

Til
Direktoratet for byggkvalitet

Dokumenttype
Utredning

Dato
Juli 2013

ENERGIREGLER 2015

FORSLAG TIL

ENDRINGER I TEK FOR

NYBYGG



Revisjon	2
Dato	08-07-2013
Utarbeidet av	Ferry Smits, Magnus Killingland, Arne Fredrik Lånke, Inger Andresen, Kristin Elvebakk, Frode Holthe, Marius Monsen Ragnøy, Marianne Holmesland
Kontrollert av	Ferry Smits, Frode Holthe, Inger Andresen, Hilde Warp
Godkjent av	Arne Fredrik Lånke
Beskrivelse	Denne utredningen er gjennomført på oppdrag fra Direktoratet for byggkvalitet. Utredningens formål har vært å utarbeide forslag til endringer av energiregler i byggteknisk forskrift, TEK. Arbeidet har funnet sted i perioden oktober 2012 til juli 2013, og er utført av Rambøll med LINK arkitektur v/Inger Andresen som underleverandør. Takk til oppdragsgiver ved Brita Dagestad, Knut Helge Sandli, Inger Grethe England, Martin Strand og Øyvind Rooth for gode innspill underveis. Likeledes rettes en takk til referansegruppen som har gitt viktige bidrag. Gruppens sammensetning er gjengitt i rapporten. Det understrekes at referansegruppen og oppdragsgiveren ikke nødvendigvis stiller seg bak konklusjoner og anbefalinger i denne rapporten.
Ref.	Forsidebilde: Passivhus kontorbygg for NINA i Trondheim, arkitekt PIR II Arkitektkontor AS, foto Rambøll Norge AS ved Ferry Smits

INNHOOLD

SAMMENDRAG	v
0. Begreper og definisjoner	ix
DEL 1 1	
1. Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Utredningens formål	1
1.3 Metode	2
1.4 Referansegruppe	3
1.5 Viktige kriterier for nye energikrav	3
1.6 Rapportens oppbygning	4
2. Status for energibruk i byggsektoren	5
2.1 Status	5
2.2 Utvikling	5
2.3 Effekt av byggeforskriftene	6
2.4 Utslipp av klimagasser fra byggsektoren	6
2.5 Energiforbruk – kort historikk	7
2.6 Erfaringer med energikravene i TEK07/TEK10	8
2.7 Erfaringer med svært energieffektive bygg	9
3. Rammer for en byggeteknisk forskrift	11
3.1 Politiske føringer på europeisk nivå	11
3.2 CO ₂ -intensitet i den europeiske byggsektoren	13
3.3 Norge – Målsettinger og virkemidler innen klima, energi og bygg	14
3.4 Andre virkemidler som påvirker energibruk i byggsektoren	16
4. Kostnadsoptimalitet	20
4.1 Målet til EU	20
4.2 Identifisering av et kostnadsoptimalt nivå	22
4.3 Rapportering	23
4.4 Tidligere arbeider	23
DEL 2 25	
5. Forslag til nye energikrav	26
5.1 Preskriptive og funksjonsbaserte krav	26
5.2 Forslag til energikrav	27
6. Kravsmodeller	31
6.1 Kort om tiltaksmetoden	31
6.2 Kort om rammekravsmetoden	31
6.3 Vurdering av kravsmodellene	31
6.4 Konklusjon kravsmodeller	32
7. Minstekrav	33
7.1 Endring av minstekrav	33
7.2 Krav til varmetapstall	34
8. Bygningsform	39
9. Klimadata i beregningene	40
9.1 Konklusjon klima	42
10. Bygningskategorier i TEK	44
10.1 Behov for å øke eller redusere antallet kategorier	44
10.2 Kategorier i bygningsenergidirektivet	45
10.3 Konklusjon bygningskategorier	47
11. Tiltak for energieffektivisering	48
11.1 Behovsstyring (næringsbygg)	48
11.2 Nye krav til tekniske systemer	48
11.3 Energiposter som i dag er basert på faste verdier	49
11.4 Arealeffektivitet som energitiltak	51
11.5 Behov for justeringer i NS 3031	52
11.6 Konklusjon energitiltak	52
12. Valg av beregningspunkt	54

12.1	Ulike beregningspunkt	54
12.2	Konklusjon beregningspunkt	57
13.	Krav til energiforsyning	59
13.1	Dekningsgrad og innslagspunkt for kravene	60
13.2	Fritaksmuligheter for boliger	61
13.3	Næringsbygg	61
13.4	Fornybare spisslastløsninger	62
13.5	El som spisslast	62
13.6	Fjernvarme	62
13.7	Fornybar produksjon på tomten eller i nærheten	63
13.8	Eksport av energi	63
13.9	Konklusjon energiforsyning	63
14.	Energirammer	64
14.1	Ambisjonsnivå for energirammer	64
14.2	Kostnadseffektivitet for passivhus	65
14.3	Tiltak for å nå passivhusnivå for småhus	65
14.4	Prioritering mellom tiltak	65
14.5	Mest lønnsomme tiltakspakke	67
14.6	Forslag til energirammer	68
14.7	Konklusjon energirammer	70
15.	Korreksjonsfaktorer for ulike energivarer ved beregningspunkt levert energi	71
15.1	Vekting av energivarer	71
15.2	CO ₂ -vekting	71
15.3	Primærenergifaktorer	71
15.4	Politisk vekting	72
15.5	Tidsavhengig vekting	72
15.6	Symmetrivekting (eksportert/importert)	72
15.7	Sjablongmessige korreksjonsfaktorer	75
15.8	Korreksjonsfaktorer for termiske energibærere	75
16.	Formålsfordelt energimåling	78
DEL 3	80	
17.	Overordnede konsekvensvurderinger	81
18.	Inneklima og byggskader	82
18.1	Termisk miljø	82
18.2	Atmosfærisk miljø	83
18.3	Akustisk miljø	84
18.4	Aktinisk miljø	85
18.5	Konsekvenser for inneklima	85
19.	Måloppnåelse	88
19.1	Forhold som påvirker energibruken	88
19.2	Modelloppbygning i LEAP	88
19.3	Resultat	89
20.	Merkostnader og markedseffekter	92
20.1	Boligmarkedet	92
20.2	Næringsbygg	93
KONKLUSJON		94
REFERANSER		96
Vedlegg A: Forutsetninger for valg av parametere i lønnsomhetsberegninger 1		
Vedlegg B: Lønnsomhetsanalyser for tiltak og tiltakspakker		5
Vedlegg C: Passivhusnivå for småhus		13
Vedlegg D: Klima- og arealkorrigerings av levert energi		18
Vedlegg E: Arealeffektivitet		25
Vedlegg F: Dagslysberegninger		27
Vedlegg G: Intervjuguide		29

FIGURER

Figur 1.1 Elementer som skal inngå i en nasjonal plan for nesten nullenergibygg.	1
Figur 1.2 Hovedelementer i utredningen.....	2
Figur 2.1: Samlet energibruk i husholdningene 1990-2011 i TWh [9].....	6
Figur 2.2 Utslipp som kan relateres til byggsektoren [11].....	7
Figur 3.1– Oversikt over prosessen fram mot nesten nullenergibygg i Europa	13
Figur 3.2 – CO ₂ -utslipp per kvadratmeter for bygningsmassen (useful floor area) [24].....	14
Figur 4.1 Beregningsmodell for kostnadsoptimalitet	22
Figur 4.2: Kostnadsoptimalt nivå	22
Figur 4.3: Kostnadsoptimalt nivå i henhold til Ecofys-studien	24
Figur 5.1 Fordeler ved preskriptive og funksjonsbaserte krav	26
Figur 7.1: Sammenligning av varmetapstall fra NS3701:2012 (med tilhørende byggkategorier) og forslag til forenklet ramme for varmetapstall (modell 1)	37
Figur 7.2: Sammenligning av varmetapstall fra NS3700:2013 og to bygningstyper fra NS 3701:2012 i forhold til forslag til forenklet ramme for varmetapstall (modell 2)	38
Figur 9.1 Klimasoner i svenske energikrav	42
Figur 12.1 Illustrasjon av ulike beregningspunkter.....	54
Figur 14.1 Mesterhus modell MIA	65
Figur 14.2 Energikravene i TEK bærer preg av at tilnærmingen er inspirert av Kyoto-pyramiden ..	66
Figur 14.3 Eksempel på følsomhetsanalyse for diskontert tilbakebetalingstid som funksjon av energipris ved økt isolasjon (0,18-0,15 W/m ² K) i yttervegg, småhus.	67
Figur 14.4 Energirammer for netto energibehov	68
Figur 14.5 Energirammer for levert energi	69
Figur 15.1: CO ₂ -faktorer [44]	71
Figur 15.2: Beregnet levert energi og korregeringsfaktorer for ulike typer bygg i Oslo-klima.	77
Figur 15.3: Beregnet levert energi og korregeringsfaktorer for ulike typer bygg i Oslo-klima.	77
Figur 18.1 Oversikt over inneklimafaktorer som påvirker energibruk.....	82
Figur 19.1: modelloppbygning, inkludert arealfordeling for dagens bygningsmasse.....	89
Figur 19.2: Scenarioanalyse for referansebane, alternativ A og alternativ B	90
Figur 19.3: Energibruk i byggsektoren i 2020 med levert energi sammenliknet med netto energibehov som beregningspunkt	91

TABELLER

Tabell 5.1: Tabell med forslag til endringer, Alt. A og Alt. B.	28
Tabell 7.1: Varmetapstall for noen bygg (primært «TEK-bokser») basert på komponentene i Tabell 14.1	36
Tabell 7.2: Forslag til varmetapstall i energikravene alternativ B	36
Tabell 10.1: Eksempel på bygningskategorier for å harmonisere mot bygningsenergidirektivet	46
Tabell 12.1: Fordeler og ulemper ved ulike beregningspunkt.....	55
Tabell 13.1 Kostnader for el.varme og vannbåren varme (Faktastudien – Enova/Cowi) tall i NOK/m ² BRA.	60
Tabell 14.1 Forslag til verdier for beregning av energirammer - alternativ A.	68
Tabell 19.1: Årlige arealrater [27]	89

SAMMENDRAG

Del 1 - Underlag for nye energikrav

I stortingsmeldingene om henholdsvis klima- og bygningspolitikk [1] [2] varsles innføring av passivhusnivå i byggeforskriftene fra 2015. Det varsles videre at det skal utformes en definisjon av passivhus tilpasset byggeforskriftene. I klimameldinga [1] heter det at regjeringen vil:

«Skjerpe energikravene i byggeteknisk forskrift til passivhusnivå i 2015 og nesten nullenerginivå 2020. Regjeringen vil senere fastsette bestemmelser som definerer passivhusnivå og nesten nullenerginivå. Beslutning om kravnivå gjøres på bakgrunn av utredninger av samfunnsøkonomiske og helsemessige konsekvenser og kompetansen i byggenæringen.»

De nasjonale målsettingene samsvarer med krav i EUs reviderte bygningsenergidirektiv [3]. Direktivet er per i dag ennå ikke vedtatt som EØS-relevant. I direktivet stilles krav til at nye bygg skal være nesten nullenergibygget i 2020 og at det skal etableres delmål for 2015 på nasjonalt nivå. Denne rapporten skal være en del av beslutningsgrunnlaget for myndighetene i arbeidet med å utvikle nye energikrav for nybygg i byggeforskriftene som skal gjelde fra 2015.

Rapporten er et resultat av et utredningsarbeid som er bestilt av Direktoratet for byggkvalitet (DiBK). Arbeidet med utredningen har vært tredelt og har funnet sted i perioden oktober 2012 til juli 2013. Innledningsvis i arbeidet ble det gjort en evaluering av dagens regelverk, mens hoveddelen av arbeidet har bestått i å utarbeide forslag til nye energikrav. Avslutningsvis ble det gjort en overordnet vurdering av mulige konsekvenser av forslagene.

DiBK har gitt følgende føringer for energikravene; mål om passivhusnivå, et enkelt regelverk og kostnadsoptimalitet. I tillegg er det en selvfølge at innneklima skal ivaretas.

I rapportens del 1 gjengis resultatene fra den innledende evalueringen av dagens energikrav. Status for energibruk i byggsektoren og utslipp av klimagasser omtales. Noen erfaringer fra studier av energieffektive bygg gjengis også.

Avslutningsvis i den første delen av rapporten beskrives føringer for kostnadsoptimalitet slik de foreligger i EUs forordning om kostnadsoptimalitet [6]

Del 2 - Forslag til nye energikrav

Det er utredet to mulige løsninger for energikravene nybygg, alternativ A og alternativ B, der begge må anses å representere ytterligere skritt i retning av enda mer funksjonsbaserte energikrav. Alternativ B går imidlertid lengst i så måte. De to alternativene er oppsummert i Tabell 5.1 i rapporten.

Alternativ A er et forslag til en enkel og kostnadseffektiv innstramning i energikravene i lys av føringen om kostnadsoptimalitet. Dette alternativet bygger i stor grad på dagens utforming av energikravene. Den viktigste foreslåtte endringen er at tiltaksmetoden foreslås fjernet. Kravsnivået er i hovedsak basert på at det synes å være et privatøkonomisk effektiviseringspotensial, ikke minst hvis man tar høyde for kompetanseheving i bransjen og teknologiutvikling fram til, og under, virketiden for nye energikrav. Det er foreslått at energirammene kan strammes inn med rundt 20 % for boligbygg og i størrelsesorden 40 % for noen kategorier av næringsbygg. Mer effektive ventilasjonssystemer og reduksjon av luftlekkasjer vil være lønnsomme tiltak for mange bygg. For næringsbygg vil også styring av belysning og ventilasjon kunne være lønnsomme tiltak. Mer energieffektive vinduer er også lagt til grunn som kostnadseffektivt ved beregning av energirammene.

Alternativ B er utviklet primært med tanke på å nå målet om passivhusnivå slik det er definert lenger nede i sammendraget. De viktigste foreslåtte endringene er at beregningspunktet endres til

levert energi korrigert for energivare samt at det innføres en øvre ramme for varmetapstall. Endring av beregningspunkt medfører at gode energiforsyningsløsninger krediteres med tanke på å oppfylle energirammekravet. Alternativ B medfører et noe strengere kravsnivå. Dette synes både nødvendig og forsvarlig i lys av den økte fleksibiliteten dette beregningspunktet gir når det gjelder valg av tekniske løsninger. I det videre arbeidet med energikravene for nybygg anbefales det primært at alternativ B videreføres.

Kravsmodeller

I dagens energikrav er det valgfritt om man vil forholde seg til tiltaksmetoden eller rammekravsmetoden. Det foreslås at nye energikrav baseres på kun rammekravsmetode. Dette gir en forenkling i regelverket og antas å medføre økt sikkerhet for ønsket reduksjon i energibruk.

Minstekrav

Det er gjort en vurdering av tiltak og nivåer for minstekravene på basis av at minstekravene bør representere:

- Konvensjonelle tiltak som anses for god byggepraksis i bransjen i dag
- Tiltak som har robust lønnsomhet uten forutsetninger om innovasjon, volumproduksjon og høyere energipriser
- Tiltak som ikke vil redusere fleksibilitet gjennom å gi unødige føringer for valg av tiltak og teknologier.
- Tiltak som har betydning for bygget i en vesentlig del av dets levetid.

På denne bakgrunnen er det foreslått endrede nivåer for vinduer/glass/dører og lekkasjetall. I tillegg foreslås et minstekrav til spesifikk vifteeffekt (SFP).

For alternativ B til energikrav er det vurdert som hensiktsmessig å innføre en maksimal ramme for varmetapstall for transmisjon og infiltrasjon for å sikre robusthet for bygningskroppen. Det foreslås verdier for varmetapstall som er noe strengere enn krav for lavenergi klasse 1 i passivhusstandardene for små bygg, og krav tilsvarende passivhus for store bygg. Det er foreslått at varmetapstallet skal beregnes som en kontinuerlig funksjon av oppvarmet bruksareal. Det anbefales at kravet til varmetapstall suppleres med noen minstekrav på komponentnivå for å sikre robuste og lønnsomme tiltak.

Klimakorreksjon

Det anbefales å benytte representative klimadata for stedet der bygningen oppføres i kontrollberegningene. Det foreslås videre å innføre en kombinert klima- og arealkorrigerings for de ulike bygningstypene basert på årsmiddeltemperatur, bygningstype og oppvarmet BRA. Det bør dessuten utarbeides egnede klimadata-sett med veiledning for lokalt klima, som tar hensyn til klimautvikling, og lokale variasjoner i solinnstråling, vind og temperatur.

Byggkategorier

Det foreslås ingen endring av dagens byggkategorier. En spesialkategori bør vurderes. Dette forholdet kan vurderes på nytt når en ny norsk standard for byggkategorier foreligger.

Energitiltak

Ved beregning av energirammer er det lagt til grunn faste verdier for teknisk utstyr, belysning og tappevann fra passivhusstandardene, NS 3700 og NS 3701. For næringsbygg er disse verdiene basert på forutsetning om behovsstyring av ventilasjon og dagslysstyring. Det foreslås imidlertid at det åpnes for å anvende reelle verdier for belysning i kontrollberegningene. Dette kan åpne for manipuleringsmuligheter. Veiledning og dokumentasjon vil derfor være sentralt. Det er gitt noen anbefalinger om punkter for revisjon i NS 3031. Det anbefales at kontrollberegningene bør ta hensyn til reelt systemtap for varmt tappevann slik at tiltak knyttet til reduksjon av dette kan krediteres. Det anbefales videre at det vurderes innføring av en korreksjonsfaktor basert på forholdet mellom primær- og sekundærareal som gir insentiv til arealeffektivitet.

Krav til energiforsyning

Ved eventuell anvendelse av netto energibehov som beregningspunkt for energirammene anbefales det at energiforsyningskrav opprettholdes. Det anbefales at innslagspunkt for krav til dekningsgrad baseres på netto varmebehov. Det anbefales at kravet om 60 % dekningsgrad inntreffer ved et netto varmebehov på 30 000 kWh. For bygg med netto varmebehov under dette anbefales at kravet til dekningsgrad settes til 25 %.

Beregningspunkt

For å nå målet om passivhusnivå og senere nesten nullenerginivå, foreslås det at beregningspunktet for energirammene vurderes endret til levert energi korrigert for energivare. Dette vil gi anledning til å få godskrevet hensiktsmessige energiforsyningsløsninger som fjernvarme, bioenergi og varmepumpeløsninger med høy energidekning. I dagens energikrav er det ingen insentiver til å velge mer hensiktsmessig energiforsyning enn kravet. Et beregningspunkt som åpner for valg mellom flere tiltak vil kunne gi økt kostnadseffektivitet gjennom mulighet for å velge de beste løsningene i hvert tilfelle, og vil også stimulere til konkurranse mellom leverandører av ulike løsninger.

Det er viktig å understreke at levert energi alene, selv om det korrigeres for energivare, ikke er en fullgod indikator på kostnader og miljøvirkninger av energibruk. Økt anledning til omfordeling kan også medføre et insentiv til å prioritere rimelige og mindre robuste løsninger. Det anbefales derfor at det vurderes nærmere om endring av beregningspunktet vil gi lavere grad av insentiv til robuste og framtidsrettede løsninger, og hvordan dette eventuelt kan unngås. Minstekrav, krav til varmetapstall og korreksjonsfaktorer er tiltak som er foreslått avendt i energikravene, og som sammen med et strengt kravsnivå vil sikre en viss robusthet.

Korreksjonsfaktorer for energivare

Ved valg av levert energi som beregningspunkt er det viktig å sikre at ikke fjern-/nærvare eller bioenergi diskrimineres. Dette kan løses på flere måter. Eksempelvis kan det anvendes korreksjonsfaktorer ved bruk av andre energibærere enn el. Det er beregnet sjablongmessige korreksjonsfaktorer på 0,42 for fjernvarme og 0,37 på bioenergi, men dette anbefales utredet nærmere.

Energirammer

Det er beregnet energirammer for fire byggkategorier for de to alternativene til energikrav. For alternativ A er det beregnet energirammer på grunnlag av antatt kostnadseffektive energitiltak. Vurderingen av kostnadseffektive tiltak er gjort basert på lønnsomhetsberegninger, men også i lys av at kravene er framtidige og at merkostnader knyttet til teknologi, byggemåter og kompetanse kan reduseres.

Passivhusnivå er i denne utredningen foreslått definert slik:

«Passivhusnivå er gitt som beregnet levert energi for et referansebygg som tilsvarer et passivhus i henhold NS 3700 og NS 3701. Beregnet levert energi korrigeres for energivare ved bruk av annen energiforsyning enn elektrisitet.»

Denne definisjonen innebærer med andre ord ikke at de ulike minstekravene i NS 3700 og 3701 nødvendigvis er oppfylt. Det kan velges ulike tekniske løsninger for å oppnå dette nivået, og et bygg med passivhusnivå trenger derfor ikke å være i samsvar med standardene. Nivået for energirammene i alternativ A er på denne bakgrunnen beregnet med utgangspunkt i passivhusstandardene.

For å sikre at kravene ikke blir for strenge for små eller lite kompakte bygg, eller bygg i klima som medfører lavt oppvarmingsbehov foreslås det innføring av klima- og arealkorreksjonsfaktorer for energirammene for alle byggkategoriene. Det er utredet et forslag til metode for hvordan dette kan gjøres.

Formålsfordelt energimåling

Det er gjort en vurdering av om krav til formålsfordelt energimåling bør innføres. Dette anbefales ikke.

Del 3 – Overordnet konsekvensvurdering av forslag til nye energikrav

Det er gjort en svært overordnet vurdering av konsekvenser av forslagene for noen temaer. Det forutsettes imidlertid at det vil bli gjort langt mer omfattende konsekvensanalyser med innhenting av ny kunnskap før de endelige kravene fastsettes.

Inneklima og byggskader

Erfaringer så langt gir ikke holdepunkter for å hevde at energieffektive bygg medfører økt risiko for dårligere inneklima og byggskader. Tvert i mot viser undersøkelser at balansert ventilasjon gir mulighet for bedre inneklima.

Både med tanke på inneklima og potensial for byggskader antas det imidlertid at byggene vil bli noe mer følsomme for korrekt prosjektering, utførelse og drift/vedlikehold.

Markedseffekter

Merkostnader vil kunne ha noen negative virkninger, herunder negative fordelingsvirkninger i boligmarkedet. Et kravsnivå som medfører privatøkonomisk lønnsomhet vil kunne virke avbøtende på dette. Forslagene til energikrav antas i hovedsak å være privatøkonomisk lønnsomme.

Strengt energikrav må forventes å stimulere til innovasjon i bransjen, herunder også utvikling av teknologi for eksport. Investering i samfunnsøkonomisk lønnsomme tiltak for energieffektivisering og fornybar energi vil gi verdiskaping og arbeidsplasser. Endring av beregningspunkt og fjerning av tiltaksmetode kan også stimulere til innovasjon, og i noen grad økt kostnadseffektivitet blant annet gjennom å stimulere til økt konkurranse i bransjen.

Måloppnåelse

Flere faktorer kan påvirke måloppnåelsen negativt. Dette er det tatt hensyn til ved beregning av den samlede effekten av forslagene til energikrav på energibruken i nye bygg. Redusert årlig energibruk er beregnet til mellom 1,6 og 1,9 TWh i 2020. Den samlede besparelsen i perioden 2015 til 2020 er beregnet til 13,7 TWh for alternativ B.

0. BEGREPER OG DEFINISJONER

Bundet energi

Summen av energien som er bundet i et produkt regnet som den energien som går med til råvareutvinning/-framstilling, transport fra underleverandører av råvarer til produksjonssted og produksjon/tilvirkning av produktet (vugge til port). I tillegg kan det inkludere energibruk til transport fra produksjonssted til byggeplass, samt aktiviteter på byggeplassen (vugge til byggeplass) og energibruk i bruksfasen, demontering/riving, transport til avfallsmottak og avskaffelse (vugge til grav).

CO₂-utslippskoeffisient (NS-EN 15603:2008)

For en gitt energibærer er koeffisienten et mål på mengden CO₂ til atmosfæren per levert energimengde. Enheten er normalt gram CO₂/kWh.

Eksportert energi

Exported energy (NS-EN 15603:2008)

Energi, uttrykt etter type energibærer, som er levert fra byggets tekniske system til å benyttes utenfor byggets systemgrenser.

Energibærer

Energy carrier (NS-EN 15603:2008)

En energibærer er enten en substans, stoff eller mekanisme som kan holde på energi til den blir benyttet til enten mekanisk arbeid eller varme, eller til en kjemisk eller fysisk prosess.

Energivare

Energy commodity

En energibærer som kan selges og kjøpes til ulike tariffer og priser. Defineres gjerne av ulike standarder for energikvalitet, for eksempel:

- *Elektrisitet*
 - o Kvalitet: Like eller vekselstrøm i ulike spenningsnivåer og ulik frekvens
- *Termisk energi med vann som bærer*
 - o Kvalitet: Temperatur og trykk
- *Faste brenslers (For eksempel pellets, flis)*
 - o Kvalitet: Energiinnhold (MJ/kg)
- *Drivstoff*¹
 - o Biobasert eller fossilt basert hydrogen,
 - o 1., 2. eller 3. generasjons biodrivstoff,
 - o Fossilt drivstoff
- *Avfall*
 - o F.eks. husholdningsbasert, industriell, med ulike grad av sammensetning og fornybarandel

Energiytelse for et bygg

Energy performance of a building (Revidert Bygningsenergidirektiv, EPBD Recast)

Energiytelsen til en bygning er den beregnede eller målte energien som kreves for å oppnå det energibehovet bygningen har til blant annet oppvarming, kjøling, ventilasjon, varmt vann og belysning (eventuelt også utstyr). I følge EPBD skal denne mengden uttrykkes ved hjelp av primærenergifaktorer (vektede faktorer for ulike energibærere), basert på nasjonale eller regionale

¹ Fornybarenergidirektivet opererer med biofuels og bioliquids. Biofuels er biodrivstoff i væske eller gassform i direktivet. I flere ISO og EN-standarder opereres det med at biofuel er både biodrivstoff og brensel i fast-, væske- og gass-form.

vektede gjennomsnitt over en gitt tidsperiode eller spesifikk verdier for egenproduksjon på bygget eller på eiendommen.

I norsk sammenheng brukes **energistandard** i mange sammenhenger, bla. i arbeidet med energimerkeforskriften². I Energiloven, kapittel 8, benyttes uttrykket **Energitilstand i bygninger**. *Energiytelse* oppfattes av prosjektteamet som et mer presist uttrykk for energitilstanden til et bygg enn *energistandard* da det innebærer både energistandarden, gjerne oppfattet som byggets bygningsfysiske kvaliteter, systemvirkningsgrader for tekniske systemer, og egenprodusert energi.

Fornybar energi produsert på bygningens område

Renewable energy produced on the building site (EN 15603:2008)

Energi produsert av tekniske systemer som er direkte knyttet til bygget, og hvor det er fornybare energikilder som utnyttes.

Helelektrisk løsning

Betegner i denne sammenhengen et bygg der det kun anvendes elektrisitet til alle energibrukende formål. Eksempelvis anvendes panelovner eller varmepumper til oppvarming.

Korrigert levert energi

Korrigert levert energi innebærer levert energi som beregningspunkt hvor en faktor spesifikt for en energivare multipliseres med mengden levert energi.

Korrigert levert energi = (Levert energi for energivare A) * (Korreksjonsfaktor for energivare A)

Levert energi

Delivered energy (NS 3031:2007+A1:2007)

Energi, uttrykt etter type energibærer, som er levert over systemgrensen til byggets tekniske system for å tilfredsstille energibehovet til brukerne av huset (f.eks. oppvarming, kjøling, ventilasjon, varmt vann, belysning og utstyr), eller til å produsere elektrisitet.

Levert energi, normert beregnet

Levert energi (NS 3031:2007)

Summen av energi, uttrykt per energivare, levert over bygningens systemgrenser for å dekke bygningens samlede energibehov inkludert systemtap som ikke gjenvinnes.

Normert beregnet levert energi ligger som grunnlag for energikarakteren som presenteres i energiattester utstedt av energimerkeordningen til NVE og regulert av Energimerkeforskriften.

Netto energibehov, Normert beregnet

NS3031:2007

Netto energibehov er bygningens behov til energi (knyttet til oppvarming, kjøling, varmtvann, ventilasjon, belysning, utstyr, vifter og pumper), uten hensyn til energisystemets virkningsgrad eller tap i energikjeden.

Beregnet levert energi kan bli både høyere eller lavere enn tallet for normert netto energibehov, avhengig av virkningsgraden til de tekniske systemene. Netto energibehov, en teoretisk størrelse, kan ikke direkte sammenlignes med levert energi da det innebærer to forskjellige systemgrenser.

² «Resultat av høring om endring i energimerkeforskriften», internt notat NVE, hentet fra www.energimerking.no

Netto Levert energi

Net delivered energy (NS-EN 15603:2008)

Levert energi fratrasket eksportert energi, begge uttrykt per energibærer.

Primærenergi

NS 3031:2007

Primærenergi er energi i sin opprinnelige form som ikke er blitt omdannet eller gått over i andre energiformer.

Primærenergifaktor

NS 3031:2007

Primærenergi dividert med levert energi, der primærenergi er gitt av den energimengden som er nødvendig for å fremskaffe én mengdeenhet levert energi, og tar hensyn til energibehovet ved utvinning, prosessering, lagring, transport, generering, omdanning, overføring, distribusjon og alle andre nødvendige trinn for å levere energien til bygningen der den leverte energien skal brukes.

Systemgrense

NS-EN 15603:2008

Systemgrense er den grensen som omfatter alle deler av bygningens areal, både inne og utenfor, hvor energi enten blir brukt eller produsert.

Systemgrenser i energiproduksjonssammenheng kan også bety grensen til tomten, eiendommen eller annen juridisk enhet, økonomiske, virtuelle som følger bygningsporteføljer, eller geografiske som følger kommune, fylke eller nasjonale grenser.

Varmetapstall

NS3031:2007

Varmetransportkoeffisienten for transmisjon, infiltrasjon og ventilasjon dividert på oppvarmet areal.

DEL 1

**UNDERLAG FOR FORSLAG TIL NYE ENERGIREGLER FOR NYBYGG I
TEK**

1. INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

I stortingsmeldingene om henholdsvis klima- og bygningspolitikk [1] [2] varsles innføring av passivhusnivå i byggeforskriftene fra 2015. Det varsles videre at det skal utformes en definisjon av passivhus tilpasset byggeforskriftene.

De nasjonale målsettingene samsvarer med kravene i EUs reviderte bygningsenergidirektiv [3]. Direktivet er per i dag ennå ikke vedtatt som EØS-relevant. I direktivet stilles krav til at nye bygg skal være nesten nullenergibygg i 2020. Direktivet angir en overordnet definisjon for slike bygg. I henhold til direktivet er nesten nullenergibygg bygninger med svært høy energistandard som benytter en høy andel fornybar, til dels lokalt produsert, energi. Direktivet stiller krav til at det skal utvikles nasjonale handlingsplaner for å nå nivået for nesten nullenergibygg i 2020. Viktige elementer i disse nasjonale planene er etableringen av en nasjonal definisjon av nesten nullenergibygg, en målsetting for 2015 og beskrivelse av virkemidler for å nå målsettingene.



Figur 1.1 Elementer som skal inngå i en nasjonal plan for nesten nullenergibygg.

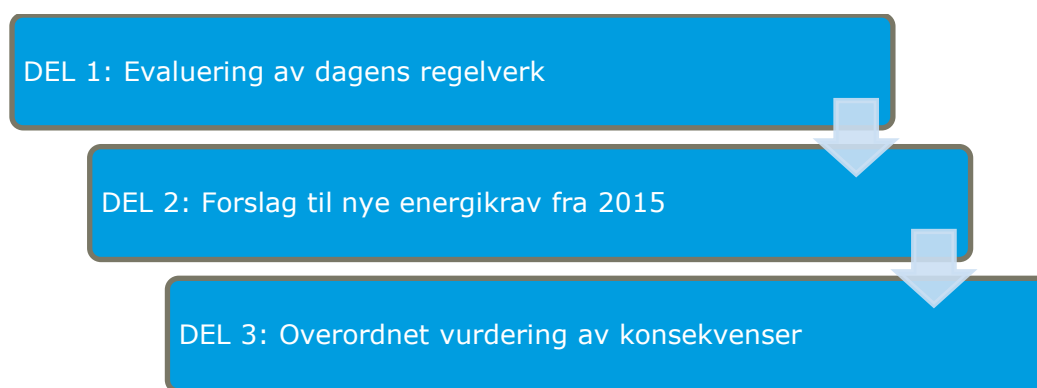
1.2 Utredningens formål

Denne rapporten skal være en del av beslutningsgrunnlag for myndighetene i arbeidet med å utvikle nye energikrav for nybygg i TEK³ som skal gjelde fra 2015. Rapporten er et resultat av et utredningsarbeid som er bestilt av Direktoratet for byggkvalitet.

