bufferne i 1 - 4.

Beregningene 5-6 viser at valg av luftmengde som grunnlag for energirammekrav blir svært viktig, og at det potensielt også vil ha mye mer å si enn det man oppnår med en liten skjerping av U-verdi på en bygningsdel. Det blir en viktig beslutning for DiBK. Multiconsult foreslår å legge til grunn beregning 5) dvs. benytte minste tillatte luftmengde i driftstid for DCV med høyemitterende/udokumenterte materialer, da det sannsynligvis er et nivå de fleste yrkesbygg bør kunne oppnå. Man kunne argumentere for at man burde lagt til grunn minste tillatte luftmengde i driftstid for DCV med lavemitterende materialer, siden TEK § 13-1 (7) stiller krav til at byggverk skal gi ingen eller lav forurensning til inneluften, men i mange prosjekter dimensjoneres luftmengde for materialer høyere pga. tepper, inventar mm. Og dessuten stadfester SN-NSPEK 3031:2023 at det er den reelle luftmengden dimensjonert ut fra materialbelastning (emisjoner), personbelastning og andre belastninger skal legges til grunn ved beregning av energibehov, hvilket i mange prosjekter sannsynligvis vil kunne bli høyere enn den minste tillatte luftmengden. Derfor tror vi at det vil oppleves for strengt å legge beregning 6) til grunn for nytt energirammekrav, som da ikke vil gi noe «buffer» overhode. Legges beregning 5) til grunn for nytt energirammekrav, vil det bety en potensiell «buffer» for en del prosjekter som benytter laveste luftmengde, og dvs. at disse prosjektene kan tillate seg å bygge med noe dårligere kvaliteter på andre deler av bygningen / tekniske anlegg.

Vi har lagt beregning 5) til grunn i beregningene som presenteres i rapporten videre. Men valget som til slutt gjøres av DiBK ift. luftmengde, bør også sees opp imot hvilken energiforsyningsløsning og ramme for vektet levert energi som legges til grunn til slutt, med tanke på at det også her muligens vil bli en potensiell «buffer» for bygninger med fjernvarme, varmepumpe og/eller solenergi. Dette må være en helhetsvurdering.

### 3.3 Vurdering skjerping av kravsnivået

Ref. DiBK sin kravspesifikasjon skal det vurderes hvor mye energirammen uten vektingsfaktorer kan skjerpes for de tre referansebyggene (enebolig, boligblokk og kontor). Det kan gjøres endringer i for eksempel varmetapstall, tekniske installasjoner og energiforsyningsløsninger. Det skal beregnes hvor mye energirammen kan skjerpes innenfor det som er lønnsomt, og det skal beregnes to scenarier som går ut over hva som er lønnsomt.

På oppdrag for DiBK i 2023 utførte Multiconsult kostnadsopptimaliseringsberegninger for TEK17, for å svare ut EUs bygningsenergidirektiv nr. 2 (EPBD, Directive 2010/31/EU) med tilhørende forordning No 244/2012 som setter krav til å gjennomføre kostnadsopptimaliseringsberegninger for nasjonale energikrav for bygninger og bygningselementer. Vi utarbeidet da et Excelverktøy til kostnadsopptimaliseringsberegningene, navngitt «10250410-01 RIE<sub>n</sub>-BER Kostnadsopptimalitet for gjeldende energikrav i TEK17», for å sammenligne lønnsomhet i tiltaksalternativer med ulike beregningsforutsetninger i form av ulike renter, ulike energipriser, samt med både privatøkonomiske og samfunnsøkonomiske kostnader. Etter avtale med DiBK utnyttet nevnte beregningsverktøy igjen i dette nye oppdraget, for å finne energitiltak og dermed hvor mye energirammen kan skjerpes innenfor det som er lønnsomt sammenlignet med de energitiltak som ligger til grunn for dagens energirammekrav i TEK17. Alle forutsetninger bak Excelverktøyet fremkommer av rapport «10250410-01 RIE<sub>n</sub>-RAP-REV03 Kostnadsopptimalitet for gjeldende energikrav i TEK17» datert 02.10.2023. I Excelverktøyet er det regnet etter gamle NS 3031:2014 og ikke nye SN-NSPEK 3031:2023, og det er regnet med DiBK sine «referansebygg» og ikke de bygningsmodellene («MC-kassene») som ligger til grunn for energirammekravene i TEK17. Men vi har gjennom innledende undersøkelse testet og sjekket at tiltakenes lønnsomhet er omtrent den samme. Excelverktøyet er derfor benyttet for å finne lønnsomme tiltaksnivåer.

Forutsetninger til lønnsomhetsberegningene er teknisk levetid på 50 år for bygningsmessige tiltak i boliger og 40 år bygningsmessige tiltak i kontorbygg, 30 år for solceller, 25 år for vinduer og 20 år for

ventilasjon og belysning, 15 år for luft/luft-varmepumpe og luft/vann-varmepumpe. Energipriser er hentet fra «Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2023» (NVE, 2023) samt oppdateringen «Utvikling i kraftmarkedet mot 2050 – En utvidelse av Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2023» som NVE kom med i oktober 2024. Her fremkommer hvilke kraftpriser NVE tror på i årene fremover gitt som årsgjennomsnitt, hvilket er 80 øre/kWh i 2030, 59 øre/kWh i 2035, 49 øre/kWh i 2040 og 42 øre/kWh i 2050. Det vil si at tiltak med kort levetid vil oppleve høyere energipris enn tiltak med lang levetid. Videre viser kraftmarkedsanalysen til en sesongvariasjon der det er ca. 25 % økning av kraftprisen vinter sammenlignet med årssnittet, og ca. 25 % reduksjon sommer. På denne bakgrunn regner vi med ulik energipris for ulike tiltak avhengig av tiltakets levetid (vektet snitt over perioden), samt avhengig av om tiltaket gir energibesparelse vinter (tiltak som reduserer varmebehov), energibesparelse flatt gjennom året (eksempelvis belysning, ventilasjonsvifter), eller hovedsakelig energibesparelse sommer (solceller). Videre har vi lagt til grunn dagens nivå på nettleie, elavgift og energifond på i sum ca. 45 øre/kWh for småhus, ca. 50 øre/kWh for boligblokk og ca. 40 øre/kWh for kontorbygg (basert på Elvia sin nettleiemodell, og effektledd omregnet fra kr/kWh til kr/kWh basert på månedlige effekttopper og årsforbruk for de respektive bygningene med TEK17-standard). Med dette fås energiprisene per tiltak og per bygningskategori som oppsummert i Tabell 8.

Tabell 8: Energipriser benyttet i lønnsomhetsberegningene

Tiltak	Levetid [år]	Energipris [kr/kWh eksl.mva]		
		Småhus	Boligblokk	Kontorbygg
Vegg, tak, gulv, lekkasjetall, kuldebroverdi	50	1,11	1,17	
Vegg, tak, gulv, lekkasjetall, kuldebroverdi	40			1,06
Vinduer	25	1,24	1,31	1,20
Ventilasjon <sup>1</sup>	20	1,24	1,31	1,17
Belysning <sup>2</sup>	20	-	-	1,07
Solceller <sup>3</sup>	30	0,93	0,99	0,88
Luft/luft-varmepumpe, luft/vann-varmepumpe	15	1,36	-	-

1) ventilasjonstiltak reduserer både varme vinter (varmegjenvinner) og elektrisitet flatt gjennom hele året (vifteenergi), og er derfor vektet i forhold til dette

2) belysningstiltak er kun relevant for kontorbygget, - det er normert verdi for bolig

3) i lønnsomhetsberegningene for solceller hensyntas andel til egenbruk og andel til eksport (inntektsføres for kraftpris), bytte av inverter etter 15 år, og degradering av solcellene med 0,002% per år

I lønnsomhetsberegningene i excel-verktøyet er det for boligbygningene regnet med mva. på både energipris og tiltakskostnader.

Beregningsperiode og renter er i henhold til *Samfunnsøkonomiske analyser* (DFØ, 2023) og rundskriv R109/2021 fra Finansdepartementet. Der står at analyseperioden skal som et hovedprinsipp være så nær levetiden til tiltaket som praktisk mulig, dvs. vi har satt analyseperioden lik tiltakets levetid. Videre står at det skal benyttes kalkulasjonsrente som risikojustert rente; 4,0 % for analyseperiode 0 - 40 år, og 3,0 % for del av analyseperiode 40 - 75 år. Dvs. at vi bruker 4 % for alle tiltak med levetid under 40 år. Og for tiltak med levetid 50 år har vi forenklet og brukt vektet 3,8 %.

Referansenivået er TEK17-standard, dvs. de energikvaliteter som ligger til grunn for dagens energirammekrav. Vi har gjennomført lønnsomhetsberegninger i verktøyet med overnevnte forutsetninger, og med de definerte energitiltak og tilhørende energibesparelser og tiltakskostnader som beregnet for DiBK i 2023. Resultater er presentert i vedlegg C. Det er funnet tiltak for en marginal lønnsom tiltakspakke, samt to tiltakspakker som går utover hva som er lønnsomt, relatert til referansenivået (altså hvorvidt nåverdien forbedres eller forverres med de gitte tiltakene). For sammensetning av tiltak i de to tiltakspakkene som går utover hva som er lønnsomt er det brukt

skjønner og ikke medtatt de tiltak som er svært ulønnsomme og som derfor synes uaktuelle. Tiltakspakkene er vist i Tabell 9.

Det er lagt til solceller i tiltakspakke to og tre i alle tre bygningskategorier. Det bemerkes at solceller ikke er funnet lønnsomt med de forutsetningene som er brukt i disse beregningene, men vi vet at dette i realiteten vil variere. Det finnes naturligvis mange lønnsomme solcelleanlegg på bygninger. For småhus er det lagt til grunn at 80 % av takflaten som vender mot sør kan brukes. Boligblokk og kontorbygg har flate tak og her er det brukt hhv. 80 % og 70 % av takarealet. For småhus får solcellene samme vinkling som takflata, mens det på flate tak legges «domes» som vender mot øst og vest med en vinkel på 10 °. Videre er det benyttet en moduleffektivitet på 22 % og tapsfaktorer for panel og invertere er standardverdier fra SIMIEN. Det legges også til grunn at panelene er dekket med snø fra 1. desember og frem til 1. mars. Det er å anse som et konservativt anslag, spesielt mtp. småhus som har en vinkel på 25 °.

Tabell 9: Tiltakspakker

Bygningskategori	Tiltakspakke 1 (marginal lønnsomhet)	Tiltakspakke 2 (utover lønnsomhet)	Tiltakspakke 3 (utover lønnsomhet)
Småhus	Ventilasjon 85% vgj og SFP 1,3 kW/m <sup>3</sup> /s	Ventilasjon 85% vgj og SFP 1,3 kW/m <sup>3</sup> /s	Ventilasjon 85% vgj og SFP 1,3 kW/m <sup>3</sup> /s
		Solceller tak mot sør	Solceller tak mot sør
			Vegg U-verdi 0,15 W/m <sup>2</sup> K
			Tak U-verdi 0,12 W/m <sup>2</sup> K
			Lekkasjetall 0,4 h <sup>-1</sup>
Boligblokk	Tak U-verdi 0,10 W/m <sup>2</sup> K	Tak U-verdi 0,10 W/m <sup>2</sup> K	Tak U-verdi 0,10 W/m <sup>2</sup> K
	Lekkasjetall 0,4 h <sup>-1</sup>	Lekkasjetall 0,4 h <sup>-1</sup>	Lekkasjetall 0,4 h <sup>-1</sup>
	Ventilasjon 82% vgj og SFP 1,3 kW/m <sup>3</sup> /s	Ventilasjon 82% vgj og SFP 1,3 kW/m <sup>3</sup> /s	Ventilasjon 82% vgj og SFP 1,3 kW/m <sup>3</sup> /s
		Solceller flatt tak	Solceller flatt tak
			Vegg U-verdi 0,15 W/m <sup>2</sup> K
Kontorbygg	Ingen tiltak	Solceller flatt tak	Solceller flatt tak
			Vegg U-verdi 0,15 W/m <sup>2</sup> K
			Tak U-verdi 0,10 W/m <sup>2</sup> K
			Lekkasjetall 0,4 h <sup>-1</sup>

For referansenivået og de tre tiltakspakkene regnes det levert energi og vektet levert energi med fire ulike energiforsyningsløsninger. Energiforsyningsløsningene er satt i samarbeid med DiBK, og er som presentert i Tabell 10.



Tabell 10: Energiforsyningsløsninger benyttet i simuleringene

<b>Småhus</b>	
Forsyning 1	El.ovner, el.batteri ventilasjon, el.vvb
Forsyning 2	Luft/luft-varmepumpe (leverer til 50 % av arealet) + el.ovner (spisslast + øvrige 50 % av arealet), el.batteri ventilasjon, el.vvb
Forsyning 3	Luft/vann-varmepumpe (85% energidekning) + el.kjel (spisslast) til romoppvarming og forvarming tappevann, mens varmebatteri ventilasjon direkte elektrisk
Forsyning 4	Pellets-kamin (leverer til 50 % av arealet) + el.ovner (spisslast + øvrige 50 % av arealet), el.batteri ventilasjon, el.vvb
<b>Boligblokk</b>	
Forsyning 1	El.ovner, el.batteri ventilasjon, el.vvb
Forsyning 2	El.kjel til romoppvarming, ventilasjonsvarme og tappevann
Forsyning 3	Fjernvarme til romoppvarming, ventilasjonsvarme og tappevann
Forsyning 4	Bergvarmepumpe (90% energidekning) + el.kjel (spisslast) til romoppvarming, ventilasjonsvarme og tappevann
<b>Kontorbygning</b>	
Forsyning 1	El.kjel til romoppvarming, ventilasjonsvarme og tappevann. DX-kjølemaskin
Forsyning 2	Fjernvarme til romoppvarming, ventilasjonsvarme og tappevann. Fjernkjøling
Forsyning 3	Bergvarmepumpe (90% energidekning) + el.kjel (spisslast) til romoppvarming, ventilasjonsvarme og tappevann. Kjølemaskin m/tørrkjølere
Forsyning 4	Biokjel (90% energidekning) + el.kjel (spisslast) til romoppvarming, ventilasjonsvarme og tappevann. DX-kjølemaskin

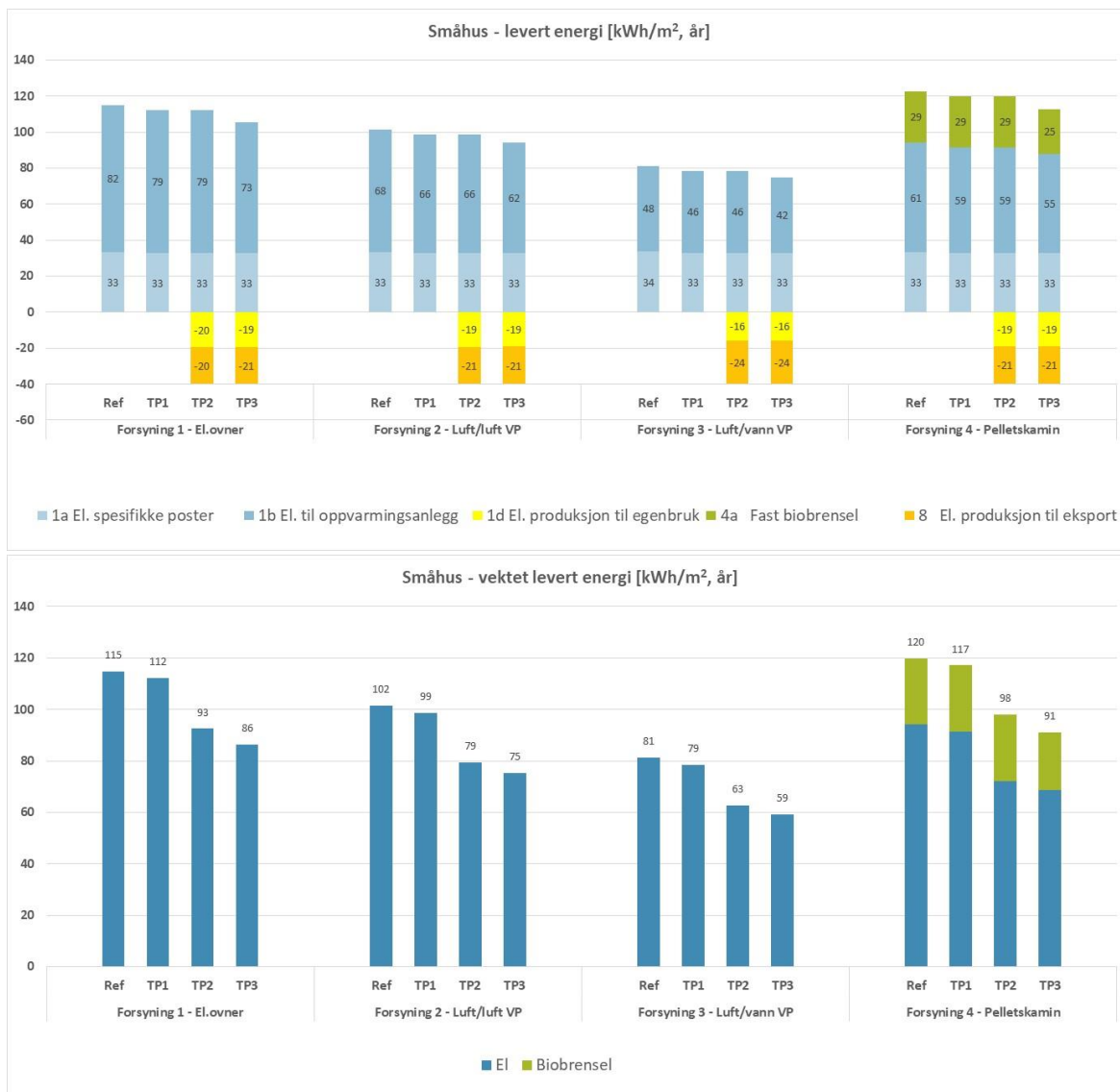
For småhus energiforsyning #4 er det besluttet å benytte pelletsovn i stedet for vedovn. Vedovn er mest utbredt, men er litt problematisk ift. simulering. Et småhus med biokamin/pellets-kamin med automatisk mating vil kunne fungere som en grunnlast og kan simuleres i Simien. Mens en vedovn opereres manuelt av boligeier, hvor det nok er stor forskjell i praksis; alt fra boligeiere som er hjemme dagtid og fyrer nesten hele døgnet, til boligeiere som fyrer lite. Det er ingen definisjon av «driftstid» for vedovn i SN-NSPEK 3031:2023. Derfor er det besluttet å benytte pelletsovn i stedet.