Man har valgt å dele inn utredningen inn i tre deler, som illustrert i Figur 1.2. Målet med den første delen av utredningen, som ble gjennomført høsten 2012, var å evaluere dagens regelverk samt å undersøke hvordan markedsaktørene opplever at regelverket fungerer. Ettersom regelverket er ungt, og evalueringen var av lite omfang, er resultatene fra denne tillagt begrenset vekt i arbeidet med forslagene til nye energiregler.

Det er del 2 av arbeidet, utforming av forslag til nye energiregler, som har utgjort hoveddelen av arbeidet. I siste fase av arbeidet ble det gjort en overordnet vurdering av mulige konsekvenser av nye energiregler. Det forventes at konsekvensene av nye energikrav vil bli utredet grundig før de endelige kravene fastsettes.

³ Byggeteknisk forskrift, <http://www.lovdata.no/cgi-wift/lldles?doc=/sf/sf/sf-20100326-0489.html>



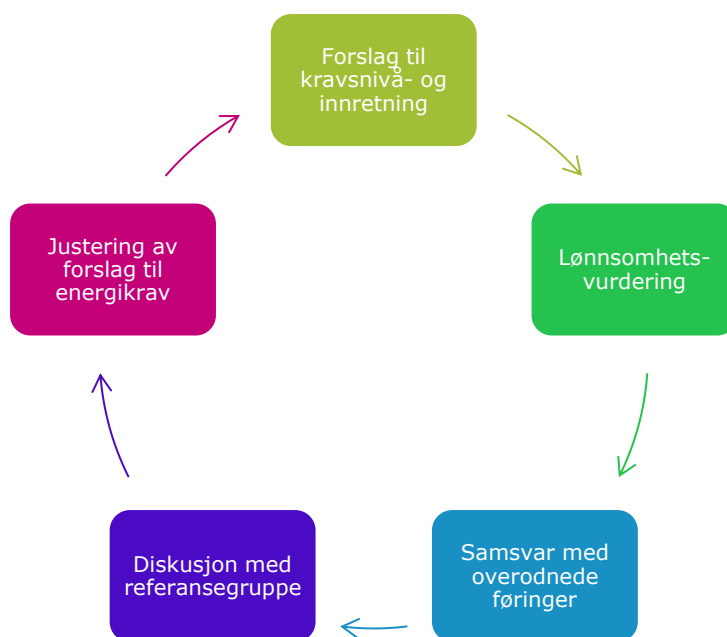
Figur 1.2 Hovedelementer i utredningen.

1.3 Metode

I den innledende evalueringen av dagens energikrav ble arbeidet gjennomført som en kombinasjon av litteraturstudier og intervjuer, samt at Rambøll og LINK Arkitektur har bygget på egne erfaringer knyttet til energikravene i forskriftene.

Også i siste fase er det gjennomført litteraturstudier med spesiell fokus på nyere norske utredninger knyttet til energibruk i bygg.

Forslagene til forskrift ble utviklet gjennom en iterativ prosess basert på en tanke om at kravsnivået kunne utledes av eksisterende passivhusstandarder, samt at ytterligere skritt i retning av en funksjonsbasert forskrift kan være ønskelig. Prosessen er illustrert nedenfor.



Figur 1.3 Prosess for utvikling av forslag til nye energikrav

Gjennom denne prosessen ble det utviklet to alternative forslag til energikrav med ulike kravsinnetning. Det ble også gjort en overordnet konsekvensvurdering som er gjengitt til slutt i rapporten..

Beregningsverktøyet SIMIEN har vært benyttet for energiberegninger. Modellverktøyet LEAP har vært benyttet for å beregne effekten av nye forskrifter.

1.4 Referansegruppe

I arbeidet har man fått mange gode innspill fra en referansegruppe med høy kompetanse og god kjennskap til byggenæringen. Referansegruppen hefter allikevel ikke for konklusjoner og anbefalinger i denne rapporten. Gruppen har bestått av:

- Vegard Heide, Husbanken
- Thor Endre Lexow, Standard Norge
- Andreas Stokke, Statkraft
- Tor Helge Dokka, Sintef
- Guro Nereng, Bellona
- Helle Grønli, Enova
- Mats Eriksson, Norsk Teknologi
- Lars Myhre, Boligprodusentenes landsforening
- Stein Stoknes, Future Built
- Olav Karstad Isachsen, NVE
- Katharina Bramslev, Grønn byggallianse
- Guro Bøe Wensaas, Energi Norge

I tillegg har oppdragsgiver, representert ved Brita Dagestad, Inger Grethe England, Øivind Rooth, Knut Helge Sandli og Martin Strand vært viktige diskusjonspartnere.

1.5 Viktige kriterier for nye energikrav

Først og fremst skal energikravene i teknisk forskrift bidra til å oppfylle nasjonale målsettinger knyttet til bygg, energi og klima. Disse er nærmere omtalt i 3.3.

I forbindelse med utformingen av energikravene i 2015 har DiBK satt noen overordnede mål; passivhusnivå, et enkelt regelverk og kostnadsoptimalitet. I tillegg er det en selvfølge at innelima skal ivaretas. Nedenfor beskrives kort hvordan disse sentrale elementene er ivaretatt i arbeidet.

1. *Mål om videre utvikling og overordnet politisk mål om passivhusnivå*

Teamets tolkning er at dette innebærer signifikant og sikker effektivisering sammenlignet med dagens forskrift, fortrinnsvis et nivå som tilsvarer dagens passivhusstandarder slik det er definert i NS 3700 [4] og NS 3701 [5]. Forslag til forskrift skal tilfredsstille dette kriteriet.

2. *Et enkelt regelverk*

Teamet har vektlagt å utforme et forslag med lav grad av kompleksitet, fortrinnsvis kortfattet. Det bør etter oppdragsteamets syn være lite rom for ulike tolkninger. Forskriftene må være enkle å forstå for målgruppene, noe som blant annet innebærer bruk av velkjent terminologi samt omforente og veldefinerte begreper så langt dette er mulig. Det som oppfattes som hensiktsmessige formuleringer og vel innarbeidet begrepsbruk i dagens forskrift bør videreføres.

3. *Kostnadsoptimalitet*

I tilknytning til det reviderte bygningsenergidirektivet har EU utformet en forordning for beregning av kostnadsoptimalitet [6]. Denne er lagt til grunn ved vurderinger av kostnadsoptimalitet. Høsten 2012 gjennomførte Multiconsult og Sintef et utredningsarbeid knyttet til å framskaffe kostnadstall for beregning av kostnadsoptimalitet [7]. Resultatene av arbeidet er benyttet i denne utredningen.

4. Inneklima

Energikrav skal ikke gå ut over byggenes evne til å opprettholde et forsvarlig og godt inneklima. Vurderinger av dette forholdet har vært sentralt gjennom hele prosessen.

1.6 Rapportens oppbygning

DEL 1: Underlag for endring av energiregler i byggteknisk forskrift for nybygg

I **kapittel 2** gis en kort beskrivelse av status for energibruk i byggsektoren, en kort gjennomgang av historikken for energikravene. Videre er noen erfaringer med dagens energikrav og mer energieffektive bygg omtalt. I **kapittel 3** gjennomgås de overordnede føringene for energieffektivisering i byggsektoren på europeisk og nasjonalt nivå. EUs føring for kostnadsoptimalitet i er omtalt **kapittel 4**.

DEL 2: Forslag til endring av forskrift

Kapittel 5 introduserer to forslag til nye energikrav. De påfølgende kapitlene til og med **kapittel 16** gjengir vurderingene som er lagt til grunn for forslagene.

DEL 3: Overordnet konsekvensvurdering av forslag til nye energikrav

Kapittel 17-20 omtales noen mulige konsekvenser av forslagene til forskrift.

2. STATUS FOR ENERGIBRUK I BYGGSEKTOREN

Dette kapitlet gir en overordnet beskrivelse av status og historisk utvikling for energibruken i byggsektoren samt klimagassutslipp relatert til bygg. Resultatene av den innledende evalueringen av dagens energikrav og erfaringer med energieffektive bygg oppsummeres.

2.1 Status

I 2009 ble det brukt 83 TWh i norske bygg [1]. Energibruk i byggsektoren utgjøres hovedsakelig av energibruken i husholdningssektoren og tjenesteytende næringer. Disse to sektorene hadde i 2011 en energibruk på rundt 75 TWh [2] [8], noe som utgjør ca. 35 % av nasjonal energibruk. I tillegg til dette utgjør energibruk i bygninger i andre sektorer en mindre del.

2.2 Utvikling

Energibruken i husholdningene og tjenesteytende sektor, som omfatter hoveddelen av energibruken i byggsektoren, har utvist en utflatende trend de siste to tiårene. Dette på tross av sterk økonomisk vekst. SSB [9] har undersøkt energiintensitetene i ulike sektorer i perioden 1990-2009. I tjenesteytende sektor og husholdningene antyder samtlige indikatorer nedgang i energiintensitet. Sentrale funn er at energiintensiteten for produksjonsverdi i tjenesteytende næringer er halvert i perioden, samt at energibruk per areal i husholdningene er redusert med 15 %.

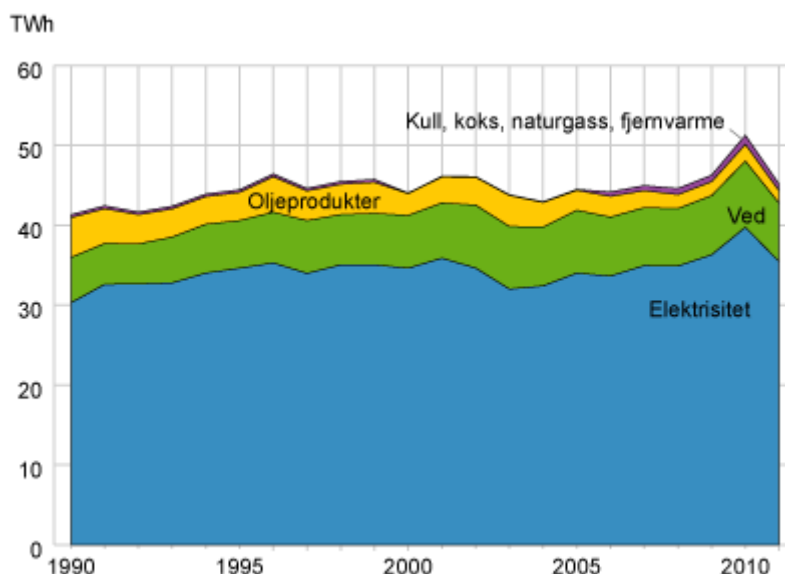
Det er vanlig å anta at årsakene til utflatingen har vært knyttet til energieffektivisering- og omlegging som følge en kombinasjon av høyere energipriser, fokus på energi- og miljøspørsmål og styrking av virkemiddelapparatet.

Det er vanskelig å avdekke direkte effekter på kort sikt av virkemidler som er ment å ha effekt på lang sikt, herunder byggeforskrifter som vil ha et perspektiv på flere tiår. Det er også vanskelig å isolere effekter av individuelle virkemidler og drivere all den tid myndighetene har ulike virkemidler med samme virkeområde. Man kan imidlertid med nokså stor grad av sikkerhet forutsette at endringer i byggeforskriftene i 1987 og 1997, med bl.a. strengere krav til isolering av bygg, har vært en av flere sentrale årsaker til redusert energiintensitet i byggsektoren.

Andre faktorer til utflatingen i energibruken på tross av vekst for sentrale drivere kan være:

- Økende klimafokus
- Høyere fokus på lønnsomhet
- Tørrår (spesielt 2002/2003) med høye priser og sterkt fokus på energisparing
- Tilgrensende offentlig virkemiddelbruk som Energimerkeordningen, Lavenergiprogrammet og Enovas virkemidler
- Utfasing av eldre oljekjeler med lave virkningsgrader
- Ny teknologi som varmepumper og rentbrennende vedovner
- Høyere gjennomsnittstemperaturer på årsbasis etter 2000.

Figur 2.1 illustrerer den relativt flate utviklingen i husholdningenes energibruk.



Figur 2.1: Samlet energibruk i husholdningene 1990-2011 i TWh [9]

2.3 Effekt av byggeforskriftene

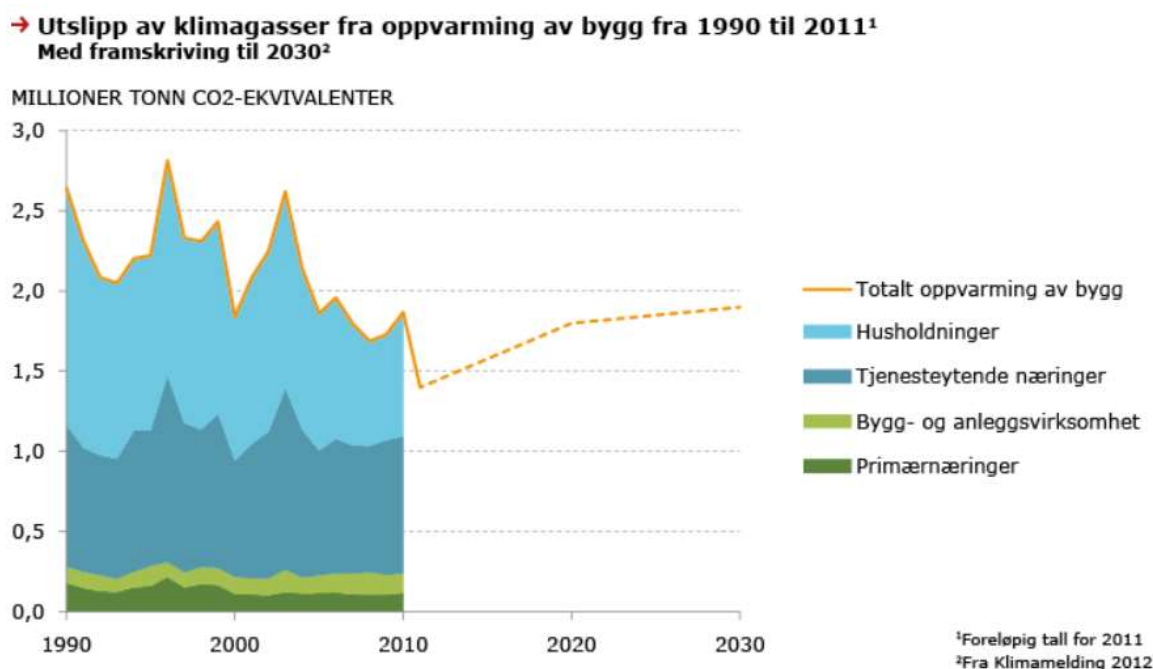
Det vil i liten grad være mulig å observere sikre effekter av nye byggeforskrifter i et kort tidsperspektiv gjennom å betrakte statistikk. Den viktigste årsaken til dette er at det tar lang tid før forskriftsendringer får signifikant betydning for bygningsmassen som helhet. Standarden på eksisterende bygg oppført etter tidligere forskrifter vil være den viktigste driveren for energibruk i byggsektoren i svært mange år etter enn forskriftsendring.

Det er derfor grunnlag for å hevde at man hverken for TEK10 eller TEK07 har mulighet til å observere noen påvirkning på energibruken i byggsektoren gjennom å betrakte offisiell statistikk.

2.4 Utslipp av klimagasser fra byggsektoren

Klimagassutslipp som kan knyttes til byggsektoren omfatter forbrenning av fossil energi i fjernvarmeanlegg og byggenes egne oppvarmingssystemer. Utslippene i byggsektoren omfatter bruk av fyringsolje og andre petroleumsprodukter i varmeproduksjon. Utslippene fra fjernvarmeproduksjon er knyttet til forbrenning av avfall, olje og gass. Slike utslipp utgjorde i 2010 rundt 5 % av Norges samlede klimagassutslipp. Figur 2.2 illustrerer historiske og framskrevne utslipp av klimagasser assosiert med byggsektoren.

Utslippene varierer fra år til ettersom bruken av fossil energi varierer. Dette er knyttet til temperaturvariasjoner, men også til prisvariasjoner. Utslippene fra bygg er redusert med rundt 30 prosent siden 1990 som følge av utfasing av fossilt brennstoff til oppvarming, mens utslippene fra fjernvarme har økt [10].



Figur 2.2 Utslipp som kan relateres til byggsektoren [11]

2.5 Energikrav – kort historikk

Varveisolasjon av bygninger for å sikre et tilstrekkelig godt inneklima har historisk sett alltid vært en del av byggeforskriftene. Krav med energiøkonomi som begrunnelse ble innført i teknisk byggeforskrift i 1969. Kravene ble innskjerpet i 1987. I forbindelse med byggesaksreformen ble det i 1997 innført en ny teknisk forskrift med sterkere vekt på energi og miljø. Det ble gjennomført en omfattende revisjon av energikravene i forbindelse med ny teknisk forskrift i 2007. Denne forskriften, omtalt som TEK07 ble vedtatt i januar 2007, og er formelt sett 4. utgave av teknisk forskrift av 1997. Det ble foretatt en justering av energikravene også ved utforming av ny teknisk forskrift i 2010. Det er de to sistnevnte ordningene, TEK07 og TEK10 som evalueres i denne rapporten.

2.5.1 TEK07

Selv om TEK07 trådte i kraft i 2007 gjaldt en overgangsordning fram til 1.8.2009 da regelverket ble obligatorisk. Det er derfor primært etter sistnevnte tidspunkt at man kan forvente at regelverket har vært praktisert. Bygg som ble byggemeldt før dette tidspunktet kunne bygges etter gammel forskrift, noe som medfører at man kan forvente at en vesentlig andel bygg ferdigstilt etter 2009 også er oppført etter foregående forskrift.

De nye energikravene som ble innført i forskriften hadde som overordnet hensikt at energibehovet til nye bygg skulle reduseres med gjennomsnittlig 25 %. Kravene var basert på økt isolasjon, bedre vinduer, moderat glassareal, lave varmetap gjennom kuldebroer, god lufttetthet, høy grad av varmegjenvinning av oppvarmet ventilasjonsluft, effektive ventilasjonsvifter og nattsinking av innetemperaturen. Ca. 40 % av varmebehovet skulle kunne dekkes av alternativer til elektrisitet og/eller fossile brensler.

Forskriften tok sikte på å regulere byggets netto energibehov. Det ble gitt anledning til å tilfredsstille kravene på to ulike måter, energitiltak eller energirammer. Begge modellene gir fleksibilitet med hensyn på prioritering mellom tiltak. Ved tiltaksmetoden tillates det at krav til verdier for varmetap på enkeltkomponenter kan fravikes dersom det kan dokumenteres at dette ikke øker det samlede varmetapet. Ved energirammemetoden står man relativt fritt til å velge

hvordan man sikrer at byggets beregnede spesifikke energibruk (kWh/m²) tilfredsstiller rammen som er angitt for den aktuelle byggkategorien. Myndighetene har ønsket å ha fokus på robuste tiltak, spesielt bygningskropp. Derfor er det også gitt minstekrav til bygningskomponenter som skal oppfylles uavhengig av valgt metode for å sikre akseptabel standard på bygningskropp i alle nye bygninger [12].

2.5.2 Dagens regelverk - TEK10

TEK10 trådte i kraft 1.7.2010, men også denne forskriften ble innført med en overgangsordning. Regelverket var obligatorisk fra 1.7.2011. TEK10 medførte kun mindre endringer sammenlignet med TEK07. Valgfrihet mellom tiltaksmetode og rammekravsmetode er videreført.

Energirammekravene er marginalt innskjerpet i TEK10, mens kravene til U-verdier er uendret. TEK10 setter imidlertid også noe strengere krav til tilrettelegging for bruk av annen energi enn direktevirkende elektrisitet og fossil energi sammenlignet med hva som er angitt i TEK07. Videre stilles det krav knyttet til solavskjerming og varmetap fra glassareal.

2.6 Erfaringer med energikravene i TEK07/TEK10

Det ble innledningsvis i dette utredningsarbeidet gjort en overordnet evaluering av dagens energikrav. Evalueringen er basert på dybdeintervjuer med bransjeaktører og utrederenes erfaringer. Ettersom et begrenset utvalg er hørt og fordi det er kort tid siden forskriftene ble innført er det naturligvis stor usikkerhet knyttet til funnene.

Overgangen fra TEK 97 til TEK07 var markant, mens overgangen fra TEK07 til TEK10 har medført relativt små justeringer med hensyn på byggenes netto energibehov. De skjerpede kravene medfører lavere energibehov og mer fornybar energi, men kan ha noen negative sider knyttet til eksempelvis arkitektonisk frihet. Det kan også være utfordrende å tilfredsstille kravene til fornybar energi i noen tilfeller.

Erfaringen er at bransjen i mange tilfeller stiller spørsmålstegn ved den teoretiske tilnærmingen til energiberegninger ved evaluering mot forskriften. Dette underbygges av gjennomførte intervjuer. Bruk av reelle verdier, som lokalt klima, ville kanskje kunne gi bedre tilpassede bygg og kanskje møte større forståelse. Imidlertid oppleves det at forhold som beregningsmetoder og målepunkt møter forståelse i de deler av bransjen som har høy kompetanse innen prosjektering av bygg.

Kompetansen i bransjen når det gjelder energi og energikrav kunne med fordel vært høyere, og oppfattes som en barriere for god effekt av regelverket. På dette punktet er det samsvar mellom oppdragsteamets oppfatning og opplysninger fra informantene. Det er store forskjeller mellom ulike segmenter i bransjen. Mangelfull kompetanse finnes gjerne i mindre håndverksbedrifter, mens rådgivende ingeniører er blant aktører som oppfattes å ha høyere kompetanse.

Oppdragsteamet mener manglende kompetanse spesielt gjør seg gjeldende når det foreliggende regelverket og standarder gir begrenset veiledning, og at kompetanse vil kunne representere en barriere ved ytterligere innstramninger i energikravene. Informantene er opptatt av at man ved en forskriftsrevisjon presenterer gode veiledninger med praktiske eksempler på løsninger.

Med noen unntak, eksempelvis for enkelte minstekrav, oppleves det at forskriftene gir tilfredsstillende fleksibilitet, blant annet gjennom muligheten for valg mellom tiltaksmetode og energirammemetode. Det oppleves at tiltaksmetoden har både fordeler og ulemper som må vurderes nærmere ved en revisjon av forskriften, mens energirammemetoden oppfattes som hensiktsmessig med tanke på mål om energieffektivitet.

Erfaringen er at minimumskrav og dokumentasjonskrav generelt stimulerer til god utførelse. Feil som synes å gå igjen er feildimensjonering av energisystemer og for lav varmegjenvinningsgrad. Det må imidlertid gjøres egne undersøkelser for å skaffe sikker kunnskap om feil og mangler.

2.6.1 Måloppnåelse

Regelverket har utvilsomt medført økt grad av energieffektivitet og anvendelse av fornybar energi i nybygg. Det regnes for sannsynlig at disse forholdene totalt sett også medfører reduksjon i direkte og indirekte utslipp av klimagasser. Når det gjelder innenlandske utslipp av klimagasser må det allikevel understrekes at innstramningene i energikravene også vil ha kunne ha effekter som øker disse. Kravene til energieffektivisering medfører bl.a. økt materialbruk. Kravene til anvendelse av andre energikilder enn helelektrisk oppvarming medfører økt bruk av lokale energisentraler eller fjernvarme der fossil energi inngår som spisslast. Ettersom norsk kraftproduksjon i svært begrenset grad medfører innenlandske utslipp av klimagasser kan energieffektivisering og -omlegging derfor bidra til å øke utslippene innenlands. Imidlertid kan frigjort elektrisitet erstatte fossil energi i andre sektorer eller i det europeiske kraftsystemet.

Energibesparelsene oppfattes generelt som tilstrekkelig lønnsomme til å forsvare merkostnadene. Det antas også at regelverket har medført produktutvikling og verdiskaping i bransjen.

2.6.2 Utfordringer

Av sentrale utfordringer er det naturlig å peke på viktigheten av å sikre samspill mellom energikrav og andre deler av forskriften, slik som krav til inneklimate og dagslys. Et vesentlig moment som bør vurderes nærmere er hvordan man i større grad kan stimulere til arealeffektivitet. Et område som trekkes fram av informantene er ønsket om bedre veiledninger, spesielt med tanke på praktiske eksempler på løsninger som oppfyller forskriftene.

Det synes å være ønske om enda større grad av harmonisering mot andre offentlige virkemidler, spesielt energimerkeordningen. Videre er det viktig at man ved ytterligere skjerping av energikravene gjør en nøye vurdering av om hvilke negative effekter dette potensielt kan ha på andre samfunnsområder.

2.7 Erfaringer med svært energieffektive bygg

Det finnes et betydelig antall studier som tar for seg erfaringer med bygg som er mer energieffektive enn forskriftene tilsier. Det er sannsynlig at noen av erfaringene som er gjengitt i. Vi omtaler her kort to sentrale arbeider.

Xrgia gjorde i 2011 en utredning knyttet til energibruk i lavenergi- og passivhus på oppdrag fra Energi Norge [13]. Utredningen baserte seg på en datainnhenting fra bl.a. konkrete bygg, forskningsprosjekter og studier. Totalt omfattet utredningen observasjoner av totalt 64 prosjekter. I prosjektet ble det funnet at energibruken i gjennomsnitt var høyere enn forventet både med tanke på oppvarming og samlet energibruk. Det var imidlertid svært store variasjoner. Enkelte bygg hadde en mye høyere energibruk enn forventet mens noen bygg hadde betydelig lavere energibruk enn forventet.

De viktigste årsakene som ble avdekket var relatert til feil i bygningskroppen, feil design av bygget, høyere innetemperatur enn beregnet og feil bruk av bygget. Det viste seg også at energibruken kunne variere betydelig mellom nokså like bygg med samme forventede energibruk. Studien konkluderte med at typiske feil vil kunne forhindres gjennom kompetanseheving og bruken av byggene i framtiden vil kunne være en avgjørende faktor for oppvarmingsbehovet.

SINTEF Byggforsk foretok i 2012 en systematisering av erfaringer med passivhus [14]. Studien har fokus på boliger. Erfaringer viser at detaljerte beskrivelser og nøye oppfølging på byggeplass er sentralt for å sikre høy kvalitet på byggene. Videre er det viktig i planleggingsfasen å gjennomføre nøyaktige energiberegninger baserte på reelle og lokale verdier. Tilgang på riktige komponenter kan representere en barriere for innføring av nye løsninger i Norge.

Det påpekes at konsentrasjonen av muggsopp er lavere i passivhus enn i konvensjonelle bygg, samt at det rapporteres om lavere konsentrasjon av forurensende stoffer som radon. Dette antas å henge sammen med bruken av balansert mekanisk ventilasjon. Inneklima rapporteres gjennomgående å være godt. Enkelte oppgir at byggene kan holde for høy eller lav innetemperatur

henholdsvis sommer og vinter. Dette synes imidlertid ikke nødvendigvis å være et mer utpreget problem enn i konvensjonelle hus. Problemer med overtemperaturer knyttes til store glassflater og manglende solskjerming, men for lave temperaturer antas til dels å skyldes feil, feiljusteringer eller at brukeren foretrekker høyere innetemperatur enn forutsatt.

Også denne utredningen finner at det ofte er avvik mellom beregnet og faktisk energibruk, men at lite tyder på at det er større grad av avvik for energieffektive bygg. Bruken av byggene påvirker energibruken, men også med lite effektive brukervaner har passivhus betydelig lavere energibruk enn konvensjonelle bygg. I tillegg til bruksmønsteret er drift av tekniske anlegg avgjørende for byggenes effektivitet, og manglende informasjon eller lite forståelige systemer representerer en utfordring.

Det er ikke funnet rapporter om spesielle byggskader, og det er heller ikke funn som indikerer større utfordringer når det gjelder vedlikehold av bygningskroppen i svært energieffektive bygg.

Merkostnadene ved å bygge som passivhus sammenlignet med konvensjonelle boliger antas i utredningen å være i størrelsesorden 5-10 %, men dette antas å synke i takt med kompetanseheving, produktutvikling og volumproduksjon. Terskelen for overgang til passivhus forutsettes å være mindre i Norge enn i for eksempel Tyskland grunnet at norske aktører allerede er tilpasset et strengere forskriftsnivå. Markedsmessig antas ikke energieffektivitet å utgjøre et stort konkurransefortrinn ved salg av boliger sammenlignet med de vanligvis viktigste faktorene, som beliggenhet. Den markedsmessige verdien av energieffektivitet antas allikevel å være økende. I deler av Tyskland og Østerrike bygges passivhus i stort antall. Konseptet kan utføres med en rekke ulike materialer, og med god stedstilpasning, og SINTEF konkluderer med at konseptet er godt egnet for volumproduksjon.

3. RAMMER FOR EN BYGGTEKNISK FORSKRIFT

3.1 Politiske føringer på europeisk nivå

Klima

EU sin langsiktige klimamålsetning er å begrense den globale oppvarmingen til maksimalt 2 °C, sammenlignet med før-industrielt nivå. I 2007 vedtok EU å redusere sine klimagassutslipp med 20 % sammenlignet med nivået i 1990, redusere sluttbruk av energi med 20 % gjennom energieffektivisering, og at 20 % av energien skal komme fra fornybare kilder i 2020. Vedtaket ble konkretisert gjennom klima- og energipakken av 2009. Det Europeiske Råd bekreftet i februar 2011 at EU skal arbeide for å redusere utslippene av klimagasser med 80-95 % innen 2050 sammenlignet med 1990.

Sentrale deler av EUs senere politikk er forankret i klima- og energipakken, noe som har gitt en integrert politikk der energisikkerhet, klimaendringer, vekst og konkurranseevne henger tett sammen⁴. Målsetninger og virkemidler på ett område er en forutsetning for måloppnåelse på et annet.

Slik er det også for byggsektoren, der målsetninger knyttet til bygningers energieffektivitet påvirkes av politikk og målsetninger på andre områder. I tillegg kommer det enkelte medlemslands nasjonale målsetninger og virkemidler. Hensynet til sysselsetting og den økonomiske situasjonen i EUs medlemsland er blant de underliggende forhold som påvirker hvor ambisiøse målsetninger som blir satt for sektoren, eller i hvilken grad virkemidler og tiltak realiseres.

Energi

I desember 2011 lanserte Europakommisjonen et veikart for hvordan energisystemet EU skal kunne bidra til å redusere EUs utslipp med minst 80 % sammenlignet med nivået i 1990 innen 2050 [15]. Veikartet søker å utvikle et langsiktig, teknologinøytralt rammeverk som nasjonale og regionale tiltak kan utvikles innenfor. I et slikt scenario er høyere energieffektivitet i nye og eksisterende bygninger et nøkkelelement, og nesten nullenergibygninger bør da ha blitt normen.

Fornybardirektivet [16] som ble implementert i norsk rett desember 2011, vil påvirke landenes energisystemer med mål om økt fornybarandel for hvert land. Direktivet er et rammeverk for å fremme fornybare energikilder slik at EUs målsetning om de skal stå for 20 prosent av sluttkonsumet i 2020 nås. Hver medlemsstat skal bidra med å oppfylle egne andeler fornybar energi, og det er utviklet handlingsplaner som inneholder effektivisering og økt fornybarandel for ulike sektorer i hvert land. Byggsektoren vil påvirkes av virkemidler som skal dreie energibruken også i bygg over fra fossil energi til fornybar. I tillegg inneholder fornybardirektivet bestemmelser angående nett og infrastruktur, for å sikre produsenter av fornybar energi tilgang til nettet, og sikre distribusjon til brukerne. Regelverket er utformet slik at kravene kan oppfylles både gjennom utbygging av fornybar energi og redusert energibruk.

En annen del av lovgivningen i EU med stor relevans for energibruk i byggsektoren er **Energieffektiviseringsdirektivet** [17] som ble vedtatt høsten 2012. Direktivet følger opp EUs målsetning om 20 prosent effektivisering av primærenergiforbruket i innen 2020. Medlemslandene skal fastsette et indikativt, nasjonalt energieffektiviseringsmål for 2020, og etablere en langsiktig strategi for å mobilisere investeringer i rehabilitering av boliger, næringsbygg og offentlige bygg. Det inngår bestemmelser om obligatoriske energieffektiviseringsordninger og andre virkemidler, rettet både mot distributører eller selgere av energi og energitjenester, sluttkundene og spesielt offentlig sektor som byggeier og som innkjøper. Det er foreløpig ikke besluttet om direktivet er EØS-relevant.

Bygg

Byggsektoren er sentral for å oppnå EUs 20-20-20-målsetninger. EU antar at klimagassutslippene fra byggsektoren kan reduseres med opp mot 50 % i 2030 og 90 % i 2050. Lovgivning og en rekke

⁴ Som for eksempel EUs vekststrategi 'Europe 2020'.

virkemidler har derfor blitt lansert, myntet på byggsektoren. Blant disse er det reviderte bygningsenergidirektivet fra 2010 [18], som er omtalt i kapittel 3.1.1.

Byggsektoren og byggebransjen er svært viktige for vekst og sysselsetting, og har i Europa blitt svært hardt truffet av finanskrisen. Næringen har stort behov for innovasjon og kompetanseheving og klima- og energimålsetningene sees også som noe som kan bidra til å skape ny vekst og konkurransekraft i bransjen. Europakommisjonen skal fremme en melding om bærekraftige bygninger i 2013, hvor det kan forventes konkretisering og en definisjon av begrepet «*bærekraftige bygg*». Det er ventet at det vil bli utarbeidet bedre metodikk og standarder for vurdering av miljøeffekten av byggevarer og -prosesser, og at Kommisjonen vil foreslå harmonisering av ulike evalueringsmetoder [19].

Klimatilpasning

Byggsektoren spiller en viktig rolle i samfunnets tilpasning til allerede pågående klimaendringer. Fremtidens bygg i Nord-Europa må sannsynligvis tåle større værmessige påkjenninger (spesielt fukt og vind), og beskytte mot resultatene av ekstremvær (flom, skred, sterk vind).

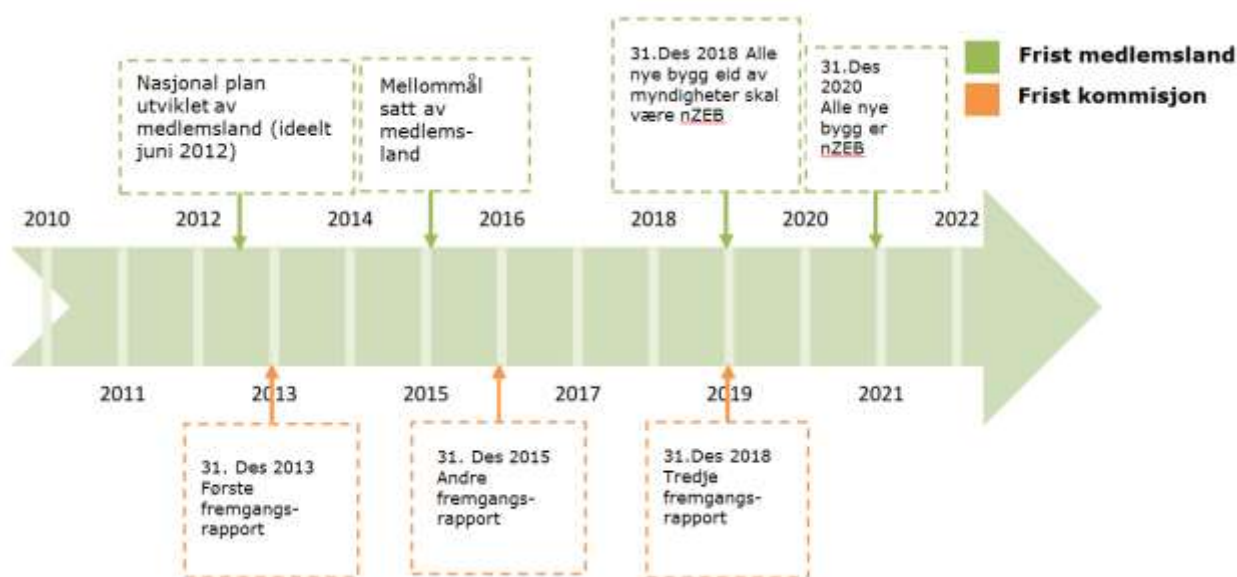
Infrastruktur og energisystemer må også tilpasses endret klima, både i forhold til motstandsdyktighet og produksjonskapasitet. Mens vannkraftproduksjonen i Nord-Europa på grunn av økt nedbør og smelting av isbreer antas å kunne øke med 5 %, kan produksjonen reduseres med 25 % eller mer i Sør-Europa. Mindre nedbør og hetebølger vil ha en negativ effekt på kjølingen av kraftvarmeverk. Elektrisitetsdistribusjon vil påvirkes av både ekstremvær og etterspørselstopper for kjøling [20].

3.1.1 Bygningsenergidirektivet

Bygningsenergidirektivet har som mål å bidra til økt energieffektivitet i bygningsmassen. Direktivet inneholder bestemmelser om [21]:

- En rammemetode som kan beregne bygningers energieffektivitet
- Minstekrav til energieffektivitet i nye bygninger og i større bygninger som renoveres
- Energimerking av bygninger ved oppføring, salg eller utleie
- Krav til synlig energimerke i offentlige bygninger over 500 m²
- Regelmessig energivurdering av kjellanlegg, - alternativt andre tiltak som gir samme effekt
- Regelmessig energivurdering av kjøle- og luftkondisjoneringsanlegg

Revidert bygningsenergidirektiv (EPBD recast, [3]) trådte i kraft 9. juli 2010. Målet med direktivet er at alle nye bygninger skal være nesten nullenergibygg etter 31. desember 2020, og etter 31. desember 2018 skal nye offentlige bygg oppføres i med nesten nullenerginivå. Også dette vil kunne være EØS-relevant og skal da implementeres i norsk lov. Dette er imidlertid ikke avklart.



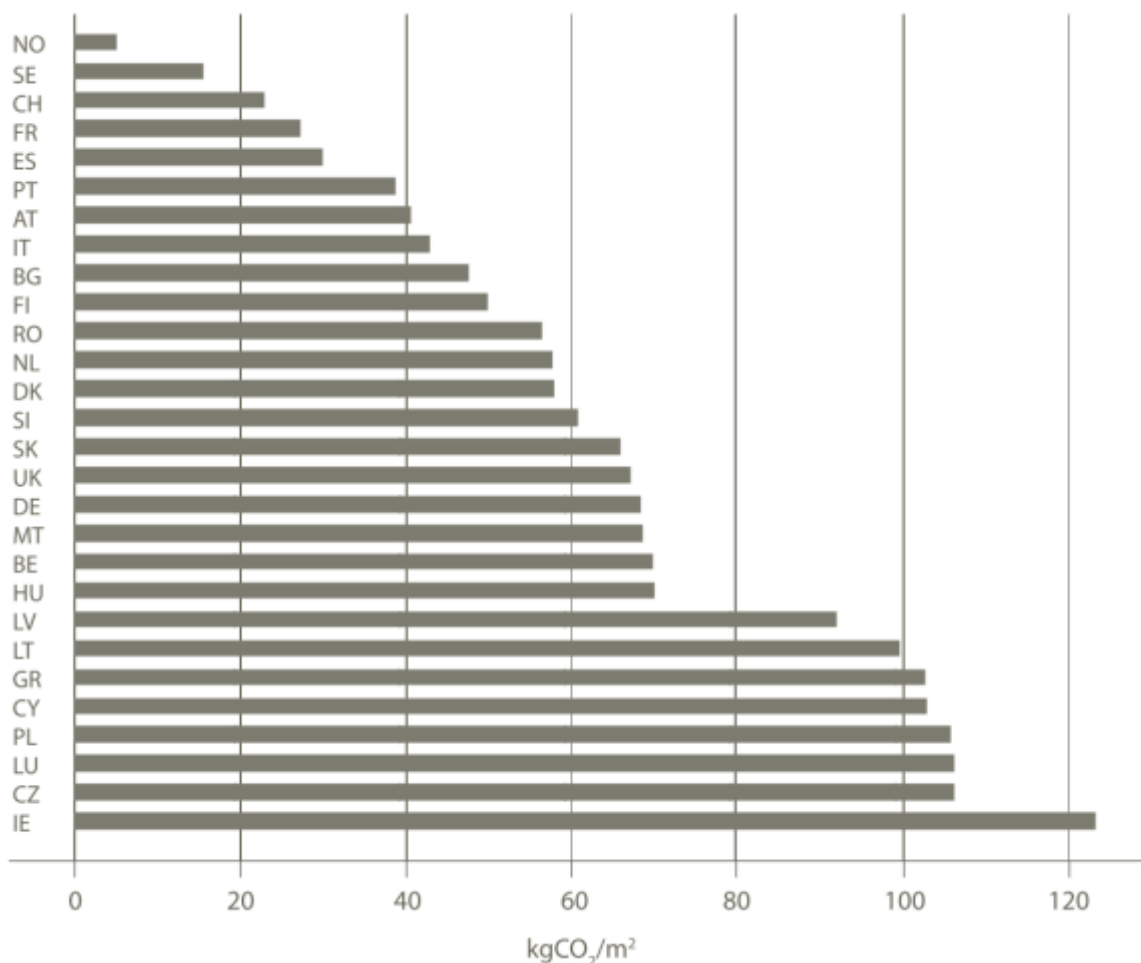
Figur 3.1– Oversikt over prosessen fram mot nesten nullenergibyg i Europa

På grunn av forsinket tilpasning til norsk regelverk fra norske myndigheter avsa EFTA-domstolen en dom 13. mai 2009 med en rekke krav om endringer i norske forskrifter [22]. Denne dommen gjaldt det opprinnelige bygningsenergidirektivet. Dommen innebærer at det er ikke rom for enhver tolkning eller et eget tidsløp, og gitt at det reviderte bygningsenergidirektivet skal implementeres Norge bør man i størst mulig grad være forberedt på å følge det skisserte løpet over.

3.2 CO₂-intensitet i den europeiske byggsektoren

Overordnede retningslinjer for bygningsenergidirektivet er redusert utslipp med redusert bruk av primærenergi. Det er uttalt mål med utslipp ned mot 3,0 kg CO₂/m²år for nye bygg [23]. Fordi renovasjonsraten for bygg er lav, har målene blitt svært ambisiøse for nye bygg f.o.m. 2018/2020. Nullenergibyg ble fremmet som et alternativ for nye bygg, men nesten nullenergibygg anses økonomisk sett å være mer realistisk.

Figur 3.2 under viser at det kun er Norge som er i nærheten av utslipp ned mot 3,0 kg CO₂/m²år for nye bygg og bygningsmassen som helhet. Forutsetningene for disse beregningene er ikke vurdert, men dette illustrerer at byggsektoren i Norge bidrar med lave utslipp sammenlignet med øvrige europeiske land.



Figur 3.2 – CO₂-utslipp per kvadratmeter for bygningsmassen (useful floor area) [24]

3.3 Norge – Målsettinger og virkemidler innen klima, energi og bygg

Klimagassutslippene i Norge viser en økende trend, med unntak for året 2009, da redusert økonomisk aktivitet førte til reduserte utslipp. Norge har inngått internasjonale forpliktelser og samarbeid om reduksjon av klimagassutslipp, som sammen med nasjonale klimamålsettinger utgjør rammene for norsk klimapolitikk. I tillegg har EUs klima- og energimålsettinger stor påvirkning, fordi mye av den resulterende lovgivningen som implementeres er EØS-relevant.

De eksisterende prinsipper og mål for norsk klimapolitikk er etablert med forlik i Stortinget først i 2008, og dernest igjen i 2012 [25]. En del av de overordnede målsetningene er at Norge fram til 2020 skal kutte de globale utslippene av klimagasser tilsvarende 30 % av Norges utslipp i 1990. Norge skal være karbonnøytralt i 2050. Som en del av en global og ambisiøs klimaavtale der også andre industriland tar på seg store forpliktelser, skal Norge ha et forpliktende mål om karbonnøytralitet senest i 2030.

Hovedvirkemidlene i Norges klimapolitikk er avgifter og omsettelige utslippskvoter, samt andre tiltak for å redusere utslipp i Norge. Mange virkemidler og tiltak har vært i bruk i en årrekke, mens andre er av nyere dato.

3.3.1 Bygg

Myndighetene har som målsetning at utforming av bygg skal bidra til lavere energibruk og reduserte klimagassutslipp. I stortingsmeldingen «Gode bygg for eit betre samfunn» [2] er det angitt følgende målsettinger:

- *Energibruken i bygg skal reduserast monaleg innan 2020.*
- *Regelverket skal vere med på å sikre at vi får bygg med lågt energibehov.*
- *Stønadordningar og informasjon skal vere med på å gjere bygg meir energieffektive.*

Disse målsettingene begrunnes primært med at energieffektivisering er den mest miljøvennlige måten å sikre kraftforsyningen på. Energieffektiviseringen vil være med å redusere den totale energibruken og den særlig høye bruken av strøm i vinterhalvåret. Det påpekes at energieffektivisering i Norge primært vil påvirke bruken av elektrisitet, noe som medfører at det i mindre grad vil påvirke innenlandske utslipp av klimagasser. Det vises imidlertid til FNs klimapanel som har påpekt at energieffektivisering i bygg er sentralt i klimasammenheng. Det vises videre til klimameldinga der sammenhengene mellom klima og energibruk i Norge er omtalt. Det sistnevnte er gjengitt i tekstboksen på neste side.

I klimameldinga [1] angir regjeringen følgende målsettinger for byggsektoren:

- *Skjerpe energikravene i byggeteknisk forskrift til passivhusnivå i 2015 og nesten nullenerginivå i 2020. Regjeringen vil senere fastsette bestemmelser som definerer passivhusnivå og nesten nullenerginivå. Beslutning om kravnivå gjøres på bakgrunn av utredninger av samfunnsøkonomiske og helsemessige konsekvenser og kompetansen i byggenæringen.*
- *Innføre komponentkrav for eksisterende bygg og klargjøre for hvilke byggearbeider og komponenter disse kravene skal gjelde, blant annet ut fra en vurdering av energieffekter og kostnader.*
- *Fase ut bruken av oljekjeler i husholdninger og til grunnlast fram mot 2020. Dette skal blant annet kunne skje ved at Enova kan gi tilskudd til husholdninger.*
- *Ta sikte på å utvide forbudet mot å installere kjel for fossilt brensel til grunnlast slik at det omfatter alle eksisterende bygg.*
- *Sørge for at staten som byggherre og eiendomsbesitter er pådriver i arbeidet med energiomlegging og utfasing av fossile brenslere i bygningsmassen.*

Klimameldinga gjengir også målsettinger fra St.meld. nr. 34 (2006–2007) *Norsk klimapolitikk* og klimaforliket fra 2008 og oppsummerer hvordan disse er fulgt opp.

Som tillegg til klimameldinga ble det i det siste klimaforliket (Innst. 390 S (2011–2012) [26]) blant annet vedtatt at det skal innføres forbud mot fyring med fossil olje i husholdninger og til grunnlast i øvrige bygg i 2020. Dette forutsetter støtteordninger fra 2013 og øvrige virkemidler i en overgangsperiode.

Utdrag fra klimameldinga [10]

12.6 Utslippseffekter av energieffektivisering og økt produksjon av energi fra fornybare kilder

Energieffektivisering og økt produksjon av fornybar energi vil være viktig globalt for å nå togradersmålet. Mange av de tiltakene som må gjøres for å redusere utslippene av klimagasser er tiltak som fremmer fornybar energi. Utredninger fra blant annet Det internasjonale energibyrået (IEA) viser at energieffektivisering og økt produksjon av fornybar energi vil være sentralt for å nå togradersmålet. Prising av karbon vil være sentralt for å realisere en slik overgang fra fossil til fornybar energi.

Siden en stor del av det stasjonære energiforbruket i Norge er dekket av elektrisitet basert på vannkraft, har vi relativt lave klimagassutslipp knyttet til det innenlandske energiforbruket sammenliknet med andre land. Energieffektivisering og utbygging av fornybar energi vil derfor ha begrensede effekter på utslipp i Norge.

Økt utbygging av fornybar energi kan, gjennom priseffekter i markedet, føre til at annen energiproduksjon reduseres eller at forbruket øker. Tilsvarende gjelder for energieffektivisering. Endringene i produksjon og forbruk kan komme innenlands, eller utenlands gjennom krafteksport til andre land. Større eksport kan føre til lavere produksjon av kull- eller gasskraft og følgelig lavere utslipp i importlandene.

Økt norsk eksport vil også kunne bidra til å støtte opp under utbyggingen av fornybar energi i andre land. Norsk vannkraftproduksjon er en fleksibel kraftressurs som i stor grad kan tas ut ved behov. Ved økt innfasing av vindkraft og annen uregulerbar fornybar energi i Europa, kan fleksibiliteten i det norske vannkraftsystemet bidra positivt til utjevningen av krafttilgangen i de landene vi har knyttet overføringsforbindelser til.

Utslipp fra energiproduksjon er omfattet av det europeiske kvotesystemet. Innenfor det europeiske kvotesystemet er samlede utslipp i utgangspunktet gitt i forpliktelsesperioden fram til 2020. Dette legger viktige premisser for vurderinger av tiltak innenfor energisektoren.

Dersom energieffektivisering og økt produksjon av fornybar energi fører til redusert produksjon av fossil kraft, kan dette isolert sett bidra til reduserte kvotepriser. Det vil gi reduserte incentiver til å gjennomføre utslippsreduserende tiltak i andre sektorer. På den andre siden vil en lavere kvotepris kunne påvirke de politiske beslutningene om kvotetaket i fremtidige kvoteperioder. Norsk produksjon og forbruk av energi er imidlertid liten i europeisk målestokk slik at effektene av norske tiltak på kvotepris er liten.

Investeringer i energisektoren som gjøres i dag, vil kunne legge føringer for utvikling i produksjon og bruk av energi langt framover i tid. Dette gjelder både utbygging av produksjonskapasitet, infrastruktur som kraftnett og varmedistribusjonssystemer og løsninger som påvirker forbruket, for eksempel energieffektiviseringstiltak. De valgene som gjøres på disse områdene i dag, vil derfor kunne påvirke mulighetene for omstilling på lang sikt.

3.4 Andre virkemidler som påvirker energibruk i byggsektoren

Byggeforskriftene er som nevnt ovenfor ett av flere virkemidler myndighetene har til rådighet for å påvirke energibruken i byggsektoren. Teknisk forskrift og energimerkeordningen er eksempler på regulatoriske virkemidler. I tillegg kommer virkemidler for kompetansespredning og veiledninger, samt økonomiske virkemidler som omfatter støtteordninger og avgifter. Under gis en kort beskrivelse av de ulike virkemidlene.

Det er også drivere for energieffektivisering utover virkemidlene nevnt nedenfor. Teknologisk utvikling, økonomi, boligkvalitet og sosiale forhold er viktige drivere for energieffektivisering i bygg [27]. Forbildeprosjekter som del av ulike aktørers samfunnsansvar og miljøprofil er også viktige i den sammenhengen.

3.4.1 Regulatoriske virkemidler

Energimerkeordningen

Energimerkeordningen er hjemlet i Energimerkeforskriften, og tredde i kraft 1. juli 2010. Energimerkets energiberegning bygger på beregningspunktet levert energi, mens dagens energikrav i TEK10 anvender netto energibehov. Dette skyldes primært et ønske om at kjøper ved salg/leie av bygg lettere får en pekepinn på mengden energi man må kjøpe, istedenfor en mer teoretisk verdi som netto energibehov. Noen var kritiske til valget av et annet beregningspunkt enn byggteknisk forskrift ved innføringen av ordningen [2].

Energimerkeordningen består av to deler;

1. **Energiattest** skal foreligge for alle boliger, fritids- og næringsbygg under 100 m² som skal selges eller leies. For næringseiendom over 1000 m² skal det til en hver tid foreligge oppdatert energiattest. Attestens består av en bokstavkarakter som beskriver mengden levert energi til bygget (A til G, hvor A tilsvarer passivhusnivå og C tilsvarer forskriftsnivået TEK10), og en fargekode som er karakter på oppvarmingen i bygget (fra grønn til rød). Bygningens energibehov beregnes etter NS 3031.
2. **Energivurdering av teknisk anlegg** i alle bygg med oppvarmet areal over 400 m² som har fyringsanlegg med fossile brenslere og alle bygg med klimaanlegg over 500 m².

Energimerket gir en indikasjon på bygningens energibehov, og i hvilken grad det er mulig å dekke dette med andre energikilder enn elektrisitet og fossile energivarer. Ordningen skal sikre fokus på energieffektive bygg ved at det informeres om byggets energistandard ved eksempelvis boligsalg. Dette skal gi incentiver for å bygge energieffektive bygg eller gjennomføre energibesparende tiltak i eksisterende bygningsmasse.

Økodesigndirektivet

Økodesigndirektivet som stiller krav til energibruk i teknisk utstyr, og oppfølges av NVE. Utstyr som ikke oppfyller kravene kan ikke selges innen EU/EØS [28].

3.4.2 Ordninger for frivillig sertifisering

Standarder for lavenergi- og passivhus

Det er etablert norske standarder for passiv- og lavenergibygg (NS 3700 og NS 3701) som sikrer konsistent bruk av disse begrepene. Det er etablert incentiver for å bygge etter standardene i form av økonomisk støtte. Boliger oppført i henhold til NS 3700 er også fritatt fra energiforsyningsbestemmelser i TEK.

BREEAM

En forløp av den internasjonale miljøstandarden BREEAM ble lansert på høsten 2011 i Norge - BREEAM NOR. Det er en privat og frivillig ordning, i motsetning til energimerkeordningen som er offentlig og obligatorisk for de fleste bygg.

Svanemerket

Svanen er offisiell miljømerking i Norden. Svanemerket kan tildeles ved riktig og miljøvennlig bruk av materialer [29].

3.4.3 Kompetanse og informasjon

Lavenergiprogrammet

Lavenergiprogrammet er et tiårig samarbeid mellom statlige etater og byggenæringen, med det formål å bidra til kunnskapsutvikling og kompetansespredning rundt passivhus og energieffektive bygg, samt fremskaffe forbildeprosjekter. Programmet er blant annet initiativtaker til forskningsprosjektet EBLE.

Veiledninger og rapporter

Viktigheten av veiledninger og rapporter vil øke ved innskjerping av energikrav. Anvisninger som eksempelvis SINTEF Byggforskserien blir i så måte viktige, og vil trenge oppgradering og supplering de nærmeste årene [30].

Prosjektrapport-serien til SINTEF Byggforsk har flere viktige veiledninger, blant annet veiledningen for passivhus yrkesbygg (Prosjektrapport 42).

Andre viktige informasjonskilder er publikasjoner fra forskningssenteret ZEB, som ønsker å finne innovative og kommersialiserbare løsninger for bygg med det formål å redusere klimagassutslipp, samt overordnede analyser fra Enova. Enova har blant annet publisert potensial- og barrierestudier for energieffektivisering av bygg i Norge.

3.4.4 Økonomiske virkemidler

Enova/Energifondet

Enova SF ble etablert av Stortinget i 2001. Formålet er å drive frem miljøvennlig omlegging av energibruk og energiproduksjon. Dette gjøres hovedsakelig gjennom investeringsstøtte til energieffektiviseringstiltak og fornybare varmeløsninger, men også ved bruk av deres rådgiverteam som kan bistå med kurs og innledende rådgivning. Et sentralt kriterium for tildeling av investeringsstøtte er prinsippet om å støtte prosjekter som ellers ikke ville blitt gjennomført (utløsende effekt), og som er mer ambisiøse enn energikravene i byggteknisk forskrift.

Enova har fire ulike finansielle støtteordninger til energieffektive bygg:

- Støtte til **utredning av passivhus**.
- Investeringsstøtte til **passivhus og lavenergibygg**, både til nybygg og rehabilitering med faste satser (NOK/m²).
- Investeringsstøtte til **ny teknologi for fremtidens bygg**. Støtte dekker opp til 50 % av investeringskostnad, og tildeles både innovative konsepter og/eller løsninger i nybygg og rehabiliteringsprosjekter.
- Støtte til **energireduserende tiltak i eksisterende bygg**. Her støttes mindre ambisiøse prosjekter sammenlignet med de to ovenfor, hvor tiltakets lønnsomhet er avgjørende for å få støtte.

Enova finansieres av, og forvalter, Energifondet, som igjen finansieres av nettpåslaget på el og avkastningen fra «Fondet for klima, fornybar energi og energiomlegging» [31].

Husbanken

Husbankens har som mål å stimulere til flere miljøvennlige boliger gjennom målrettet bruk av lån og forskjellige typer tilskudd. Husbankens grunnlån til eksempelvis oppføring og utbedring av boliger til strengere energikrav enn dagens forskrift, samt kompetansetilskudd, er viktige støtteordninger. For at man skal få mulighet til å motta grunnlån må man imidlertid oppfylle en av disse kravene [2]:

1. Husbankens egne tiltaksmetode som er strengere en dagens byggtekniske forskrift på fire områder (U-verdi på dører og vinduer, varmegjenvinning, luftlekkasje og SFP-faktor).
2. Omfordelte tiltake uten høyere varmetap enn i den skjerpete tiltaksmetoden.
3. Lavenergibygge klasse 1 (NS 3700).

Ved innføringen av strengere kravsnivå vil Husbankens krav sannsynligvis endres.

Husbanken og Enova støtter ikke samme tiltak, men er begge økonomiske virkemidler hvor lønnsomheten av sparetiltakene kan påvirkes av avgiftsnivået på olje og el [27].

Avgifter

Avgifter på elektrisk kraft, olje og gass påvirker energibruken i byggsektoren i Norge, som igjen påvirkes av CO₂-kvoteplikt, og graden av fossilbasert kraftproduksjon i Europa.

3.4.5 Kommunale virkemidler

Kommunene spiller en viktig rolle gjennom å forvalte plan- og bygningsloven, og besitter flere virkemidler med tanke på å påvirke energibruken i byggsektoren. Kommunene kan blant annet planlegge energiforsyning og vedta tilknytningsplikt til fjernvarme.

Gjennom arealplanlegging kan kommunene stimulere til kompakte og energieffektive bygg, eksempelvis gjennom å tilrettelegge for leilighetsbygg og rekkehus framfor eneboliger.

Andre eksempler på kommunal involvering er Framtidens byer. Dette er et samarbeid mellom staten og 13 av landets største byer, som gjennom FutureBuilt (Oslo og Drammen) og Fremtidens byer (de resterende 11 byene) søker å generere gode pilotprosjekter.

Videre kan det nevnes at Oslo kommune forvalter Bymiljøetaten – Enøk Klima- og energifondet, og gir støtte til en rekke energieffektiviserende tiltak.

4. KOSTNADSOPTIMALITET

Kostnadsoptimalitet er angitt som en overordnet føring for arbeidet med nye energikrav fra 2015. For vurdering av kostnadsoptimalitet er det sett til det reviderte bygningsenergidirektivet samt den tilhørende forordningen om kostnadsoptimalitet.

4.1 Målet til EU

Målet med kostnadsoptimale nivåer for energieffektivisering i EU er først og fremst å kunne beregne og dokumentere tiltak for energieffektivisering og utslipp, og dermed kostnader for samfunnet og for eiere av bygg. Energieffektivisering innebærer at samme komfortnivå eller ytelser leveres med et lavere energibehov.

Målet er altså en vinn-vinn-vinn situasjon for miljøet, energisystemet, økonomien for samfunnet og privat, hvor innneklimaet holdes på et forskriftsmessig nivå.

4.1.1 Bakgrunn

Revidert bygningsenergidirektiv [3] omtaler kostnadsoptimale tiltak for bygg, bygningsdeler og/eller tekniske installasjoner⁵ i artikkel 5. EU-kommisjonen har fastsatt en metode for å utføre vurderingen av kostnadsoptimalitet. Metoden er fastsatt som en delegert forordning [6].

Dette betyr at medlemslandene, og Norge gjennom EØS-avtalen, må gjøre en vurdering om dagens energikrav i byggereglene er kostnadsoptimale. Dersom kravene viser seg å være mindre ambisiøse enn det som er kostnadsoptimalt skal kravene skjerpes.

Ettersom metoden er fastsatt som en forordning er det ikke anledning til å benytte andre metoder for kostnadsvurderingene. Men medlemslandene gis i noen grad frihet til å fastsette inngangsfaktorer som levetid for bygninger og komponenter, energipriser, byggekostnader, internrente, etc. til kostnadsberegningene. Det skal også utføres sensitivitetsanalyser for kostnadsvurderingene, der minstekravet er at dette gjøres med hensyn til diskonteringsrente og energipris.

Supplementet, Regulering 244/2012, med veiledning [32], beskriver ytterligere metoden for kostnadsoptimalitet.

Supplementet fastslår at det er opp til hvert medlemsland å bestemme om nivået for kostnadsoptimalitet skal være:

1. Makroøkonomiske eller samfunnsøkonomiske beregninger som inkluderer kostnadene og fordelene for energieffektivisering for samfunnet som helhet
2. Kun finansielt for investeringen isolert sett.

Formålet med å beregne hvilket energinivå (kWh/m²) som er samfunnsøkonomisk optimalt er å forberede samfunnet og informere om minste akseptable forskriftsnivå. I tillegg er et formål å dokumentere et bredere perspektiv på energieffektivisering i samfunnet og fordeler og ulemper i forhold til andre politiske virkemidler. Investeringer i energieffektivisering er dermed sammenlignet med investeringer i CO₂-utslipp og energiavhengighet. Et slikt bredt perspektiv følger også tankegangen med å anvende primærenergi for å beskrive energiytelsen til bygg, mens for privatøkonomiske investeringer kan enten primærenergi eller levert energi benyttes.

Videre skal nasjonale minimumskrav ikke være mer enn 15 % lavere enn de kostnadsoptimale nivåene. I tillegg skal det kostnadsoptimale nivået være positivt over livsløpet til bygget. Krav i Ecodesign-direktivet [33] og krav for byggematerialer [34] må det også tas hensyn til.

⁵ Med *building elements* forstår vi det som både bygningselementer og tekniske systemer, dvs. ikke bare bygningskropp

For å tilpasse metoden for kostnadsoptimalitet til nasjonale forhold må den økonomiske levetiden for et bygg og/eller et element fastslås (paragraf 8 i EU 244/2012 [32]).

Utdrag fra revidert Bygningsenergidirektiv (2010/31/EU) [40]

Calculation of cost-optimal levels of minimum energy performance requirements

1. The Commission shall establish by means of delegated acts in accordance with Articles 23, 24 and 25 by 30 June 2011 a comparative methodology framework for calculating cost-optimal levels of minimum energy performance requirements for buildings and building elements.

The comparative methodology framework shall be established in accordance with Annex III and shall differentiate between new and existing buildings and between different categories of buildings.

2. Member States shall calculate cost-optimal levels of minimum energy performance requirements using the comparative methodology framework established in accordance with paragraph 1 and relevant parameters, such as climatic conditions and the practical accessibility of energy infrastructure, and compare the results of this calculation with the minimum energy performance requirements in force.

Member States shall report to the Commission all input data and assumptions used for those calculations and the results of those calculations. The report may be included in the Energy Efficiency Action Plans referred to in Article 14(2) of Directive 2006/32/EC. Member States shall submit those reports to the Commission at regular intervals, which shall not be longer than five years. The first report shall be submitted by 30 June 2012.

3. If the result of the comparison performed in accordance with paragraph 2 shows that the minimum energy performance requirements in force are significantly less energy efficient than cost-optimal levels of minimum energy performance requirements, the Member State concerned shall justify this difference in writing to the Commission in the report referred to in paragraph 2, accompanied, to the extent that the gap cannot be justified, by a plan outlining appropriate steps to significantly reduce the gap by the next review of the energy performance requirements as referred to in Article 4(1).