For kontorbygg energiforsyning #3 var det meningen å simulere med frikjøling brønnpark og kjølemaskin som spisslast. SIMIEN Pro / SIMIEN 7 håndterer imidlertid foreløpig ikke flere energikilder på kjøling. Fordi frikjøling gir for liten kjøleeffekt alene, besluttet vi å benytte kjølemaskin i beregningene denne gang. Men frikjøling ville kun gitt en marginal reduksjon i levert energi fordi det kun er forutsatt ventilasjonskjøling og ikke også lokalkjøling for kontorbygget.

For hver av bygningskategoriene er det først vist resultater for beregnet levert og eksportert energi, med spesifisert andeler for hver energibærer. Deretter er det vist resultater for sum vektet levert energi, hvor det er regnet med vektingsfaktorene gitt i Tabell 1. Merk at det i disse visningene er medtatt samtlige energiposter. (Faste poster for teknisk utstyr (yrkesbygg og bolig) og belysning (bolig) skal inngå i beregning av bygningens oppvarmingsbehov, men skal ikke tas med i endelig rammekrav).

I tillegg til resultater for de ulike tiltakspakkene, er det vist referansenivået for TEK17-nivå uten tiltak, dvs. hvor det for kontorbygning er forutsatt minste tillatte luftmengde utenfor driftstid og minste tillatte luftmengde i driftstid for DCV med udokumentert/høyemitterende materialer ref. beregning 5) i avsnitt 3.2.

Resultater for småhus er vist i Figur 6. «Ref» betyr referansenivået uten tiltak. «TP1» betyr tiltakspakke 1, osv. Produsert solstrøm synliggjøres som negative forbrukstall i øverste figur med levert energi. I nederste figur med vektet levert energi slås elektrisitet sammen og det vil si at andel solstrøm til egenbruk kommer til fratrekk, mens andel solstrøm til eksport blir vektet med 0 og får dermed ingen innvirkning.

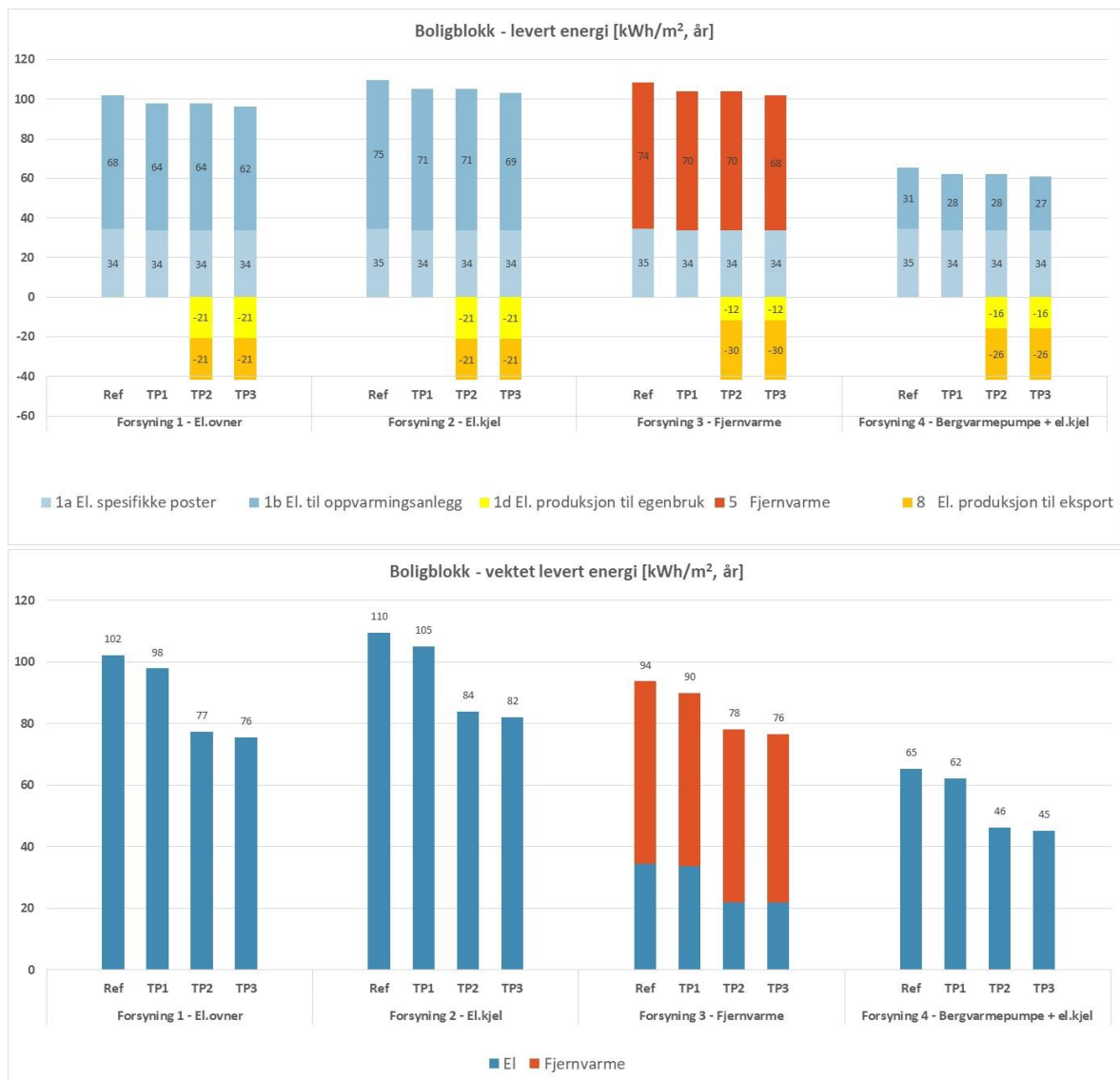


Figur 6: Beregnet levert energi (øverst) og vektet levert energi (nederst) for småhus, for ulike energiforsyningsløsninger og ulike tiltakspakker

Resultatene for småhus viser at lønnsom tiltakspakke 1 (TP1) gir en liten reduksjon i levert energi på 2 - 3 kWh/m<sup>2</sup> avhengig av energiforsyningsløsning. TP2 med solceller vil gi en betydelig reduksjon på 16 - 20 kWh/m<sup>2</sup> (egenbruk) avhengig av energiforsyningsløsning, og TP3 ytterligere 4 - 7 kWh/m<sup>2</sup>.

Hva gjelder vektet levert energi blir dette størst for energiforsyning #4 med pelletskamin grunnet dårligere virkningsgrad til tross for vektingen med 0,9. Energiforsyning #2 med luft/luft-varmepumpe gir en vesentlig reduksjon. Og selvfølgelig en ytterligere vesentlig reduksjon med energiforsyning #3 luft/vann-varmepumpe.

Resultater for boligblokk er vist i Figur 7.

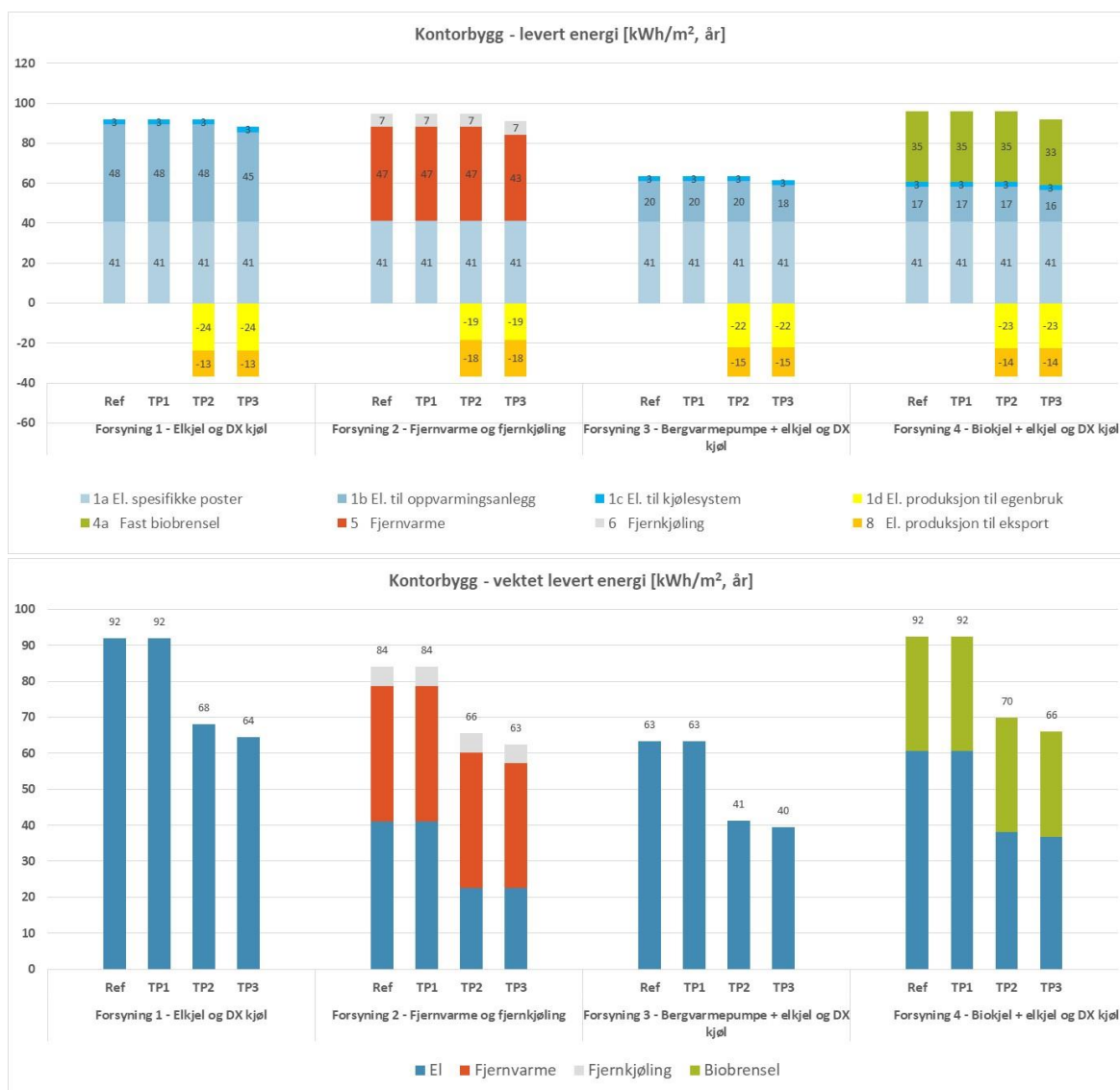


Figur 7: Beregnet levert energi (øverst) og vektet levert energi (nederst) for boligblokk, for ulike energiforsyningsløsninger og ulike tiltakspakker

Resultatene for boligblokk viser at lønnsom tiltakspakke 1 (TP1) gir en liten reduksjon i levert energi på 3 - 4 kWh/m<sup>2</sup> avhengig av energiforsyningsløsning. TP2 med solceller vil gi en betydelig reduksjon på 12-21 kWh/m<sup>2</sup> (egenbruk) avhengig av energiforsyningsløsning, mens TP3 kun ytterligere 1 – 2 kWh/m<sup>2</sup>. Energiforsyning #2 som er vannbårent varmeanlegg med el.kjel vil med de gitte forutsetninger for rørlengder, isolasjon, andel i uoppvarmet areal samt pumpeenergi gi ca. 7 kWh/m<sup>2</sup> høyere levert energi sammenlignet med energiforsyning #1 el.ovner.

Hva gjelder vektet levert energi blir dette størst for energiforsyning #2 med el.kjel, dernest energiforsyning #1 med el.ovner, og energiforsyning #3 med fjernvarme grunnet vektingsfaktor 0,8. Vesentlig lavere vektet levert energi oppnås med energiforsyning #4 med bergvarmepumpe.

Resultater for kontorbygg er vist i Figur 8.



Figur 8: Beregnet levert energi (øverst) og vektet levert energi (nederst) for kontorbygg, for ulike energiforsyningsløsninger og ulike tiltakspakker

For kontorbygg er det ingen lønnsom tiltakspakke, dvs. i figurene er «Ref» og «TP1» identiske. Resultatene viser at TP2 med solceller vil gi en betydelig reduksjon på 19 - 24 kWh/m<sup>2</sup> (egenbruk) avhengig av energiforsyningsløsning, mens TP3 kun ytterligere 1 - 4 kWh/m<sup>2</sup>.

Hva gjelder vektet levert energi blir dette størst for energiforsyning #1 med el.kjel og #4 med biokjel (like høyt). Dernest energiforsyning #3 med fjernvarme grunnet vektingsfaktor 0,8. Vesentlig lavere vektet levert energi oppnås med energiforsyning #4 med bergvarmepumpe.

### 3.4 Konsekvenser ved valg av ramme vektet levert energi

Per nå må vi forholde oss til de vektingsfaktorer som er gitt av Energidepartementet i høringsforlaget for endring i energimerkeforskriften for bygninger (Tabell 1). Som vist gir det beregnet vektet levert energi som varierer med ulike energiforsyningsløsninger. Det blir derfor et spørsmål om hvor strengt rammekravet skal settes, sett i forhold til om det er noen energiforsyningsløsninger man ikke vil legge vekt på i en slik vurdering og/eller om man for disse kan kompensere ved å gjennomføre ytterligere energiltak.

For småhus vises det til resultater i Figur 6. Et fornuftig valg slik vi ser det, er å sette rammekravet for vektet levert energi lik TP1 med energiforsyning #2 med luft/luft-varmepumpe som gir 99 kWh/m<sup>2</sup>. Bakgrunnen for et slikt valg er at lønnsomhetsberegningene viser at luft/luft-varmepumpe er lønnsomt, men ikke luft/vann-varmepumpe med vannbåren varme. Dersom kravet settes slik, betyr det at småhus med energiforsyning #1 med el.ovner (hvor luft/luft-varmepumpe av en eller annen grunn ikke egner seg) må gjøre andre kompenserende tiltak i form av solceller eller andre energitiltak. Det samme gjelder for småhus med energiforsyning #4 med pellets-kamin. Videre betyr det at småhus med energiforsyning #3 med luft/vann-varmepumpe enkelt vil klare rammekravet, og derfor bør det også være et krav til varmetapstall (alternativt energitiltakskrav) for å sikre en god bygningskropp.

For boligblokk vises det til resultater i Figur 7. Et fornuftig valg slik vi ser det, er å sette rammekravet vektet levert energi lik TP1 med energiforsyning #3 med fjernvarme som gir 90 kWh/m<sup>2</sup>. Vår anbefaling/resonnement støtter seg til et politisk argument da norske myndigheter har målsetning om å redusere strømforbruk i norske bygninger med 10 TWh innen 2030, samt å redusere effektbelastningen på kraftnettet. Derfor bør ikke rammekravet tilpasses boligblokk med el.ovner eller el.kjel som har høyere vektet levert energi. Dersom kravet settes på 90 kWh/m<sup>2</sup>, betyr det at boligblokk med energiforsyning #1 med el.ovner må gjøre andre kompenserende tiltak i form av solceller eller andre energitiltak. Det samme gjelder for boligblokk med energiforsyning #2 med el.kjel og vannbåren varme, evt. kan det her også gjøres forbedringer i distribusjonsanlegget. Videre betyr det at boligblokk med energiforsyning #4 med bergvarmepumpe enkelt vil klare rammekravet, og derfor bør det også være et krav til varmetapstall (alternativt energitiltakskrav) for å sikre en god bygningskropp.

For kontorbygg vises det til resultater i Figur 8. Som for boligblokk er et fornuftig valg slik vi ser det, å sette rammekravet vektet levert energi lik TP1 med energiforsyning #2 med fjernvarme og fjernkjøling som gir 84 kWh/m<sup>2</sup>. Vår anbefaling/resonnement støtter seg til samme politiske argument ift. målsetningen til norske myndigheter om å redusere strømforbruk i norske bygninger med 10 TWh innen 2030, samt å redusere effektbelastningen på kraftnettet. Derfor bør ikke rammekravet tilpasses kontorbygg med el.kjel som har høyere vektet levert energi. Dersom kravet settes på 84 kWh/m<sup>2</sup>, betyr det at kontorbygg med energiforsyning #1 med el.kjel må gjøre andre kompenserende tiltak i form av solceller, tiltak som gir lavere ventilasjonsluftmengder eller andre energitiltak, evt. kan det her også gjøres forbedringer i distribusjonsanlegget. Det samme gjelder for boligblokk med energiforsyning #4 med biokjel. Videre betyr det at boligblokk med energiforsyning #3 med bergvarmepumpe enkelt vil klare rammekravet, og derfor bør det også være et krav til varmetapstall (alternativt energitiltakskrav) for å sikre en god bygningskropp.

Som nevnt bør det tillegg til rammekrav for vektet levert energi, også være et tilleggskrav for varmetapstall (alternativt energitiltakskrav med omfordelingsmulighet) for å sikre god bygningskropp. Og man må fortsatt ha krav til energifleksible løsninger (som i dag), ellers vil man få mange bygg med direkte el.oppvarming.

Dersom rammekravet i stedet settes iht. den energiforsyningsløsningen med høyest vektet levert energi, som vil være alternativet med pellets-kamin for småhus, el.kjel for boligblokk og el.kjel/biokjel for kontorbygg, så vil man tilfredsstille rammekravet uansett energiforsyningsløsning, og det vil i realiteten ikke være noen skjerpning eller endring fra dagens TEK17-nivå med ramme for netto energibehov.

Dersom norske myndigheter hadde satt vektingsfaktorene slik at løsninger med fjernvarme og bioenergi likestilles med varmepumpeløsning (altså samme vektet levert energi), hadde dette nivået vært et naturlig valg av rammekrav. Dette har man gjort i Sverige. Da kan man sette rammekravet så

«strengt» at man også tvinger frem gode bygningskropper og tekniske anlegg for å klare rammekravet, og da trenger man heller ikke tilleggskrav for varmetapstall, minstekrav tekniske systemer eller til energifleksibilitet. Settes rammekrav for vektet levert energi på denne måten, vil man normalt ikke klare energirammen med kun direkte elektrisk oppvarming, hvilket også bør være hensikten for å bidra til 10 TWh strømreduksjon innen 2030 og redusert belastning på el-nettet. Fjernvarme, bioenergi og varmepumper bør være de prioriterte løsningene for oppvarming, mens elektrisitet kun unntaksvis skal benyttes. Som i Sverige kunne man da innrette det slik at man må søke om dispensasjon for å bruke el.oppvarming dersom fjernvarme, bio eller varmepumpe ikke er noen mulighet i det enkelte prosjekt.

I endelige energiramme krav skal faste poster for teknisk utstyr (yrkesbygg og bolig) og belysning (bolig) trekkes fra. Med det blir foreslåtte energiramme krav som vist i Figur 9.

Bygningskategori	Vektet levert energi [kWh/m <sup>2</sup> ]	Fast post belysning [kWh/m <sup>2</sup> ]	Fast post teknisk utstyr [kWh/m <sup>2</sup> ]	Rammekrav vektet levert energi (avrundet) [kWh/m <sup>2</sup> ]
Småhus	99	11,4	17,5	70
Boligblokk	90	11,4	17,5	61
Kontorbygg	84	(ikke fast)	18,8	65

Figur 9: Forslag rammekrav vektet levert energi (fratrukket faste poster)

### 3.5 Vurdering fordeler og ulemper med faste poster

For å følge samme metodikk som i EUs bygningsenergidirektiv, ønsker DiBK å vurdere konsekvenser av at faste poster for teknisk utstyr (yrkesbygg og bolig) og belysning (bolig) skal inngå i beregning av bygningens oppvarmingsbehov, men skal ikke tas med i det endelige energibudsjettet ved beregning av energirammen, dvs. ikke i endelig rammekrav for vektet levert energi.

Det er viktig at metodikken beskrives i veiledning til energikrav i TEK. De faste postene (internlastene) skal inngå i energiberegning slik at det regnes med varmetapet fra internlastene som i oppvarmings sesong kommer bygningen til gode og dermed reduserer oppvarmingsbehovet, og samtidig vil internlastene kunne gi/øke ev. klimakjølebehov sommer, som gjør energiberegningen mest mulig reell. Videre må det spesifiseres at andel av egenprodusert energi (typisk solstrøm) som går til egenbruk og som skal trekkes fra, skal regnes ut fra levert energi før de faste postene trekkes ut, dvs. at solstrøm til egenbruk kan utnyttes til teknisk utstyr og ev. belysning (boliger).

Ulempene ved å skulle trekke fra de faste postene i vektet levert energi, er at vi i Norge har vært vant med å regne med de faste postene, og at når man trekker fra nevnte poster får man en kunstig lav verdi som gjør at man fjerner seg ytterligere fra målt energiforbruk. Fordelen, og det som er avgjørende, er at man følger samme metodikk som i EU, og at taksonomiens kriterier som innebærer prosentvis forbedring (nZEB-10% for nybygg og 30% forbedring i eksisterende bygg) fra et energibudsjett hvor de faste postene er holdt utenfor, ikke blir mer krevende i Norge enn i EU-land.

## 4 Tiltaksmetoden

I dagens §14-2 (2) gis anledning for småhus og boligblokker å oppfylle energikravene uten å måtte gjøre en energirammeberegning, ved å tilfredsstille en liste med energitiltakskrav. Energitiltakene kan fravikes forutsatt at bygningens varmetapstall ikke øker, samtidig som minimumsnivåene oppfylles.

Multiconsult mener det vil være fornuftig å videreføre en slik tiltaksmetode for småhus, slik at små utbyggere enkelt kan sjekke oppfyllelse av energikravene uten å måtte gjøre «omfattende» Simienberegninger. Men vi mener at det for boligblokk bør kunne kreves energirammeberegning, da dette oftest er større prosjekter, og hvor oppvarming, ventilasjon, tappevann samt fornybar energi bør vurderes nærmere for å finne de beste løsningene i aktuelt prosjekt

Dagens nivå på energitiltakene for småhus kan i utgangspunktet videreføres, men det bør vurderes en innskjerping iht. lønnsomt tiltak (ref. tiltakspakke 1 i Tabell 9) for ventilasjon i form av 85 % varmegjenvinning og SFP på 1,3 kW/m<sup>3</sup>/s.

Multiconsult mener at det i tillegg energitiltakskrav også bør være krav til energiforsyningsløsning for småhus. Dette kan stå i tiltaksmetoden, men hører antagelig bedre hjemme i §14-4 Krav til løsninger for energiforsyning. Dette behandler vi i avsnitt 5.1.

## 5 Energifleksibilitet

### 5.1 Krav til energifleksibel oppvarming

Som nevnt i avsnitt 3.4 vil det fortsatt være nødvendig med krav til energifleksibilitet, ellers vil man kunne få mange bygg med direkte el.oppvarming (el.ovner, el.batteri, el.vvb). Dette skyldes de forutsatte vektingsfaktorene som er lagt til grunn for denne utredningen.

I dag er det krav til å ha energifleksible varmesystemer som dekker minimum 60 % av normert netto varmebehov. Dette har eksempelvis kunnet gi løsninger for boligblokker med el.kjel til tappevann (forberedt for fleksibilitet) og panelovner til oppvarming, samt desentralisert ventilasjon med elektriske varmebatterier. Når nye energikrav i TEK beveger seg fra netto energibehov til vektet levert energi, og SN-NSPEK 3031:2023 tas i bruk, kan det tilsynelatende være mer riktig å sette krav til dekningsgrader på beregningspunktet brutto energibehov for å få medregnet tap i distribusjon etc. Dette kan imidlertid være noe utfordrende da energiandeler (på både netto og brutto beregningspunkt) endrer seg avhengig av valgt varmeregulering og distribusjonssystem mm, og dvs. at man ikke vet hvilken prosentvis dekningsgrad som oppnås før man faktisk har lagt inn en spesifisert varmeløsning i energiberegningen, som medfører at man må prøve seg fram. Multiconsult mener en bedre løsning kanskje vil være å sette krav til hvilke energiposter (hele eller andel av energiposter) som skal være energifleksible, da det er enklere å forholde seg til. Ulempen vil være at det ikke gir den samme fleksibiliteten i løsninger som før mht. hvilke deler av varmebehovet man kunne velge at skulle baseres på vannbåren eller luftbåren varme. Krav til energifleksibilitet kan i så fall angis per bygningskategori, og avhenge av størrelsen på energipostene.

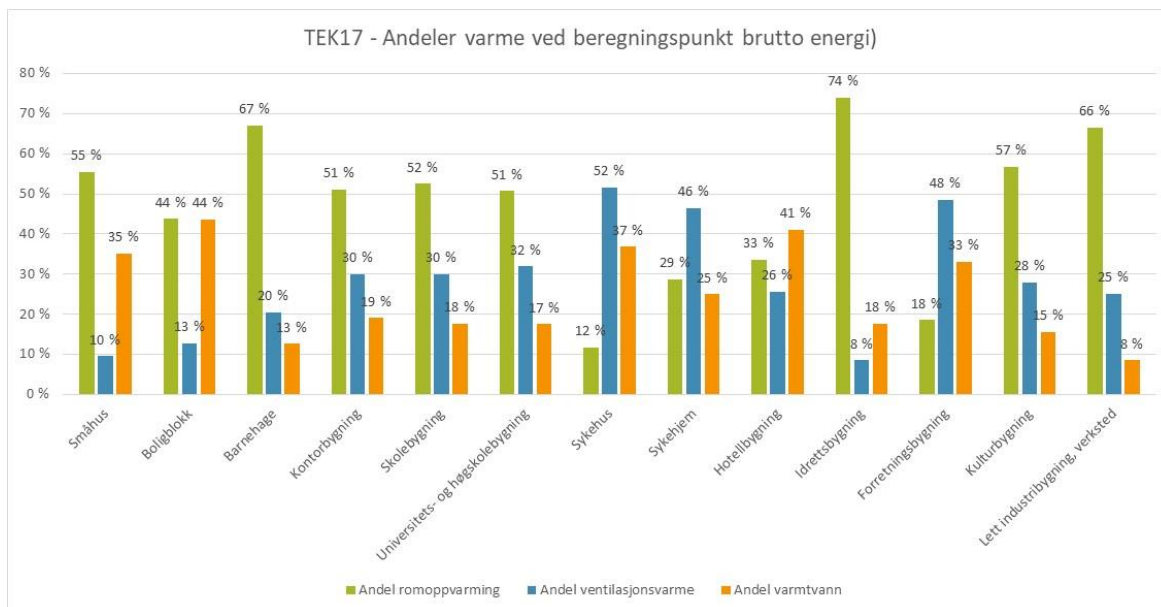
Eksempel for boligblokk: Romoppvarming og tappevann skal være energifleksibel, men ikke ventilasjon (da det i mange tilfeller er ønskelig med desentralisert ventilasjon og dette for denne kategorien er en relativt liten budsjettpost).

Eksempel for kontorbygg: Romoppvarming og ventilasjonsvarme skal være energifleksibel, men ikke varmtvann. For store bygninger i bygningskategorier med lavt varmtvannsbehov kan det ofte være fornuftig med desentralisert varmtvannsberedning fremfor sentralisert system som gir store sirkulasjonstap.

Vi anbefaler DiBK å lage slikt krav spesifisert for samtlige bygningskategorier. I arbeidet kan det også vurderes å sette krav til en % dekningsgrad for hver energipost (eksempel 90 % av romoppvarming for å kunne ta høyde for noen få panelovner). Det er også et alternativ å spesifisere at all baderomsvarme skal være energifleksibel (fordi baderomsvarme utgjør et mye større energibehov i virkeligheten enn i standardiserte teoretiske TEK-beregninger).

I Figur 10 er vist andeler for hhv. romoppvarming, ventilasjonsvarme og tappevann for bygg på TEK17-nivå, hvor alt varmebehov dekkes via vannbårent anlegg, vist på beregningspunktet brutto energibehov. Merk at dette er for dagens TEK17-nivå. For å finne de respektive andelene for det kravsnivået som skal utgjøre nye energikrav, må det gjøres nye beregninger for samtlige bygningskategorier hensyntatt de skjerpelser som innarbeides og de «buffer» som fjernes (ref. avsnitt 3.2).





Figur 10: Andeler for hhv romoppvarming, ventilasjonsvarme og tappevann for bygg på TEK17-nivå, hvor alt varmebehov dekkes via vannbårent anlegg, vist på beregningspunktet brutto energibehov. Merk at dersom en energipost gjøres direkte elektrisk i stedet for vannbårent, synker den prosentvis andelen for denne energiposten fordi det blir mindre varmetap.

En alternativ måte å sette krav til energifleksibilitet på, er å gjøre som svenskene som har satt grense for hvor mye effekt kan brukes til romoppvarming og tappevann, avhengig av klimasoner. Dette må ev. utredes nærmere.

I dag gjelder krav til energifleksibilitet kun for bygninger over 1000 m<sup>2</sup> oppvarmet BRA. Med det utelukkes en betydelig andel av nybyggmassen. Småhus utgjør en veldig stor andel. Derfor bør det vurderes separate krav for småhus, slik at man ikke lenger kan benytte kun direkte elektrisk oppvarming. Det bør være krav til minimum luft/luft-varmepumpe, men at kravet alternativt kan oppfylles med avtrekksvarmepumpe, pelletskamin eller i form av vannbårent anlegg tilknyttet luft/vann-varmepumpe, bergvarmepumpe, biokjel (e.t) eller solvarmeanlegg. Man kunne også tenke seg å sette absolutt krav til energifleksibelt varmeanlegg (for romoppvarming og forvarming tappevann), men det bør ev. utredes nærmere om dette kan forsvares økonomisk. Hvis vi virkelig skal få til en konvertering fra el.oppvarming i dag, så må dette til. Vår anbefaling/resonnement støtter seg til et politisk argument da norske myndigheter har målsetning om å redusere strømforbruk i norske bygninger med 10 TWh innen 2030, samt å redusere effektbelastningen på kraftnettet.

Videre kan man vurdere om dagens krav til skorstein for småhus ut fra beredskapshensyn bør gjelde uten unntak. Men vi går ikke nærmere inn på dette her da det ikke er en del av oppgaven vår.

Dersom det ikke innføres egne krav knyttet til småhus mener vi grensen på 1000 m<sup>2</sup> bør fjernes. Hvis man virkelig skal få til en konvertering fra el.oppvarming i dag for å avlaste el.nettet så må krav til energifleksibilitet også omfatte boliger som står for en betydelig del av energibruken i landet.

## 5.2 Krav til varmesentral

Som nevnt vil det fortsatt være nødvendig med krav til energifleksibilitet og til varmesentral, ellers vil man kunne få mange bygg med direkte el.oppvarming (el.ovner etc). Og det er av fortsatt samme viktighet at varmesentral ikke lages så liten at det kun er plass til el.kjel, men at det senere skal være plass nok til å installere en varmepumpeløsning, dvs. at bytte av varmekilde er en reell mulighet.

Videre må det fortsatt være krav til middel/lavtemperatur-nivå på vannbårent varmeanlegg slik at det tilrettelegges for ev. senere varmepumpeløsninger hvor lav turtemperatur er helt avgjørende for å oppnå god effektivitet og økonomi. Veiledende verdier fra SN-NSPEK 3031:2023 Tillegg K, sier at COP for en væske/vann-varmepumpe (ved nominell last og kildetemperatur 0°C) reduseres med 42 % når avgivelsestemperaturen øker fra 35 til 55°C. Preakseptert ytelse er i dag en turtemperatur på maks 60 °C ved dimensjonerende forhold. Vi tror denne bør reduseres til 45 °C som grense for lavtemperatursystem, men dette bør antagelig undersøkes nærmere.

Dagens §14-4 (2) c) sier at bygning skal ha felles varmesentral. Hensikten er antagelig at man ikke skal ha flere energikilder som eksempelvis flere el.kjeler eller vvb. m/el.kassett plassert rundt omkring, fordi ved ev. senere ønske om å bytte til varmepumpe vil det da kreves flere varmepumper som vil bety økte installasjonskostnader ift. om det hadde vært felles energisentral. Om det er et leilighetsbygg som har vannbåren varme i hver leilighet som forsynes av lokal varmtvannsbereder, dvs. ingen sammenkobling til felles varmesentral, så vil det ikke være mulig med overgang til andre energikilder senere. Samme for seksjoner i yrkesbygg. Derfor må dette kravet om felles varmesentral beholdes. Men det bør i veiledningstekst presiseres at det i større bygg kan være hensiktsmessig med flere undersentraler, bla. for å redusere lengde på varmtvannssirkulasjon, men knyttet til en felles varmesentral.

Når det gjelder arealkrav for varmesentral, er preakseptert ytelse i dag: 10 m<sup>2</sup> + 1 prosent av oppvarmet BRA, opptil 100 m<sup>2</sup>. Multiconsult sin erfaring er at dette ikke blir fulgt i praksis. Hvis bygningen ligger i konsesjonsområde fjernvarme og har tilknytningsplikt, så virker det det urimelig å sette av stort areal til varmesentral siden det trengs et lite areal til fjernvarmeveksler.

Fjernvarmeleverandører har normalt anbefalinger om arealbehov for vekslersentraler i sine tekniske bestemmelser for tilknytning til fjernvarmenettet. Men det det kan vurderes nærmere hvorvidt det kan settes krav til at det skal være mulig å gjøre om det nødvendige antall kvadratmeter av tilgrensende arealer til varmesentral for i sum å oppfylle preakseptert ytelse, og dermed muliggjøre ev. senere overgang til varmepumpe. Dette kan være utfordrende bl.a ift. egen branncelle for varmesentral, som kan medføre søknadsplikt og omfattende arbeider siden inndelingen av brannceller endres, men det kan kanskje vurderes nærmere.

Multiconsult har gjort noen sjekker av om preakseptert arealkrav virker rimelig, basert på reelle prosjekt. For bygg opp til 9000m<sup>2</sup> som da vil gi krav om varmesentral på 100m<sup>2</sup>, virker dette rimelig. For meget større bygg derimot, vil 100 m<sup>2</sup> være for lite. Det kan synes som at grensen bør heves til 250m<sup>2</sup>. Det kan med fordel presiseres i veiledningstekst at krav til areal skal være spesielt for varmesentral, dvs. for evt. teknisk rom som kombinerer varmesentral, kjølesentral og/eller ventilasjon, så kommer areal til kjølesentral og ventilasjon i tillegg.

I de fleste tilfeller vil preakseptert ytelse for takhøyde på minimum 2,5 meter og fri bredde på dører på minimum 1,0 meter være tilfredsstillende. Men for meget store bygg er det for lite, da bør høydekravet økes til 3,0m for å få plass til aktuelt utstyr.