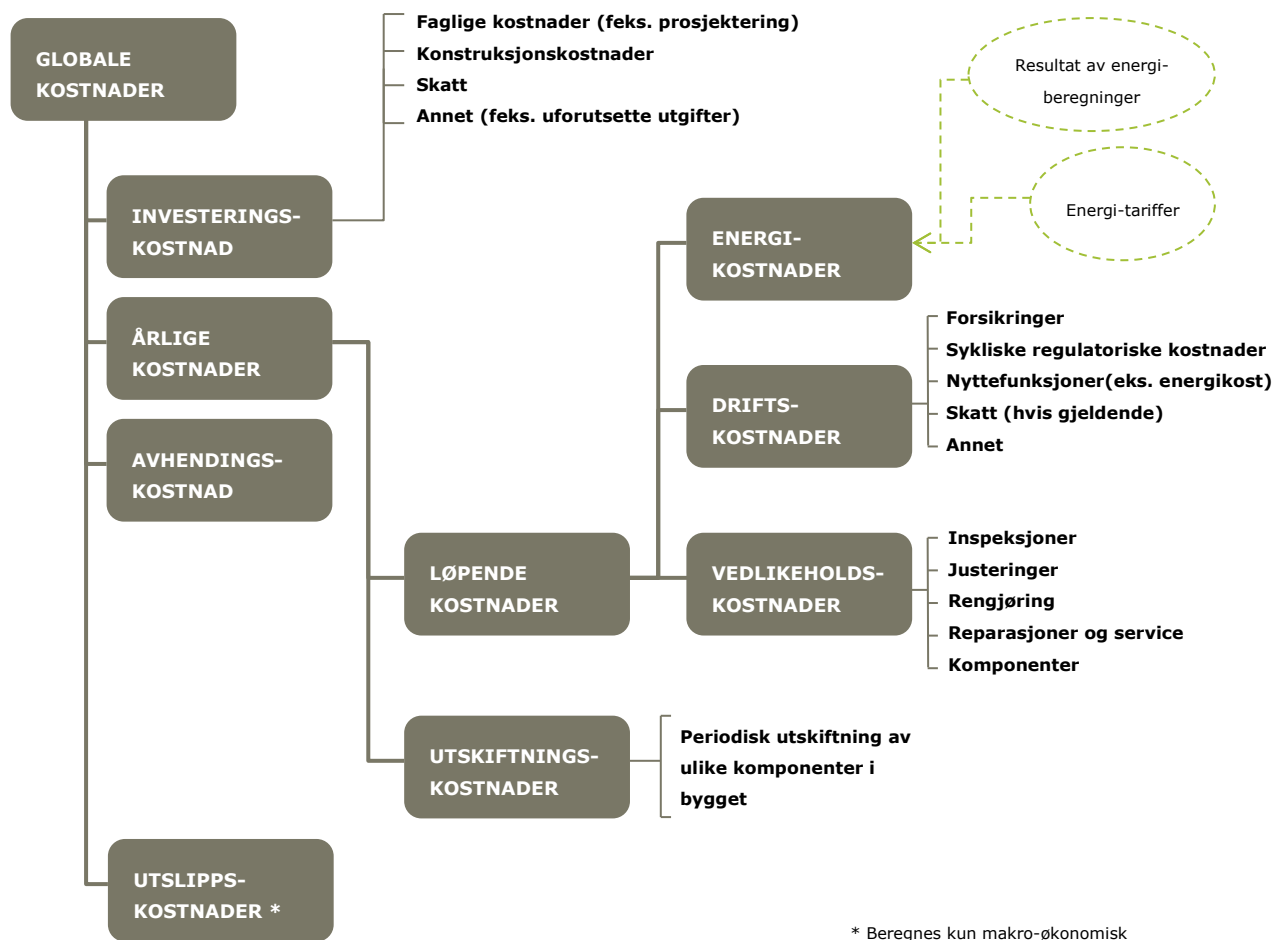
4. The Commission shall publish a report on the progress of the Member States in reaching cost-optimal levels of minimum energy performance requirements.

For å vurdere kostnadsoptimalitet må medlemsstatene bestemme følgende parametre:

- Økonomisk levetid for bygg, bygningselementer og tekniske installasjoner
- Energikostnader for ulike energibærere
- Kostnader for produkter, systemer, vedlikehold, drift og lønnskostnader
- Primærenergifaktorer
- Prisutviklingsbane for energi nasjonalt sett
- Diskonteringsrate for bruk både i
 - o Makroøkonomiske beregninger
 - o Rent finansielle investeringsestimat
 - o Minimum to renterater for å kunne utføre sensitivitetsanalyser

Publikasjonene fra EU-kommisjonen har veiledende verdier og forklaringer for flere av parametrene. De kostnadsoptimale beregningene skal dessuten være teknologinøytrale.

Figuren under viser hvilke kostnader som skal inkluderes for å beregne et øvre og nedre nivå for kostnadsoptimalitet i forhold til energikrav.



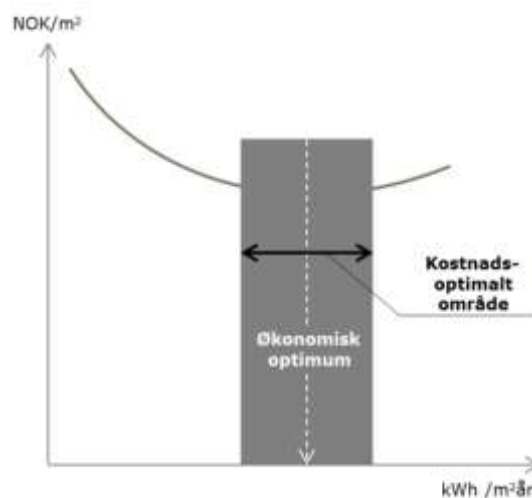
Figur 4.1 Beregningsmodell for kostnadsoptimalitet

4.2 Identifisering av et kostnadsoptimalt nivå

Når beregninger av energibesparelser og kostnader for ulike energieffektiviseringspakker er gjennomført for ulike referansebygg (eller kategorier) kan dette vises i ulike grafer. For de ulike tiltakene/pakkene kan en kostnadskurve lages.

Eksempel på figur for et kostnadsoptimalt nivå illustrert til høyre.

Spriket mellom dagens forskriftsnivå og det kostnadsoptimale nivået skal identifiseres og rapporteres til EU kommisjonen (ESA for Norges tilfelle).



Figur 4.2: Kostnadsoptimalt nivå

4.3 Rapportering

Tabellen under viser noen av resultatene for kostnadsoptimalitet som skal rapporteres til EU.

Table 6
Output data and global cost calculations

Please fill out the table for each reference building using it once for the macroeconomic and once for the financial calculation. Please insert the cost data in national currency.

Variant/ package/ measure as given in Table 5	Initial investment cost (referred to starting year)	Annual running cost			Calculation period (°) 20, 30 years	Cost of greenhouse gas emissions only for the macro- economic calculation)	Residual value	Discount rate (different rates for macro- economic and financial calculation)	Estimated economic lifetime	Disposal cost (when applicable)	Global cost calculated
		Annual maintenance cost	Operational cost								

(°) For residential and public buildings 30 years of calculation period shall be taken into account; for commercial, non-residential buildings at least 20 years.
(°) The effect of (expected) future price developments has to be taken into account if it is about replacement of components during the calculation period.

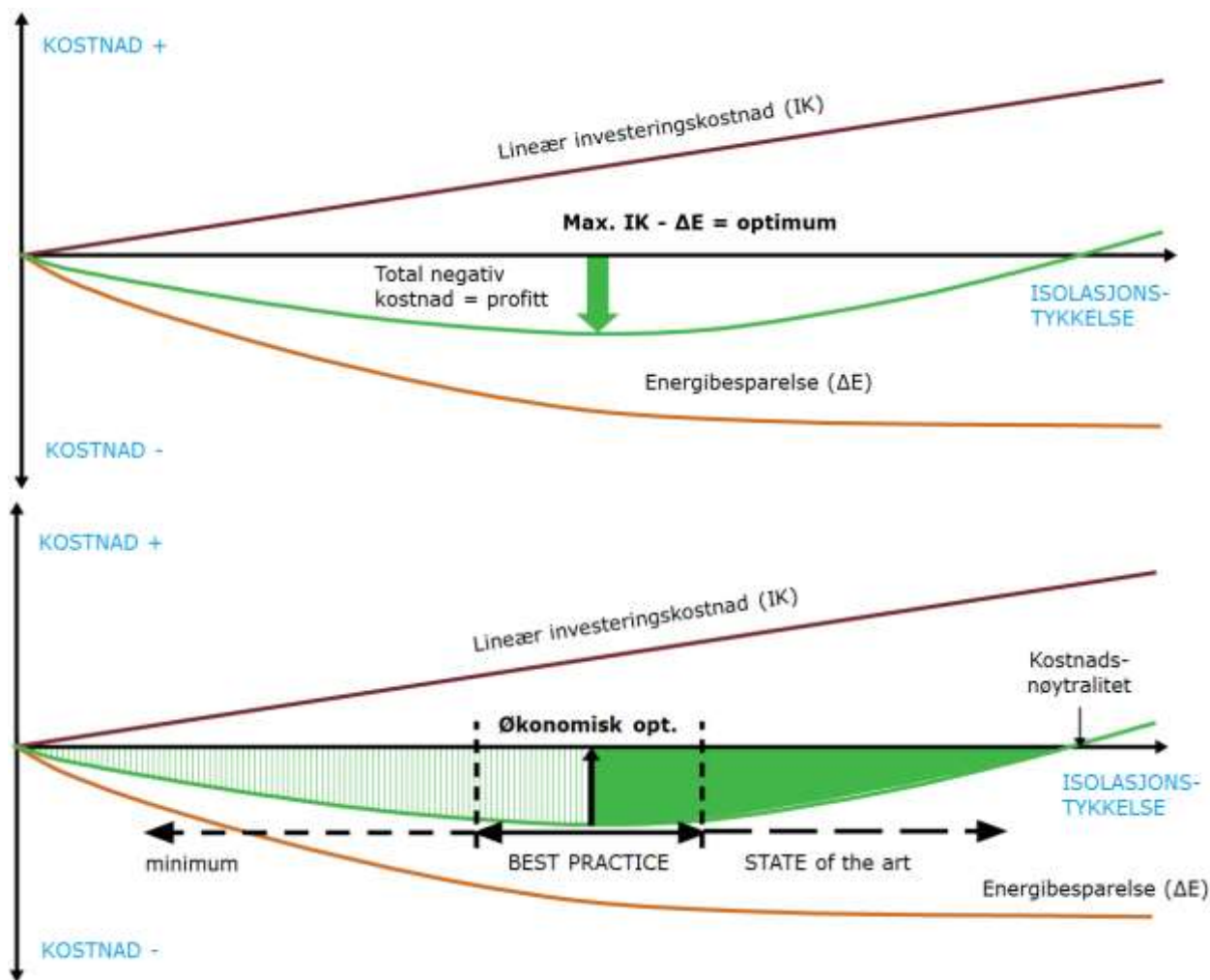
4.4 Tidligere arbeider

I henhold til vedlegg III i revidert bygningsenergidirektiv og vedlegg I i reguleringen skal medlemsland definere referansebygg som skal brukes i beregningene for kostnadsoptimalitet.

Multiconsult/SINTEFs rapport «**Kostnadsoptimalitet - Energiregler i TEK**» (2012) [7] definerer og beregner kostnader for energieffektiviseringstiltak for noen referansebygninger definert av DIBK. Kostnadsoptimalitet slik det defineres i regulativer fra EU er ikke beregnet.

SINTEFs rapport «**Sammenlikning og analyse av krav til energieffektivitet i bygninger i Norden og Europa**» (2012) [35] gir indikasjoner på kostnadsoptimale nivåer for U-verdier, dvs. isolasjonstykkelser. Det har blitt utført en studie av kostnadsoptimale U-verdier utført av ECOFYS / IEA. Ecofys-studien har definert den kostnadsoptimale U-verdien som den som har lavest livssyklus-kostnader, dvs. nåverdien av summen av kapitalkostnader og energibesparelser over en 30-års periode.

Figur 4.3 under illustrerer det kostnadsoptimale nivået slik det er tolket i Ecofys-studien [36]:



Figur 4.3: Kostnadsoptimalt nivå i henhold til Ecofys-studien

Konklusjonen fra Ecofys var at U-verdiene for vegg og tak for Oslo-klima lå tett på det kostnadsoptimale nivået Norske krav var blant de mest ambisiøse i Europa da studien ble gjennomført (2007).

Det kostnadsoptimale nivået kan endre seg over tid som følge av bl.a. endringer i energipriser og byggekostnader. Teknologiutvikling og økt kompetanse vil kunne bidra til å redusere kostnadsnivået med hensyn på energieffektive bygg, noe som vil påvirke det kostnadsoptimale nivået. Dette innebærer ikke nødvendigvis at det kostnadsoptimale nivået for energibruk vil reduseres over tid. Nivået vil avhenge av utviklingen for byggekostnader og energipriser, og forholdet mellom disse.

DEL 2

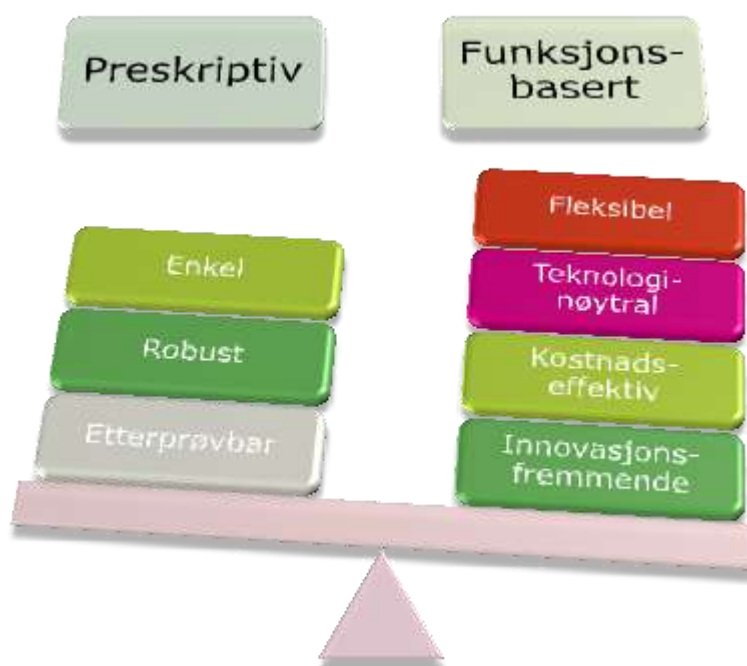
FORSLAG TIL NYE ENERGIKRAV

5. FORSLAG TIL NYE ENERGIKRAV

5.1 Preskriptive og funksjonsbaserte krav

Energikravene i dagens TEK er basert på to ulike innfallsvinkler med hensyn til hvordan kravene er utformet; preskriptiv og funksjonsbasert. Den preskriptive varianten innebærer stor grad av detaljstyring, i form av at det settes krav til maksimums- eller minimumsverdier på komponentnivå. I dagens forskrift finnes det eksempler på dette i minstekravene, tiltaksmetoden og energiforsyningskravene. I dagens regelverk er det valgfritt å forholde seg til tiltaksmetoden eller rammekravsmetoden. I den sistnevnte anvendes i større grad en funksjonsbasert tilnærming ved at det settes en ramme for samlet, maksimalt, arealspesifikt, netto energibehov. Dette gir en større frihet med hensyn til dimensjonering av komponenter og valg mellom tiltak for å tilfredsstille kravene. Minstekravene til komponenter må i begge tilfeller være oppfylt.

Det er en glidende overgang mellom de to tilnærmingene, og det finnes en viss fleksibilitet også i dagens minstekrav, tiltaksmetode og energiforsyningskrav.



Figur 5.1 Fordeler ved preskriptive og funksjonsbaserte krav

En mer funksjonsbasert tilnærming enn i dag kan åpne for noe høyere grad av valgfrihet mellom tiltak for å tilfredsstille forskriftskravene. Tre innfallsvinkler for å øke fleksibiliteten i forhold til dagens forskrift kan være:

- Begrense minstekravenes innflytelse eller utforme dem med en funksjonsbasert tilnærming.
- Endre beregningspunktet (systemgrensen) for energirammene for å inkludere energiforsyningsløsninger i rammekravet.
- Endre beregningsmetodikken i NS 3031 med hensyn til faste verdier/internlast for å åpne for tiltak som kan anvendes for å tilfredsstille kravet.

En mer funksjonsbasert tilnærming vil kreve høyere kompetanse i byggebransjen knyttet til energiberegninger, mulige løsninger og vurdering av kostnadseffektivitet, i hvert fall hvis man velger å begrense eller fjerne muligheten for å bygge i henhold til en tiltaksmetode. Det sistnevnte er diskutert i avsnitt 6.3. Prosjektgruppen mener at en høyere kompetanse vil kreves på grunn av at en funksjonsbasert tilnærming i større grad vil kreve en mer sammensatt vurdering av tiltak (inneklima, komfort, energiforsyning, optimalisering av komponenter) enn kun en verifikasjon av enkelte krav som beskrevet i tiltaksmetoden.

Et sentralt ankepunkt mot en funksjonsbasert tilnærming er at det er utfordrende å utforme funksjonskrav som er dekkende for alle overordnede målsettinger og som samtidig gir den ønskede fleksibiliteten. Dette fordi ulike tiltak ikke vil være likeverdige med tanke på å ivareta overordnede målsettinger for energikravene. Eksempelvis vil et funksjonskrav knyttet til samlet energibruk ikke nødvendigvis ivareta mål om redusert effektbehov og økt energifleksibilitet. Dagens krav ivaretar også de to sistnevnte gjennom prioritering av løsninger som reduserer varmetap og egne krav til energiforsyning som gir insentiv til energifleksible distribusjonssystemer. Lavere grad av detaljstyring i energikravene må derfor vurderes opp mot om det kan stilles funksjonskrav som er i tråd med overordnede målsettinger.

Ved en mer funksjonsbasert tilnærming bør man sannsynligvis velge et strengere kravsnivå enn om man viderefører dagens modell. Dette fordi økt fleksibilitet også gir økt risiko for valg av mindre robuste løsninger. Strengere krav kan også forsvares kostnadmessig da økt fleksibilitet vil medføre at byggeier i større grad kan velge kostnadseffektive og lokalt tilpassede løsninger for det individuelle bygget. Det er også sannsynlig at valgfriheten vil stimulere til økt konkurranse mellom leverandører av ulike løsninger som kan anvendes for å tilfredsstille kravene.

En mulighet som ikke anvendes i dagens energikrav, er en resultatbasert tilnærming, som ville innebære at det stilles krav til faktisk, målt energibruk i bygget. I framtidens bygg vil dette også kunne være aktuelt. Krav til energimåling er nærmere diskutert i kapittel 16.

5.2 Forslag til energikrav

Det er valgt å utrede to mulige løsninger for TEK, alternativ A og B. Begge representerer et skritt i retning av mer funksjonsbaserte krav, blant annet ved at tiltaksmetoden foreslås fjernet. Imidlertid er det alternativ B som sterkest skiller seg fra dagens energikrav ved at beregningspunktet for energirammene endres og at energiforsyningskravene da velges bort (med unntak av forbud mot oljekjel for fossilt brensel til grunnlast).

Tabellen nedenfor oppsummerer forslagene til endringer. I kapitlene 6-16 diskuteres de mulige endringene punktvis.

Tabell 5.1: Tabell med forslag til endringer, Alt. A og Alt. B.

§14-1	Generelle krav	TEK10	Forslag til endring alternativ A	Forslag til endring alternativ B
§14-1.1			Kravene gjelder kun for nybygg. Det implementeres BRA/PA- faktor for insentiv til arealeffektivitet.	Kravene gjelder kun for nybygg. Det implementeres BRA/PA- faktor for insentiv til arealeffektivitet.
§14-1.2	Beregningsmetode	NS3031	NS3031 revidert utgave	NS3031 revidert utgave
§14-2	Energieffektivitet	TEK10	Forslag til endring alternativ A	Forslag til endring alternativ B
§14-2.1	Energieffektivitet	Energirammemetode eller tiltaksmetode kan anvendes.	Tiltaksmetode utgår som alternativ.	Tiltaksmetode utgår som alternativ.
§14-2.3	Bygg med lav innetemperatur	Dagens definisjon er ikke tydelig på nedre og øvre grense	Nedre grense for bygg som ikke omfattes av hensyn til innetemperatur settes til 15 grader. Disse bygg skal kun tilfredsstille krav til maksimalt varmetapstall (Er ikke omtalt nærmere i rapporten)	Nedre grense for bygg som ikke omfattes av hensyn til innetemperatur settes til 15 grader. Disse bygg skal kun tilfredsstille krav til maksimalt varmetapstall (Er ikke omtalt nærmere i rapporten)
§14-3	Energiltak	TEK10	Forslag til endring alternativ A	Forslag til endring alternativ B
		Mulighet for tiltaksmetode	Tiltaksmetode utgår.	Tiltaksmetode utgår.
§14-4	Energirammer	TEK10	Forslag til endring alternativ A	Forslag til endring alternativ B
	Beregningspunkt	Netto energibehov Rammene er beregnet for et sett med referansebygg på basis av energiltakene nedenfor..	Netto energibehov Rammene beregnes for de samme referansebygg som TEK10 på basis av energiltakene nedenfor.	Levert energi. Korreksjonsfaktorer for fjernvarme og bioenergi. Rammene beregnes for de samme referansebygg som TEK10
	Tiltak for beregning av energirammen	Energirammer er beregnet på basis av følgende tiltak: U-verdi yttervegg $\leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ U-verdi tak $\leq 0,13 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ U-verdi gulv $\leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ U-verdi glass/vindu/dør inkludert karm/ramme $\leq 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ Normalisert kuldebroverdi, der m^2 angis i oppvarmet BRA: - småhus $\leq 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ - øvrige bygninger $\leq 0,06$	Energirammer er beregnet på basis av følgende tiltak: U-verdi yttervegg $\leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ U-verdi tak $\leq 0,13 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ U-verdi gulv $\leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ U-verdi glass/vindu/dør inkludert karm/ramme $\leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ Normalisert kuldebroverdi, der m^2 angis i oppvarmet BRA: - småhus $\leq 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ - øvrige bygninger $\leq 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$.	Ramme beregnes på basis av følgende definisjon: <i>«Passivhusnivå er gitt som beregnet levert energi for et referansebygg som tilsvarer et passivhus i henhold til NS 3700 og NS 3701. Beregnet levert energi korrigeres ved bruk av annen energiforsyning enn elektrisitet.»</i> Dette innebærer et noe strengere nivå enn alternativ A, spesielt for boligbygninger, men mulighet for å godskrive gode energiforsyningsløsninger.

		$W/(m^2 K)$. Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell: småhus $\leq 2,5$ luftvekslinger pr. time - øvrige bygninger $\leq 1,5$ luftvekslinger pr. time. Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg: - boligbygning, samt arealer der varmegjenvinning medfører risiko for spredning av forurensning/smitte $\geq 70 \%$ - øvrige bygninger og arealer $\geq 80 \%$. Spesifikk vifteeffekt i ventilasjonsanlegg (SFP): - boligbygning $\leq 2,5$ kW/(m³/s) - øvrige bygninger $\leq 2,0$ kW/(m³/s)	Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell: småhus $\leq 0,6$ luftvekslinger pr. time - øvrige bygninger $\leq 0,6$ luftvekslinger pr. time. Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg: - boligbygning, samt arealer der varmegjenvinning medfører risiko for spredning av forurensning/smitte $\geq 70 \%$ - øvrige bygninger og arealer $\geq 80 \%$. Spesifikk vifteeffekt i ventilasjonsanlegg (SFP): - boligbygning $\leq 1,5$ kW/(m³/s) - øvrige bygninger $\leq 1,5$ kW/(m³/s)	
	Verdier i beregning av rammekrav og i kontrollberegninger	Verdier fra NS 3031.	For bolig er det anvendt inputverdier fra NS3031 ved beregning av rammekravet.. For næringsbygg er det anvendt inputverdier for luftmengder, belysning og utstyr som for NS 3701. Sistnevnte er basert på anvendelse av av behovsstyring/dagslysstyring samt teknisk utstyr med energimerke A, men dette er ikke å anse som et krav eller en nødvendighet for å tilfredsstille rammekravet. Personbelastning er iht NS 3031. Det bør åpnes opp for mulighet til å beregne reelt effektbehov til belysning samt systemtap for varmt tappevann i kontrollberegningene. Lokalt klimadata anvendes i kontrollberegningene.	For bolig er det anvendt inputverdier fra NS3031 ved beregning av rammekravet.. For næringsbygg er det anvendt inputverdier for luftmengder, belysning og utstyr som for NS 3701. Sistnevnte er basert på anvendelse av behovsstyring/dagslysstyring samt teknisk utstyr med energimerke A, men dette er ikke å anse som et krav eller en nødvendighet for å tilfredsstille rammekravet. Personbelastning er iht NS 3031. Det bør åpnes opp for mulighet til å beregne reelt effektbehov til belysning samt systemtap for varmt tappevann i kontrollberegningene. Lokalt klimadata anvendes i kontrollberegningene.

§14-5	Minstekrav	TEK10	Forslag til endring alternativ A	Forslag til endring alternativ B
		Minstekrav på komponentnivå	Minstekrav på komponentnivå.	Minstekrav som varmetapstall. Beregnes på basis av angitte tiltak
	U-verdi yttervegg	0,22	0,22	Utgår
	U-verdi tak	0,15	0,15	Utgår
	U-verdi gulv og dekker mot det fri	0,18	0,18	Utgår
	U-verdi glass / vinduer / dør	1,6	1,2	1,2
	Lekkasjetall	3,0	1,5	1
	Normalisert kuldebroverdi	Finnes ikke per i dag	Anbefales ikke	Anbefales ikke
	Varmegjenvinningsgrad	Finnes ikke per i dag	Anbefales ikke	Anbefales ikke
	SFP ventilasjonsanlegg	Finnes ikke per i dag	1,5	1,5
	Varmetapstall	Finnes ikke per i dag		Arealbasert funksjon for varmetapstall er foreslått
	Krav til solfaktor samt funksjon av U-verdi og areal av glass/vindu/dør		Videreføres el. krav til glass/vindu/dør erstattes med varmetapstall	Solfaktor videreføres, krav til glass/vindu/dør utgår
§14-6	Bygninger med laftede yttervegger	TEK10	Forslag til endring alternativ A	Forslag til endring alternativ B
		se tabell under § 14-6	uendret	uendret
§14-7	Energiforsyning	TEK10	Forslag til endring alternativ A	Forslag til endring alternativ B
		Egne energiforsyningskrav	Innslagspunkt for krav om 60 % dekning settes ved 30 000 kWh. Kravet om 40 % dekning reduseres til 25 %. Innslagspunktet for fritak for boligbygg reduseres fra 15 000 kWh til 8 000 kWh. Ingen fritak for merkostnader over levetiden for boligbygg. Forbud mot fossil olje som grunnlast videreføres.	Ikke separat krav til energiforsyning, da energiforsyning inngår som tiltak for å møte energirammen. Forbud mot kjel for fossil olje som grunnlast videreføres.
§14-7	Fjernvarme	TEK10	Forslag til endring alternativ A	Forslag til endring alternativ B
			Boliger med tilknytningsplikt skal tilrettelegges slik at hvitevarer med behov for varmt vann kan anvende fjernvarme.	Boliger med tilknytningsplikt skal tilrettelegges slik at hvitevarer med behov for varmt vann kan anvende fjernvarme.
§14-7	Energioppfølging og -måling	TEK10	Forslag til endring alternativ A	Forslag til endring alternativ B
		Finnes ikke	Ikke anbefalt	Ikke anbefalt

6. KRAVSMODELLER

6.1 Kort om tiltaksmetoden

Tiltaksmetoden i dagens forskrift handler i prinsippet om å oppfylle en serie enkelttiltak. Dersom samtlige tiltak er oppfylt er forskriftskravet å anse som tilfredsstilt. Omfordeling mellom enkelte av tiltakene aksepteres, samt et annet vindus- og dørareal. For boligbygninger tillates omfordeling mellom U-verdier, kuldebroverdi, infiltrasjonstall og varmegjenvinning samt et større vindus- og dørareal. For øvrige bygninger tillates kun omfordeling mellom U-verdier og kuldebroverdi.

En viktig egenskap ved tiltaksmetoden er at oppfyllelse av forskriftskravet er uavhengig av byggets form. Det vil si at modellen ikke tar hensyn til byggets overflate og areal så lenge de enkelte energitiltakene tilfredsstiller hvert sitt krav. Dette i motsetning til rammekravsmodellen, der byggets form påvirker vurderingen.

Det er også viktig å merke seg at bruk av lokal kjøling utelukker tiltaksmetoden. Det vil si at dersom man underveis i et prosjekt oppdager at lokal kjøling er nødvendig, må forskriftskravet dokumenteres oppfylt med rammekravsmetoden, selv om tiltaksmetoden er blitt lagt til grunn tidligere i prosjektet.

6.2 Kort om rammekravsmetoden

Rammekravsmetoden i dagens forskrift forutsetter at det utføres en energiberegning av bygget iht. NS 3031. Beregningen må dokumentere at byggets forventede totale netto energibruk er lavere enn rammekravet for den aktuelle bygningskategorien som angitt i forskriftene.

Rammekravene til beregnet netto energibehov er noe skjerpet i dagens forskrift (TEK10) i forhold til tidligere forskrift (TEK07). Dette er i hovedsak en konsekvens av skjerpet krav til varmegjenvinningsgrad for ventilasjonsanlegg i næringsbygg. For sykehus, sykehjem og lett industri/ verksteder er det nå to ulike rammekrav, avhengig av om varmegjenvinning medfører risiko for spredning av forurensning/smitte eller ikke.

Det er viktig å være klar over at de enkelte rammekravene er bestemt gjennom beregning av eksempelbygg for hver bygningskategori (se kapittel 8), og at disse eksempelbyggene stort sett har en enkel geometri uten for eksempel utspring. Rammekravsberegningen hensyntar det aktuelle byggets form, og legger til grunn arealer yttervegg, tak, vindu osv. Jo mer komplisert den prosjekterte formen er og jo høyere overflatearealet er i forhold til gulvarealet, jo vanskeligere blir det å oppfylle rammekravet.

Dette innebærer at dagens rammekrav gir insentiv til kompakte bygg og begrensning av glassareal. For mindre kompakte bygg med mer glass vil det stilles større krav til energieffektive komponenter, noe som vil øke investeringskostnadene.

6.3 Vurdering av kravsmoellene

Rammekravsmetoden oppleves som den mest framtidsrettede og pedagogiske modellen for å definere kravsnivå i forskriftene. Valgfrihet mellom tiltak vil kunne stimulere til kostnadseffektive løsninger, samt konkurranse og innovasjon i bansen.

Energitiltaksmetoden kan anvendes dersom det viser seg vanskelig å tilfredsstille energirammekravene, eller dersom man ikke ønsker å utføre energiberegninger. Tiltaksmetoden forholder seg blant annet til U-verdiene og arealer for de ulike bygningsdeler, men ikke byggets

samlede energibehov. Dette betyr at tiltaksmetoden medfører at det tillates bygningsform som kan gi et høyere energibehov, eksempelvis som følge av stort volum. En effekt av dette kan være at muligheten for å anvende tiltaksmetoden reduserer effekten av forskriftskravene sammenlignet med om alle bygg skulle vært oppført i henhold til energirammekrav. Det er derfor sannsynlig at energirammemetode alene ville medføre mer energieffektive bygg, men dette er selvsagt avhengig av hvor strengt kravene i tiltaksmetoden settes i forhold til energirammekravet. Energirammemetoden åpner for mer fleksibilitet i valg mellom ulike tiltak, og gir dermed større mulighet til kostnadsoptimalisering innenfor rammen.

I de innledende intervjuene som ble utført i forbindelse med denne utredningen ble muligheten for valg mellom tiltaksmetode og rammekravsmetode framhevet som en fordel. Det finnes dessverre ingen oversikt over hvor mange som velger å anvende tiltaksmetode framfor rammekravsmetode. Videre er det ikke gjort undersøkelser av hvordan metodene påvirker energibruken i de ferdige byggene. Det er sannsynlig at det er enkelte byggetyper som oftere bygges i henhold til tiltaksmetoden, eksempelvis småhus. Litt av bakgrunnen for dette er at tiltaksmetoden gir en lettfattelig oppskrift på hvordan kravene kan tilfredsstilles uten at man behøver å gjennomføre energiberegninger. Bruk av tiltaksmetoden stiller derfor mindre krav til de prosjekterendes kompetanse. Oppdragsteamets erfaring er at det også ofte oppfattes som hensiktsmessig å anvende tiltaksmetoden for bygg med store takhøyder.

Ved å utelukke energitiltaksmetoden vil man sannsynligvis kunne oppnå energibesparelser. Det vil imidlertid kunne være kostnadsdrivende i forbindelse med utbygging av mindre bygg, og for mindre bransjeaktører som ikke har kompetanse knyttet til å utføre energiberegninger. Videre vil det være kostnadsdrivende for volumkrevende bygg som må velge komponenter med høyere energiytelse for å tilfredsstille et rammekrav. Det sistnevnte kan være en sentral barriere.

6.4 Konklusjon kravsmodeller

Energikrav som kun baseres på en rammekravsmetode vil kunne bidra til økt sikkerhet og kontrollerbarhet med hensyn til redusert energibruk, og oppfattes som en forenkling og en robust løsning.

Oppdragsteamet anbefaler derfor at den generelle muligheten for å bygge etter en tiltaksmetode tas ut. Det benyttes da rammekravsmetode supplert med minstekrav. For å unngå uheldige effekter kan man vurdere om enkelte bygg skal tillates oppført i henhold til en tiltaksmetode.

7. MINSTEKRAV

Minstekrav skal sikre et visst nivå for basistiltak som oppfattes som nødvendige og robuste. Hvor strenge minstekravene skal settes vil til dels være et skjønnsmessig spørsmål. Jo strengere kravene er, jo mindre fleksibilitet vil det i praksis være med hensyn på tiltak for å tilfredsstille energirammene. Jo flere komponenter det stilles minstekrav for, jo sterkere er føringene for hva slags teknologi som kan velges for å oppfylle forskriftskravene.

Her er det valgt å basere minstekravene på følgende kriterier:

- Konvensjonelle tiltak som anses for god byggepraksis i bransjen i dag
- Tiltak som har robust lønnsomhet uten forutsetninger om innovasjon, volumproduksjon og høyere energipriser
- Tiltak som ikke vil redusere fleksibilitet gjennom å gi unødige føringer for valg av tiltak og teknologier.
- Tiltak som har betydning for bygget i en vesentlig del av dets levetid.

Nivå for minstekrav er satt slik at man skal kunne dimensjonere noen enkeltkomponenter i henhold til minstekrav, men fortsatt tilfredsstille rammekrav dersom andre komponenter holder høyere standard.

7.1 Endring av minstekrav

Innstramninger i minstekravene foreslås som en følge av at utviklingen i byggepraksis og kompetanse har gjort at dagens bygg generelt holder høyere standard for de enkelte tiltakene enn minstekravene i TEK10, eller at man uten nevneverdige kostnader kan heve standarden. Nye tiltak tas inn i minstekravene på basis av at disse oppfattes som dagens bransjestandard, har robust lønnsomhet og at de gir viktige signaler om energieffektiv byggepraksis.

På bakgrunn av dette foreslås ingen innstramning av U-verdier for andre komponenter enn vinduer, der oppdragsteamet oppfatter at dagens minstekrav (gjennomsnittlig verdi $U = 1,6$ ($\text{W/m}^2\text{K}$)) ligger under det som i dag må anses som bransjestandard (gjennomsnittlig verdi $U = 1,2$ ($\text{W/m}^2\text{K}$)). Denne bedre verdien har over tid blitt fremmet på grunn av det vi mener er økt etterspørsel fra bransjen og en teknologisk utvikling av bedre glassprodukter til konkurransedyktige priser. Dette er blant annet også bekreftet av vindusprodusenter [37].

Videre foreslås en innstramning i kravet til lekkasjetall fordi oppdragsteamet mener at dagens bygg stort sett overoppfyller tetthetskravet og at man med relativt begrensede kostnader [7] kan redusere lekkasjetallet sammenlignet med minstekravet i TEK10.

Det foreslås videre at krav til maksimum spesifikk viftefaktor tas inn som et minstekrav fordi dette er et tiltak med spesielt stort potensial og høy grad av lønnsomhet. Et slikt krav antas ikke å legge unødige føringer for teknologivalg.

Det foreslås at minstekravet ikke stiller krav som legger andre føringer enn dagens for ventilasjonssystemet, både fordi det her bør være en viss åpning for alternative teknologier, samt at ventilasjonsaggregater er systemer som vil kunne skiftes ut opptil flere ganger i byggets levetid.

Minstekravene følger i dag en preskriptiv tilnærming, men det er mulig å se for seg andre løsninger som gir større fleksibilitet. Dette kan omfatte et eget rammekrav for varmetapstall. Varmetapstall diskuteres nærmere i avsnitt 7.2. Varmetapstall kan baseres på komponentkrav med mulighet for omfordeling så lenge beregnet varmetapstall for bygget ikke øker, eller man kan anvende en innfallsvinkel tilsvarende NS 3701 der man angir en ramme for varmetapstall.

I dagens minstekrav er det angitt et krav til maksimal verdi (gjelder ikke småhus) for forholdet mellom produktet av U-verdi og areal for glass/vindu/dør og byggets oppvarmede BRA (TEK10, §14-5). Dette kravet er ment å begrense glassarealet og derved indirekte konsekvenser som

varmetap, og solinnstråling med tilhørende økt kjølebehov. Kravet begrenser fleksibiliteten betraktelig, og ønsket om å begrense varmetapet gjennom bygningskroppen kan ivaretas gjennom å sette krav til maksimalt varmetapstall for bygningskroppen (ikke inkludert ventilasjon).

Videre er det i dagens forskrifter stilt krav til maksimal solfaktor, dvs. at total solfaktor for glass/vindu (g_{τ}) skal være mindre enn 0,15 på solbelastet fasade, med mindre det kan dokumenteres at bygningen ikke har kjølebehov. Dette kravet innebærer i praksis utvendig regulerbar solavskjerming på alle bygg med kjølebehov. For noen typer bygg kan dette være uhensiktsmessig, for eksempel for forretningsbygg med utstillingsvinduer. Det kan også være uhensiktsmessig å installere utvendig regulerbar solavskjerming for fasader som er utsatt for sterk vind eller hvor utvendig solavskjerming lett vil kunne skades av ballspill, hærverk el.l.. I tilknytning til dette kravet bør det utformes mer spesifikke unntaksregler med veiledning for hvordan det skal dokumenteres.

For å sikre minstekrav som også ivaretar byggets form og glassandel foreslås det å innføre en ramme for byggets varmetapstall. Dette er diskutert nærmere nedenfor. Med krav til varmetapstall kan man vurdere å utelate minstekrav til U-verdier for yttervegg, gulv og tak, da dette vil være ivaretatt for bygningskroppen som helhet.

Forslagene til minstekrav er oppsummert i Tabell 5.1.

7.2 Krav til varmetapstall

Varmetapstallet er et beregningspunkt (se kapittel 0) som representerer det totale varmetapet gjennom transmisjon, infiltrasjon og eventuelt også ventilasjon dividert på oppvarmet del av BRA.

En bygnings varmetapstall for transmisjonstap gjennom ytterkonstruksjoner beregnes som summen av produktet av areal og U-verdi for de ulike bygningsdeler. Dette betyr at man kan tillate høyere U-verdi for de arealer som bidrar lite til det totale regnskapet, hvis man kompenserer med lavere U-verdi på andre arealer.

Varmetapstallet for infiltrasjon beregnes som en funksjon av luftlekkasjetallet (n_{50}) mens varmetapstallet for ventilasjon er en funksjon av ventilasjonsluftmengder og varmegjenvinningsgrad.

Krav til varmetapstall for bygningskroppen vil sikre at bygningene opprettholder et lavt behov for energi på lang sikt, uavhengig av energiforsyningsløsning. En klimaskjerm med lavt varmetap bidrar også til lavere effektbelastning i kuldeperioder.. Nivået på kravene må settes på en hensiktsmessig måte slik at man ikke overdimensjonerer konstruksjoner og bygningskomponenter unødig.

I NS 3700:2013 er det satt krav til varmetapstall for transmisjons- og infiltrasjonsvarmetap. Det er 3 ulike krav avhengig av bygningens størrelse, A_{fi} (oppvarmet del av BRA). For passivhus er kravet:

- Maks 0,53 W/(m²K) for $A_{fi} < 100 \text{ m}^2$
- Maks 0,48 W/(m²K) for A_{fi} mellom 100 og 250 m²
- Maks 0,43 W/(m²K) for $A_{fi} > 250 \text{ m}^2$

I NS 3701 er det satt krav til varmetapstall for transmisjons- og infiltrasjonstap. Kravet er avhengig av bygningskategori og bygningens størrelse, A_{fi} (oppvarmet del av BRA). For $A_{fi} > 1000 \text{ m}^2$ er det satt et fast makskrav til varmetapstall for hver av de 11 bygningskategoriene. For $A_{fi} < 1000 \text{ m}^2$ er det lagt til et ledd som er omvendt proporsjonalt med A_{fi} , slik at rammen for varmetapstall blir høyere for mindre A_{fi} .

Det er av kostnadshensyn nødvendig å differensiere krav til varmetapstall på basis av byggets størrelse. For små bygg kreves det mer omfattende tiltak for å oppnå et lavt varmetapstall enn for store.

Minstekrav til varmeisolasjon av komponenter vil generelt medføre at kravene til U-verdier vil være like uavhengig av arealforhold på de ulike bygningsdelene og byggets kompakthet. Dersom man derimot åpner for at varmetapstallet til en bygning skal være dimensjonerende, vil man åpne for omfordeling slik at det kan isoleres best der det er størst arealer eller billigst/enklest å isolere mer, eventuelt også at man kan isolere mindre hvis man har lite luftlekkasjer og et effektivt ventilasjonssystem (dersom ventilasjon inkluderes i varmetapstallet). Som tidligere nevnt har ventilasjonssystemer kortere levetid enn de øvrige tiltakene som er foreslått tatt inn i minstekravene. I tillegg er effekten av ventilasjonssystemets varmegjenvinning svært brukeravhengig. Det foreslås derfor å holde ventilasjonssystemet utenfor varmetapstall for å sikre robusthet.

Krav til varmetapstall vil kunne redusere energibruken og bidra til at bygningene holder en viss kvalitet på lang sikt (robusthet mht. opprettholdelse av lavt energibruk).

En ulempe med krav til varmetapstall kan være at det gjennom å gi insitament til mer kompakte bygg kan føre til lavere dagslysnivåer innendørs (mer "mørke" arealer). I tette bysituasjoner og for bygg med balkonger, svalganger, høyisolerende vinduer og tykke yttervegger vil dagslysnivået ofte være kritisk. Dette er illustrert i vedlegg F, som viser beregninger av dagslysnivåer i et rom med ulike avskjermingsforhold, veggtykkelser og vindusarealer. Dette innebærer at krav til varmetapstall ikke bør settes for strengt.

Med minstekrav også på komponentnivå vil man kunne gi en pekepinn om fornuftig dimensjonering av sentrale komponenter, samt sikre et robust nivå for alle deler av konstruksjonen. Minstekravene på komponentnivå bør imidlertid tillate en viss fleksibilitet med tanke på valg av tiltak for å tilfredsstille krav til varmetapstall.

Avhengig av ambisjonsnivå for varmetapstallet kan det tillate en høyere glassandel enn ønskelig. Ulempene med en høy glassandel kan være utfordringer med hensyn til inneklima, som eventuelt kompenseres gjennom mer oppvarming eller kjøling enn nødvendig. Det er krav til at bygg prosjekteres iht beste praksis for godt inneklima. Den norske standarden for inneklima NS-EN 15251 er under revidering, og anbefales lagt til grunn for kvalitetssikring av inneklima i forbindelse med energiberegninger.

Det er undersøkt hvorvidt man kan sette krav til varmetapstall for transmisjon og infiltrasjon i henhold til tilsvarende krav for lavenergistandard NS 3700 og NS 3701 uten å ta hensyn til maks tillatt oppvarmingsbehov eller minstekrav. Et slikt krav vil imidlertid åpne for svært høy glassandel. Standarden har ikke måttet ta hensyn til dette fordi det er ivarettatt gjennom TEK (§14-5 avsnitt 3a). Nye krav i TEK vil derfor måtte fange det opp.

Ved å benytte lave U-verdier for klimaskjermen, kan glassandel økes til 44,4 % for en boligblokk, og samtidig tilfredsstille varmetapstallet til lavenergi klasse 1. For kontorbygg kan det oppnås 41,7 % glassandel, i dette tilfellet består 100 % av fasadene av glass. Ved anvendelse av passivhuskomponenter for småhus kan det tillates det hele 37,5 % glassandel. Ved å benytte så høye glassandeler kan man få utfordringer med inneklima og fare for overoppheting. Krav til varmetapstall som skal bidra til å sikre både lav energibruk og godt inneklima vil derfor både måtte være relativt strenge og progressive som funksjon av areal.

Det er lagt fram forslag til varmetapstall som er basert på en betraktning av kravene i NS 3700 og NS 3701 samt beregning av hva som kan oppnås med antatt kostnadseffektive tiltak (se kapittel 14.5).

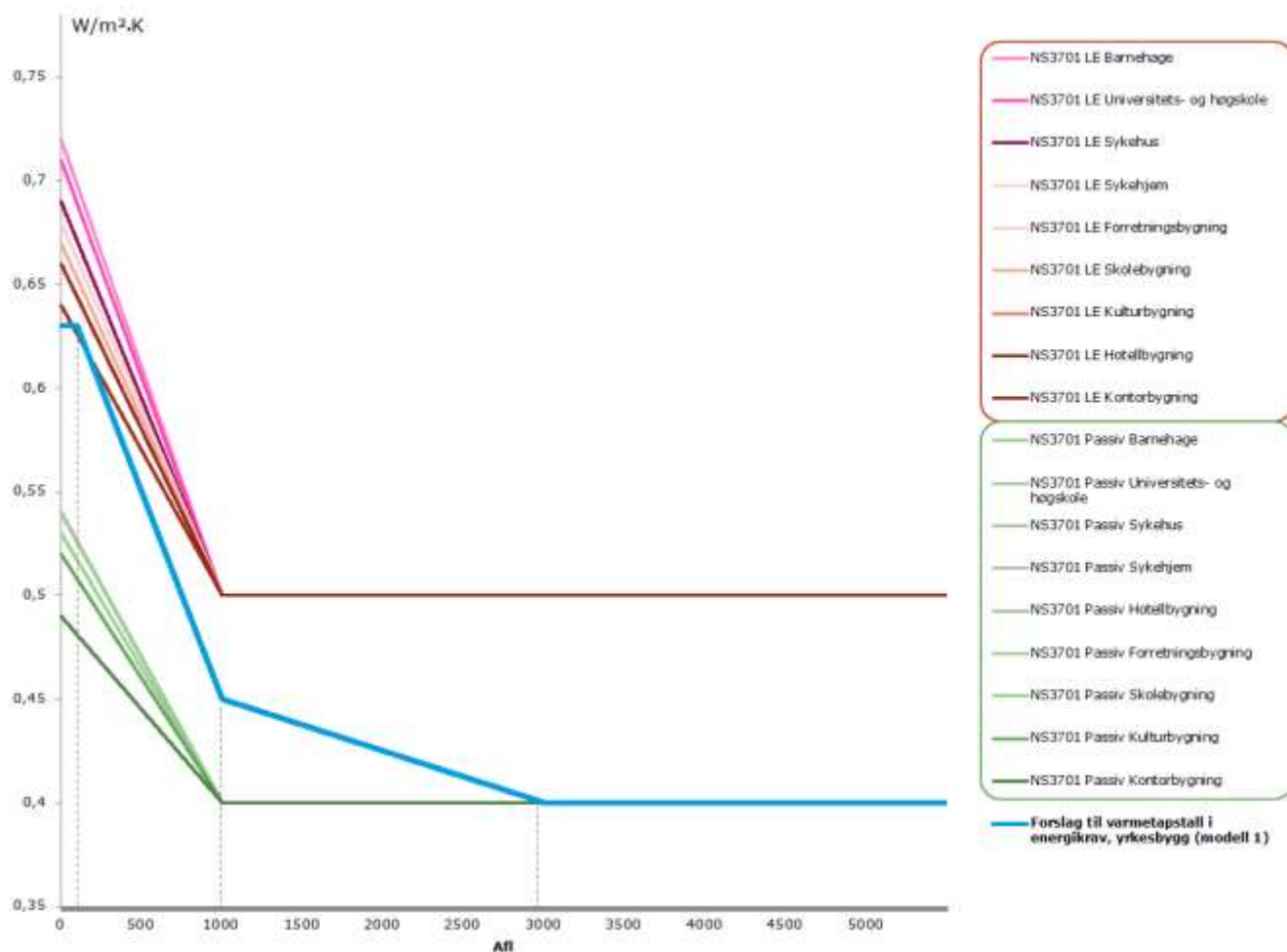
Tabell 7.1: Varmetapstall for noen bygg (primært «TEK-bokser») basert på komponentene i Tabell 14.1

	BRA (m ²)	Varmetapstall for infiltrasjon og transmisjon (W/m ² K)
1. Småhus	160	0,56
2. Rekkehus (prosjektert)	550	0,47
3. Boligblokk	900	0,45
4. Sykehjem	2400	0,42
5. Kontorbygg	3600	0,38
6. Kontorbygg (prosjektert)	7800	0,35

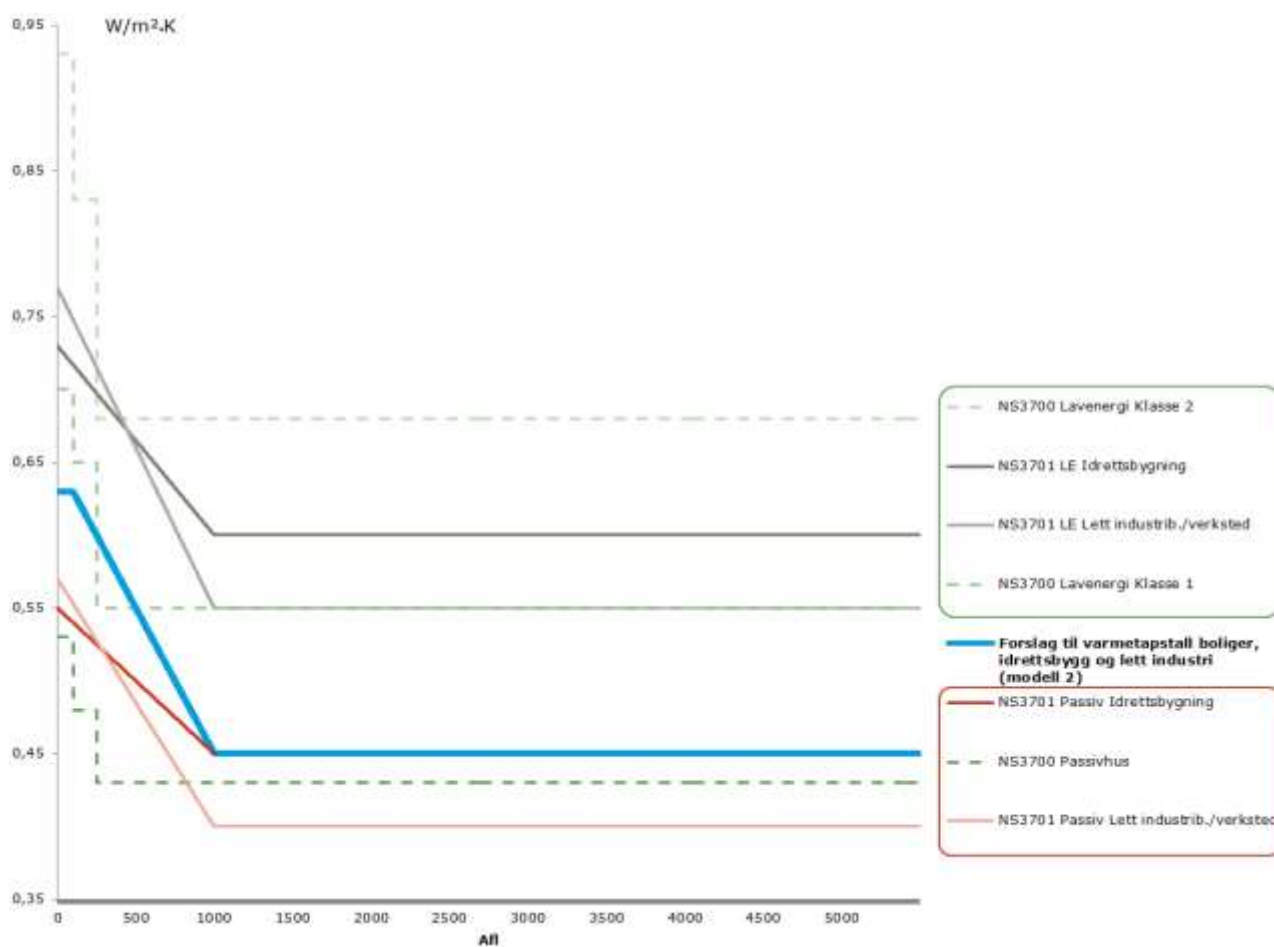
Forslaget baserer seg på to ulike modeller, med noen forskjeller i krav til varmetapstall i bygg over 1000 m² BRA. For boliger, idrettsbygg og lette industribygg og verksted er det foreslått noe høyere varmetapstall enn de resterende byggkategoriene. Det foreslås en løsning med krav til varmetapstall noe under lavenerginivå for mindre bygg, og krav på passivhusnivå for større bygg. Det foreslås at det etableres en arealbasert funksjon der man unngår innslagspunkter som kan medføre uheldige insentiver.

Tabell 7.2: Forslag til varmetapstall i energikravene alternativ B

Oppvarmet BRA (m ²)	Varmetapstall MODELL 1 (W/m ² K)	Varmetapstall MODELL 2 (W/m ² K)
<100	0,63	
100-1000	0,65-0,0002A _{fl}	
1000-3000	0,475-0,000025A _{fl}	0,45
>3000	0,4	
BYGGKATEGORI	Resterende byggkategorier	• Boliger • Idrettsbygg • Lett industribygg og verksted



Figur 7.1: Sammenligning av varmetapstall fra NS3701:2012 (med tilhørende byggkategorier) og forslag til forenklet ramme for varmetapstall (modell 1)



Figur 7.2: Sammenligning av varmetapstall fra NS3700:2013 og to bygningstyper fra NS 3701:2012 i forhold til forslag til forenklet ramme for varmetapstall (modell 2)

I standardene er det små forskjeller mellom kravene til varmetapstall, spesielt for byggstørrelser opp mot 1000 m² BRA. Over dette er kravene identiske for de fleste. Ettersom varmetapstallet som foreslås her kun skal sikre et robust minimumsnivå og ikke definere kravsnivået, synes det riktig å velge samme krav for flere byggtyper.

På basis av beregningene og en betraktning av varmetapstallene i NS 3700 og NS 3701, er det foreslått at det etableres ett krav for boliger, lett industri/verksted og idrettsbygg, og et annet for øvrige byggekategorier.

Det anbefales en innstramning i minstekrav på komponentnivå. Minstekrav til glassandel i forhold til oppvarmet bruksareal anbefales tatt ut og erstattet med et krav basert på varmetapstall. Dersom maksimalverdi for varmetapstall innføres kan eventuelt minstekrav til U-verdier for yttervegg, gulv og tak utelates.

8. BYGNINGSFORM

Bygningers form har stor betydning for energibruken. Det er opplagt at kompakt form isolert sett medfører energieffektivitet, samtidig som det finnes en rekke eksempler på bygg som ikke er optimale i forhold til kompakthet, men som tilfredsstiller energikravene ved hjelp av andre løsninger. En sterk innstramning i energikravene rettet mot utforming av bygget vil være arkitektonisk begrensende, og kan komme i konflikt med byggets funksjonalitet.

Anvendelse av krav til varmetapstall og krav i form av arealspesifikke energirammer stimulerer i seg selv til kompakthet gjennom at tiltakskostnader for å tilfredsstille kravene vil være lave for kompakte bygg og høyere for lite kompakte bygg. Mer kompakte referansebygg i beregningene ville medføre et strengere kravsnivå. Dette må imidlertid da ses i sammenheng med den samlede innstramningen i kravsnivå og de kostnader dette har. Det oppfattes som enklere og mer transparent å vurdere innstramninger i energirammer gjennom konkrete tiltak, og kostnader for disse, enn å anvende mer kompakte referansebygg.

De referansebyggene⁶ som ligger til grunn for dagens energirammekrav har ikke blitt revidert siden TEK07, selv om overgangen til TEK10 medførte strengere krav til varmegjenvinning av ventilasjonsluft, og dermed behov for større romhøyde for å kunne trekke ventilasjonskanaler. Vi mener at dagens referansebygg ikke er å betrakte som svært kompakte, da det etter vår erfaring er relativt enkelt å oppfylle energirammekravene for de fleste bygningskategorier uten at det settes spesielt strenge krav til de bygningsmessige komponenter.

Dersom bygningsformene som ligger til grunn for energirammeberegningene skal endres, så er det samtidig flere forhold må vurderes og ivaretas. Blant annet skal byggene også kunne tilfredsstille krav til dagslys og utsyn for de rom som regnes som rom for varig opphold. Mer kompakte bygg vil medføre mindre ytterflater, og dermed også mulighet for mindre dagslys i rommene. Sammen med den pedagogiske nytteverdien ved å kunne sammenligne nye energikrav med gamle gjør dette at man har valgt å benytte de bygningsformer som er brukt for fastsettelse av energirammekrav iht. TEK10 videre også for energiramme i 2015¹⁵ heller enn å velge mer kompakte referansebygg.

For beregning av oppvarmingsbehov iht. NS 3700/ NS3701 er det under utarbeidelse av kravene utført beregninger med flere ulike bygg med ulik kompakthet, der det videre er satt en grenseverdi på areal der bygg over et gitt areal vil få strengere krav til oppvarmingsbehov enn mindre bygg. En kravskorrigerer basert på areal må også sees i sammenheng med en klimakorrigerer, da disse er innbyrdes avhengige. Spesielt vil oppvarmingsbehovet for et lite bygg være mer følsomt for endringer i utetemperatur enn et stort bygg. En analyse av areal- og klimakorrigerer for kravsnivå levert energi er gitt i vedlegg D.

⁶ Bygningsmodellene er beskrevet i: Tyholt M. (2006), Nye energikrav i tekniske forskrifter, Utredninger høsten 2006, SINTEF byggforsk notat, januar 2007

9. KLIMADATA I BEREKNINGENE

Lønnsomheten av ulike tiltak er avhengig av hvilket klima et bygg plasseres i. Eksempelvis vil et strengt krav til spesifikk energibruk til oppvarming gjerne være lettere å tilfredsstille på et varmt klimasted. Følgelig vil strenge krav til oppvarmingsbehov som medfører økte byggekostnader lettere kunne forsvares av lønnsomhetshensyn på et kaldt klimasted.

Når energikravene skjerpes øker følsomheten med tanke på hva som er fornuftige valg under ulike klimaforhold. Feil innretning av strenge krav kan i verste fall gi negativ miljønytte for gitte klimatiske betingelser. Endringer mot et varmere klima vil forsterke en risiko for uheldige effekter.

Når bygg nærmer seg null netto energibehov i driftsfase vil det derfor være nødvendig å ta hensyn til lokale klimabetingelser i beregningene. Da kreves det også tilgang på gode klimadata-sett som i tilstrekkelig grad hensyntar det klimaet som man kan forvente seg på det stedet bygningen skal plasseres. Det er nødvendig med klimadatasett som minimum inneholder times-oppløsning for temperaturer, solinnstråling og vind. Disse klimadatasett må reflektere forventet "gjennomsnittsklima" på stedet. I forbindelse med NS 3031, har Standard Norge gjort tilgjengelig et slikt klimadatasett basert på meteorologiske data for Oslo, som kan benyttes ved beregning opp mot forskriftskrav til netto energibehov. Det finnes også klimadatasett tilgjengelig for andre norske klimasteder, de fleste av disse er generert ved hjelp av verktøyet Meteonorm⁷, som genererer syntetiske klimadatasett basert delvis på målte data og delvis basert på statistiske metoder. Slike filer benyttes for eksempel i beregningsprogrammet SIMIEN⁸ som er mye benyttet i Norge. Utfordringen er at det ikke finnes gode måledata for alle steder i Norge, og spesielt for solstråling, så finnes det kun målte data for 3 stasjoner i Norge. I forbindelse med IEA-prosjektet SHCP Task 9 – "Solar Radiation and Pyranometry" ble det utviklet såkalte Design Reference Years for Oslo, Bergen og Andøya. Disse var ment til å benyttes bl.a. for å få mer nøyaktig beregning av solenergisystemer. En annen utfordring er at det heller ikke finnes tilgjengelige datasett som tar hensyn til fremtidig klimautvikling.

Forhold som solinnstråling, vind og temperatur vil kunne variere nokså mye innenfor en region eller en kommune. Selv med gode klimadata-sett for utvalgte klimasteder, vil utforming av bygg måtte ta hensyn til byggets plassering i forhold til terreng, vegetasjon, omkringliggende bygg og det lokale energisystem eller tilgjengelige energiressurser. Derfor må det bemerkes at selv ved bruk av gode lokale klimadatasett har man selvsagt ingen garanti for robust lokal tilpasning.

Dagens forskrift angir energirammer for normert klima, dvs. et referanseår basert på meteorologiske data for Oslo. Dette betyr at et bygg som tilfredsstiller forskriftene kan plasseres hvor som helst i landet, og fortsatt oppfylle forskriftene. Innføring av lokalt klima i beregningene kan være motivert av følgende hensyn:

1. Mer realistisk energiberegning
2. Økt kostnadseffektivitet for lokale forhold

I NS 3700 og NS 3701 er det valgt en løsning basert på at man ved beregningen av energibehov skal benytte representative klimadata for stedet der bygningen oppføres. Videre angir NS 3700/01 et krav til netto oppvarmingsbehov som en funksjon av årsmiddeltemperaturen for lokalt klima. Steder med årsmiddeltemperatur under 6,3 °C (tilsvarende som Oslo-klima) får en høyere ramme for netto energibehov enn for Oslo-klima, og steder med årsmiddeltemperatur over 6,3°C får samme ramme som for Oslo-klima. Denne løsningen ivaretar i noen grad punkt 1, da man kan benytte klimadata som er nærmere realistiske klimaforhold enn hvis man skulle benyttet Oslo-klima. Når det gjelder punkt 2, kostnadseffektivitet, så er dette også til en viss grad hensyntatt ved at bygg på klimasteder med høyere årsmiddeltemperatur enn 6,3°C lettere vil kunne oppfylle kravet til netto energibehov til oppvarming.

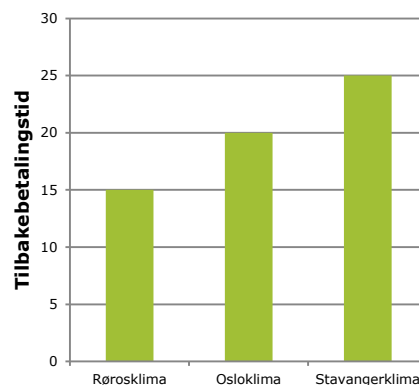
⁷ www.meteonorm.com

⁸ www.programbyggerne.no

Dersom det etableres svært strenge forskriftskrav uten differensiering i forhold til lokalt klimasted kan man se for seg at bygg i klima som har lavt oppvarmingsbehov kan bli underlagt strengere krav enn det som er hensiktsmessig for å nå forskriftens målsettinger. Dette kan innebære et tap både samfunnsøkonomisk og privatøkonomisk. Overordnede beregninger (se vedlegg B, avsnitt B.1) viser at et bygg med passivhusstandard kan være privatøkonomisk lønnsomt basert på Oslo-klima når TEK10 er referansen, vil kunne være ulønnsomt hvis bygget plasseres i Stavangerklima. Dette illustrerer at dagens anvendelse av lokalt klimasted i passivhusstandarden kan være hensiktsmessig.

En enkel følsomhetsanalyse for et referansebygg basert på et referansebygg er egnet til å underbygge dette:

Med privatøkonomiske forutsetninger som beskrevet i kapittel 4, men med en energipris satt til 0,93 kr/kWh vil et typisk kontorbygg som tilfredsstiller NS 3701 for Oslo-klima ha en beregnet tilbakebetalingstid på i underkant av 20 år når TEK10 er referansen. Energi- og lønnsomhetsberegninger for det samme bygget plassert i Stavangerklima og Rørosklima gir tilbakebetalingstider på henholdsvis 25 år og 15 år. Dette er relativt store utslag lønnsomhetsmessig som antyder at tilnærmingen med bruk av lokalt klima i NS 3701 kan være fornuftig.



Dersom man skal nå målet om nesten nullenergibygg i 2020 på en kostnadseffektiv måte er det oppdragsteamets oppfatning at man må innføre et insentiv til lokal tilpasning for å hente ut det kostnadseffektive potensialet.

En innføring av lokalt klima for kontrollberegning vil primært være motivert av ønsket om mer realistiske beregninger. Energiberegningen som benyttes for å evaluere mot forskriftene kan da i større grad benyttes som designkriterium.

I passivhusstandarden anvendes gjennomsnittlig årsmiddeltemperatur som grunnlag for beregning av kravet til oppvarmingsbehov. Dette på bakgrunn av at simuleringer har vist at metoden gir en god tilnærming til netto energibehov beregnet på grunnlag av timesverdier for utetemperatur og solinnstråling [38]. Det kom også tydelig fram at klimakorrigeringen er avhengig av størrelsen på bygget, dvs. at oppvarmingsbehovet for små bygg er mer følsom for endringer i utetemperatur enn store bygg.

Tilsvarende for kjølebehov ble det i bakgrunnsrapporten for NS 3701 vist at det var god korrelasjon mellom kjølebehov og dimensjonerende utetemperatur sommer.