Bioenergianlegg krever mange spesialtilpasninger (lagervolum/silo, transport av bio fra lagervolum til varmesentral, pipe mm) så det er urimelig å forberede for en slik fremtidig løsning, - det er kun aktuelt når man bygger nytt.

### 5.3 Krav som tilrettelegger for lastforskyvning og/eller forbrukerfleksibilitet

De følgende underkapitlene presenterer forslag til krav som bør stilles til SD- og automasjonsanleggene for å legge til rette for fremtidig smart styring, energioptimalisering og effektivisering. Ref. DiBK sin kravspesifikasjon.

### 5.3.1 SD-anlegg med åpne kommunikasjonsprotokoller

Selv om det i dag er vanlig med sentralisert driftskontroll i store nybygg, leveres mange bygningstekniske anlegg fortsatt med egne, proprietære styringssystemer («styringssystemer som ikke snakker sammen»). For å legge til rette for smart styring og tilkobling til fremtidig teknologi er det en fordel med et felles data- og styringssystem, på tvers av teknologier og anlegg i bygget. Vi mener derfor at det bør være krav til et sentralisert driftskontrollanlegg (SD-anlegg) i alle nye store yrkesbygg (f.eks. over 1000 m<sup>2</sup>, som er det som brukes i BREEAM), og samtidig at alle relevante anlegg og systemer integreres mot dette sentraliserte anlegget. Vi mener at SD-anlegg vil være lønnsomt sett i forhold til et alternativ uten hvor driftspersonell ville måtte bruke mye tid på å følge opp de tekniske anleggene i bygget. (Vi har ingen beregninger på dette, men kan evt. vurderes nærmere). Men som nevnt er det vanlig med SD-anlegg i alle større yrkesbygg i dag, så et alternativ er å ikke stille krav i TEK til at alle større yrkesbygg skal ha SD-anlegg, men i stedet å stille spesifikke krav til SD-anlegg med tilhørende automasjonsanlegg for de bygg som har dette.

Jo flere systemer og informasjonskilder som er tilknyttet dette SD-anlegget, desto bedre grunnlag har det for å optimalisere driften av de ulike anleggene. For tekniske systemer som har betydning for energiforbruket bør det derfor stilles krav til at disse er tilknyttet SD-anlegget og skal kommunisere toveis over åpne standardiserte protokoller på et felles teknisk nettverk.

Det bør også legges til rette for fremtidig utvidelse av anlegget via åpne API-er som gjør det mulig å tilføre nye tjenester og teknologier til eksisterende bygg. Det anbefales derfor å stille krav om at SD-anlegget skal kunne dele og få tilsendt data fra tredjeparter (f.eks. IoT-enheter og strømleverandører) via et åpent API-grensesnitt. Av sikkerhetshensyn og fordi API-er stadig endres og oppdateres anbefales det at man kun har ett API-grensesnitt i anlegget, og at dette implementeres sentralt i toppsystemet, og ikke i undersentraler eller i enkeltsystemer. Dette vil forenkle prosessen rundt vedlikehold og oppdatering av API-grensesnitt, og samtidig gjøre at toppsystemet vil fungere som API-gateway/ kontrollpunkt som håndterer autentisering, autorisering og overvåking av API-trafikk.

Cybersikkerhet må være en integrert del av SD-leveransen, både når det gjelder maskin- og programvare, tjenester i sky og API-grensesnitt – spesielt med tanke på at det potensielt vil brukes åpne kommunikasjonsprotokoller. Relevante krav og beste praksis fra bl.a. NEK IEC 62443 og Nasjonal sikkerhetsmyndighets (NSM) grunnprinsipper for IKT-sikkerhet skal derfor følges.

Et sentralisert anlegg som beskrevet over vil kunne tilby integrerte styringsfunksjoner som på både kort og lengre sikt vil øke lønnsomhet. Dette kan f.eks. være:

- Styring av varme- og kjøleanlegg basert på værprognoser, tilstedeværelse og varme/kjølebehov og byggets driftstider.
- Temperaturkontroll i rom som tar hensyn til tilstedeværelse, solavskjerming og møteromskalendere.
- Lysstyring basert på tilstedeværelse, dagslysnivå
- Strømstyring for elbilladere og varmtvannsberedere, tilpasset tilgjengelig solenergi og strømpriser.

(Overnevnte er ment som eksempler på hva som vil kunne tilbys, ikke som krav).

#### **Ekstra kostnad for tilrettelegging:**

Ingen, men forutsetter at SD-anlegget kan kobles opp mot en API-grensesnitt.

### 5.3.2 Måling og logging

For å oppnå energieffektiv drift av varme, kjøling, ventilasjon og elektriske laster, er det avgjørende at et eventuelt SD-anlegg har kapasitet (programvare, prosessor, I/O, kommunikasjonsgrensesnitt, arbeids- og lagringsminne) til å hente inn målinger som muliggjør adaptiv, prediktiv og fleksibel styring. Med dette menes bl.a.:

- Sekvensregulering av alle varme- og kjølekurser både på romnivå og i energisentral
- Sekvensstyring av grunnlast og spisslast, fri kjøling, maskinkjøling osv.
- Optimal stopp og start av oppvarming (se kapittel 5.3.3)
- Optimal stopp og start av strømforbrukere

For å oppnå dette bør det foreligge detaljert temperatur-, vann- og energimåling over tid slik at man kan beregne faktisk behov for varmtvann, oppvarming osv. For større yrkesbygg bør det derfor stilles krav om at SD-anlegget skal ha kapasitet til å hente inn og bearbeide følgende data:

- Energimåling for samtlige energiposter i samsvar med NS 3031.
- Måling av tur- og returtemperatur varme- og kjølekurser, både på primær- og sekundærside av reguleringspunkter.
- Måling av temperatur varmtvannsbereder.
- Tilstedeværelsesdeteksjon og måling av temperatur i rom med behovsstyrt varme, kjøling eller ventilasjon

Vi anbefaler altså at det settes krav til at SD-anlegg skal ha kapasitet til å håndtere et økt antall målere og datapunkter.

Det anbefales også å sette krav i TEK til at alle trenddata, energimålinger og energiberegninger skal kunne logges og oppbevares i minimum ett år før de overskrives/slettes slik at historisk data kan benyttes til å optimalisere drift. Dette vil medføre behov for økt lagringskapasitet samt lisens for flere datapunkter.

#### **Ekstra kostnad for tilrettelegging:**

Kostnad for å ta med ekstra kapasitet (I/O, kommunikasjonsgrensesnitt, arbeids- og lagringsminne) som muliggjør en fremtidig økning i antall målere og sensorer (f.eks. 30% økning).

### 5.3.3 Effektstyring / optimal stopp og start

Det bør stilles krav til at SD-anlegget skal kunne tilby funksjoner for å styre elektriske og vannbårne laster på en måte som reduserer effekttopper og reduserer totalt energiforbruk, enten på nåværende tidspunkt eller ved fremtidig utvidelse. Disse funksjonene må ta hensyn til strømpriser, effekttariffer, værprognoser, tilgjengelig solenergi, temperatur, varme- og kjølebehov m.m. Under følger en liste med eksempler på funksjoner som SD-anlegget skal tilby/ kunne utvides med:

- Optimal stopp/start
  - Strømbruket til elektriske varmtvannsberedere (se også kapittel 5.3.5) skal kunne flyttes i tid, eksempelvis fra morgenen til senere på dagen, for å øke egenbruk av solenergi eller redusere energikostnader.
  - Elbillading skal kunne flyttes i tid, spesielt fra ettermiddag/kveld til nattetid for boliger, og fra morgen til senere på dagen for yrkesbygg.
  - Tilbakeføring til normaltemperatur etter eventuell nattsinking: Tidspunkt for oppvarming av rom og vann skal kunne optimaliseres ved å hensynta beregnet oppvarmingstid, utetemperatur og lasttopper, behov og forbruk.

- Effektregulering
  - Det skal kunne settes en maksimal tillatt timeeffekt for bygget med mulighet for manuell justering.
  - SD-anlegget skal kunne koble ut både elektriske og vannbårne laster dersom maksimal tillatt timeeffekt overskrides.
  - Laster for utkobling/reduksjon skal defineres i en justerbar, prioritert liste som f.eks. kan inneholde følgende systemer:
    1. Snøsmelting
    2. Varmtvannsbereder
    3. El-kjel
    4. Varmepumpe
    5. Elbillading
    6. Temperatursenking varmeanlegg
    7. Temperatursenking radiatorer for utvalgte rom
  - SD-anlegget skal vise en oversikt over hvilke laster som til enhver tid er koblet ut

For regulering av maksimaleffekten for elektrisk kraft må det installeres fysisk utstyr som releer, kontaktorer, effektbrytere, maksimalvoktere m.m. Det vil være en fordel å installere dette utstyret ved nybygging da etterinstallering ofte vil medføre midlertidig driftstans. Det er også verdt å nevne at bør vurderes egen kurs for utstyr med høy effekt som (f.eks. varmtvannsbereder). Dette vil også gjøre utkobling og tilbakestilling av disse lastene enklere.

**Ekstra kostnad for tilrettelegging:**

Maksimalvokter (per stykk): 25 000 kr eks.mva

### 5.3.4 Digital tvilling

En digital tvilling er en høyverdig virtuell, digital kopi av det fysiske bygget som kan oppdateres kontinuerlig med sanntidsdata fra sensorer og andre datakilder. Den digitale tvillingen kan brukes til å overvåke, simulere, analysere og optimalisere ytelsen til det fysiske bygget og kan derfor være et viktig verktøy, både for å sikre at systemer kjører så energieffektivt som mulig, og for å simulere og analysere hvordan potensielle endringer i driften vil påvirke energiforbruket.

Kostnadene forbundet med implementering av en digital tvilling reduseres hvis sensorikk, datainnsamling og integrasjon av sanntidsdata allerede er på plass. Det anbefales derfor følge tiltakene foreslått i avsnitt 5.3.1 og 5.3.2 for å klargjøre for en fremtidig digital tvilling.

**Ekstra kostnad for tilrettelegging:**

Ingen, digital tvilling kan utvikles på senere tidspunkt og dersom det allerede er lagt til rette for tilstrekkelig datainnsamling via sensorer, målere og API-er vil kostnadene ved implementering reduseres.

### 5.3.5 Smartberedere

Smartberedere kommenteres spesielt med bakgrunn i informasjon fra COFACTOR forskningsprosjekt ledet av SINTEF Community. Det er bl.a. sett på lastprofiler og topplaster for smarte beredere i boliger. Data er basert på 6 måneders forbruksdata fra smartberedere fra OSO. Smartberedere skyver last til natt og midt på dagen, når det er lavere spotpris og gunstig nett-tariff, og smartberedere sparer derfor energikostnad for boligeier. Smartberederne øker effektbehov til varmtvannsberedning med 15-25%

flESTE dager, opptil 50 % noen dager, men ikke boligens samlede effekttopp med alt forbruk. Men en problemstilling er om «alle» boliger får smart-beredere som flytter last til natt, så vil energibehovet natt øke, og dermed vil også etterspørselen og spotprisen øke, hvilket vil medføre utbalansering slik at smart-beredere ikke lenger blir like lønnsomme. Netteiere er redd for "Tibber-effekten" hvis alle beredere og elbil-lading etc skrur på samtidig (i samme sekund) som følge av spotpris-signal. Men smart-beredere har en algoritme som tar hensyn til boligens varmtvannsbehov slik at innslagspunkt blir ulikt, samt at det vedr. spotpris-signal er det en algoritme som gjør at ikke alle beredere slår inn samtidig men tilfeldig innenfor 180 sekunder.

## 6 Tekniske installasjoner

### 6.1 Krav til systemtap i vannbårne distribusjonsanlegg

DiBK ber i sin kravspesifikasjon om at det utarbeides forslag til tallfestede krav til systemtap som kan være egnet som krav i TEK17.

I TEK17 §14-3 (2) står det slik i dag:

(2) Rør, utstyr og kanaler som er knyttet til bygningens varmesystem skal isoleres. Isolasjonstykkelsen skal være økonomisk optimal beregnet etter norsk standard eller en likeverdig europeisk standard.

Veiledning til annet ledd ^

Kravet omfatter bygningens varme- og distribusjonssystem, inkludert tappevannssystem. Isolering av rør, utstyr og kanaler skal redusere unødvendig tap av varme og redusere et eventuelt kjølebehov.

Isolasjonstykkelse kan beregnes etter [NS-EN 12828:2012+A1:2014](#) kapittel 4.8 og Tillegg C, eller likeverdig europeisk standard. Det finnes beregningsprogrammer og tabeller som kan benyttes.

Ved beregning av økonomisk optimal isolasjonstykkelse kan det tas hensyn til andre kostnader som følge av økt isolasjon, for eksempel tap av utnyttbart areal.

Når det gjelder isolasjon av varmerør er det i praksis leverandørenes anbefalinger som brukes. Man foretar ifm. rørprosjektering ikke noen egen sjekk av at isolasjonstykkelsen er økonomisk optimal. Eksempelvis har leverandøren Glava tabellverdier<sup>3</sup> for isolasjonstykkelser i forhold til temperaturnivå i rørnett<sup>4</sup>, [og](#) beregningsprogram<sup>4</sup> som kan beregne nødvendig isolasjonstykkelser iht. NS-EN 12828.

En som har fokusert og omtalt tema rørisolering er David Zijdemans i sin bok «Vannbasert oppvarmings- og kjølesystemer». Her er angitt krav og veiledning om bl.a isolasjonstykkelser, bla. en tabell for forenklet dimensjonering, se Tabell 11. Men merk at det ikke er sikkert at disse er riktige i dag, - dette er ment som eksempel, men man burde gjøre nye beregninger.

*Tabell 11: Tabell for forenklet dimensjonering av rørisolasjon, ref. Tabell 5.10 hentet fra David Zijdemans i sin bok «Vannbasert oppvarmings- og kjølesystemer».*

Rørdimensjon DN [mm]	Isolasjonstykkelse [mm]
- 8	Min. 19
10 - 20	20 – 30
25 - 40	30 – 40
50 - 125	40 – 50
150 -	Min. 50

Multiconsult (og antagelig flere) har laget kravspesifikasjoner/veiledninger som henviser til NS-EN 12828, for å lette valg av isolasjonstykkelser.

Tilsvarende tabeller / isolasjonsserier som fra Glava og Zijdemans er lagt inn i Revit (BIM-basert verktøy som brukes i prosjektering i byggeprosjekter) som hjelp for den som prosjekterer. Her ligger det ulike isolasjonstyper, og tabellene er laget i forhold til medietemperatur, slik at man slipper å

<sup>3</sup> Eksempel på slik tabell: <https://www.glava.no/tema/isolering-av-ror>  
<sup>4</sup> <https://isodim.web01-prod-fra1.seeds.no/>

regne på behov i hvert tilfelle. Men vi vet ikke om de anbefalte isolasjonsnivåene i Revit er å betrakte som økonomisk optimale eller ikke. For å finne optimal isolasjonstykkelse må det i prinsippet utføres en lønnsomhetsberegning som innebærer beregning av varmetap fra aktuell rørtype og -dimensjon, med aktuell medietemperatur, i aktuell omgivelsestemperatur, og med aktuell levetid, energipris, kostnader og kalkulasjonsrente. Dessuten må det hensyntas om rørene går i oppvarmet eller uoppvarmet areal ift. om varmetapet kommer bygningen til gode i form av uregulert varmetilskudd eller ikke. Dette ville i prinsippet kunne variere fra prosjekt til prosjekt. Men det er ikke praksis å gjøre slike lønnsomhetsberegninger i nybyggprosjekter i dag.

Direkte krav i TEK til isolasjonstykkelse for ulike rørdimensjoner og temperaturnivåer ville spare bransjen for mye usikkerhet og forenkle arbeidet. TEK kunne åpne for alternative løsninger ved fremleggelse av dokumentasjon av at det er mer lønnsomt og/eller miljøvennlig.

SN-NSPEK 3031:2023 angir hvordan det skal regnes detaljert på distribusjonstap i varme- og kjølesystemer. Her er også angitt veiledende verdier. Se eksempel for varmedistribusjonsanlegg i Tabell 12.

Tabell 12: Tabeller fra SN-NSPEK 3031:2023 over typiske verdier for varmedistribusjonsanlegg

Tabell H.1 — Typiske verdier for løpemeter distribusjonsrør per kvadratmeter oppvarmet bruksareal	
Type distribusjonssystem	Løpemeter rør per BRA m/m <sup>2</sup>
Komplisert distribusjonssystem, lange strekk	0,45
Normalt distribusjonssystem	0,35
Distribusjonssystem med korte føringer	0,25
Forenklet vannbårent system, sentral varmeavgivelse	0,10

Tabell H.2 — Typiske gjennomsnittsverdier for lineær varmetapskoeffisient for distribusjonsrør	
Varmeisolasjon	Lineær varmetapskoeffisient, U' W/(K·m)
Uisolerte rør	1,00
Dårlig isolerte rør	0,60
Normalt isolerte rør	0,40
Godt isolerte rør	0,20
Meget godt isolerte rør	0,16

Tabell H.3 — Typisk andel av distribusjonsanlegg som er i uoppvarmede rom/soner eller ute	
Plassering av distribusjonssystem	Andel, $\phi$
Hele distribusjonssystemet i oppvarmede rom/soner	0
Lite av distribusjonssystem i uoppvarmede rom/soner	0,10
Normalt med rør i uoppvarmede rom/soner, fleretasjers bygning	0,25
Betydelig med rør i uoppvarmede soner, bygning med få etasjer	0,35
Mange rør i uoppvarmede rom/soner, bygg med 1 til 2 etasjer (oppvarmede)	0,50

Vi vet ikke om angivelsene i tabellene representerer det vi ser i virkelige bygg mht. mengde rør og varmetapskoeffisienter. Bransjen vet per i dag ikke mye om dette, ift. hvor store tap det er snakk om. Når SN-NSPEK 3031:2023 / prNS 3031:2024 tas i bruk i større omfang ifm. energimerking og energikrav i TEK, må vi tro at bransjen etter hvert får et mer bevisst forhold til dette. Det forutsetter imidlertid at man regner på virkelige tap og ikke iht tabellverdier som vist over. Med Revit er det mulig i prosjekter å gjøre detaljerte beregninger ift. lengde rør, isolasjon og varmetap. Det kan evt. også «tagges» om rør er i oppvarmet / uoppvarmet sone. Revit kan dermed gi svar på beregnet varmetap, og dette burde kunne settes direkte inn som tallverdi i energiberegning / Simien for aktuell sone.