Et alternativ til å bruke årsmiddeltemperatur kan være å anvende en graddøgnsmetode for korrigering av kravsnivå til oppvarming. I denne metoden anvendes klimadata for å beregne antall dager der utemperaturen tilsier at bygg har oppvarmingsbehov. Da vil man ta hensyn til fyringssesongens lengde i et gjennomsnittså under lokale klimabetingelser. Imidlertid er dagens metoder for graddøgnskorrigering ikke tilpasset den kortere fyringssesongen for svært energieffektive bygg. Oppvarmingsbehov vil for slike bygg inntreffe ved en betydelig lavere referansetemperatur enn det som tidligere har vært lagt til grunn. Hvis man skal basere seg på graddøgnskorrigerte krav, vil det derfor være behov for en utvikling av metodikk og en tilpasning av tilgjengelige graddøgnstdata.

I Sverige anvendes en inndeling i tre klimasoner basert på fylker/landsdeler [39]. En tilsvarende inndeling vil ikke være egnet for norske forhold grunnet svært store klimatiske forskjeller, spesielt mellom kyst og innland, innenfor de enkelte fylkene. Grunnet langstrakt kystlinje med lange fjorder gjelder dette for store deler av Norge. Det er gjerne korte avstander mellom klimasteder med henholdsvis kystklima og innlandsklima.

De svenske energikravene er også vesentlig mindre komplekse enn de norske, blant annet med kun to bygningskategorier, og inndeling i bygg med og uten el-varme. Dette gir et begrenset antall ulike energirammer. Inndeling i klimasoner vil øke kompleksiteten i de norske kravene ytterligere, spesielt dersom de ikke kan baseres på kjente og veldefinerte geografiske enheter, som fylker eller kommuner. Det synes lite hensiktsmessig med omfattende tabeller med energirammer for ulike byggekategorier i ulike klimasoner.

I Norge kunne man i prinsippet se for seg å gjøre en kommunevis fordeling på et begrenset antall klimasoner. Dette vil imidlertid føre til at man mange steder ville oppleve at bygg med omtrent samme beliggenhet vil måtte forholde seg til ulike krav til energirammer.

Derfor framstår det som mer hensiktsmessig å anvende lokalt klimasted i beregningene av energikravet. Det må allikevel gjøres energiberegninger for alle bygg som ikke oppføres etter en eventuell tiltaksmetode, noe som kun foreslås for spesielle bygg. Ulempen med en slik tilnærming er at en formel for energirammen kan framstå som mindre informativt og pedagogisk. Dette framstår allikevel ikke som avgjørende med tanke på at målgruppen for kravene må forutsettes å ha en viss kompetanse.



Figur 9.1 Klimasoner i svenske energikrav

I vedlegg D er det vist resultater av beregninger av levert energi for ulike bygningstyper og klimasteder etter en tilsvarende metodikk som er brukt i NS 3700 og NS 3701. Beregningene viser at det er en tilnærmet lineær sammenheng mellom årsmiddeltemperatur og levert energi for de ulike bygningstypene. Det går også tydelig frem at klimafølsomheten er større for mindre bygg, noe som vises ved at man får en brattere kurve for de små byggene.

På grunnlag av dette foreslås det å innføre en kombinert klima- og arealkorrigeringsformel for levert energi for de ulike bygningstypene etter en metodikk som vist i vedlegg D. Ramme for levert energi kan da regnes ut som en funksjon av bygningstype, årsmiddeltemperatur på stedet og oppvarmet BRA for bygget.

9.1 Konklusjon klima

Store lokale variasjoner i temperatur, solinnstråling og vindressurser taler for at det bør benyttes lokale klimadata i fremtidens byggeforskrifter. Jo strengere forskriftskravene er, jo viktigere vil det være å sikre lokal tilpasning for å realisere effektiviseringspotensialet på en kostnadseffektiv måte. Varslede potensielle endringer mot et varmere klima gjør at et strengt kravsnivå må vurderes nøye i lys av kostnadseffektivitet. Framskrivninger antyder at klimaet kan endres i løpet av de aktuelle byggenes levetid, noe som vil kunne ha betydning for lønnsomhet og valg av løsninger.

Bruk av lokale klimadata krever imidlertid at det foreligger egnede klimadatasett for et tilstrekkelig antall steder i Norge, og veiledning i hvordan man skal bruke disse for steder hvor det ikke finnes klimadata-sett. Pr i dag finnes det kun såkalt *design reference years* for Oslo, Bergen og Andøya. Det er nødvendig med utvikling av slike datasett for flere klimasteder.

Det anbefales å benytte representative klimadata for stedet der bygningen oppføres i kontrollberegningene. Det foreslås videre å innføre en kombinert klima- og arealkorrigeringsfaktor for levert energi for de ulike bygningstypene basert på årsmiddeltemperatur, bygningstype og oppvarmet BRA. Videre anbefales det å utvikle egnede klimadata-sett med veiledning for lokalt klima, som tar hensyn til klimautvikling, og lokale variasjoner i solinnstråling, vind og temperatur.

10. BYGNINGSKATEGORIER I TEK

Dagens regelverk omfatter 13 bygningskategorier med hver sine energirammekrav. Minstekravene for hver av disse bygningskategoriene er like, mens inputdata for interne laster og krav til luftmengde m.m. er forskjellig og angitt i detalj i vedleggene i NS 3031.

10.1 Behov for å øke eller redusere antallet kategorier

De norske energikravene opererer med en inndeling i 13 byggkategorier. Bygningsenergidirektivet opererer med 9, mens svenske energikrav kun deler mellom bolig og næringsbygg. Tross mange bygningskategorier i de norske kravene oppstår det regelmessig problemstillinger knyttet til spesielle bygningstyper som faller utenfor kategoriene, kombinasjonsbygg og bygg med spesielle interne laster på grunn av bruksmønster. Dette oppleves som et problem for mange brukere.

Et spørsmål som reises er om utvidelse av dagens antall bygningskategorier vil gi en vesentlig forbedring eller forenkling av regelverket.

Et økt presisjonsnivå i forskriftskrav og beregningsmetodikk vil være viktig for å nærme seg nesten nullenerginivå på en kostnadseffektiv måte, noe som kan tale for større grad av differensiering. Et ønske om en mer realistisk tilnærming til energiberegninger er også et argument for å utvide antall kategorier.

Det er imidlertid tvilsomt om man i dag har tilstrekkelig kunnskap om faktisk energibruk på formålsnivå for ulike byggtypen til at økt differensiering mellom byggkategorier vil kunne ha tilstrekkelig nytteverdi med tanke på å nå overordnede mål for energikravene. Eksterne usikkerhetsfaktorer, som bruk, vil dessuten alltid medføre avvik mellom beregnet og faktisk energibruk. Det er derfor tvilsomt at et større antall byggkategorier vil medføre tilstrekkelig økt presisjon og energieffektivitet.

Nytteverdien av flere kategorier vil derfor primært være knyttet til at noen brukere lettere vil finne en egnet kategori for sitt bygg. Samtidig vil man vanskelig kunne eliminere problematikken med plassering av vanskelige bygg uten et stort antall kategorier, noe som vil virke kompliserende. Flere kategorier vil ikke løse problematikken med kombinasjonsbygg.

Et annet sentralt grep kan være å spesifisere kriterier som driftstid og interne laster for enkelte bygningskategorier bedre slik at det blir enklere å finne en egnet kategori for bygg som ikke har en naturlig tilhørighet per i dag (for eks. flyplassterminal i kategori «forretningsbygning»).

Det er foreslått å innføre en ny bygningskategori – en spesialkategori. Dette kan være en hensiktsmessig løsning for bygg som i mindre grad passer inn i de øvrige kategoriene. Bygningskategoriene som er anvendt i bygningsenergidirektivet omfatter også en slik mulig samlepott. En spesialkategori vil kunne gi muligheter for å sette mer fokus på bygninger som bruker mye energi, men som ikke kan beregnes etter dagens standard. Dette kan også gjelde bygg med store volumer/store etasjehøyder. En spesialkategori vil også kunne gi mer fokus på interne laster på grunn av produksjon slik at bygget kan optimaliseres i forhold til dette: for eks. reduserte U-verdier, andre temperaturkrav, driftstid m.m.

En spesialkategori må imidlertid omfatte flere type bygg med mange forskjellige interne laster, driftstider m.m. Dette kan føre til en bygningskategori som er svært vanskelig å definere kravsmessig.

BYGNINGSKATEGORIER I NS3031

1. Småhus
2. Boligblokk
3. Barnehage
4. Kontorbygg
5. Skolebygg
6. Universitet/høyskole
7. Sykehus
8. Sykehjem
9. Hotell
10. Idrettsbygg
11. Forretningsbygg
12. Kulturbygg
13. Lett industri / verksteder

10.2 Kategorier i bygningsenergidirektivet

I bygningsenergidirektivets Annex I [40] opererer EU med en noe annen inndeling i bygningskategorier enn det TEK10 legger opp til. Denne inndelingen består av et mindre antall kategorier

Oppdragsteamet har vurdert å tilpasse de norske kategoriene til direktivet, først og fremst for å enklere kunne sammenligne statistikk.

Det er et mål å oppnå størst mulig grad av harmonisering mellom europeiske land da dette vil være fordelaktig med tanke på for eksempel statistikk og benchmarking. EUs inndeling representerer en forenkling sammenlignet med dagens regelverk. De 13 norske bygningskategoriene ville bli redusert til 9 kategorier.

Det kunne være hensiktsmessig å slå sammen bygningskategorier der forskjellene innen bruksmønster og formålsfordelt energibruk ikke varierer i stor grad. Under vises en mulig inndeling hvor hovedkategoriene er harmonisert med bygningsenergidirektivet og underfordelingen holdes kompatibel med dagens inndeling og statistikk.

BYGNINGSKATEGORIER I BYGNING-DIREKTIVETS ANNEX I:

1. **Eneboliger/småhus**
(single-family houses of different types)
2. **Boligblokker**
(apartment blocks)
3. **Kontorbygg**
(office buildings)
4. **Undervisningsbygg**
(educational buildings)
5. **Sykehus**
(hospitals)
6. **Hotell og restauranter**
(hotels and restaurants)
7. **Idrettsbygg**
(sports facilities)
8. **Forretningsbygg**
(wholesale and retail trade services buildings)
9. **Andre typer bygg**
(other types of energy-consuming buildings)

Tabell 10.1: Eksempel på bygningskategorier for å harmonisere mot bygningsenergidirektivet

Foreslått ny kategori	Dagens kategori	EPBD-betegnelse	Bygningstype	
4. Småhus	Småhus	Single-family houses of different types	Enebolig	
			Enebolig med utleiedel	
			Tomannsbolig horisontaldelt	
			Tomannsbolig vertikal delt	
			Firemannsbolig	
			Kjedet enebolig	
			Rekkehus	
			Fritidsbolig	
			Annet småhus	
5. Boligblokker	Boligblokker	Apartment blocks	Leilighet	
			Annen bolig	
6. Kontorbygg	Kontorbygg	Office buildings	Kontorer, enkle	
			Kontorer, med ventilasjon og kjøleanlegg	
			Messe- og kongressbygg	
			Annet kontorbygg	
7. Undervisnings- og kulturbygg	Skolebygg	Educational buildings	Undervisningslokaler	
	Universitets- og høgskolebygg		Skole med svømmeanlegg	
			Skole med idrettshall	
			Undervisningsbygg	
			Laboratoriebygg	
	Annen forskningsbygning			
	Barnehage		Barnehage	
	Kulturbygg		Kulturbygning	
	Kulturbygg		Kino	
Kulturbygg		Museums- og biblioteksbygning		
Kulturbygg		Bygning for religiøse aktiviteter		
8. Sykehus	Sykehus	Hospitals	Sykehus	
	Sykehjem		Sykehotell	
			Laboratoriebygg	
			Sykehjemsbygning	
9. Hotell og restauranter	Hotell og restauranter	Hotels and restaurants	Hotellbygning	
			Bygning for overnatting	
			Restaurantbygning	
			Annen hotellbygning	
10. Idrettsbygg	Idrettsbygg	Sports facilities	Idrettshall	
			Idrettshall med dusjanlegg	
			Idrettshall med svømmeanlegg	
11. Forretningsbygg	Forretningsbygg	Wholesale and retail trade services buildings	Butikk	
			Butikk med kjøle- / fryserom	
			Bensinstasjon	
12. Andre typer bygg	Lett industri, verksteder	Other types of energy-consuming buildings	Industribygning	
			Energiforsyningsbygning	
			Lagerbygning	
			Fiskeri- og landbruksbygning	
			Annen industri- og lagerbygning	

Det synes imidlertid lite hensiktsmessig å slå sammen byggkategorier som på tross av en del likheter vanligvis vil ha store forskjeller i karakteristika som påvirker energibruk. Dette gjelder sykehus og sykehjem, som ville blitt slått sammen til en kategori hvis man følger bygningsenergidirektivets kategorier. En sammenslåing av kategorier anbefales derfor ikke.

10.3 Konklusjon bygningskategorier

Oppdragsteamet foreslår primært å beholde dagens bygningskategorier, men eventuelt supplere med en spesialkategori. Økt antall kategorier vil være kompliserende. En sammenslåing for å oppnå samme inndeling som bygningsenergidirektivet synes heller ikke hensiktsmessig.

Bygningskategoriene bør revurderes når en ny Norsk Standard for bygningskategorier foreligger.

11. TILTAK FOR ENERGIEFFEKTIVISERING

I forskriftssammenheng må det gjøres vurderinger av hvilke tiltak det bør stilles krav til på komponentnivå, samt hvilke tiltak som skal tillates for å tilfredsstille en energiramme.

Følgende tiltak er vurdert spesielt:

- Behovsstyring av ventilasjon og belysning
- Spesifikk pumpeeffekt i vannbårne systemer
- Utstyr for varmt tappevann
- Teknisk utstyr og belysning
- Arealeffektivitet

Det reviderte Bygningsenergidirektivet [40] krever at medlemsstatene setter krav til virkningsgrad og dimensjonering knyttet til systemer i eksisterende bygg, og åpner for slike krav også til nye bygg. Systemene omfatter:

- a) heating systems;
- b) hot water systems;
- c) air-conditioning systems;
- d) large ventilation systems;
- e) or a combination of such systems

11.1 Behovsstyring (næringsbygg)

Behovsstyring av ventilasjon og belysning vil sannsynligvis gi store energibesparelser på flere energiposter, og behovsstyring er i mange tilfeller svært kostnadseffektivt. Besparelser bør imidlertid ikke gå på akkord med hensyn til inneklimaet. En ulempe med behovsstyring er at det innføres mer kompliserte anlegg med flere mulige feilkilder i forhold til driften av bygget.

I denne utredningen er det lagt til grunn at luftmengder og energibruk til belysning behandles som i NS 3701, noe som omtales nærmere i kapittel 11.3. Dette innebærer at energirammene impliserer at behovsstyring anvendes for næringsbygg. Dette innebærer ikke et eksplisitt krav til behovsstyring, men kravsnivået tilsier at det vil være utfordrende å bygge forskriftsmessig uten.

For ventilasjonsanlegg og belysning er det vurdert som kostnadseffektivt å innføre behovsstyring (se vedlegg B).

11.2 Nye krav til tekniske systemer

Det er foreslått å innføre funksjonskrav også til systemer for distribusjon og produksjon av energi. Mulige løsninger er krav til maksimal spesifikk pumpeeffekt i vannbårne systemer, samt krav til virkningsgrader i anlegg for energiforsyning.

11.2.1 Spesifikk pumpeeffekt (SPP)

Når det gjelder pumper kan det være vanskelig å finne gode generaliserbare og sammenlignbare maksimalverdier for spesifikk pumpeeffekt. Årsaken til dette er blant annet ulik utforming av bygg. Antall varmeavgivende komponenter og anleggsstørrelse varierer mye, noe som gjør at trykkfallet i ulike vannbårne kretser kan variere betraktelig. Et annet element er pumpeeffektens neglisjerbare størrelse i forhold til behovet for termisk energi, hvor sistnevnte energipost ilegges størst vekt. Energi til pumper utgjør også svært lite sammenlignet med vifter. Den økte kompleksiteten et eget krav vil medføre kan derfor vanskelig forsvares sammenlignet med nytten.

Som et alternativ til krav til spesifikk pumpeeffekt, kunne man sette krav til styring og regulering. Eksempelvis kan man sette krav til hastighetsregulering på pumpa, slik at man hindrer at systemer reguleres ved hjelp av struping og unødvendig høy trykkdifferanse på tur- og returledningen. 3 prinsipper er vanlige i den sammenhengen:

- Trinnvis manuell regulering
- Automatisk endring av frekvensen til motoren
- Automatisk endring av spenning (motorer under 2 kW)

Normalt reguleres dette ut ifra trykkdifferansen mellom tur- og returledningen.

3 fordeler ved hastighetsregulering er:

- Redusert energiforbruk
- Redusert pumpeslitasje
- Redusert støy fra radiatorventiler

Styring og regulering er allerede utbredt, så et krav vil slik sett ikke nødvendigvis medføre store kostnader og behov for ny teknologi, men samtidig synes nytteverdien av et krav å være nokså begrenset.

Dersom økodesigndirektivet (se kapittel 3.4.1) blir tatt inn i sin helhet i norsk lov vil sirkulasjonspumper omfattes av energieffektiviseringskrav, tilsvarende de for vifter. Arbeidsplanen for perioden 2012- 2014 kan inkludere ytterligere produktgrupper.

Et alternativ kan være å utvikle en god veileder med eksempler på hvordan eventuelle energiforsyningskrav i TEK kan tilfredsstilles. En veileder kan da angi prinsipper for utforming av anlegg for varmedistribusjon eller vise til relevante eksisterende verktøy, slik som Varmenormen. (Varmenormen angir i dag kun anbefalt maksimalverdi for SPP- faktor for energibrønner for varmpumper).

11.2.2 Virkningsgrader

Krav til høye systemvirkningsgrader for tekniske anlegg er et mulig tiltak overfor problematikk knyttet til overdimensjonering av anleggene. Minimumskrav kan vurderes for å sikre at det installeres anlegg som er dimensjonert riktig i forhold til optimalisering av driftspunkt. Man vil kunne redusere problematikk knyttet til at varmpumper og biovarmeinstallasjoner går store deler av året på lav last med tilhørende lav virkningsgrad, noe som medfører store energitap.

Det er en lang rekke teknologier som kan anvendes for å oppfylle energiforsyningskravene slik de er stilt i dag. Ulike teknologier har svært ulike typiske virkningsgrader. Dette medfører at det kan være komplisert å skulle angi krav til virkningsgrader. Eksplisitte krav i TEK vil kunne være kompliserende. Dette bør derfor løses på annen måte.

Hensiktsmessige krav til dekningsgrad vil i noen grad stimulere til korrekt dimensjonering, hvilket som nevnt har betydning for å oppnå høy virkningsgrad. Dersom energiforsyningskravene videreføres (alternativ A) anbefales det at kravene baseres på dekningsgrad som i dag. I veiledning til TEK bør det gis eksempler på hvordan kravene til energiforsyning kan tilfredsstilles. Behovet for slik veiledning synes å være til stede da det i noen grad synes å være usikkerhet i deler av bransjen knyttet til hvilke løsninger som faktisk tilfredsstiller TEK. Det finnes veiledere og litteratur for riktig dimensjonering av både varmpumper og biovarme-installasjoner, blant annet varmpumpeveileder utarbeidet av Statsbygg.

Ved valg av levert energi som beregningspunkt vil man ha insentiv til å optimere systemvirkningsgrad.

11.3 Energiposter som i dag er basert på faste verdier

Fastsettelse av de faste verdiene som energirammene baseres på fordrer kunnskap om formålsfordelingen av energibruken. Som tidligere berørt har man mangelfull kunnskap om denne på bakgrunn av det i svært liten utstrekning er gjennomført fysiske måleprogrammer i den norske bygningsmassen. Man har således nokså begrenset grunnlag for å vurdere verdiene. Teknologisk utvikling og virkemiddelbruken knyttet til eksempelvis belysning tilsier imidlertid at energibruken for dette formålet vil endre seg betydelig i tiden framover. En hurtig utvikling og rask utskifting av utstyr vil også kunne medføre rask utvikling for dette energiformålet.

11.3.1 Teknisk utstyr og belysning

NS 3701 opererer med lavere effekt- og energibehov til teknisk utstyr og belysning enn hva som er angitt i NS 3031. Ettersom det nylig har kommet en ny utgave av passivhusstandarden for

yrkesbygg, og det foreligger en standard for boliger (nylig revidert) der inputdata for kontrollberegning er vurdert, så anser vi det ikke som hensiktsmessig å gjøre noen ny vurdering på dette stadiet. Det foreligger ingen ny kunnskap om formålsfordelt energibruk i energieffektive bygg som gir grunnlag for slike justeringer. Derimot er oppdragsteamet kjent med at myndighetene, ved Enova, øker sin innsats med tanke på å måle formålsfordelt energibruk i bygg. Dette vil kunne framskaffe et svært viktig grunnlag for framtidig justering av verdier og krav.

Energieffektive løsninger for utstyr og belysning er en forutsetning for å oppnå et passivhusnivå. Imidlertid medfører det, i dagens marked, økte investeringskostnader å velge slike løsninger. Teknologiutvikling, energimerking og stadig strengere produktkrav vil imidlertid redusere prisgapet mellom de beste og de dårligste løsningene som er tilgjengelige. Det er derfor vanskelig å gjøre presise forutsetninger om hvilke merkostnader man vil stå overfor fra 2015 og framover. Merkostnadene antas imidlertid å være små på sikt. Det er i underlagsmaterialet for NS 3701 for belysningseffekter presisert at tallene bør revideres jevnlig, slik at den forventede teknologiutviklingen tas opp i verdiene.

Produktkrav vil i økende grad innføres som en følge av blant annet Økodesigndirektivet. Slike ordninger er markedsrettede og kan ta hensyn til flere aspekter enn energi. Imidlertid skal produktene også kunne være egnet for eldre bygg. For svært energieffektive bygg kan det av flere årsaker være riktig å velge mer energieffektivt utstyr.

Det kan være vanskelig gjennomførbart å stille konkrete krav til teknisk utstyr gjennom TEK. Et unntak her kan krav til tilrettelegging for at hvitevarer skal kunne anvende varmt tappevann (*hot fill*) der dette er relevant. Det anbefales at et slikt krav vurderes spesielt for bygg underlagt tilknytningsplikt for fjernvarme.

Det er stor sammenheng mellom internlastene knyttet til belysning og utstyr og dimensjoneringen av bygget og dets tekniske systemer. For å nå målet om nesten nullenerginivå på sikt bør energikravene kreditere en samlet optimalisering, noe som innebærer at det i utgangspunktet bør tillates bruk av reelle verdier i beregningene. Spesielt for teknisk utstyr vil det imidlertid være komplisert å utvikle veiledning og dokumentasjonskrav som hindrer manipulering. Dette er det ikke rom for å vurdere i tilstrekkelig grad her.

I kontrollberegningene anbefales det derfor at man vurderer å åpne for bruk av antatt reelle verdier for det aktuelle bygget når det gjelder belysning, med krav om dokumentasjon hvis det anvendes andre verdier enn de anbefalte. Det bør i så tilfelle utarbeides veiledninger for hvordan disse skal beregnes.

Det er helt sentralt at måleprosjekter og etterundersøkelser av bygg oppført etter standardene gjennomføres i tilstrekkelig grad for å verifisere verdiene, energibruken og effekten av teknologien som er forutsatt brukt.

11.3.2 Varmt tappevann

Energiforbruket til varmt tappevann er i dag basert på faste inputdata. Dette kan oppleves som lite hensiktsmessig fordi det ikke stimulerer til energieffektive løsninger. Det er god grunn til å tro at det er et stort og lønnsomt effektiviseringspotensial når det gjelder varmt tappevann. Mulige tiltak omfatter:

- Bedre isolasjon av bereder og rør
- Korte rørstrekk
- Korrekt dimensjonering av sirkulasjonsledning (mengde)
- Energieffektivt tappeutstyr (sparedusj og sensorer)
- Varmegjenvinning av gråvann

Den kanskje viktigste faktoren vil i mange tilfeller allikevel være brukerrelatert, og handler om et bevisst forhold til energibruk ved dusjing (tidsbruk) og varmt tappevann. Dette er forhold som det er vanskelig å bestemme ved teoretisk beregning av energibehov.

Det er vurdert om beregningsmetodikken bør endres slik at det gjøres mer reelle beregninger av tappevannsbehov på bakgrunn av de prosjekterte løsningene, og at disse legges til grunn for kontrollberegning mot forskriftskravet. Undersøkelser utført i Danmark viser at varmetapene i distribusjonsnett for tappevann i boligblokker utgjør mellom 30-75 % av det totale energiforbruket, slik at anleggsutforming (rørstrekk) er avgjørende for det totale energiforbruket.

Beregningsmetodikken vil sannsynligvis ikke kunne fange opp alle typer tiltak for redusert tappevannsbehov, da forhold som er knyttet til brukeratferd er spesielt utslagsgivende i flere bygningskategorier for det totale energiforbruket til varmt tappevann.

Tiltak som installasjon av sparedusjhoder vurderes som lite permanent (lett utskiftbart), og det vil være feil å benytte den teoretiske energireduksjonen dette gir for å kunne velge for eksempel dårligere U-verdi på vinduer.

Det foreslås at man vurderer å endre beregningsmetodikk slik at det gis mulighet for ta hensyn til redusert systemtap knyttet til varmt tappevann i kontrollberegningene. Faste verdier knyttet til bruk vil allikevel være nødvendig for hver bygningskategori.

11.4 Arealeffektivitet som energitiltak

Arealeffektivitet kan defineres på ulike måter. F.eks. kan arealeffektivitet måles ved antall m² nettoareal pr arbeidsplass, elev, sengeplass, e.l. En annen måle-enhet er den såkalte brutto/nettofaktoren (B/N-faktor), men det finnes ingen standardisert definisjon på denne. Eksempler på definisjoner av B/N-faktor er:

- B/N-faktoren beregnes som forholdet mellom bruttoareal og nettoareal definert iht. NS 3940. Bruttoareal for en bygning beregnes som summen av bruttoareal for bygningens etasjer, inklusive innskutte etasjer og gallerier, samt loft og kjeller. Arealene målt til utsiden av yttervegg i henhold til målereglene i NS 3940.
- B/N-faktoren er et mål på hvor mye areal som trengs for å oppfylle det funksjonelle innholdet i enheten.
- B/N-faktoren beregnes som forholdet mellom primærareal og bruttoareal. Primærareal defineres som bruttoareal minus sekundærarealer som kommunikasjonsarealer (korridorer, inngangspartier, trapperom, heissjakter o.l.) pluss rom for tekniske installasjoner, søppelrom, vaskerom og garasjer.

Man kan også tenke seg at arealeffektivitet kan knyttes til brukstid i tillegg til persontetthet.

I NS 3701 er det gitt noen forutsetninger mht. til andel primærareal og sekundærareal, samt persontetthet og tilstedeværelse (tillegg A.2). Dette er forutsetninger som benyttes ved beregning av behovsstyring av ventilasjon og belysning. For eksempel for kontorbygg er det forutsatt 65 % primærrom og 35 % sekundærrom, samt 60 % tilstedeværelse i primærrom og en persontetthet i primærareal på 5 m²/person.

Disse forutsetningene er så benyttet for å beregne krav til netto energibehov. Grovt sett kan man derfor si at bygg med høyere persontetthet og mindre sekundærareal ("mørke rom") vil ha vanskeligere for å oppfylle kravene.

Dette gir ikke insitament til arealeffektive bygg, snarere tvert i mot. Hovedspørsmålet blir dermed om det er mulig å lage praktiske krav avhengig av persontetthet, brukstid og/eller fordeling primær/sekundærareal? En fordel med å legge en antatt persontetthet og brukstid til grunn for beregningene, er at man vil få en beregning som er nærmere knyttet til "virkelig" energibruk enn ved normert beregning. Man kan da også åpne for å legge til grunn internlaster, bruk av utstyr, lys

og utstyr knyttet til antatt person-brukstid. En utfordring med dette er at forskriftskrav til energibruk da blir en ganske komplisert funksjon av flere ulike parametere. NS 3701 har ulike krav avhengig av bygningstype, klima, og delvis av bruksareal. Hvis man i tillegg skal innføre ulike krav avhengig av persontetthet og brukstimer, blir det en mer komplisert forskrift.

Et annet problem er at det for de fleste typer bygg er vanskelig å forutsi persontetthet og brukstid på designstadiet, spesielt for kontorbygg, forretningsbygg og boligbygg. Persontetthet og brukstider vil jo også kunne variere mye over tid.

Brutto/netto-faktoren, eller forholdet mellom primær- og sekundærareal, er en designparameter som er forholdsvis enkel å fastsette på designstadiet. Det bør derfor i prinsippet være mulig å utvikle en korreksjonsfaktor basert på en B/N-faktor som kan gi insitament til mer arealeffektive bygg, eller som i hvert fall ikke "straffer" arealeffektive bygg.

En forholdsvis enkel måte å foreta en korreksjon mht. arealeffektivitet kan derfor være å sette krav til at sekundærarealer ikke får inngå i beregning av antall m² oppvarmet BRA som brukes i rammekravet (kWh/m² oppvarmet BRA). Det bør da utvikles en definisjon eller en standard for hva som i denne sammenheng defineres som primær- og sekundærareal for ulike typer bygg (skoler, forretningsbygg, kontor, boliger, etc.). NS-EN 15221-6:2011 definerer primærareal som *The Primary Area is the portion of the Net Room Area used for supporting the core business needs, and workstations (including central support, local support and workstations)*. Standarden gir også eksempler på primærarealer for ulike byggtypen. Definisjonen av primærareal kan også knyttes opp til rom med tilgang på dagslys.

Det er andre viktige faktorer som stimulerer til arealeffektivitet. Kostnader er kanskje den mest sentrale. Kommunal arealplanlegging er også et viktig virkemiddel for å sikre effektiv arealbruk på et mer overordnet nivå. Det anbefales imidlertid at ovennevnte tilnærming vurderes implementert i energikravene.

11.5 Behov for justeringer i NS 3031

Under arbeidet med forslag til nye energiregler for 2015 ble det tydelig at det også er et behov for en gjennomgang og revidering av NS 3031 slik at denne beregningsstandarden som er lagt til grunn siden oppdatering i 2007 er ajourført. Beregningsmetodikken i standarden er basert på faste metoder for beregning av transmisjonsvarmetap, tilskudd osv.

I vår rapport har vi ikke direkte foreslått revidering av enkelte punkter men vi ser at det er et behov for en revidering av følgende avsnitt / tema:

- 3.1 Termer og definisjoner
 - *tilført begrep om «vektet/korrigert levert energi»*
- 5 Varmetapstall og varmetapsbudsjett
 - *Varmetapsbudsjett der ventilasjonsvarmetap utgår*
- Tillegg A (normativt) Standardiserte inndata for kontrollberegning
 - *nye bygningskategorier*
 - *oppdaterte data for interne laster*
 - *oppdaterte data for internt varmetilskudd, luftmengde*
- Tillegg B (informativt) Veiledende inndata
 - *tilført info om vektingstall i tabell B9*
- Tillegg J (informativt) skjema for sentrale inndata for beregning av energibehov
 - *Tilført avsnitt om energiforsyning av bygget*
- Nytt tillegg for beregning av ramme for maksimalt tillatt ramme til «energiramme eller vektet/korrigert levert energi»

11.6 Konklusjon energitiltak

Det anbefales at verdier fra passivhusstandardene anvendes for energipostene belysning og teknisk utstyr ved beregning av energirammer for næringsbygg. Det forutsettes da behovsstyring. For kontrollberegninger bør det vurderes å åpne for bruk av reelle verdier for belysning.

Det anbefales ikke krav til spesifikk pumpeeffekt eller systemvirkningsgrad i energisystemer.

Beregningsmetodikken bør tilpasses slik at det gis incentiver til design av energieffektive løsninger for tappevann.

Det anbefales at man innfører et incentiv til arealeffektivitet basert på korreksjon i forhold til primærareal.

12. VALG AV BEREKNINGSPUNKT

I kapittel 5.1 diskuteres funksjonsbaserte og preskriptive kravsmodeller, der sistnevnte innebærer størst grad av detaljstyring. Anvendelse av krav i form av energirammer må anses å være en funksjonsbasert tilnærming. Imidlertid vil grad av detaljstyring/fleksibilitet avhenge av hvilke deler av bygget som faller innenfor en definert systemgrense for beregning av energibruken. En vid systemgrense vil omfatte flere tiltak og således være mer fleksibel/funksjonsbasert.