Vi foreslår at DiBK spesifiserer i TEK (alternativt får det inn i standarden), at det tillates å regne varmetap med forenklet metode i SN-NSPEK 3031:2023 men begrenset nedad til «normal-verdiene».



Dette vil gi insentiv til å faktisk gjøre detaljert beregning, siden potensiell energiforbedring er betydelig.

Man kunne også tenke seg at det i TEK kan settes krav f.eks. til maksimal prosent tap i rørnett i forhold til levert energimengde i systemet eller i forhold til total ytelse / varmeløseleveranse til systemet ved dimensjonerende forhold. Men vi tror bransjen trenger å tilegne seg mer kunnskap og erfaring om dette før vi kan komme dit. Vi mener overnevnte forslag vil være en god start. Og ved at rammekrav settes for vektet levert energi, gir det insentiv for å optimalisere varmeanlegget inkl. redusere tap fra distribusjon.

Distribusjonsvarmetap er viktig og har stor påvirkning på brutto energibehov i bygninger (ref. sensitivitetsanalyse i vedlegg B), men siden erfaringen i bransjen med å regne på distribusjonsvarmetap er relativt liten, anbefaler vi DiBK at det blir gjort en studie på dette, med både regneøvelser og målinger i bygg.

## 6.2 Krav til andre tekniske installasjoner

Her gjøres en vurdering av om det i TEK bør være tallfestede krav eller andre krav til installasjoner.

### Varmepumper

Man kan tenke seg å sette et komponentkrav til varmepumpens effektivitet gjennom COP ved gitte betingelser, eller et systemkrav for varmepumpeløsningen i bygget som helhet gjennom teoretisk beregnet SCOP (årsvarmefaktor) for varmepumpen eller SPF (Seasonal Performance Factor) for varmepumpesystemet som helhet inkl. spisslast og hjelpeenergi fra pumper etc.

Det er gjennom direktiv 2009/125/EC og i Økodesign gitt minimumskrav til varmepumper. Produsenter må sikre at varmepumper oppfyller økodesignkravene gjennom testing og sertifisering. De testes mot standardiserte tester i EN 14825, og SCOP beregnes for standardiserte klima og betingelser.

SN-NSPEK 3031:2023 Tillegg K angir ytelsesmatriser (COP) for varmepumper med veiledende forholdstallsverdier for ulike driftsforhold. For eksempelvis væske/vann-varmepumpe tas det utgangspunkt i en COP dokumentert for kildetemperatur 0°C, avgivelsestemperatur 35°C og nominell last (50%). COP ved andre driftsforhold er da gitt ved ytelsesmatrisen. Det er anledning til å bruke spesifikke leverandørdata / datablad for å dokumentere annen ytelse. Med SIMIEN Pro / SIMIEN 7 som beregner etter SN-NSPEK 3031:2023, beregnes varmepumpens ytelse i hvert tidssteg gitt driftsforholdene i tidssteget. I prosjekt kan man dermed designe / optimalisere og velge varmepumpe type/størrelse som gir ønsket energidekning og i samspill med spisslast gir den optimale SPF over året for bygningen.

Gitt at det i nye energikrav gis rammekrav for vektet levert energi, gir det insentiv i nybyggprosjekter til å optimalisere varmepumpesystemer. Vi ser ikke at det i TEK er hensiktsmessig med tallfestede krav for VP utover minimumskravene gitt i Økodesign. Men det kan ifm. energiberegningene kreves at ytelse for valgt varmepumpe dokumenteres, for temperaturnivået i det aktuelle bygget.

### Kjølemaskiner

For kjølemaskiner gjelder tilsvarende varmepumper. Standard løsning i dag er behovsstyrt tørrkjølerdrift, og tørrkjølerviftene krever liten effekt i sammenligning med kjøleeffekten.

## **Vifter**

Man kan tenke seg å sette et komponentkrav til viftens effektivitet gjennom angitt virkningsgradklasse på motor, eller et systemkrav for ventilasjonsløsningen i bygget som helhet gjennom beregnet SFP ved forventet del-last (gjennomsnittlig luftmengde i driftstid).

Det er gjennom Økodesign og EU-forordning 327/2011 gitt minimumskrav til vifter. Alle produkter som selges til EU må oppfylle dette. Produsenter av ventilasjonsaggregater som Multiconsult har snakket med tidligere har uttalt at disse kravene er tøffe, og at de ikke klarer vesentlig bedre enn de angitte minimumskravene der.

Vifteenergi og effektiviteten uttrykt gjennom spesifikk vifteeffekt, SFP [ $\text{kW}/\text{m}^3/\text{s}$ ] er det dessuten i dag et stort fokus på. SFP er et uttrykk for total effektivitet til motor, vifte og eksternt trykktap i kanalnett. Kanalnettet kan optimaliseres med hensyn på trykkfall. Med Revit er det fullt mulig å gjøre «fintuning» og sjekke trykkfallet ved ulike kanalkonfigurasjoner og til slutt velge det som gir lavest trykkfall i forhold til funksjonen til anlegget. Viftens viftekurve uttrykker hvor effektiv viften er ved ulike luftmengder. Man velger gjerne vifte ut fra nominell (dimensjonerende) kapasitet, men mer optimalt hadde vært å velge vifte ut fra dokumentert forventet gjennomsnittlig luftmengde hensyntatt behovsstyringen og byggets faktiske bruk. Dvs. ta ut vifte for optimalt driftspunkt. Ved lave trykkfall er aksialvifter best, ved høye trykkfall er sentrifugalvifter best, mens kammervifter er gode på middels trykkfall og luft ved lave hastigheter (og lavt støynivå). Men prosjekterende vil velge den viften som passer best uansett for å oppnå funksjonskravet. Det må tas ut en vifte som klarer å levere nominell luftmengde, men som samtidig ligger nærmest mulig optimalt driftspunkt ved forventet snittluftmengde hensyntatt behovsstyringen. SFP dokumenteres via aggregatkjøring (programsimuleringer) fra leverandør.

## **Pumper**

Man kan tenke seg å sette et komponentkrav til pumpens effektivitet gjennom angitt virkningsgradklasse på motor, eller et systemkrav for varmeanlegget i bygget som helhet gjennom beregnet SPP ved forventet last.

Det er gjennom Økodesign satt krav til minimum energieffektivitet for selve pumpen. Men spesifikk pumpeeffekt, SPP [ $\text{kW}/\text{l}/\text{s}$ ] er avhengig av systemet / anleggsløsningen, mengdereguleringer, løsninger med ulike pumpestørrelser. SPP har man i prosjekt ikke hatt så stort forhold til og fokus på (ikke som SFP for vifter). I SN-NSPEK 3031:2023 Tillegg E er det angitt veiledende verdier for SPP, for hhv. «dårlig», «normalt» og «godt» vannbårent anlegg. Det er mulig å regne på dette detaljert i prosjekt, hvor man gjennom Revit kan få ut trykkfallsberegninger på hele eller deler av et anlegg. Men det gjøres ikke i dag. Og vi tror at man i utgangspunktet heller ikke kommer til å gjøre dette i prosjekt fremover, men at man bare velge en typisk verdi fra tabellen i SN-NSPEK 3031:2023.

For å øke fokuset på pumpeenergi og SPP, foreslår vi at DiBK spesifiserer i TEK (alternativt får det inn i standarden), at det tillates å regne med SPP fra tabellverdi i SN-NSPEK 3031:2023 men begrenset oppad til «normal-verdiene». Dette vil gi insentiv til å faktisk gjøre detaljert beregning. Pumpedrift er enda viktigere i lavtemperatursystemer som skal sirkulere mere vann. Men det er greit å ha i bakhodet at energibruk til pumper normalt er en liten post i energibudsjettet.

## **Varmegjenvinner i ventilasjon**

Man kan tenke seg å sette et komponentkrav for ulike typer av varmegjenvinnere gjennom angitt virkningsgrad ved gitte driftsbetingelser eller ved forventet del-last (gjennomsnittlig luftmengde i driftstid).

Det er gjennom Økodesign gitt minimumskrav til varmegjenvinnere. Temperaturvirkningsgrad på varmegjenvinnere i ventilasjonsanlegg er det i dag et stort fokus på, og dette har stor innvirkning på energiberegningene. Temperaturvirkningsgraden dokumenteres via aggregatkjøring (programsimuleringer) fra leverandør.

### **Belysning**

Man kan tenke seg å sette et komponentkrav til lysarmaturens effektivitet gjennom angitt lumen/watt, eller et systemkrav for belysningsanlegget i bygget som helhet inklusive behovsstyring gjennom beregnet LENI-tall.

Det er gjennom Økodesign satt krav til minimum energieffektivitet for lyskilder. Men energibruk for belysning avhenger av lysdesign / prosjektert løsning sammen med fornuftig behovsstyring ift. tilstedeværelse evt. også ift. dagslystilgang. prNS 3031:2024 Tabell A.6 angir normerte verdier for belysning som skal benyttes i energiberegninger. Her er forutsatt effektivt belysningssystem basert på LED-teknologi, samt system for tilstedeværelsesstyring. Men uten styringssystem gjelder andre og høyere verdier. Det er ev. mulig å benytte lavere verdier for belysning om det dokumenteres gjennom LENI-tall beregninger etter NS-EN 15193-1. Dette gir insentiv i prosjekter til å designe mer energieffektive belysningssystemer.

### **Oppsummert tekniske komponentkrav**

Vi ser ikke behov for tekniske komponentkrav i TEK for nybygg da rammekravene og mulighetene innen energiberegningene for å dokumentere faktiske løsninger ivaretar at gode løsninger velges. Rammekravet medfører i byggeprosjekter at det vil bli satt krav til komponenter i beskrivelser. For eksisterende bygg er det imidlertid behov for krav til komponenter bl.a fordi EU taksonomien peker på nasjonale krav til dette som Norge mangler.

## **6.3 Krav til tilrettelegging for individuell energimåling**

Dersom norske myndigheter ikke innfører krav til individuell energimåling på varme og varmtvann for nybygg (ref. Energieffektiviseringsdirektivet), bør det inn krav i TEK for å tilrettelegge for senere ettermontering av målere, slik at det kan gjøres mer kostnadseffektivt. Kravet bør gjelde kun for flerboligbygg (individuell måling per leilighet), ikke yrkesbygg (individuell måling per leietaker). For å tilrettelegge for individuell måling av leietakere i yrkesbygg, må dette gjøres på alle relevante kurser aktuelle for leietakerareal hvilket er lite hensiktsmessig, og dette droppes normalt også i Breeam-prosjekter pga. kompleksitet / kostnader. For yrkesbygg bør det i stedet fokuseres på formålsdelt måling, f.eks. romoppvarming (radiator/konvektorkurs), ventilasjonsvarme, ev. utvendig varme, tappevannsforsyning og ev. egen måler for gulvvarme, og tilknytning til energioppfølgingssystem.

For flerboligbygg er det fornuftig med krav til tilrettelegging for individuell energimåling. Man kan tenke seg at det kan komme et potensielt fremtidig EU-krav for både nybygg- og eksisterende bygg, men uavhengig av det er det mange boligselskaper som ønsker individuell måling grunnet rettferdighetsprinsippet med å betale kun for eget forbruk. Individuell energimåling i boligselskaper har vist seg å kunne gi betydelige energibesparelser.

Krav til tilrettelegging betyr at det må gjennomføres enkelte tilpasninger slik at fremtidig montering av målere kan gjøres både enklere og rimeligere. Tilpasningene forventes å ha minimal innvirkning på de totale byggekostnadene.

For å tilrettelegge for ettermontering av energimålere i vannbårne anlegg, må det settes inn blindstykker, følerlommer for temperaturfølere og stengeventiler før/etter. Kravet må være at det settes av plass for montering av energimålere som i rørnett får avstengingsventiler før og etter

avsatt plass, slik at det ikke blir nødvendig å tappe ned større deler av rørnett. Det kan angis standardiserte mål for følerlommer. Energi- og vannmengdemåler kan plasseres i fordelerskap som monteres i tilknytning til hver leilighet både for varmforsyning og tappevann, og det vil si at det må settes av plass til dette i fordelerskap.

#### 6.4 Krav som tilrettelegger for energioppfølging og energioptimal drift

I dagens §14-2 (6) gis krav om at boligblokker med sentralt varmeanlegg og yrkesbygninger skal ha formålsdelte energimålere for oppvarming og tappevann. Altså at det skal være én måler for oppvarming og én for varmt tappevann. Målet med dette kravet er å tilrettelegge for energioppfølging som hjelpemiddel for energieffektiv drift av bygningen og de tekniske anleggene.

Som det står spesifisert i veiledningsteksten, kan det i tillegg være hensiktsmessig å måle romoppvarming og ventilasjonsvarme separat, men dette er ikke et krav. Videre står at det må måles på tilført energi til varmeanlegget eller på produsert varme. For varmepumper er det en fordel å måle både elektrisitetsforbruk og produsert varme, slik at det er mulig å beregne produksjonsvirkningsgraden (COP). Men dette er heller ikke angitt som krav.

Multiconsult mener at det for boligblokk og yrkesbygg som absolutt minimum bør være krav til energimåling av alle store kurser ut fra varmesentral; romoppvarming, ventilasjon, tappevann, snøsmelting. Tilsvarende fra kjølesentral; ventilasjonskjøling, lokalkjøling og ev. dataromkjøling.

Vi anbefaler imidlertid at det for yrkesbygg også stilles krav til måling for flere energiposter, samt ev. større teknisk utstyr, ev. solcelleanlegg og ev. ladestasjoner for el.bil. Energipostene bør måles uavhengig om det er vannbårent eller direkte elektrisk varme- og kjøling. Energimålere i seg selv gir ingen energibesparelse, men det vil tilrettelegge for energioppfølging og energioptimal drift.

Energibesparelse oppnås altså kun hvis man også etablerer energioppfølgingsystem (EOS) som faktisk følges opp i drift. Vi har ikke gjort egne lønnsomhetsberegninger for dette, men erfaringer fra bygg i drift er at man med god energioppfølging ofte oppnår besparelser omkring 10 %, og da vil dette langt overskygge merkostnaden for energimålerne. Vi foreslår at det settes krav til følgende energimålere:

- Romoppvarming (termisk)
- Ventilasjonsoppvarming (termisk)
- Varmtvann (termisk)
- Snøsmelting (termisk)
- Romkjøling (termisk)
- Ventilasjonskjøling (termisk)
- Dataromkjøling (termisk)
- Hovedkurser til teknisk rom
- Hovedkurser til belysning og utstyr
- Annet større teknisk utstyr (elektrisk)
- Solcelleanlegg (elektrisk)
- Ladestasjoner el.bil (elektrisk)

Videre bør det for varmepumper settes krav til måling både på tilført elektrisitet og produsert varmeenergi, for å beregne og evaluere både momentan effektfaktor (COP), og årsvarmefaktor (SCOP) samt ikke minst hele varmepumpesystemets ytelse inkl. spisslast og hjelpeenergi (SPF). Bakgrunnen for dette er erfaringer fra etterprøving og måling på varmepumper i drift, at disse gir vesentlig dårligere SPF enn hva som var beregnet / prosjektert og som var forventet ut fra ytelsesdata på varmepumpen. For å kunne avdekke uøkonomisk drift og forbedringspotensial, samt for å kunne måle forbedringer av tiltak som gjøres på varme- og varmepumpeanlegget, er det helt

avgjørende å ha energimåling. Tilsvarende bør det for kjølemaskiner settes krav til måling både på tilført elektrisitet og produsert kjøleenergi varme, for å beregne og evaluere både momentan kjølefaktor (EER), årsgjennomsnittlig kjølefaktor (SEER) og hele kjølesystemets ytelse inkl. tørrkjølere, pumper etc (SPF). Videre bør det også være krav til at målerne kobles opp til byggets SD-anlegg. Dette vil gi gode forutsetninger og tilrettelegging for energioppfølging og energioptimal drift. Det er kostnadseffektivt å stille krav om formålsdeling for nybygg, siden det da i nybyggfase omtrentlig koster en fjerdedel av hva det koster å ettermontere målere senere.

For øvrig vises til kapittel 5.3 som omhandler krav til SD- og automasjonsanlegg for å legge til rette for fremtidig smart styring, energioptimalisering og effektivisering.

## 6.5 Krav til solklare bygg

Multiconsult var bidragsyter til et prosjekt fra Elektroforeningen og Solenergiklyngen, en veileder med tittel «Solklare bygg». Veilederen ble utarbeidet av Norconsult, med bidrag fra flere faginstanser på tvers av solenergi-verdikjeden. Multiconsult var en sentral bidragsyter for den bygningstekniske delen av veilederen. Forslag til tekst til TEK er derfor grunnet i veilederen «Solklare bygg» fra EFO og SEK, som skal publiseres snart.

I tillegg kan det henvises til takprodusentens forskningsgruppe, veilederen «TPF informerer nr. 15: Innfestning av solanlegg på kompakte tak – råd og anbefalinger».

I nye energikrav i TEK bør det innføres et nytt krav om at bygninger skal tilrettelegges for å ettermontere solenergianlegg («solklare bygg»). Og videre bør det lages en utfyllende veiledningstekst.

Solklare bygg kan bety både solceller og solfangere. Kravet bør først og fremst gjelde for solcelleanlegg (PV), da det med stadig synkende investeringskostnader vil være stor sannsynlighet for at dette nå eller i fremtiden er lønnsomt å ettermontere på eksisterende yrkesbygg og boligblokker, kanskje også for småhus. Solfangeranlegg med utnyttelse av termisk solenergi kan være aktuelt i enkelte prosjekter med betydelig varmtvannsbehov, men det installeres i så fall gjerne ifm. nybygg, og det er mer usikkert om det vil være lønnsomhet med etterinstallering senere. Kravene som gis nedenfor vil først og fremst gjelde for PV-anlegg, men de fleste vil også gjelde for solfangeranlegg.

Batterier vil mest sannsynligvis ikke være økonomisk eller samfunnsmessig lønnsomt i småskala i Norge på middels og lang sikt. Større batterisystemer på industri og næring kan være nyttig på sikt, men vil i så fall nesten alltid plasseres på terreng utenfor et bygg. Av denne grunn trenger det ikke tas hensyn til batterier ifm. krav til solklare bygg.

### 6.5.1 Veiledning i TEK

Det følgende anbefales å ta hensyn til på bygninger som skal oppføres UTEN et solenergianlegg. Bygningene vil i så fall være klare for en enklere etterinstallasjon av et solenergianlegg, såkalt «solklare bygg».

#### **For yrkesbygg / bygninger med flate tak**

##### Byggeteknikk/Arkitektur:

- Alle takoppbygg og andre tekniske installasjoner bør tilstrebes at plasseres på nordsiden av taket.
- Taket bør bygges med en parapet av tilstrekkelig høyde (rundt 50 cm).

- Flate tak skal konstrueres for en ekstra egenlast på 0,5 kN/m<sup>2</sup> (50 kg/m<sup>2</sup>), og dokumentere/øremerke den ekstra egenlasten til solenergianlegget både i prosjekteringsgrunnlaget og i FDV dokumentasjon til bygget.
- Isolasjon skråskjæres og skal legges med fall på en slik måte at det ikke gir ugunstige forhold for plassering av solenergianlegg. Lengst mulig kontinuerlige flater er fordelaktig.
- Minst 30 mm ubrennbar isolasjon på toppen med tilstrekkelig trykkfasthet.
- Det foretrekkes valg av takmembran med en høy friksjonsverdi og en høy refleksjonsverdi.
- Fasadeløsninger bør være stabile nok for innfestning av et solenergianlegg. Det bør tas med ekstra egenlast på 0,2 kN/m<sup>2</sup> (20 kg/m<sup>2</sup>). Vindlaster vil ikke øke nevneverdig for de fleste ettermonterte solenergianlegg. Sandwichpaneler bør minst ha en utvendig platetykkelse på 0,6 mm.
- Det skal settes av plass for vekselrettere, enten på taket, på yttervegg på bakkenivå, eller i teknisk rom. Tiltente plassering må ha tilstrekkelig bæreevne, og kan med fordel være utført av ubrennbare materialer.

#### Elektro:

- Takgjennomføringer skal forberedes for kabler, og skal utføres brannsikkert
- Føringsveier og kabelstiger mellom tak, planlagt inverter plassering og teknisk rom skal enten etableres, eller holdes av plass for.
- I teknisk rom skal det settes av plass i tavlene for oppkobling av solenergianlegget, eller holdes av tilstrekkelig plass for utvidelse av tavlen.
- N-leder skal være uavbrutt fra PEN-punkt og frem til tiltent koblingstavle for solenergianlegg.
- Tavle skal prosjekteres/bygges med restkapasitet for tilkobling av fremtidig solenergianlegg, hovedkurser skal dimensjoneres med hensyn til et fremtidig solenergisystem, hvis den ikke skal kobles direkte til hovedtavlen.

#### VVS:

- Takgjennomføringer skal samles, og settes mest mulig på en rekke i planet.

For solfangeranlegg vil det i tillegg være nødvendig å forberede for føringsveier og plass i sjakter til varmerør tur/retur mellom solfangeranlegg og varmesentral. Det er imidlertid ikke nødvendig å forberede spesielt for plass i varmesentral til ev. ekstra akkumulering, da det gjennom TEK17 §14-4 er krav til areal for varmesentral.

#### **For småhus / bygninger med skråtak**

På skråtak anbefales det vanligvis å etablere et solenergisystem med en gang, dette er fordelaktig både med tanke på sparte kostnader for installasjon (stillas og lignende), og sparte kostnader for byggematerialene (integreerte solenergipaneler kan for eksempel erstatte takstein).

#### Byggeteknikk:

- Skråtak skal konstrueres for en ekstra egenlast på 0,2 kN/m<sup>2</sup> (20 kg/m<sup>2</sup>).
- Takvinduer bør legges i en rekke, og hvis mulig, samlet
- Hvis et varmtak skal forberedes for et integrert solenergisystem, så anbefales det en detaljering av et dobbelt luftet tak

#### Elektro:

- Sikringsskap skal forberedes til ekstra kurs. Sikringsskapet skal prosjekteres/bygges med restkapasitet for tilkobling av fremtidig solenergianlegg, hovedkurser skal dimensjoneres med hensyn til et fremtidig solenergisystem, hvis den ikke skal kobles direkte til sikringsskapet
- N-leder skal være uavbrutt fra PEN-punkt og frem til tiltenkt koblingstavle for solenergianlegg.
- Det skal settes av plass for vekselretter, enten på yttervegg på bakkenivå, eller ved siden av sikringsskapet. Tiltente plassering må ha tilstrekkelig bæreevne, og kan med fordel være utført av ubrennbare materialer.

#### VVS:

- Takgjennomføringer skal samles, og settes mest mulig på en rekke i planet.

### **6.5.2 Presiseringer i SAK10**

#### **Solenergianlegg er bygningstekniske installasjoner, IKKE tekniske installasjoner.**

I veiledning til § 4-1 bokstav e n.4 finnes i dag:

«[...] Solenergianlegg, som solcelle- og solfangeranlegg, er å anse som bygningsteknisk installasjon [...]»

Presisering: Dette burde defineres på et mer generelt sted. Kan legges inn som eksempel under definisjonen av bygningstekniske installasjoner i TEK17 § 1-3. Det må være helt tydelig, at alle solenergianlegg er å anse som bygningstekniske installasjoner, og at det ikke skal falle under begrensninger for anlegg på tak mtp. utstrekning/omfang.

Begrunnelse: Hverken TEK eller SAK definerer «tekniske installasjoner», men kommunens saksbehandlere bruker og tolker begreper ulikt. I mange reguleringsplaner finnes det regler som begrenser arealbruk for «tekniske installasjoner» på tak av bygninger. Dette er tenkt for å begrense omfang av f.eks. ventilasjonsanlegg på et tak, men blir noen ganger tolket som å gjelde også for solenergianlegg, som i så fall blir ganske så begrenset i omfang. Det må gjøres klart at solenergianlegg ikke faller under begrensninger for anlegg på tak mtp. utstrekning/omfang.

#### **Overskridelse av regulert/godkjent bygningshøyde pga, solenergianlegg burde IKKE utløse krav om dispensasjonssøknad**

Presisering må sees i sammenheng med PBL Kapittel 19 (dispensasjon) og Kapittel 20 (søknadsplikt). Dette burde innlemmes i veiledningen til SAK 10, mest sannsynligvis i Kapittel 2 «tiltak som krever søknad og tillatelse», alternativt i Kapittel 4 eller 5.

I reguleringsplaner finnes det vanligvis en bestemmelse om maksimal bygningshøyde/gesimshøyde. Alternativt kan bygningshøyde/gesimshøyde også fastsettes gjennom byggesaksbehandlingen.

Presisering: Veiledning til SAK10 burde presisere, at overskridelse av en slik definerte høyde gjennom montasje av et solenergianlegg IKKE fører til et avvik, og at hverken en søknad om dispensasjon fra reguleringsplanen, eller en endring av byggesøknaden er nødvendig. Solenergianlegg burde falle utenom høydegrensene. Alternativt kan det også defineres en maksimal tillatt overskridelse av en fastsatt høyde, f.eks. med 0,5 m.

Begrunnelse: De aller fleste av slike solenergianlegg monteres på flate tak, med gesims rundt. Disse typer solenergianlegg bygger vanligvis maksimalt 0,4 m til 0,5 m over taktekkingen. På et bygg med et flatt tak uten gesims vil man teoretisk kunne se solenergianlegget fra gatenivå, men praktisk er det

sjelden tilfelle fordi anlegg alltid ligger litt tilbaketrukket inn på taket. På flate tak med gesims rundt er synligheten av et slik montert solenergianlegg fra gateplan ikke til stede. På et bygg med gesims (vanlige høyde: 20 - 40cm over taktekingen) kan teknisk sett toppen av solenergianlegg stikke 10 – 30 cm over gesimsen. Presiseringen, at et solenergianlegg ikke er bundet av høydegrensene i reguleringsplan eller byggesøknad, vil ha ingen praktiske påvirkninger i den visuelle realiteten i byene, men vil bety en mye enklere saksbehandling for byggesøknader for solenergianlegg.



## 7 Sammendrag med konklusjoner

DiBK har fått i oppdrag å utrede endringer i byggt teknisk forskrift (TEK17) for å fremme energieffektivitet, energifleksibilitet og lokal energiproduksjon. Dette inkluderer vurdering av krav til bygningskroppen, energirammer, energifleksibilitet og tekniske installasjoner.

Det som gjør arbeidet med vurdering av mulige endringer i energikrav krevende, er at det denne gangen ikke bare er snakk om hvor mye energikvaliteter ved bygningsdeler og tekniske anlegg skal skjerpes, men at det samtidig skal;

- skiftes fra beregningspunkt netto energibehov til vektet levert energi
- benyttes vektingsfaktorer som har vært gjenstand for høring men ikke endelig fastsatt
- vurderes hvilke energiforsyningsløsninger som bør legges til grunn for rammekravsnivå
- skiftes til ny energiberegningsstandard som er på høring og ikke ferdigstilt/utgitt ennå
- tas i bruk ny energiberegningsprogramvare som foreløpig har noen mangler

Beregningsresultater og vurderinger gjort i denne rapporten må sees på denne bakgrunn. Og det må forventes at det kreves mer arbeid videre fremover til endelige kravsnivå kan settes.

Multiconsult anbefaler at nye energikrav i TEK inkluderer;

### 1. Rammekrav for vektet levert energi (alle bygningskategorier)

- Beregninger viser at det er mulig og lønnsomt å skjerpe enkelte komponenter i bygningene som er utgangspunktet for kravsnivået og fastsettelse av energirammen.
- Vektingsfaktorer for energibærere er gitt av Energidepartementet.
- For småhus er et fornuftig valg slik vi ser det, å sette rammekravet for vektet levert energi på nivå som tilsvarer energiforsyning med luft/luft-varmepumpe.
- For boligblokk og yrkesbygg foreslås at energiforsyningsløsning med fjernvarme og evt. kjøling med fjernkjøling danner utgangspunkt for rammekravet.
- Rammekravet gir fleksibilitet ved at det kan tilfredsstilles med ulike kvaliteter på bygningskropp, tekniske systemer og energiforsyningsløsninger

### 2. Energiltak for bygningskropp, med omfordeling (alle bygningskategorier)

- Det vil være nødvendig å sette krav for å sikre en robust bygningskropp med lavt transmisjonstap.
- Det er vurdert å sette krav i form av bygningsrelatert varmetapstall, men det vil være store variasjoner avhengig av form og ikke minst størrelse. Det er også vurdert krav til varmetapstall med arealkorreksjon.
- Det foreslås i stedet å innrette et energiltakskrav, hvor det angis energiltak for alle U-verdier, normalisert kuldebroverdi samt andel vindus- og dørareal av oppvarmet BRA, og at energiltakene kan fravikes forutsatt at bygningens bygningsrelaterte varmetapstall ikke øker (dvs. omfordeling).

### 3. Minimumsnivå for energieffektivitet (alle bygningskategorier)

- Det foreslås videreføring av krav til minimumsnivå for å sikre robuste kvaliteter til de enkelte bygningsdeler.
- Det foreslås skjerping for vinduer og lekkasjetall, samt innføring av minimumsnivå for normalisert kuldebroverdi og eget minimumsnivå for gulv med gulvvarme

#### 4. Tiltaksmetode (småhus)

- Det foreslås å videreføre tiltaksmetoden for småhus for å forenkle oppfyllelse av energikrav uten omfattende beregninger. Det foreslås ikke videreføring for boligblokker.
- Dagens nivå på energitiltakene kan i utgangspunktet videreføres, men med en skjerping for ventilasjon.

#### 5. Energifleksible varmesystemer (alle bygningskategorier)

- Krav til energifleksible varmesystemer og varmesentral bør opprettholdes for å sikre fremtidig fleksibilitet og redusere avhengigheten av elektrisitet.
- Det bør settes krav til areal for varmesentral og tilrettelegging for lavtemperatursystemer.
- Krav til omfang av energifleksible varmesystemet bør endres til spesifisering av hvilke energiposter som skal omfattes for hver bygningskategori.
- Separate krav for småhus i form av luft/luft-varmepumpe som minimum, men at kravet alternativt kan oppfylles med avtrekksvarmepumpe, pelletskamin eller i form av vannbårent anlegg tilknyttet luft/vann-varmepumpe, bergvarmepumpe, biokjel (e.t) eller solvarmeanlegg.

#### 6. Tilrettelegging for smart styring, energioptimalisering og effektivisering (store yrkesbygg)

- Innføring av krav til SD- og automasjonsanlegg for store yrkesbygg vil legge til rette for fremtidig smart styring, energioptimalisering og effektivisering, og lastforskyvning som vil redusere effekttopper.
- Dette inkluderer krav til SD-anlegg med åpne kommunikasjonsprotokoller, krav til at SD-anlegget skal ha kapasitet til å hente inn og bearbeide spesifiserte data og logging, samt at SD-anlegget skal kunne tilby funksjoner for å styre elektriske og vannbårne laster på en måte som reduserer effekttopper og reduserer totalt energiforbruk

#### 7. Tilrettelegging for individuell energimåling (boligblokk)

- For flerboligbygg er det fornuftig med krav til tilrettelegging for individuell energimåling.
- Det må spesifiseres tilpasningstiltak for det vannbårne systemet i form av blindstykker, følerlommer for temperaturfølere og stengeventiler før/etter, samt plass i fordelerskap.

#### 8. Tilrettelegging for energioppfølging (boligblokk og yrkesbygg)

- Innføring av krav til energimålere for å tilrettelegge for energioppfølging som hjelpemiddel for energieffektiv drift av bygningen og de tekniske anleggene.
- For boligblokk og yrkesbygg bør det være krav til energimåling av alle store kurser ut fra varmesentral; romoppvarming, ventilasjon, tappevann, snøsmelting. Tilsvarende fra kjølesentral; ventilasjonskjøling, lokalkjøling og ev. dataromskjøling.
- For yrkesbygg bør det stilles krav til måling også for hovedkurser til tekniske rom, hovedkurser til belysning og utstyr, samt ev. større teknisk utstyr, ev. solcelleanlegg og ev. ladestasjoner for el.bil. Energipostene bør måles uavhengig om det er vannbårent eller direkte elektrisk varme- og kjøling.
- For varmepumper og kjølemaskiner bør det stilles til måling både av tilført elektrisitet og produsert varme/kjøleenergi
- Det bør det også være krav til at målerne kobles opp til byggets SD-anlegg

#### 9. Solklare bygg (alle bygningskategorier)

- Nye bygninger bør tilrettelegges for enkel ettermontering av solenergianlegg. Dette inkluderer konstruksjon av tak og fasader som kan bære solcelleanlegg, og tilrettelegging for kabelføringer og plass til vekselrettere.

Alle forslag til krav må sees i sammenheng. Spesielt gjelder det rammekrav for vektet levert energi og krav til energiltak for bygningskropp, da det for å sikre fleksibilitet ikke bør settes altfor strengt krav begge steder men tilpasses hverandre.

I rapporten gjøres et stort poeng ut av at det i dagens energirammekrav er flere skjulte «buffer» som gir betydelige beregningsmessige spillerom (eksempelvis for ventilasjonsluftmengder). Det er viktig at DiBK tar stilling om disse skal fjernes/redueres, før man skjerper inn i form av faktiske energiltak. Når/om disse bufferne fjernes vil det i realiteten bety en svært stor skjerping av energirammekravet. Dette må derfor sees i sammenheng med andre forslag til skjerping og hvilken energiforsyningsløsning som legges til grunn for rammekrav vektet levert energi, slik at dette i sum ikke vil oppleves altfor strengt.

I rapporten fremheves at distribusjonsvarmetap er viktig og har stor påvirkning på brutto energibehov i bygninger. Men siden erfaringen i bransjen med å regne på distribusjonsvarmetap er relativt liten, anbefales for DiBK at det blir gjort en studie på dette, med både regneøvelser og målinger i bygg. Videre foreslås at det tillates å regne varmetap med forenklet metode i SN-NSPEK 3031:2023 men begrenset nedad til «normal-verdiene». Dette vil gi insentiv til å faktisk gjøre detaljert beregning, siden potensiell energiforbedring er betydelig.

DiBK må også være klar over at det kreves en egen utredning ifm. metode for klimakorrigerings, for å finne klimajusteringsfaktorer for alle kommuner / klimasoner, samt å vurdere hvilke energiposter som skal klimakorrigeres. Dette for at metodikken med evaluering mot rammekrav for vektet levert energi skal fungere i lokalt klima der bygningen er plassert.