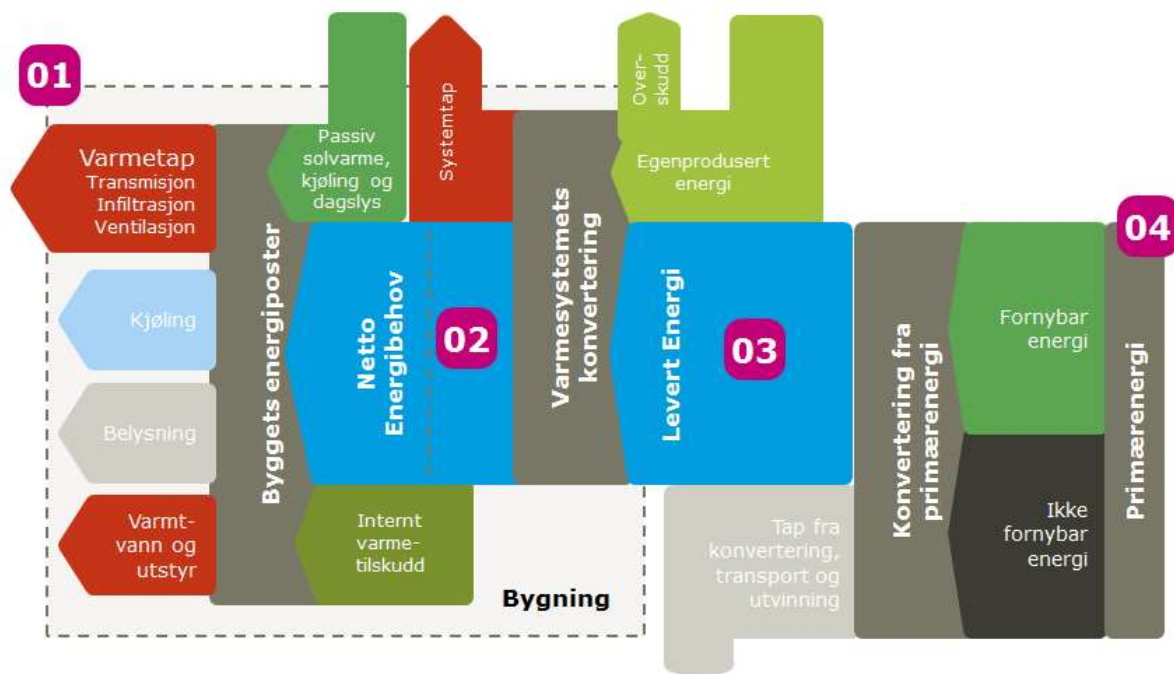
12.1 Ulike beregningspunkt

Den mest intuitive systemgrensen omfatter hele bygget (eventuelt med dets tomt). All energi levert til bygget, slik som elektrisitet levert ved det fysiske målepunktet, vil da inngå. Ved beregning av energibehovet for et bygg som kun anvender el, skal man ideelt sett få et resultat som stemmer overens med målt energibruk i leveringspunktet. Det beregnede tallet omtales gjerne som beregnet levert energi, og i dette tilfellet har man da anvendt levert energi som beregningspunkt. Ved bruk av dette beregningspunktet ligger eventuell energiproduksjon i bygget innenfor systemgrensen. Ulike beregningspunkter er illustrert i Figur 12.1.

I dagens energikrav i TEK10 er systemgrensen for energirammene satt slik at energiproduksjon i bygget faller utenfor systemgrensen, mens bygningskroppen og øvrige tekniske systemer faller innenfor. Beregningspunktet som anvendes omtales som netto energibehov.

Det anvendes imidlertid også flere beregningspunkter i TEK. Ved bruk av tiltaksmetoden kan varmetapstall anvendes som beregningspunkt dersom brukeren ønsker det. De beregningspunktene som diskuteres i denne utredningen er:

- Varmetapstall
- Netto energibehov
- Levert energi
- Primærenergi



Figur 12.1 Illustrasjon av ulike beregningspunkter

Netto energibehov oppfattes som et robust beregningspunkt med tanke på å ivareta byggets grunnleggende kvaliteter når det gjelder varmetap. Dagens anvendelse av netto energibehov som beregningspunkt i TEK har allikevel en del utfordringer. Videre er beregningspunktet en sentral

forskjell mellom TEK og energimerkeordningen, der sistnevnte bygger på levert energi. Samtidig stiller det reviderte bygningsenergidirektivet krav til at det skal etableres metodikk nasjonalt for beregning av bruk av primærenergi.

Utdrag fra revidert Bygningsenergidirektiv (2010/31/EU) [40]

Article 3: Adoption of a methodology for calculating the energy performance of buildings

Member States shall apply a methodology for calculating the energy performance of buildings in accordance with the common general framework set out in Annex I.

This methodology shall be adopted at national or regional level.

Annex I: Common general framework for the calculation of energy performance in buildings.

(...) The energy performance of a building shall be determined on the basis of the calculated or actual annual energy that is consumed in order to meet the different needs associated with its typical use and shall reflect the heating energy needs and cooling energy needs (energy needed to avoid overheating) to maintain the envisaged temperature conditions of the building, and domestic hot water needs. (...)

Ved en endring i energikravene i TEK er det derfor naturlig å gjøre en vurdering av om dagens anvendelse av beregningspunkter er hensiktsmessig. Fordeler og ulemper ved ulike beregningspunkter er beskrevet overordnet i Tabell 12.1.

Tabell 12.1: Fordeler og ulemper ved ulike beregningspunkt

BEREGNINGSPUNKT	ENHET	FORDELER	ULEMPER
Komponentkrav	U-verdier, lekkasjetall, virkningsgrad er, etc.	Sikrer at energieffektive komponenter brukes. Benyttes i dagens forskrifter og i NS 3700/01. Enkelt å forstå. Kan stimulere produktutvikling.	Kan hindre utvikling og bruk av alternative løsninger. Kan medføre sub-optimalisering.
Varmetapstall	$W/(m^2 \cdot K)$	Sikrer at en kombinasjon av energieffektive komponenter brukes. Benyttes i dagens forskrifter og i NS 3700/01. Enkelt å beregne. Ikke klimaavhengig.	Teoretisk tall, kan være litt vanskelig å forstå.
Netto energibehov	$kWh/(m^2 \cdot \text{år})$	Dagens energirammer omfatter krav til netto energibehov. Setter fokus på energieffektiv utforming av bygget.	Tar ikke hensyn til energiforsyning og gir ikke incentiv til tekniske systemer med høy virkningsgrad. Teoretisk beregning som ikke nødvendigvis reflekterer behovet for kjøpt energi.
Levert energi	$kWh/(m^2 \cdot \text{år})$	Setter fokus på det totale behovet for tilført energi til eiendommen. Tar hensyn til virkningsgrad for energiforsyningssystem og utnyttelse av fornybare energikilder på eiendommen.	Tar ikke hensyn til fornybare energikilder/energivarer tilført fra utenfor eiendommen.
Primærenergi	$kWh/(m^2 \cdot \text{år})$	Primærenergi reflekterer den totale energibruken ved utnyttelse av energiråvarer, da det tas hensyn til virkningsgrad/tap i hele verdikjeden.	Primærenergi er så langt et lite kjent begrep i Norge, og det er ikke utviklet noen omforente primærenergifaktorer. Det er spesielt vanskelig å finne en representativ primærenergifaktor for nett-el, da dette avhenger av hvordan man betrakter

			samvirket med og utviklingen av el-markedet i Europa. Primærenergi reflekterer ikke nødvendigvis miljøbelastningen ved bruk av ulike energiråvarer.
CO₂ ekvivalenter	kg CO ₂ /(m ² ·år)	Reflekterer det totale klimagassutslippet ved bruk av ulike energiråvarer. Gir en direkte link til målet om reduksjon av klimagassutslipp. ZEB-senteret utvikler CO ₂ -faktorer for ulike energivarer.	Tilsvarende som for primærenergi, så er det ikke utviklet omforente CO ₂ -faktorer for ulike energiråvarer, og det knytter seg tilsvarende utfordringer til hvordan man skal betrakte nett-el og bioenergi.
Beregnet energibruk under reelle betingelser	kWh/(m ² ·år) kWh/(person-brukstimer·år)	Gir direkte og effektivt insentiv til reduksjon av total energibruk og effektiv drift.	Vanskelig å beregne/kontrollere i prosjekteringsfasen. Omfattende å kontrollere/normalisere fordi man også må måle tilstedeværelse og identifisere spesielle prosesser
Effektbehov	W/m ²	Setter fokus på å redusere investeringskostnader. Setter fokus på å redusere belastningen på nettet.	Krever gode, lokale værdata. Krever utarbeidelse av beregningsstandard.

Beregningspunktet for energirammer i TEK10 stimulerer i noen grad til anvendelse av passive løsninger, noe som på mange måter er en robust tilnærming. Imidlertid er det en rekke tiltak som ikke utløses gjennom dagens rammekrav til netto energibehov. Det gis eksempelvis ingen insentiver til bedre energiforsyningsløsninger enn minstekravet, og tiltak knyttet til varmt tappevann og belysning omfattes ikke. Det sistnevnte er primært knyttet til beregningsmetodikk og omtales nærmere i kapittel 11.3. Systemgrensen for dette beregningspunktet kan også oppleves som noe kunstig ettersom det er stor grad av sammenheng mellom energiforsyningsløsning og ventilasjon, mens systemgrensen skiller disse.

Ved å flytte beregningspunktet til levert energi ville man inkludere energiforsyning internt i bygget, og blant annet gi insentiver til høye virknings- og dekningsgrader. I dag er det ikke insentiver til mer hensiktsmessige energiløsninger enn kravet. Dersom kravene skal settes på passivhusnivå virker det lite hensiktsmessig om ikke gode energiforsyningsløsninger skal kunne tilgodeses med tanke på å oppfylle kravene.

Et problem knyttet til dette beregningspunktet er at bioenergi og energiforsyningsløsninger på utsiden av systemgrensen vil diskrimineres i forhold til lokale varmepumper. Det sistnevnte kan illustreres ved at en varmepumpe inne i bygget vil favoriseres framfor en mer effektiv varmepumpe i et fjernvarmesystem. Bioenergiløsninger er ønskede løsninger, men har lav virkningsgrad sammenlignet med varmepumper. Vektingsfaktorer er en mulighet for å kompensere for slike effekter. Det finnes også andre mulige løsninger for å ivareta dette.

Primærenergifaktorer vil kunne være en aktuell form for vekting av levert energi. Som berørt stiller det reviderte bygningsenergidirektivet krav til at det etableres metodikk for å beregne bruk av primærenergi. Oppdragsteamets tolkning er imidlertid at dette ikke er førende for hvilke funksjonskrav eller ytelsesindikatorer som anvendes i byggeforskriftene. For norske forhold er det ikke etablert primærenergifaktorer, og det faller ikke innenfor denne utredningens mandat å utarbeide slike. Det er derfor utredet muligheter for å utvikle energikrav uten bruk av primærenergifaktorer.

Endring av beregningspunkt til levert energi vil åpne for mulighet til omfordeling mellom flere tiltak. Dette innebærer i utgangspunkt høyere fleksibilitet, noe som vil øke sannsynligheten for at den enkelte byggeier finner de meste kostnadseffektive løsningene for å innrette energibruken i bygget i henholdt til kravet. Slik sett vil en endring i retning av en mer funksjonsbasert forskrift kunne medføre økt kostnadseffektivitet dersom målet er reduksjon av samlet energibruk målt som

levert energi. Økt kostnadseffektivitet innebærer også at et slikt krav bør kunne settes noe strammere enn ved en kravsmoell med lavere grad av fleksibilitet.

Det antas gjerne at levert energi er en god indikator på miljøvirkninger og kostnader knyttet til byggets energibruk. Dette vil imidlertid ikke alltid være tilfelle. Kostnader og miljøvirkninger av energibruk vil i stor grad være avhengig av når energi brukes, og selvfølgelig hvilken form for energi som brukes. Bruk av el kan være svært fornuftig når prisen er lav fordi tilgangen på fornybar energi fra vind og vann er god, mens det vil være mindre gunstig når kraftpris og marginaltap er høye, belastningen på kraftnettet er stor og/eller el må importeres eller produseres fra fossile energikilder. Samfunnsøkonomiske og privatøkonomiske kostnader knyttet til energibruk er derfor avhengig av når bruken finner sted. Tallet for levert energi gjenspeiler ikke egenskaper som reguleringsevne på sluttbrukersiden gjennom energifleksibilitet og akkumuleringsevne i energiforsyningssystemene. Dette er egenskaper som er av stor betydning for forsyningssikkerhet, miljø og økonomi.

En ulempe ved å tillate omfordeling mellom flere tiltak enn i dag er at de ulike tiltakene ikke nødvendigvis er likeverdige hverken med hensyn på robusthet eller i lys av de overordnede målsettingene for energikravene. Dette innebærer eksempelvis at løsninger som innebærer lave investeringer, men har kort levetid eller stiller økte krav til vedlikehold, kan erstatte løsninger med lengre levetid og større sikkerhet for energieresultatet. Minstekrav vil imidlertid sikre en viss robusthet.

Dersom det gis økt fleksibilitet gjennom å implementere levert energi som beregningspunkt i energikravene vil man måtte forutsette at markeds mekanismer og andre virkemidler vil bidra til å stimulere til valg av de samfunnsmessig beste løsningene. Flere av disse mekanismene og virkemidlene er i dag i større grad innrettet mot reduksjon av levert energi snarere enn mot fornuftig bruk av energi. Dette gjelder blant annet energimerkeordningen.

Både overordnede mål og forventningene til byggsektorens og energisystemets utvikling taler for et spesielt fokus på reduksjon av maksimal samtidig effekt for de formål der dette er mulig. Det vil være mest lønnsomt å redusere energibruk i perioder der elprisene og marginaltapene er høyest. Dette innebærer eksempelvis at energireduksjoner gjennom robuste alternative eller fleksible oppvarmingssystemer som gir sitt maksimale bidrag når belastningen på kraftnettet er størst, ikke bør sidestilles med generell energireduksjon eller lokal energiproduksjon basert på sol eller varme fra uteluft.

Disse forholdene kan på den ene siden tale for å holde energiforsyning utenfor systemgrensen i energikravene og heller stille egne krav til energiforsyning slik det gjøres i dag. Samtidig kan innretningen av kravene, herunder vektings eller korreksjonsfaktorer for levert energi bidra til å favorisere ønskede energiforsyningsløsninger. Minstekrav, krav til varmetapstall og korreksjonsfaktorer er tiltak som er foreslått anvendt i energikravene, og som sammen med et strengt kravsnivå vil sikre en viss robusthet med hensyn til valg av løsninger. Utover dette må det forventes at andre virkemidler, som offentlig støtte og utforming av nettariffer, ivaretar insentiver til blant annet robuste oppvarmingsløsninger og sluttbrukerfleksibilitet.

12.2 Konklusjon beregningspunkt

Det er fordeler og ulemper knyttet til endring av beregningspunkt, og mye vil avhenge av hvordan kravene innrettes. Ved endring til levert energi kan noen sentrale hensyn ivaretas gjennom korreksjonsfaktorer for energivare. Det er utarbeidet forslag til korreksjonsfaktorer i kapittel 15. Dette bør imidlertid utredes nærmere. Oppdragsteamet mener det vil være riktig å kunne kreditere gode energiforsyningsløsninger med tanke på å nå passivhusnivå, noe som kan gjøres ved endring av beregningspunkt til levert energi korrigert for energivare. Dette anbefales derfor fulgt opp.

Det anbefales en endring av beregningspunkt til levert energi korrigert for energivare. Dette vil kunne medføre økt kostnadseffektivitet med tanke på å oppnå passivhusnivå gjennom at gode energiforsyningsløsninger kan anvendes for å tilfredsstille kravsnivået.

Imidlertid må dette vurderes opp mot risikoen for insentiver som er i konflikt med mål for forsyningssikkerhet og en framtidsrettet utvikling av energisystemet med økt andel ikke regulerbar fornybar energi. Minstekrav, krav til varmetapstall og korreksjonsfaktorer er tiltak som er foreslått anvendt i energikravene, og som sammen med et strengt kravsnivå vil sikre en viss robusthet med hensyn til valg av løsninger.

13. KRAV TIL ENERGIFORSYNING

I dagens TEK er det krav til tilrettelegging for annen energiforsyning enn det som i dag omtales som direktevirkende elektrisitet og fossile brenslers. For bygg under 500 m² oppvarmet BRA skal minimum 40 % av netto varmebehov kunne dekkes med slik energiforsyning. For større bygg er kravet 60 %. Det er imidlertid fritaksmuligheter for boliger.

Kravene har naturlig nok til hensikt å redusere bruken av elektrisitet til oppvarming, og å redusere de direkte utslippene av klimagasser fra bygg. Krav av denne typen vil være mindre aktuelt dersom beregningspunktet for energirammene endres til levert energi da energiforsyning vil falle innenfor systemgrensen for beregning av energirammene. En form for minstekrav til energiforsyningssystem kan allikevel være aktuelt også for dette beregningspunktet.

Byggene som faller inn under kravene om minst 60 % dekning må i praksis dekke større deler av romoppvarmingsbehovet ved hjelp av vannbåren (eller luftbåren) varmedistribusjon. Disse systemene er en forutsetning for anvendelse av løsninger som større varmepumper, biobrensel, fjernvarme og solfangere. Slik varmedistribusjon tilfører byggene viktig fleksibilitet med tanke på mulighet for lagring av varme, å velge mellom ulike energibærere på kort sikt eller å gå over til andre energikilder på lengre sikt.

Utdrag fra revidert Bygningsenergidirektiv (2010/31/EU) [40]

Member States shall take the necessary measures to ensure that new buildings meet the minimum energy performance requirements set in accordance with Article 4.

For new buildings, Member States shall ensure that, before construction starts, the technical, environmental and economic feasibility of high-efficiency alternative systems such as those listed below, if available, is considered and taken into account:

- a) decentralised energy supply systems based on energy from renewable sources;*
- b) cogeneration;*
- c) district or block heating or cooling, particularly where it is based entirely or partially on energy from renewable sources;*
- d) heat pumps.*

Energifleksibilitet og alternativer til elektrisitet på sluttbrukersiden er en viktig egenskap for kraftsystemet. Det er sannsynlig at det vil være store gevinster knyttet til å velge fleksible varme- og kjøleløsninger med tanke på framtidens økte andel ikke regulerbar fornybar energi i kraftsystemet, samt også med tanke på å introdusere andre varmeløsninger senere i byggets levetid, eksempelvis nye termiske lagre, solfangere og småskala kraft/varme.

De privatøkonomiske fordelene ved sluttbrukerfleksibilitet kan være vanskelig å dokumentere og vil kanskje ikke være synlige for den enkelte forbruker, blant annet med tanke på at nytteverdien sannsynligvis vil være høyere på sikt enn i dag. Det er derfor naturlig å videreføre krav til energiforsyning også fra 2015. Det er imidlertid grunn til å se nærmere på kravenes innretning.

En bekymring som uttrykkes fra flere hold er hvorvidt mer energieffektive bygg i kombinasjon med krav til vannbåren varme vil være unødig dyrt. Merkostnadene ved vannbåren varmedistribusjon kan reduseres betydelig for mer energieffektive bygg. Spesielt forutsettes overgangen til mer energieffektive vinduer å ha en positiv effekt fordi dette kan redusere kaldradspromatikk og således redusere behovet for varmekilder under vinduer. Dette vil også redusere rørnettets lengde i et vannbårent varmeanlegg.

Tabell 13.1 Kostnader for el.varme og vannbåren varme (Faktastudien – Enova/Cowi) tall i NOK/m² BRA.

		El. Varme		VBV	
		TEK10	Passivhus	TEK10	Passivhus
Enebolig		160-196	102-124	447-541	351-423
Boligblokk		140-172	101-123	335-406	261-316
Barnehage		186-228	147-179	466-566	453-550
Kontor 3600 m²	Fullfleks	107-131	77-95	280-339	236-286
	Forenklet		48-58		141-170
Kontor 7200 m²		98-120	72-88	225-267	201-244

Merkostnaden ved etablering av fleksible distribusjonssystemer vil derfor også reduseres når energibehovet reduseres, spesielt hvis man benytter en forenklet anleggsutforming.

Distribusjonssystemet må imidlertid også ses i sammenheng med de sentrale enhetene for energiproduksjon som er aktuelle i slike systemer. Disse kan legge til rette for lavere marginale energikostnader ettersom de muliggjør utnyttelse av omgivelsesvarme eller bruk av energivarer med lavere pris enn elektrisitet. Den privatøkonomiske lønnsomheten for sentralvarmeanlegg, slik som varmepumper og kjeler for biomasse, kan reduseres for mindre bygg når energibruken går ned. Økonomien i slike anlegg er svært følsom for faktorer som energivolum, brukstid, driftsbetingelser og levetid. Det vil kunne oppnås bedre driftsbetingelser samt høyere brukstid og levetid i mer energieffektive bygg, men energivolum er erfaringsmessig også en avgjørende faktor for hvor attraktivt det er å investere i slike løsninger.

13.1 Dekningsgrad og innslagspunkt for kravene

Kravet om 60 % dekningsgrad for påkrevde energiforsyningsløsninger synes fornuftig fordi luft-vann varmepumper alene vil kunne tilfredsstille kravet. Dette er svært ofte en kostnadseffektiv løsning for redusert energibruk.

Kravet om 40 % for bygninger under 500 m² oppvarmet BRA bør vurderes nærmere ved en innstramning i forskriften. For bygg som er mer energieffektive enn TEK10 standard vil eksempelvis luft-til-luft varmepumpe i mange tilfeller ikke være tilstrekkelig for å oppfylle et slikt krav, blant annet fordi tappevann vil utgjøre en økende andel av varmebehovet. En solfangerløsning som dekker 50 % av tappevannsbehovet kan dekke ca. 30 % av netto varmebehov for et energieffektivt bygg, og være privatøkonomisk lønnsomt under visse forutsetninger (se avsnitt 14.3). Ildsted vil kunne dekke anslagsvis 25 % av netto varmebehov. Når det gjelder ildsted antas det at det vil komme ny produkter på markedet, både med tanke på ovner og brensel, tilpasset bygg med lavere behov for romoppvarming.

Det foreslås å redusere kravet til 25 % av netto varmebehov og det må da forutsettes at dette vil kunne dekkes av solfanger til tappevannsoppvarming, ildsted og luft/luft-varmepumpe. Det kan også vurderes om andre løsninger skal tillates, slik som ildsted for flytende biobrensel. Det må beskrives i veiledning til TEK hvilke løsninger som forutsettes å oppfylle kravet.

For å unngå uheldige insentiver ved et betydelig strengere krav med arealbasert innslagspunkt, foreslås det at innslagspunktet for krav om 60 % energidekning knyttes til netto varmebehov i stedet for BRA. Dette vil ikke gi de samme uheldige insentiver som et arealbasert innslagspunkt. Innslagspunktet foreslås satt ved et netto varmebehov på 30 000 kWh for å omfatte omtrent de samme bygg som tidligere.

Ettersom ildsted kan anvendes for å dekke energiforsyningskravet på 25 % foreslås det at mulighet til fritak av lønnsomhetshensyn bortfaller. Dette kan medføre strengere krav for en del store boligbygg som teoretisk sett kunne ha fått fritak. For å sikre fortsatt effekt av

energiforsyningskravene for mindre boligbygg foreslås at innslagspunktet for fritak for boligbygg med lavt varmebehov reduseres til 8000 kWh.

For større bygg vil et lavere krav til dekningsgrad enn i dag kunne åpne for helt andre og antatt mindre robuste løsninger enn dagens krav. Dette vil kunne gi betydelig dårligere samlet effekt av de foreslåtte innstramningene i energikravene. Ettersom disse innstramningene forutsettes å være lønnsomme sammenlignet med TEK10 når energiforsyningskravet er tatt i betraktning anbefales ikke lavere krav til dekningsgrad.

Cowis utredning for Enova [41] anbefaler en heving av kravet for større bygg fra 60 % til 70 %. Dette fordi det er enkelt å oppnå slik energidekning. Dette understøttes også bl.a. av SINTEF/Multiconsult (2012) [7] som viser til at det er lettere å oppnå høy dekningsgrad i energieffektive bygg. 70 % energidekning oppfattes imidlertid å være i det øvre området av anbefalt dimensjonering for en luft/vann-varmepumpe. Det anbefales derfor ikke et strengere krav. Et strengere krav synes også å ha liten praktisk betydning for valg av løsninger.

For større anlegg er det ofte lønnsomt å investere i løsninger med betydelig høyere energidekning enn 60 %, men da primært med offentlig støtte. Vann-vann varmepumper og bioenergiløsninger medfører vanligvis energidekning på 80 % eller mer av varmebehovet. Slike løsninger (sammen med fjernvarme) vil i større grad enn luft-vann varmepumper bidra til å oppfylle overordnede målsettinger knyttet til forsyningssikkerhet og reduksjon av energibruk i vinterhalvåret.

Et økt krav, for eksempel om 80 % energidekning, vil imidlertid kunne medføre betydelige merkostnader over levetiden for en del bygg. Det anbefales derfor at insentivene til disse løsningene fortsatt ivaretas gjennom muligheten for offentlig støtte fra Enova og Innovasjon Norges bioenergiprogram.

Forslagene til innstramning i kravsnivå for alternativ A (Avsnitt 14.5) forutsettes å være privatøkonomisk lønnsomme når energiforsyningskravene er medregnet. Alternativ A forutsettes derfor å være privatøkonomisk lønnsomt i 2015 med de forslagene til justeringer av energiforsyningskravene som er presentert ovenfor.

13.2 Fritaksmuligheter for boliger

Per i dag eksisterer det fritaksmuligheter fra energiforsyningskrav for boliger. Boligbygning med et varmebehov under 15 000 kWh er unntatt. Innslagspunktet er diskutert i avsnittet ovenfor. Et argument for fritaksmuligheter er at energifleksibilitet i boliger også kan ivaretas på andre måter, slik som gjennom ildsted for biobrensel. Framtidig utrulling av AMS, med eventuell mulighet for informasjon til sluttbrukeren, i kombinasjon med bl.a. konvensjonelle varmtvannstanker eller akkumuleringstanker tilknyttet solfangeranlegg/bio/varmepumpe, samt elbiler, er også interessante former for sluttbrukerfleksibilitet i husholdningssektoren. Vedfyring har historisk sett representert en viktig form for fleksibilitet i energisystemet. Et visst insentiv til ildsteder bør videreføres. Dette kan ivaretas som beskrevet i foregående avsnitt (Avsnitt 13.1).

I dag er boenheter under 50 m² BRA og boliger med «passivhusnivå» fritatt fra kravet om ildsted og skorstein. «Passivhusnivå» forutsettes i denne sammenhengen å innebære at boligbygget tilfredsstiller passivhusstandarden. Dette innebærer at boligbygget er underlagt energiforsyningskravet i NS 3700. I nye energikrav antas formuleringen om passivhus å ikke nødvendigvis være relevant. Fritak for små boenheter bør videreføres.

13.3 Næringsbygg

For næringsbygg generelt synes det ikke å finnes gode alternativer for energifleksibilitet som er uavhengig av fleksible distribusjonssystemer. Å innføre fritaksmuligheter fra energiforsyningskrav for næringsbygg vil derfor i større grad bidra til en lock-in situasjon som ikke er ønskelig. Det vil si at byggene vil kunne bli låst til anvendelse av elektrisitet til oppvarming på lang sikt framfor å ha anledning til å velge. Ensidig bruk av el, og manglende mulighet for å bytte energikilde, har

historisk sett vært ansett som en utfordring for den norske bygningsmassen, og dagens energiforsyningskrav henger i stor grad sammen med ønsket om å endre dette. Forslaget til innstramning i energiltakene for næringsbygg i denne utredningen er basert på privatøkonomiske lønnsomhetsvurderinger som inkluderer energiforsyningskravet. Det anbefales derfor å videreføre disse bestemmelsene. Dekningsgrad og innslagspunkt diskuteres nedenfor.

13.4 Fornybare spisslastløsninger

Høyere energidekning kan også oppnås ved å velge fornybare spisslastløsninger og/eller termiske lagre som for eksempel akkumulatortanker. Slike løsninger innebærer som regel små ekstrakostnader. Fornybare spisslastløsninger som bioolje gir noen driftsutfordringer sammenlignet med konvensjonelle løsninger basert på fossil gass og olje. Det foreslås ikke at det stilles krav til slike løsninger.

13.5 El som spisslast

I Enovas rapport om hensiktsmessige varmeløsninger [41] er det anbefalt å vurdere forbud mot el som spisslast for bygg der det eksisterer gode alternativer. Oppdragsteamet er enig i bakgrunnen for forslaget. Imidlertid vil det være uhensiktsmessig med et forbud som også innebærer at el ikke kan anvendes sommerstid, eller ellers når el kan være billig, noe som kan være svært hensiktsmessig. Det bør derfor være anledning til å installere elkjeler.

En annen løsning kan være å stille krav til en brenselsfyrt reserveløsning for bygg over en viss størrelse, eller med et energibehov til varmeformål over en viss grense. Et slikt krav vil kunne kompensere for den reduserte fleksibiliteten i kjelmarkedet som er en følge av utfasing av oljefyring og redusert anledning til å tilby uprioriterte nettariffer.

De byggene dette gjelder, der andre spisslastløsninger er realistisk per i dag, vil ofte være større bygg med timesmåling og effektmåling, noe som innebærer at de også har gode insentiver til å velge andre løsninger for effektreserve enn el. Det anbefales derfor ingen krav til dette i TEK.

13.6 Fjernvarme

Det er i dag krav knyttet til at bygg som ligger innenfor fjernvarmeområde der kommunen har fastsatt tilknytningsplikt skal tilrettelegges for bruk av fjernvarme til romoppvarming, ventilasjon og varmtvann. I konsesjonsområder for fjernvarme avklares samfunnsøkonomien i løsningene gjennom konsesjonsprosessen. Dette kravet bør derfor videreføres.

Kravet om at også ventilasjonsvarme skal tilrettelegges for fjernvarme kan oppleves som kostnadmessig utfordrende ved etablering av mindre anlegg med svært effektiv varmegjenvinning og lite behov for tilleggsvarme på ventilasjonsluften (bygg med egne luftbehandlingsaggregater per boenhet).

Enkle overslag for bygg med passivhusstandard antyder at ventilasjonsvarme vil kunne representere rundt 8 % av varmebehovet for en typisk boligblokk og 4 % for et typisk småhus. For sentrale anlegg i boligblokker kan dette utgjøre en vesentlig energimengde. For individuelle anlegg kan det i noen tilfeller være snakk om svært begrenset energimengde. Samtidig vil det for en boligblokk samlet sett kunne være snakk om både en stor energimengde og en stor del av det maksimale samtidige effektbehovet til bygget. Det sistnevnte er vel så interessant i denne sammenhengen.

Det er også mulig at dekning av en større del av oppvarmingsbehovet via ventilasjonsluft også kan være en mulig løsning i energieffektive bygg. Bestemmelsen om at varme til ventilasjon skal kunne dekkes av fjernvarme bør derfor videreføres. Det kan være mulig å moderere kravet, men konsekvensene av dette er det ikke rom for å utrede nærmere her. Det vil også medføre en økt kompleksitet i forskriften.

Kommunene vil kunne velge å gi dispensasjon fra bestemmelsen. Det vil imidlertid kunne være ryddig med en felles praksis for dette for å sikre at bestemmelsen fravikes kun når dette er hensiktsmessig.

Forholdet bør derfor primært ses i sammenheng med kommunenes anledning til å vedta helt eller delvis fritak fra tilknytningsplikt i henhold til plan- og bygningsloven § 25-5 dersom det foreligger en miljømessig bedre løsning. Det er en stor utfordring å definere hvilke løsninger som vil være miljømessig bedre, og på dette området er det opplagt behov for både utredning, veiledning og felles praksis.

Det anbefales at et krav til tilrettelegging for at hvitevarers behov for varmt vann skal kunne dekkes med fjernvarme vurderes.

13.7 Fornybar produksjon på tomten eller i nærheten

I bygningsenergidirektivets definisjon av nesten nullenergibygget er det angitt at en vesentlig andel av energibehovet skal dekkes av energi fra fornybare kilder, herunder fornybar produksjon på tomten eller i nærheten. Det sistnevnte oppfattes ikke som et krav, men som en henstilling til at slik energiproduksjon bør ha fokus.

Dagens ordlyd i energiforsyningskravene i TEK, om annet enn fossil energi og direktevirkende elektrisitet vil i praksis ha samme betydning dersom det forutsettes at fjernvarme omfattes av direktivets formulering. Man kan derfor velge å anvende direktivets formulering i energiforsyningskravene.