## Vedlegg A – Kravspesifikasjonen fra DiBK

### Bakgrunn

Byggsektoren står for omtrent 40 prosent av energibruken i Norge. Norge har i lov om klimamål (klimaloven) lovfestet et mål om å bli et lavutslippssamfunn i 2050. Regjeringen la høsten 2023 frem «Handlingsplan for energieffektivisering i alle deler av norsk økonomi» (OED, 2023), der tiltak i bygningsmassen står sentralt. I handlingsplanen står det at en forutsetning for å lykkes er at vi bruker samfunnets ressurser effektivt, også på energiområdet. Videre står det at regjeringen nå setter i gang arbeidet med å gå gjennom energikravene i byggt teknisk forskrift og relevante krav i byggesaksforskriften, og at det legges opp til en bred utredning av mulige endringer som kan bidra til økt energieffektivitet, energifleksibilitet og lokal energiproduksjon.

DiBK har fått følgende oppdrag i tildelingsbrev fra Kommunal- og distriktsdepartementet i 2024:

«DiBK skal utrede mulige endringer i byggt teknisk forskrift og byggesaksforskriften som kan legge til rette for økt energieffektivitet, energifleksibilitet og lokal energiproduksjon.»

Bygningsregelverket utløser ikke energitiltak i seg selv, men setter rammer for de tiltakene byggeier selv velger å gjennomføre. DiBK skal foreslå mulige endringer i regelverket som kan bidra til økt energieffektivitet, energifleksibilitet og lokal energiproduksjon. Arbeidet vil omfatte mulige endringer i kravene for nye bygg og tiltak på eksisterende byggverk, samt mulige endringer som kan legge til rette for at flere energitiltak blir gjennomført i eksisterende bygg.

### Oppdrag

DiBK ønsker å utrede potensial for økt energieffektivitet, energifleksibilitet og lokal energiproduksjon gjennom mulige endringer i gjeldende byggt teknisk forskrift (TEK17). Dette oppdraget avgrenses til nye bygninger. For oppgavene som skal gjennomføres, kan det være aktuelt at DiBK og konsulent sammen kan bli enige om enkelte presiseringer eller konkretiseringer.

DiBK vil utrede en mulig endring av grensesnittet for energiberegning for bygninger til vektet levert energi, med vektingsfaktorer for ulike energibærere, samtidig som energikravene skal sikre god kvalitet til bygningskroppen (passive tiltak). En mulig innretning på kravene kan da være å sette

- krav til varmetapstall (transmisjon) og
- energiramme for bygningen beregnet ut fra vektet levert energi.

*Følgende oppgaver skal gjennomføres:*

Endringer skal lønnsomhetsberegnes ut fra privatøkonomisk betraktning, med ulike valg av energiforsyningsløsninger. Det skal også gjennomføres beregninger og vurderes endringer som går ut over hva som er privatøkonomisk lønnsomt. Energiberegninger og/eller energifaglige vurderinger av eventuelle endringer skal gjennomføres for punktene nevnt under.

#### 1. Krav til bygningskroppen

##### 1.1. Varmetapstall

- 1.1.1. Beregne varmetapstall (transmisjon) for de 13 bygningskategoriene ut fra kravsnivået i gjeldende TEK17 kapittel 14. I tillegg skal varmetapstall for infiltrasjon og ventilasjon fremgå i beregningsverktøyet.
- 1.1.2. Beregne og vurdere hvordan skjerpning/lempe av varmetapstallet (transmisjon) vil påvirke bygningskroppen og energibruken.
- 1.1.3. Beregne og vurdere hvordan ulike arealer påvirker varmetapstallet (transmisjon).
- 1.1.4. Beregne og vurdere hvordan ulike formfaktorer påvirker varmetapstallet (transmisjon).

##### 1.2. Skjerpe/lempe på krav til minimumsnivå for energieffektivitet<sup>5</sup>

- 1.2.1. Vurdere konsekvensen av å endre minimumsnivå for energieffektivitet for hver enkelt bygningsdel og ev. innføre nye minimumsnivå for flere bygningskomponenter.
- 1.2.2. Vurdere konsekvensen av å endre fra gjennomsnittsverdi for U-verdi til faktisk U-verdi.

Forutsetninger for beregningene avklares i samarbeid med DiBK.

<sup>5</sup> Byggt teknisk forskrift (TEK17) § 14-3 første ledd bokstav a

## 2. Ramme for vektet levert energi

- 2.1. Beregne netto energibehov og levert energi uten vektingsfaktorer for de 13 bygningskategoriene etter SN-NSPEK 3031:2023 med samme forutsetninger som ble benyttet for å tilfredsstille energirammen for de 13 bygningskategoriene i gjeldende TEK17 kapittel 14 basert på NS 3031:2014.
- 2.2. Vurdere hvor mye energirammen uten vektingsfaktorer kan skjerpes for de tre referansebyggene (enebolig, boligblokk og kontor).
  - 2.2.1. Det skal beregnes hvor mye energirammen kan skjerpes innenfor det som er lønnsomt, der også tiltak for lokalprodusert energi inngår i beregningene.
  - 2.2.2. Det skal beregnes to scenarier som går ut over hva som er lønnsomt. Det kan gjøres endringer i for eksempel varmetapstall, tekniske installasjoner og energiforsyningsløsninger.
- 2.3. Beregne hva vektet levert energi (energiramme) blir for de beregnede tiltakene i pkt. 2.2 (begge underpunkter) for fire ulike energiforsyningsløsninger.
  - 2.3.1. Belyse konsekvenser ved å velge utvalgte energirammer i pkt. 2.3.
  - 2.3.2. Vurdere hvordan tiltaksmetoden (energitiltak) kan videreføres for småhus/boliger, «tilpasset» levert-rammen tilsvarende dagens § 14-2 (2). Eventuelle fordeler og ulemper skal beskrives og inngå i vurderingen.
  - 2.3.3. Vurdere fordeler og ulemper ved å ta med faste poster i energiberegningene.

Valg av energiforsyningsløsninger, energirammer etc. avklares i samarbeid med DiBK.

## 3. Energifleksibilitet

- 3.1. Vurdere om endring av beregningspunkt til vektet levert energi gjør kravet om varmesentral<sup>6</sup> overflødig, ev. vurdere hvilket areal som er tilstrekkelig å avsette til varmesentral.
- 3.2. Det skal utredes og gis en anbefaling på hvordan dagens krav til energifleksibel oppvarming (§ 14-4 (2)) kan transformeres til en hensiktsmessig løsning med vektet levert energi som energiramme.
- 3.3. Vurdere fordeler og ulemper ved å sette krav i TEK17 som vil legge til rette for bruk av smart styring, smart varmtvannstank, akkumulator eller annet som muliggjør lastforskyvning og/eller forbrukerfleksibilitet, samt hvilken påvirkning det vil kunne ha på effektbruken. Det skal gjøres et estimat på kostnader ved å innføre ev. slike krav.

## 4. Tekniske installasjoner

- 4.1. Utarbeide forslag til tallfestede krav til systemtap<sup>7</sup> som kan være egnet som krav i TEK17.
- 4.2. Utarbeide forslag til tallfestede krav eller andre krav til installasjoner som f.eks. energiøkonomisk drift, SCOP (varmepumper), SPF mv. som kan være egnet som krav i TEK17.
- 4.3. Utrede hvordan det hensiktsmessig kan tilrettelegges for å ettermontere individuelle energimålere og om dette kan være et egnet krav i TEK17.
- 4.4. Utrede hva som er nødvendig for at bygninger tilrettelegges for å ettermontere solenergianlegg («solklare bygg»).
- 4.5. Utrede eventuelle andre krav som tilrettelegger for energioppfølging og energioptimal drift i driftsfasen.

### Grunnlag for beregninger

- Der det er relevant skal beregninger gjøres i samsvar med SN-NSPEK 3031:2023
  - Faste poster for teknisk utstyr (yrkesbygg og bolig) og belysning (bolig) vil inngå i beregning av bygningens oppvarmingsbehov, men skal ikke tas med i det endelige energibudsjettet ved beregning av energirammen.
- Vektingsfaktorer som følger av bilag A [Multiconsult anmerkning: De samme vektingsfaktorer som foreslått i Energidepartementets Høringsnotat «Forslag til endring i energimerkeforskriften for bygninger – endringer i beregningsmetode for energikarakter og justering av energikarakterskala», 5.7.2024]
- Energipriser skal hentes fra *Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2023* (NVE, 2023).
- Beregningsperiode, renter mv. skal være i henhold til *Samfunnsøkonomiske analyser* (DFØ, 2023)<sup>8</sup> og rundskriv R109/2021<sup>9</sup> fra Finansdepartementet.

<sup>6</sup> Byggeteknisk forskrift (TEK17) § 14-4 (2) preakseptert ytelse nr. 2

<sup>7</sup> Byggeteknisk forskrift (TEK17) § 14-3 (2)

<sup>8</sup> <https://dfo.no/fagomrader/utredning-og-analyse-av-statlige-tiltak/samfunnsokonomiske-analyser/veileder-i-samfunnsokonomiske-analyser>

<sup>9</sup> [https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fin/vedlegg/okstyring/rundskriv/faste/r\\_109\\_2021.pdf](https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fin/vedlegg/okstyring/rundskriv/faste/r_109_2021.pdf)

- Lønnsomhetsberegninger skal ta utgangspunkt i teknisk levetid på 50 år for bygningsmessige tiltak i boliger og 40 år bygningsmessige tiltak i kontorbygg, 25 år for vinduer og 20 år på tiltak for tekniske systemer. Levetidene ønsker DiBK å diskutere med oppdragstaker.

**Leveransen skal inkludere følgende:**

- Rapport med forutsetninger, analyser, resultater, oppsummering og eventuelle anbefalinger.
  - Rapport skal leveres både som Word-fil (.docx/.doc) og PDF-fil (.pdf).
- Regneark som viser de vesentlige energiberegningene
  - Regneark skal leveres som Excel-fil (.xlsx/.xls).
  - Regneark skal inneholde alle benyttede formler og være redigerbare for DiBK i ettertid.
- Forutsetninger og resultater fra beregninger gjort i beregningsverktøy, f.eks. Simien eller IDA ICE.

## Vedlegg B – Sensitivitetsanalyse distribusjonstap og reguleringstap

Viser endring i brutto energibehov [kWh/m<sup>2</sup>] ved ulike valg for komponenter, hvor hver endring er vist i forhold til valgt referansenivå TEK17.

Komponenter	Valgt referansenivå	Endring 1	Endring 2	Endring 3
<b>Kontorbygg</b>	<b>Brutto energibehov 94,2 kWh/m<sup>2</sup></b>			
<b>Romoppvarming</b>				
Regulering i distribusjonssystem	Mengdereg. differansetrykk	Attestert innreg. rapport	Mengdereg. belastning	
Romregulator	Koblet til SD-anlegg	Selvjusterende start/stopp	Enkelstående	
Plassering	Frittstående i rommet		Oppvarming av luft	Integrert i bygningskroppen
Spesifikk lengde rør [m/m <sup>2</sup> ]	Normalt (0,30)	Lange (0,40)	Korte (0,20)	Forenklet (0,05)
Lineær U-verdi for distribusjonsrør [W/mK]	Normalt (0,40)	Dårlig (0,60)	Godt (0,20)	Meget godt (0,16)
Andel av distribusjonsanlegg i uoppvarmede rom [%]	Normalt (0,25)	Betydelig (0,35)	Lite (0,10)	Ingen (0)
Temp. uoppvarmede rom [°C]	10	5	15	20
Romoppvarming av i sommermånedene	Alltid på		Slått av sommer	
<b>Ventilasjon</b>				
Spesifikk lengde rør [m/m <sup>2</sup> ]	Normalt (0,05)	Lange (0,10)	Korte (0,02)	
Lineær U-verdi for distribusjonsrør [W/mK]	Normalt (0,40)	Dårlig (0,60)	Godt (0,20)	Meget godt (0,16)
Andel av distribusjonsanlegg i uoppvarmede rom [%]	Normalt (0,25)	Betydelig (0,35)	Lite (0,10)	Ingen (0)
Temp. uoppvarmede rom [°C]	10	5	15	20
<b>Varmt vann (varmtvannssystem med sirkulasjon)</b>				
Spesifikk lengde varmtvannsrør [m/m <sup>2</sup> ]	Normalt (0,03)	Lange (0,06)	Korte (0,01)	
Lineær U-verdi varmtvannsrør [W/mK]	Normalt (0,40)	Dårlig (0,60)	Godt (0,20)	Meget godt (0,16)
Andel av distribusjonsanlegg i uoppvarmede rom [%]	Normalt (0,40)	Mye (0,70)	Lite (0,10)	Ingen (0)
Temp. uoppvarmede rom [°C]	10	5	15	20
<b>Boligblokk</b>	<b>Brutto energibehov 107,1 kWh/m<sup>2</sup></b>			
<b>Solskjerming</b>				
Automatisk solskjerming etter solflux [W/m <sup>2</sup> ]	Manuelt	Solflux 150	Ingen	
<b>Romoppvarming</b>				
Regulering i distribusjonssystem	Mengdereg. differansetrykk	Attestert innreg. rapport	Mengdereg. belastning	
Romregulator	Selvjusterende start/stopp	Enkelstående	SD-anlegg	
Plassering	Frittstående i rommet		Oppvarming av luft	Integrert i bygningskroppen
Spesifikk lengde rør [m/m <sup>2</sup> ]	Normalt (0,30)	Lange (0,40)	Korte (0,20)	Forenklet (0,05)
Lineær U-verdi for distribusjonsrør [W/mK]	Normalt (0,40)	Dårlig (0,60)	Godt (0,20)	Meget godt (0,16)
Andel av distribusjonsanlegg i uoppvarmede rom [%]	Normalt (0,25)	Betydelig (0,35)	Lite (0,10)	Ingen (0)
Temp. uoppvarmede rom [°C]	10	5	15	20
Romoppvarming av i sommermånedene	Alltid på		Slått av sommer	
<b>Ventilasjon</b>				
Spesifikk lengde rør [m/m <sup>2</sup> ]	Normalt (0,05)	Lange (0,10)	Korte (0,02)	
Lineær U-verdi for distribusjonsrør [W/mK]	Normalt (0,40)	Dårlig (0,60)	Godt (0,20)	Meget godt (0,16)
Andel av distribusjonsanlegg i uoppvarmede rom [%]	Normalt (0,25)	Betydelig (0,35)	Lite (0,10)	Ingen (0)
Temp. uoppvarmede rom [°C]	10	5	15	20
<b>Varmt vann (varmtvannssystem med sirkulasjon)</b>				
Spesifikk lengde varmtvannsrør [m/m <sup>2</sup> ]	Normalt (0,03)	Lange (0,06)	Korte (0,01)	
Lineær U-verdi varmtvannsrør [W/mK]	Normalt (0,40)	Dårlig (0,60)	Godt (0,20)	Meget godt (0,16)
Prosentandel rør i uoppvarmede rom [%]	Normalt (0,40)	Mye (0,70)	Lite (0,10)	Ingen (0)
Temp. uoppvarmede rom [°C]	10	5	15	20
<b>Småhus (vannbåren varme)</b>	<b>Brutto energibehov 125,0 kWh/m<sup>2</sup></b>			
<b>Solskjerming</b>				
Automatisk solskjerming etter solflux [W/m <sup>2</sup> ]	Manuelt	Solflux 150	Ingen	
<b>Romoppvarming</b>				
Regulering i distribusjonssystem	Mengdereg. differansetrykk	Attestert innreg. rapport	Mengdereg. belastning	
Romregulator	Selvjusterende start/stopp	Enkelstående	SD-anlegg	
Plassering	Frittstående i rommet		Oppvarming av luft	Integrert i bygningskroppen
Spesifikk lengde rør [m/m <sup>2</sup> ]	Normalt (0,30)	Lange (0,40)	Korte (0,20)	Forenklet (0,05)
Lineær U-verdi for distribusjonsrør [W/mK]	Normalt (0,40)	Dårlig (0,60)	Godt (0,20)	Meget godt (0,16)
Andel av distribusjonsanlegg i uoppvarmede rom [%]	Normalt (0,25)	Betydelig (0,35)	Lite (0,10)	Ingen (0)
Temp. uoppvarmede rom [°C]	10	5	15	20
Romoppvarming av i sommermånedene	Alltid på		Slått av sommer	
<b>Varmt vann (åpent varmtvannssystem, ikke sirkulerende)</b>				
Spesifikk lengde varmtvannsrør [m/m <sup>2</sup> ]	Normalt (0,2)	Lange (0,3)	Lite (0,1)	
Antall tappesykluser pr døgn	Normal (6)	Høy (10)	Lite (2)	
Prosentandel rør i uoppvarmede rom [%]	Normalt (0,40)	Mye (0,70)	Lite (0,10)	Ingen (0)
<b>Småhus (direkte elektrisk)</b>	<b>Brutto energibehov 114,7 kWh/m<sup>2</sup></b>			
<b>Romoppvarming</b>				
Regulering	Elektronisk termostat	Mekanisk termostat	Bare manuell regulering	Regulering uten tap
Plassering	Frittstående i rommet		Oppvarming av luft	Integrert i bygningskroppen
<b>Varmt vann (åpent varmtvannssystem, ikke sirkulerende)</b>				
Spesifikk lengde varmtvannsrør [m/m <sup>2</sup> ]	Normalt (0,2)	Lange (0,3)	Lite (0,1)	
Antall tappesykluser pr døgn	Normal (6)	Høy (10)	Lite (2)	
Prosentandel rør i uoppvarmede rom [%]	Normalt (0,40)	Mye (0,70)	Lite (0,10)	Ingen (0)

## Vedlegg C – Resultater fra lønnsomhetsberegninger

Det er gjennomført lønnsomhetsberegninger i verktøyet «10250410-01 RIE n-BER Kostnads optimalitet for gjeldende energikrav i TEK17». Forutsetninger er gitt i kapittel 3.3.

Resultater er klippet inn nedenfor. (Det er *Kostnads optimalitet for gjeldende energikrav i TEK17* regnet nåverdi ut fra total kostnader på tiltakene, dvs. total kostnader på hele bygningsdeler og hele tekniske anlegg, som forklarer negative nåverdier. Alternativet med minst negativ nåverdi er minst ulønnsomt / mest lønnsomt).

### SMÅHUS

Tiltak	Alternativ	Beskrivelse	Nåverdi	Levert energi	Rangering	% diff alt 0
Yttervegg	Alt 0	U-verdi 0,18 W/m <sup>2</sup> K. 250mm isolasjon. Forutsatt varmekonduktivitet 0,035 W/mK. 48 mm s	930 544	17 158	2	
	Alt 1	U-verdi 0,22 W/m <sup>2</sup> K. 200mm isolasjon	913 374	17 849	1	-1,85 %
	Alt 2	U-verdi 0,15 W/m <sup>2</sup> K. 300mm isolasjon	931 558	16 649	3	0,11 %
	Alt 3	U-verdi 0,13 W/m <sup>2</sup> K. 350mm isolasjon	933 365	16 312	4	0,30 %
Tak	Alt 4	U-verdi 0,12 W/m <sup>2</sup> K. 400mm isolasjon	1 012 677	16 145	5	8,83 %
	Alt 0	U-verdi 0,14 W/m <sup>2</sup> K. 250mm isolasjon. Forutsatt tretak med kaldt loft og takstoler, bjelked	708 697	17 158	1	
	Alt 1	U-verdi 0,18 W/m <sup>2</sup> K. 200mm isolasjon	711 206	17 452	2	0,35 %
	Alt 2	U-verdi 0,12 W/m <sup>2</sup> K. 300mm isolasjon	712 274	17 013	3	0,50 %
Gulv	Alt 3	U-verdi 0,11 W/m <sup>2</sup> K. 350mm isolasjon	717 910	16 942	4	1,30 %
	Alt 4	U-verdi 0,09 W/m <sup>2</sup> K. 400mm isolasjon	720 293	16 798	5	1,64 %
	Alt 0	U-verdi 0,14 W/m <sup>2</sup> K. 200mm isolasjon under betongplate. Gulv på grunn. Forutsatt EPS/Ste	780 285	17 158	1	
	Alt 1	U-verdi 0,19 W/m <sup>2</sup> K. 150mm isolasjon. U-verdi konstruksjon 0,23 W/m <sup>2</sup> K. U-verdi ekvivalen	784 519	17 484	2	0,54 %
Lekkasjetall	Alt 2	U-verdi 0,12 W/m <sup>2</sup> K. 250mm. U-verdi konstruksjon 0,14 W/m <sup>2</sup> K. U-verdi ekvivalent 0,12 W	792 879	16 983	3	1,61 %
	Alt 3	U-verdi 0,11 W/m <sup>2</sup> K. 300mm isolasjon. U-verdi konstruksjon 0,12 W/m <sup>2</sup> K. U-verdi ekvivalen	796 756	16 862	4	2,11 %
	Alt 4	U-verdi 0,09 W/m <sup>2</sup> K. 400mm isolasjon. U-verdi konstruksjon 0,10 W/m <sup>2</sup> K. U-verdi ekvivalen	819 967	16 737	5	5,09 %
	Alt 0	Lekkasjetall 0,6 h <sup>-1</sup> . Utgangspunkt TEK17	543 252	17 158	1	
Kuldebro	Alt 2	Lekkasjetall 0,4 h <sup>-1</sup> . Verdi lavere enn TEK17	562 488	16 963	2	3,54 %
	Alt 0	Normalisert kuldebroverdi 0,05 W/m <sup>2</sup> K. Utgangspunkt TEK17.	528 402	17 158	1	
Vindu	Alt 2	Normalisert kuldebroverdi 0,03 W/m <sup>2</sup> K. Verdi lavere enn TEK17.	658 739	16 837	2	24,67 %
	Alt 0	U-verdi 0,8 W/m <sup>2</sup> K. Forutsatt 3-lags glass med energibelegg, argongassfylling, isolert karm c	904 566	17 138	3	
	Alt 1	U-verdi 1,2 W/m <sup>2</sup> K. 2-lags glass med argon-fylling	826 106	19 008	1	-8,67 %
Sentral ventilasjon	Alt 2	U-verdi 1,0 W/m <sup>2</sup> K. 2-lags glass, beste løsning	858 993	17 889	2	-5,04 %
	Alt 3	U-verdi 0,75 W/m <sup>2</sup> K. 3-lags glass med krypton-fylling	1 069 879	16 880	4	18,28 %
	Alt 0	Ventilasjon m/ roterende varmegjenvinner 80 %. SFP på 1,50 kW/m <sup>3</sup> /s.	510 917	17 158	2	
Solceller	Alt 1	Ventilasjon m/ beste roterende varmegjenvinner 85 %. SFP på 1,30 kW/m <sup>3</sup> /s for beste løsnin	509 955	16 761	1	-0,19 %
	Alt 0	Ingen solceller	344 080	17 158	1	
	Alt 1	Solceller, aktivt areal 32m <sup>2</sup> . Utenpåliggende solcellepaneler på skråtak mot sør (ingen mot	373 090	13 420	2	8,43 %
	Alt 2	Solceller, aktivt areal 68m <sup>2</sup> . Utenpåliggende solcellepaneler på skråtak mot øst og vest.	462 974	12 529	4	34,55 %
EI. over	Alt 3	Solceller, aktivt areal 32m <sup>2</sup> . Bygningsintegreerte solceller på skråtak mot sør (ingen mot norr	379 753	13 420	3	10,37 %
	Alt 4	Solceller, aktivt areal 68m <sup>2</sup> . Bygningsintegreerte solceller på skråtak mot øst og vest.	477 132	12 529	5	38,67 %
	Alt 0		570 523	17 158		
Luft/luft-VP	Alt 0		529 646	14 422		
	Alt 0		588 215	10 889		
Luft/vann-VP	Alt 0	Luft/luft-VP har bedre nåverdi ift. ei. over, ergo er luft/luft-VP lønnsomt				
		Luft/vann-VP dårligere nåverdi ift. luft/luft-VP, ergo er luft/vann-VP ikke lønnsomt				



## BOLIGBLOKK

Tiltak	Alternativ	Beskrivelse	Nåverdi	Leverert energi	Rangering	% diff alt 0
Yttervegg	Alt 0	U-verdi 0,18 W/m <sup>2</sup> K. 250mm isolasjon. Forutsatt varmekonduktivitet 0,035 W/mK, 36 mm s	-14 380 754	311 615	2	
	Alt 1	U-verdi 0,22 W/m <sup>2</sup> K. 200mm isolasjon	-14 256 049	317 591	1	-0,87%
	Alt 2	U-verdi 0,15 W/m <sup>2</sup> K. 300mm isolasjon	-14 381 056	307 374	3	0,00%
	Alt 3	U-verdi 0,13 W/m <sup>2</sup> K. 350mm isolasjon	-14 383 902	304 578	4	0,02%
	Alt 4	U-verdi 0,12 W/m <sup>2</sup> K. 400mm isolasjon	-15 213 994	303 189	5	5,79%
Tak	Alt 0	U-verdi 0,13 W/m <sup>2</sup> K. 300mm isolasjon. Flatt tak. Kompaktak betong. (Benyttet SIMIEN-da	-11 142 567	311 615	2	
	Alt 1	U-verdi 0,20 W/m <sup>2</sup> K. 200mm isolasjon	-11 398 946	318 338	5	2,30%
	Alt 2	U-verdi 0,16 W/m <sup>2</sup> K. 250mm isolasjon	-11 274 198	314 599	4	1,18%
	Alt 3	U-verdi 0,12 W/m <sup>2</sup> K. 350mm isolasjon	-11 159 089	310 703	3	0,15%
	Alt 4	U-verdi 0,10 W/m <sup>2</sup> K. 400mm isolasjon	-11 121 802	308 894	1	-0,19%
Gulv	Alt 0	U-verdi 0,15 W/m <sup>2</sup> K. 200mm isolasjon under etasjeskiller i betong mot P-kljeller. U-verdi ko	-10 789 650	311 615	3	
	Alt 1	U-verdi 0,20 W/m <sup>2</sup> K. 150mm isolasjon. U-verdi konstruksjon 0,22 W/m <sup>2</sup> K, U-verdi ekvivalen	-10 920 622	315 953	5	1,21%
	Alt 2	U-verdi 0,13 W/m <sup>2</sup> K. 250mm isolasjon. U-verdi konstruksjon 0,14 W/m <sup>2</sup> K, U-verdi ekvivalen	-10 760 549	309 185	1	-0,27%
	Alt 3	U-verdi 0,11 W/m <sup>2</sup> K. 300mm isolasjon. U-verdi konstruksjon 0,12 W/m <sup>2</sup> K, U-verdi ekvivalen	-10 777 825	307 581	2	-0,11%
	Alt 4	U-verdi 0,09 W/m <sup>2</sup> K. 350mm isolasjon. U-verdi konstruksjon 0,10 W/m <sup>2</sup> K, U-verdi ekvivalen	-10 796 230	305 987	4	0,06%
Lekkasjetall	Alt 0	Lekkasjetall 0,6 h-1. Utgangspunkt TEK17	-10 235 100	311 615	2	
	Alt 2	Lekkasjetall 0,4 h-1. Verdi lavere enn TEK17	-10 201 927	307 155	1	-0,32%
Kuldebro	Alt 0	Normalisert kuldebroverdi 0,09 W/m <sup>2</sup> K. Utgangspunkt TEK17, 10cm kuldebrobryter (ref. NS	-10 146 000	311 615	2	
	Alt 2	Normalisert kuldebroverdi 0,07 W/m <sup>2</sup> K. Verdi lavere enn TEK17	-9 809 043	304 418	1	-3,32%
Vindu	Alt 0	U-verdi 0,8 W/m <sup>2</sup> K. Forutsatt 3-lags glass med energiulelegg, argongassfylling, isolert karm c	-10 623 074	311 615	1	
	Alt 1	U-verdi 1,2 W/m <sup>2</sup> K. 2-lags glass med argon-fylling	-10 903 759	333 048	3	2,64%
	Alt 2	U-verdi 1,0 W/m <sup>2</sup> K. 2-lags glass, beste løsning	-10 639 661	319 706	2	0,16%
	Alt 3	U-verdi 0,75 W/m <sup>2</sup> K. 3-lags glass med krypton-fylling	-11 420 869	308 346	4	7,51%
Sentral ventilasjon	Alt 0	Ventilasjon m/ motstrømsveksler varmegjenvinning 80 %. SFP på 1,50 kW/m <sup>3</sup> /s.	-10 472 838	311 615	2	
	Alt 1	Ventilasjon m/ kryssveksler varmegjenvinning 75 %. SFP på 1,80 kW/m <sup>3</sup> /s som følge av litt c	-10 613 240	322 817	3	1,34%
	Alt 2	Ventilasjon m/ beste motstrømsveksler maks varmegjenvinning 82 %. SFP på 1,30 kW/m <sup>3</sup> /s	-10 436 084	306 620	1	-0,35%
Desentral ventilasjon	Alt 0	Ventilasjon m/ roterende varmegjenvinner 80 %. SFP på 1,50 kW/m <sup>3</sup> /s.	-11 234 351	311 615	1	
	Alt 1	Ventilasjon m/ beste roterende varmegjenvinner 85 %. SFP på 1,30 kW/m <sup>3</sup> /s for beste løsnin	-11 304 753	301 418	2	0,63%
Solceller	Alt 0	Ingen solceller	-6 676 206	311 615	1	
	Alt 1	Solceller, aktivt areal 631m <sup>2</sup> . Konvensjonelt anlegg for flate tak med øst/vest vendte paneler	-6 800 476	240 186	2	1,86%

## KONTORBYGG

Tiltak	Alternativ	Beskrivelse	Nåverdi	Løvert energ	Rangering	% diff alt 0
Yttervegg	Alt 0	U-verdi 0,18 W/m <sup>2</sup> K. 300mm isolasjon. Forutsatt varmekonduktivitet 0,035 W/mK, 48 mm	- 10 034 035	278 279		
	Alt 1	U-verdi 0,25 W/m <sup>2</sup> K. 200mm isolasjon	- 9 960 422	287 078		-0,73 %
	Alt 2	U-verdi 0,21 W/m <sup>2</sup> K. 250mm isolasjon	- 10 056 780	281 990		0,23 %
	Alt 3	U-verdi 0,15 W/m <sup>2</sup> K. 350mm isolasjon	- 9 969 021	274 706		-0,65 %
	Alt 4	U-verdi 0,14 W/m <sup>2</sup> K. 400mm isolasjon	- 10 609 837	273 532		5,74 %
Tak	Alt 0	U-verdi 0,13 W/m <sup>2</sup> K. 300mm isolasjon. Flatt tak. Kompaktbetong. (Benyttet SIMIEN-da	- 7 307 811	278 279		
	Alt 1	U-verdi 0,20 W/m <sup>2</sup> K. 200mm isolasjon	- 7 469 746	282 820		2,22 %
	Alt 2	U-verdi 0,16 W/m <sup>2</sup> K. 250mm isolasjon	- 7 335 756	280 179		0,38 %
	Alt 3	U-verdi 0,12 W/m <sup>2</sup> K. 350mm isolasjon	- 7 347 395	277 657		0,54 %
	Alt 4	U-verdi 0,10 W/m <sup>2</sup> K. 400mm isolasjon	- 7 334 151	276 416		0,36 %
Gulv	Alt 0	U-verdi 0,15 W/m <sup>2</sup> K. 200mm isolasjon under etasjeskiller i betong mot P-kgjeller. U-verdi ko	- 6 977 646	278 279		
	Alt 1	U-verdi 0,20 W/m <sup>2</sup> K. 150mm isolasjon. U-verdi konstruksjon 0,22W/m <sup>2</sup> K. U-verdi ekvivaler	- 7 027 583	280 500		0,72 %
	Alt 2	U-verdi 0,13 W/m <sup>2</sup> K. 250mm isolasjon. U-verdi konstruksjon 0,14 W/m <sup>2</sup> K. U-verdi ekvivaler	- 6 976 220	276 976		-0,02 %
	Alt 3	U-verdi 0,11 W/m <sup>2</sup> K. 300mm isolasjon. U-verdi konstruksjon 0,12W/m <sup>2</sup> K. U-verdi ekvivaler	- 6 998 293	276 116		0,30 %
	Alt 4	U-verdi 0,09 W/m <sup>2</sup> K. 350mm isolasjon. U-verdi konstruksjon 0,10 W/m <sup>2</sup> K. U-verdi ekvivaler	- 7 021 140	275 264		0,62 %
Lekkasje-tall	Alt 0	Lekkasje-tall 0,6 h-1. Utgangspunkt TEK17	- 6 691 856	278 279		
	Alt 2	Lekkasje-tall 0,4 h-1. Verdi lavere enn TEK17	- 6 718 866	274 666		0,40 %
Kuldebro	Alt 0	Normalisert kuldebroverdi 0,09 W/m <sup>2</sup> K. Utgangspunkt TEK17, 10cm kuldebrobryster (ref. NS	- 6 573 056	278 279		
	Alt 2	Normalisert kuldebroverdi 0,07 W/m <sup>2</sup> K. Verdi lavere enn TEK17	- 6 416 309	274 040		-2,38 %
	Alt 3	Normalisert kuldebroverdi 0,05 W/m <sup>2</sup> K. Verdi lavere enn TEK17	- 6 986 620	269 861		6,29 %
	Alt 4	Normalisert kuldebroverdi 0,03 W/m <sup>2</sup> K. Verdi lavere enn TEK17.	- 6 969 399	265 756		6,03 %
Vindu	Alt 0	U-verdi 0,8 W/m <sup>2</sup> K. Forutsatt 3-lags glass med energibelegg, argongassfylling, isolert karm c	- 7 589 691	278 279		
	Alt 1	U-verdi 1,2 W/m <sup>2</sup> K. 2-lags glass med argon-fylling	- 7 724 738	295 333		1,78 %
	Alt 2	U-verdi 1,0 W/m <sup>2</sup> K. 2-lags glass, beste løsning	- 7 588 144	285 345		-0,02 %
	Alt 3	U-verdi 0,75 W/m <sup>2</sup> K. 3-lags glass med krypton-fylling	- 8 216 061	273 515		8,25 %
Sentral ventilasjon	Alt 0	Roterende gjenvinner med "system mark 80%" VAV 60 % luftmengde gir luftmengde på 6 m	- 11 184 828	278 279		
	Alt 1	Roterende gjenvinner med "system mark 80%" har 81 % varmegjenvinning ved full luftmeng	- 10 468 930	349 300		-6,40 %
	Alt 2	Større aggregat med høyeffektiv roterende gjenvinner med "system mark 85%", VAV 60 % l	- 11 482 499	275 450		2,66 %
Belysning	Alt 0	Normal belysningsstandard nybygg. Med lysstyring. 6,4 W/m <sup>2</sup> . (Standardverdi NS 3031.2014	- 7 483 139	278 279		
	Alt 1	Normal belysningsstandard nybygg. Uten lysstyring. 8 W/m <sup>2</sup> .	- 6 653 841	282 995		-11,08 %
	Alt 2	Beste tilgjengelige teknologi inkludert lysstyring. 4 W/m <sup>2</sup> . Ref. passivusstandard (og SN-NS	- 9 971 577	272 123		33,25 %
Solceller	Alt 0	Ingen solceller	- 4 244 411	278 279		
	Alt 1	Solceller, aktivt areal 322m <sup>2</sup> . Konvensjonelt anlegg for flate tak med øst/vest vendte panel	- 4 656 423	236 452		9,71 %