13.8 Eksport av energi

Ved bruk av levert energi som beregningspunkt ville man kunne kreditere eksport av energi. Det bør vurderes nøye hvordan slik eksport eventuelt skal krediteres. Forskriftskravene bør i utgangspunktet ikke stimulere til overdimensjonering av anleggene av eksportensyn, eksempelvis gjennom mulighet for omfordeling mot andre tiltak på bygget. Snarere bør det gis insentiv til optimal dimensjonering for å dekke eget behov. Markedspriser og støtteordninger som Enova eller elsertifikater bør derfor utgjøre de primære insentivene for slike løsninger.

13.9 Konklusjon energiforsyning

Ved anvendelse av netto energibehov som beregningspunkt for energirammene anbefales det at energiforsyningskrav opprettholdes. Det anbefales at innslagspunkt for krav til dekningsgrad baseres på netto varmebehov. Det anbefales at kravet om 60 % dekningsgrad inntreffer ved et netto varmebehov på 30 000 kWh. For bygg med netto varmebehov under dette anbefales at kravet til dekningsgrad reduseres til 25 %, og det bør legges til grunn at bl.a. ildsted eller solfanger til tappevann kan dekke dette.

14. ENERGIRAMMER

Energirammemetoden er beskrevet overordnet i kapittel 6.2. Energirammene er den mest sentrale delen av energikravene med tanke på å definere kravsnivået. Det er beregnet energirammer for to alternative beregningspunkter, henholdsvis netto energibehov og levert energi (korrigert). Dagens TEK10 anvender netto energibehov, og da med egne krav til energiforsyning.

Beregningspunktene er beskrevet i kapittel 0. Den viktigste forskjellen mellom de to alternativene er at det sistnevnte også vil omfatte energiforsyningssystemet.

14.1 Ambisjonsnivå for energirammer

Det er primært to føringer som er lagt til grunn for kravsnivået:

1. Et mål om passivhusnivå
2. Krav til kostnadsoptimalitet

Rent intuitivt synes det naturlig å legge ett beregningspunkt, fortrinnsvis beregnet levert energi til bygget til grunn for å definere kravsnivået. Passivhus er i dag et innarbeidet begrep som er knyttet opp mot de etablerte standardene for passivhus i Norge. Man har derfor valgt å forholde seg til det nivået for energibruk som disse standardene legger opp til. Passivhusnivå er valgt definert som følger:

«Passivhusnivå er gitt som beregnet levert energi for et referansebygg som tilsvarer et passivhus i henhold til NS 3700 og NS 3701. Beregnet levert energi korrigeres ved bruk av annen energiforsyning enn elektrisitet.»

Et slikt nivå betyr ikke at kravene til netto energibehov til oppvarming og kjøling, samt minstekrav til varmetaptstall, komponenter og systemer gitt i NS 3700 og NS 3701 må oppfylles. Et bygg med passivhusnivå etter denne definisjonen trenger derfor ikke å være i tråd med standarden.

Etter oppdragsteamets syn må også andre aspekter enn levert energi tas med i betraktningen i en forskrift. Noen hensyn kan ivaretas med korreksjonsfaktorer for energikilde, men det må også gjøres skjønnsmessige vurderinger av et kravsnivå for å sikre rom for fornuftige og framtidsrettede energiløsninger.

Slik oppdragsteamet tolker bygningsenergidirektivets krav om kostnadsoptimalitet (se kapittel 3.4), er hensikten bak dette at nasjonale energikrav ikke skal medføre betydelig lavere energieffektivitet enn det som er kostnadsoptimalt ut fra en samfunnsøkonomisk og/eller en privatøkonomisk betraktning. Derav kravet om at forskriftsnivået ikke skal tillate mer enn 15 % høyere energibruk enn kostnadsoptimalt nivå.

Dette innebærer etter oppdragsteamets mening at et kravsnivå som er strengere enn det kostnadsoptimale nivået også vil være i samsvar med direktivet.

Det er her vurdert i hvilken grad ytterligere effektivisering vil være kostnadseffektivt. Det er også gjort en overordnet vurdering av hvilken innstramning i kravsnivå som vil være mest kostnadseffektivt sammenlignet med TEK10. Dette er gjort på basis av vurderinger av lønnsomhet på tiltaksnivå. Imidlertid er det gjort skjønnsmessige vurderinger som også ligger til grunn for anbefalinger om tiltak, ettersom det er svært utfordrende å prissette alle de overordnede mål og føringer for energikravene, samt vurdere hva som vil være lønnsomt i framtiden når disse kravene skal gjelde.

14.2 Kostnadseffektivitet for passivhus

Det er gjort en lønnsomhetsanalyse av å velge passivhusstandard i henhold til standardene framfor TEK10 (se vedlegg B). Merknadene er noe usikre, men man har her valgt å forholde seg til kostnadene som er angitt i [7]. Det er imidlertid også sett til erfaringstall fra Enova som ligger noe høyere, men som må forutsettes å være relativt usikre. Analysen antyder at passivhusstandard kan være lønnsomt for kontorbygg. På basis av dette forutsettes det at også passivhusnivå slik det er definert i ovenfor kan være lønnsomt.

Lønnsomheten er imidlertid svært klimafølsom, og et så strengt kravsnivå må følges av klimakorreksjon av kravene slik som i passivhusstandarden.

For småhus synes det å være lite lønnsomt å velge passivhusstandard dersom det innebærer at boligen også må ha vannbåren varme. Det er derfor gjort en egen analyse for småhus (avsnitt 14.3) for å undersøke om passivhusnivå kan oppnås med en tiltakspakke som er lønnsom.

14.3 Tiltak for å nå passivhusnivå for småhus

For å undersøke hvordan man på en kostnadseffektiv måte kan oppnå tilnærmet passivhusnivå for et småhus er det tatt utgangspunkt i en enebolig med et oppvarmet BRA på 175 m², lokalisert i Oslo, se figur 1. Referansebygget tilfredsstiller i utgangspunktet TEK10 krav. Det forutsettes at boligen har pipe og lukket ildsted iht. kravet i TEK10, og at vedfyring dekker 25 % av romoppvarmingsbehovet.

Man har valgt de antatt mest kostnadseffektive tiltakene for å redusere energibehovet ned mot passivhusnivå (se vedlegg C).



Figur 14.1 Mesterhus modell MIA

Beregningene viser man at innenfor en ramme på 75-80 kWh/(m²år) vektet levert energi, kan finne noen kombinasjoner av energieffektiviseringstiltak og energiforsyningsløsninger som gir privatøkonomisk lønnsomhet i forhold til TEK10 nivå for denne boligen plassert i Oslo-klima.

I lønnsomhetsberegningene er det ikke tatt hensyn til reduserte installasjonskostnader grunnet redusert effektbehov til oppvarming. Det er heller ikke tatt hensyn til skattefordeler. Disse faktorene vil øke lønnsomheten. På den andre siden er det ikke tatt hensyn til evt. økte vedlikeholdskostnader forbundet med de alternative energiforsyningsløsningene.

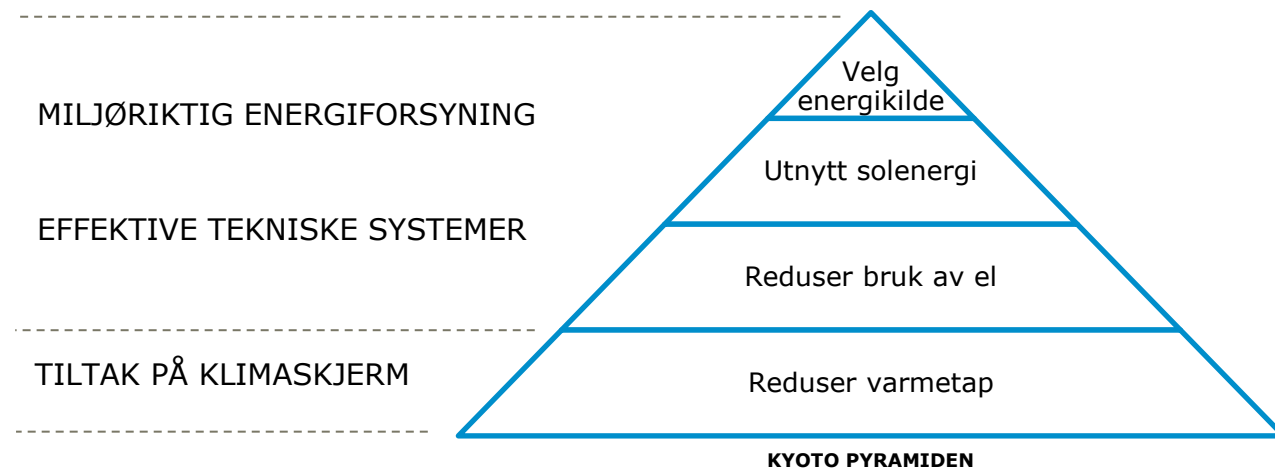
Det finnes selvfølgelig også et mangfold av andre muligheter av tiltak som ikke er beregnet ovenfor, som for eksempel avtrekksvarmepumper, isolerings- og sparetiltak på varmtvannssystem, andre bygningskonstruksjoner, hot-fill vaskemaskiner, etc. Det bør derfor være mulig å finne flere lønnsomme kombinasjonsmuligheter innenfor rammen for levert energi.

Beregningene viser også at innenfor en ramme på 75-80 kWh/(m²år) vektet levert energi er det store frihetsgrader med hensyn til større vindusareal og ventilasjon (naturlig ventilasjon), men disse alternativene vil ikke nødvendigvis gi lønnsomhet innenfor de gitte forutsetningene. Lønnsomhet vil også være avhengig av at kravsnivået korrigeres for andre bygningstyper, klima og arealer.

14.4 Prioritering mellom tiltak

Det er gjort en vurdering av lønnsomhet på tiltaksnivå. Dette for å undersøke om det finnes et mer kostnadsmessig optimalt kravsnivå enn passivhusnivået.

Den såkalte Kyoto-pyramiden blir ofte brukt som illustrasjon på prinsippene bak energieffektivisering i byggsektoren. Man starter da med å redusere varmetapet først, mens man velger energikilde til slutt.



Figur 14.2 Energikravene i TEK bærer preg av at tilnærmingen er inspirert av Kyoto-pyramiden

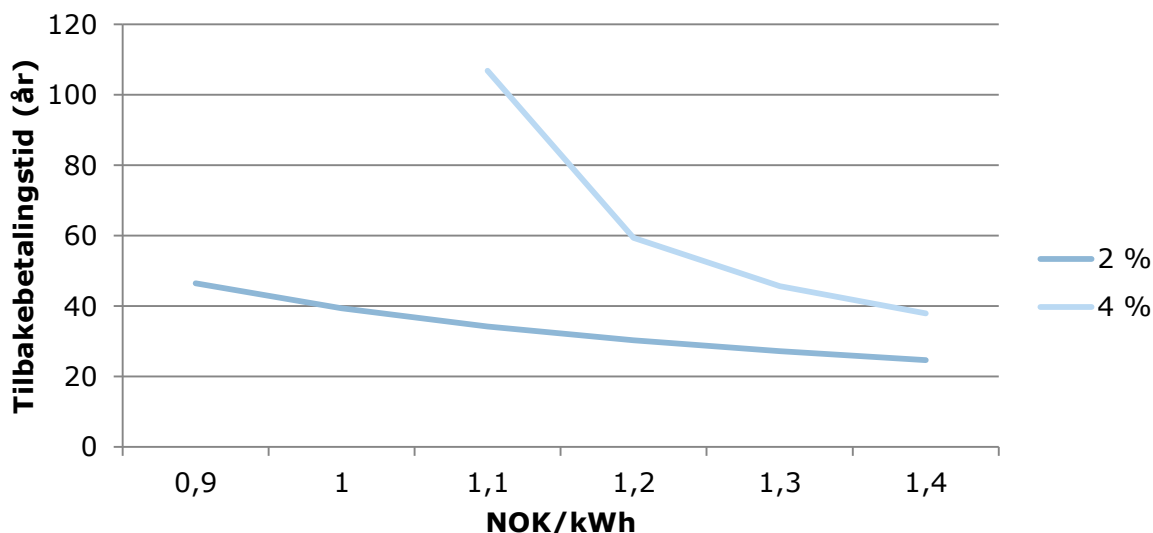
Pyramiden samsvarer i stor grad med prinsippet om at «den mest miljøvennlige energien er den man ikke bruker», som er et mye brukt argument for å fokusere på tiltak som sparer energi. Det er imidlertid slik at også det å spare energi har kostnader og miljøeffekter. Det vil derfor ikke være riktig å realisere alle opsjoner knyttet til å spare energi. Utfordringen er å finne det optimale nivået basert på en kombinasjon trinnene i pyramiden. Dette kompliseres av at ulike tiltak ikke nødvendigvis er likeverdige i lys av overordnede mål og at tiltakene kan påvirke hverandre både i positiv og negativ retning med tanke på kostnadseffektivitet.

Dagens forskrift bærer preg av Kyoto-pyramidens tilnærming til valg av tiltak. Tiltak for en robust bygningskropp er prioritert, og det er på dette området kravene er mest detaljerte. I noen grad kan man også si at det er på dette området man har gått lengst i å hente ut det lønnsomme effektiviseringspotensialet. Når det gjelder tekniske installasjoner i bygget er kravene mindre omfattende eller strenge. Det samme gjelder kravene til energiforsyning som er svært overordnede. Energiforsyning er behandlet i kapittel 0.

Resultatene av analysen i vedlegg B antyder at det for eksempelbyggene er noen få tiltak som bidrar til en stor del av energispareeffekten ved overgang til passivhusstandard. Det er også primært disse tiltakene som kan karakteriseres som lønnsomme. Eksemplene gjelder noen få referansebygg, men det er grunn til å anta at resultatene har betydelig grad av overføringsverdi.

For kontorbygget er det i hovedsak reduksjon i luftmengder gjennom behovsstyring og reduksjon av spesifikk vifteeffekt som bidrar til lønnsom effektivisering. For småhuset gjelder dette redusert lekkasjetall samt reduksjon av spesifikk vifteeffekt. Økt isolasjon synes å ha begrenset lønnsomhet.

Det er også beregnet samfunnsøkonomiske tiltakskostnader for de samme tiltakene. Det synes å være godt samsvar mellom de samfunnsøkonomiske og de privatøkonomiske betraktningene med hensyn til hvilke tiltak som er mest lønnsomme.



Figur 14.3 Eksempel på følsomhetsanalyse for diskontert tilbakebetalingstid som funksjon av energipris ved økt isolasjon (0,18-0,15 W/m²K) i yttervegg, småhus.

14.5 Mest lønnsomme tiltakspakke

På basis av analysen som er omtalt ovenfor (vedlegg B) er det gjort en overordnet vurdering av hva som kan være den mest lønnsomme tiltakspakken for innstramning i energirammene.

Det er imidlertid grunn til å påpeke at lønnsomhetsanalysen ikke nødvendigvis gir et tilstrekkelig grunnlag for vurdering av kravsnivå. Spesielt er det sentralt at kravene skal gjelde i framtiden. Merkostnader som primært er knyttet til kompetanse, byggemåte og teknologi kan reduseres. Valget av energiltak i Tabell 14.1 og vedlegg B må ses i sammenheng med dette.

Oppdragsteamet vil spesielt påpeke at merkostnaden som er benyttet for vinduer sannsynligvis er et høyt anslag. Dette er også kommentert i kilderapporten [7].

Det er også en del tekniske forhold som ikke fanges opp av simuleringene. Når det gjelder vinduer er det for eksempel slik at U-verdiene for 2-lags vinduer reduseres betydelig ved lave utetemperaturer, men U-verdien er langt mer stabil for 3-lags vinduer. Økt standard på vinduer vil kunne gi en viktig mulighet for forenkling av oppvarmingssystemet ettersom en eliminering av kaldrasproblematikk vil redusere behovet for varmekilder under vinduer. Dette er ikke hensyntatt i lønnsomhetsberegningene. En dreining mot mer energieffektive vinduer antas dessuten ikke å ha vesentlige negative samfunnsvirkninger slik som redusert arealeffektivitet.

Samlet sett antas derfor mer energieffektive vinduer å være en attraktiv løsning som det her er anbefalt å legge til grunn for beregning av nye energirammer.

Det er også valgt en marginalt redusert verdi for kuldebroer for andre bygg enn småhus.

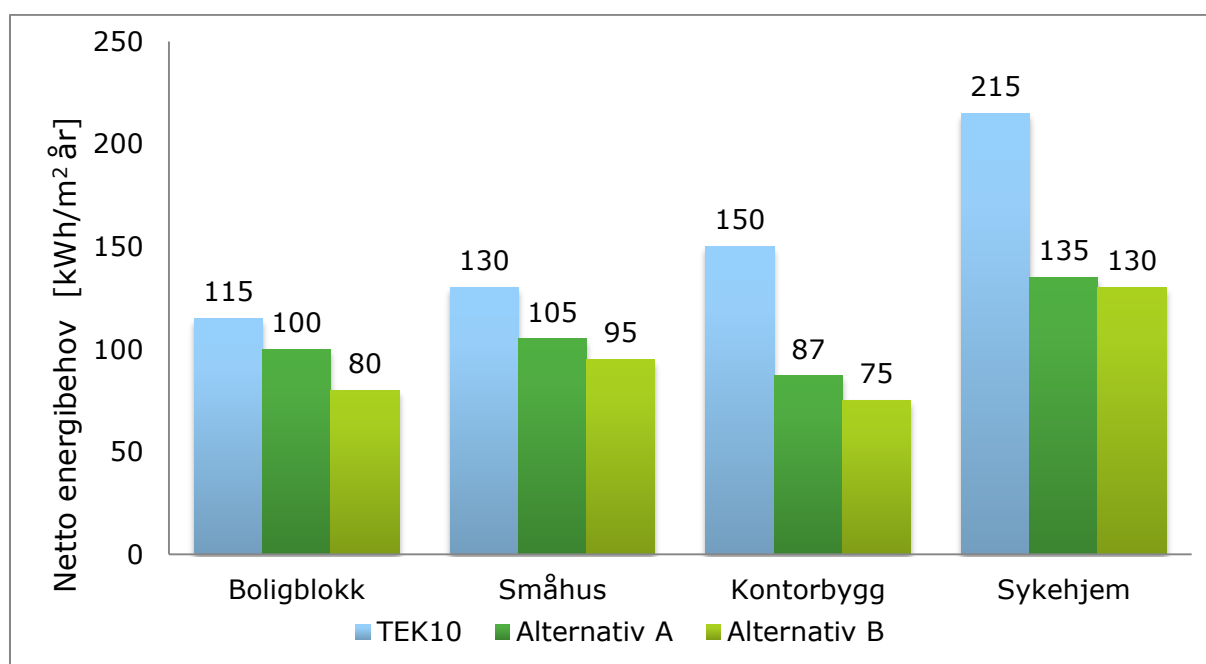
For å foreta en forenkling på linje med det som ligger til grunn for dagens TEK er det på basis av analysen forutsatt følgende verdier for en sannsynlig mest lønnsom innstramning i TEK i 2015:

Tabell 14.1 Forslag til verdier for beregning av energirammer - alternativ A.

Parameter		Valgte verdier
U-verdi [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]	Vegg	0,18
	Tak	0,13
	Gulv	0,15
	Vindu	0,8
Tetthet, n_{50} [h^{-1}]		0,6
Kuldebroverdi [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]		0,05 (0,03 for småhus)
SFP [$\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s})$]		1,5
Virkningsgrad ventilasjon		80

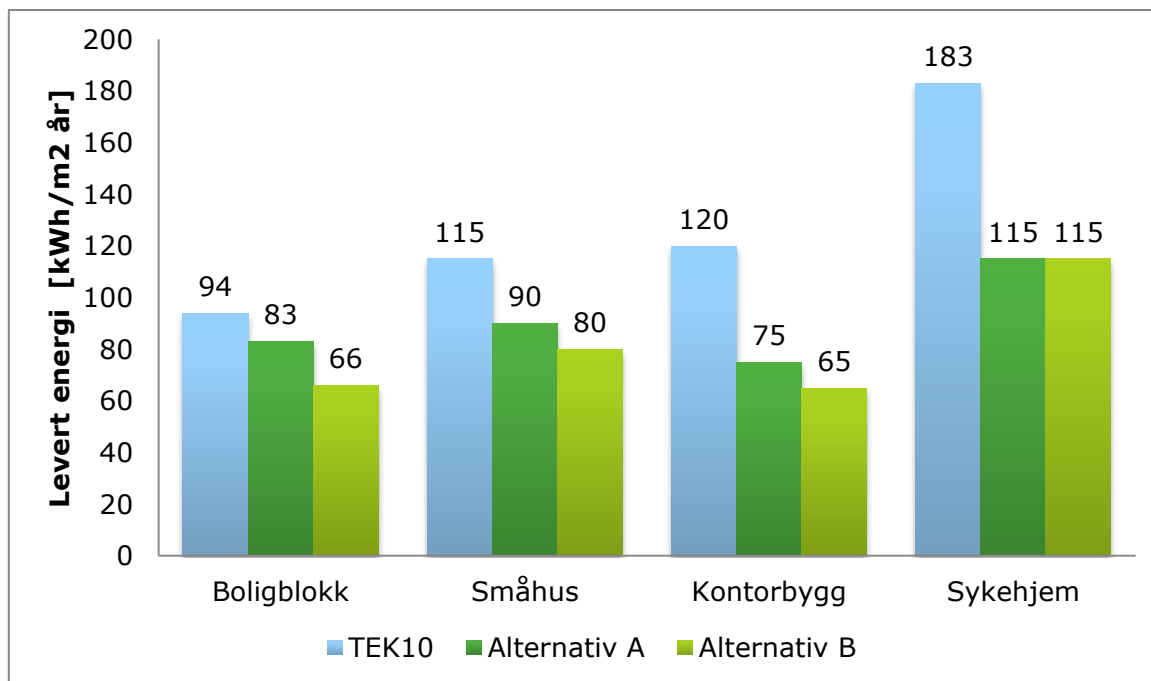
14.6 Forslag til energirammer

Det er beregnet mulige energirammer for netto energibehov både for et antatt kostnadsoptimalt nivå og tilnærmet passivhusnivå. Det understrekes at energirammer for netto energibehov på passivhusnivå kun er ment som en illustrasjon, og ikke anbefales implementert i en forskrift da dette vil gi begrenset fleksibilitet og sannsynligvis lav kostnadseffektivitet. Dersom netto energibehov skal anvendes som beregningspunkt anbefales den mest lønnsomme tiltakspakken. For krav i tråd med det foreslåtte passivhusnivået er det anbefalt at levert energi (korrigert) anvendes.



Figur 14.4 Energirammer for netto energibehov

For sammenligning av beregnet levert energi er det for småhus forutsatt solfanger som dekker 50 % av tappevannsbehovet også for TEK10 bygget. For øvrige bygg er det forutsatt luft-vann varmepumpe med 60 % energidekning og en systemvirkningsgrad på 2,08. For sykehjem er det her forutsatt at roterende varmegjenvinner kan anvendes.



Figur 14.5 Energirammer for levert energi

For næringsbyggene er det nokså små forskjeller mellom det antatt mest lønnsomme nivået og passivhusnivået, spesielt når det beregnes levert energi.

I kapittel vedlegg B er det vurdert som sannsynligvis kostnadseffektivt for næringsbygg å velge passivhusstandard framfor TEK10-standard. Et passivhusnivå som beskrevet her, basert på en ramme for levert energi, vil medføre større fleksibilitet mht. valg av løsninger enn passivhusstandarden. Dette kan innebære at nivået sannsynligvis kan nås på en mer kostnadseffektiv måte, og at merkostnadene i snitt vil være lavere enn for bygging etter passivhusstandarden. Eksempelvis vil bygg tilknyttet fjernvarme kunne oppføres med lavere merkostnader enn for bygg med passivhusstandard i henhold til vedlegg B.

Det understrekes at energirammene er beregnet på basis av helelektriske løsninger med varmepumpe som energiforsyning. Ved bruk av andre energibærere må det brukes korreksjonsfaktorer som beskrevet i kapittel 14.

Det anbefales at energirammene, ikke minst hvis det velges passivhusnivå og levert energi som beregningspunkt, gjøres avhengige av lokalt klima og oppvarmet BRA både for boliger og næringsbygg etter en tilsvarende metodikk som i NS 3700 og NS 3701 (ref kapittel 9 og vedlegg D).

14.7 Konklusjon energirammer

De beregnede energirammene viser at det ikke er store forskjeller mellom et antatt mest lønnsomt nivå og passivhusnivå, slik det her er definert, for næringsbygg. For småhus er forskjellen større, noe som kan tale for at det bør vurderes nøye hvor strengt disse kravene skal settes.

For passivhusnivå er det forutsatt at det velges levert energi som beregningspunkt.

Passivhusnivå er valgt definert slik: «*Passivhusnivå er gitt som beregnet levert energi for et referansebygg som tilsvarer et passivhus i henhold til NS 3700 og NS 3701. Beregnet levert energi korrigeres ved bruk av annen energiforsyning enn elektrisitet.*»

Passivhusnivået er noe strengere enn det antatt mest lønnsomme nivået når man betrakter levert energi. For småhus er det relativt stor forskjell.

Endring av beregningspunkt og innføring av korreksjonsfaktorer for energivare vil bidra til at passivhusnivået kan nås på en mest mulig kostnadseffektiv måte.

Ved et strengt kravsnivå, som de foreslåtte, bør energirammene gjøres avhengige av lokalt klima og oppvarmet BRA både for boliger og næringsbygg.

15. KORREKSJONSAKTORER FOR ULIKE ENERGIVARER VED BEREKNINGSPUNKT LEVERT ENERGI

Det er i arbeidet med utforming av ny TEK diskutert hvordan man skal fastsettes beregningspunkt for energirammer. Dersom beregningspunkt for energirammer flyttes til levert energi vil energiforsyningsløsninger lokalt i eller ved bygget falle innenfor systemgrensen.

Energiforsyningskravene, med unntak av forbud mot oljekjel til grunnlast, vil da falle bort og energiløsninger vil inngå som en opsjon for å oppfylle rammekravet. For å unngå at eksempelvis lokale varmepumper favoriseres sammenlignet med sentrale løsninger er det nødvendig å innføre noen form for korreksjon eller vektning. I motsatt fall vil nær- og fjernvarme løsninger tape konkurranseevne. Det bør også korrigeres ved bruk av fornybare brensler (bioenergi). Lokal bruk av bioenergi vil være et viktig alternativ som er i tråd med nasjonale mål på energiområdet. Sentrale/kollektive løsninger er også vesentlig for å utnytte energikilder med lav kvalitet slik som lavtemperatur varme (spillvarme, kloakk etc.), avfall og fuktig eller inhomogen biomasse (bark, GROT m.m.), og har gjerne høy grad av energifleksibilitet. Slike løsninger bør derfor spille en sentral rolle i framtidens energisystem.

15.1 Vekting av energivarer

Det finnes flere former for vektingsfaktorer og – metoder. Vektingsfaktorer kan være utviklet på grunnlag av energi- og klimaeffektberegninger (primærenergifaktor, CO₂-vekting og eksergi), politiske eller strategiske hensyn, energikostnad, tid eller om det er energi eksportert fra eller importert til sluttbruker. Det kan også være en vektingsfaktor som er en kombinasjon av disse faktorene.

15.2 CO₂-vekting

En CO₂-faktor indikerer forholdet mellom energibruk og det totale klimagassutslippet, oppgitt i CO₂-ekvivalenter (eksempelvis g/kWh). Mange land i Europa har vektning etter CO₂-ekvivalenter. I Skandinavia er det kun Finland. Likevel er ZEB-senteret i Norge i gang med å utvikle CO₂-faktorer for ulike energibærere. CO₂-faktorer er vist i figuren til høyre [42].

Det er stor variasjon i metodene og mengden klimagassutslipp per energibærer internasjonalt, men også i Norge er det stor uenighet. Den største uenigheten er omkring fastsettelsen av CO₂-faktoren for elektrisitet. En studie utført av SINTEF Byggforsk [43] viser et spenn på 150-900 g/kWh med bruk av ulike metoder fra nordiske studier.

Energibærer	CO ₂ -ekvivalenter (g/kWh)
Elektrisitet	395
Gass (fossil)	211
Olje	284
Biobrensel	14
Fjernvarme	231

Figur 15.1: CO₂-faktorer [44]

15.3 Primærenergifaktorer

Primærenergi er energi i sin opprinnelige form. Primærenergi kan utvinnes, omdannes og transporteres ved hjelp av en energibærer til sluttbruker. Primærenergifaktoren tar hensyn til denne energikjeden, og er definert som forholdet mellom det primærenergiinnholdet og den sekundære energien (energimengden på energikjedens slutt punkt). Den kan beregnes på ulike måter. Eksempelvis beskriver NS-EN 15603:2008 en metodikk som deler opp den sekundære energien i ikke-fornybar eller fornybar. Tar man hensyn til begge delene kaller man gjerne det den totale primærenergifaktoren.

Primærenergifaktorene med de ulike elementene kan igjen splittes opp. Den totale energitekniske faktoren, enten det er på nasjonalt nivå eller lokalt på eiendommen, kan splittes opp i følgende bestanddeler:

- Konvertering eller utvinning og produksjon
- Transport
- Lagring
- Sluttbruk

Primærenergi er et grunnleggende begrep det legges stor vekt på i bygningsenergidirektivet. Hovedutfordringen i EU er at det ikke er enighet for hvordan primærenergifaktorer skal beregnes. Hver medlemsstat kan beregne primærenergi på sin egen måte. De fleste landene i Europa benytter primærenergi som en indikator på energieffektivitet, eller anvender en form for vektet energi som inkluderer primærenergifaktorer i et eller flere beregningspunkter. I Norge er det ingen offisielle primærenergifaktorer.

En sentral utfordring når det gjelder primærenergifaktorer er at de bør endres nokså kontinuerlig etter hvert som fornybarandelen i energisystemet endres mot 2050. Ulik nasjonal energimiks, ulike beregningsmetoder eller fravær av offisielle beregningsmetoder som i Norge, og en fornybarandel under utvikling reiser en del spørsmål om hvordan primærenergifaktorene påvirker politiske valg og beslutninger i bygningssektoren.

15.4 Politisk vekting

Politisk eller strategisk vekting kan være et virkemiddel for å inkludere andre vurderinger som ikke er relatert til det energitekniske. Politisk vekting kan være med på å fremme eller straffe bruken av en type teknologi eller energibærer [44]. Et eksempel på det kan være bruken av første generasjons bioenergi som ut ifra en energi- eller klimagassbetragtning er en attraktiv energibærer, men som kan ha negative effekter dersom etterspørselen og tilbudet blir for stort. En politisk vekting kan da benyttes for å redusere eller øke energibærerens attraktivitet.

15.5 Tidsavhengig vekting

Primærenergifaktor og CO₂-vekting er en statisk beregning basert på gjennomsnittsverdier over en viss tidsperiode [44]. Det er en naturlig konsekvens av kompleksiteten i et lands energiinfrastruktur. Likevel vil en vektingsfaktor variere over tid, avhengig av teknologiutvikling og politikk. De ulike vektingsfaktorene burde derfor oppdateres med jevne mellomrom for å hensynta utviklingen i energiinfrastrukturen i Norge på sikt.

Vektingsfaktorene bør også evalueres med korte tidsintervaller, og følge utviklingen av smart grids. En dynamisk beregning, timesbaserte marginalbetraktninger, eller kvasi-statistiske gjennomsnittsverdier for måneder, sesonger eller dager kan være aktuelle metoder for å inkludere tidsaspektet i vektingsfaktorene. Energipriser er eksempelvis allerede gjenstand for evaluering over tid, mens det finnes få eksisterende, likevel noen, metoder for tidsavhengige primærenergi- eller CO₂ -faktorer.

Dynamisk eller kvasi-statistiske vektingsfaktorer kan være en god måte å optimalisere samhandlingen med nettet. Likevel kan dette gjøre systemet svært komplekst, og det kan være andre metoder som kan være bedre egnet for å ta hensyn til energibærerens variasjoner over tid [44] (for eksempel matching).

15.6 Symmetrivekting (eksportert/importert)

Energibærere som både kan importeres til og eksporteres fra bygget (for eksempel elektrisitet) kan ha symmetrisk eller asymmetrisk vekting, avhengig av om man skal vekte eksportert og importert

energi likt eller ikke. Prinsippet er at importert og eksportert energi i enkelte tilfeller har ulik verdi [44].

Dersom man ser isolert på et bygg som eksporterer energi, vil en asymmetrisk vekting være nødvendig dersom det ikke tas høyde for den leverte energien som trengs for å produsere og eksportere energi.

For eksempel dersom et bygg installerer solceller vil den bundete energien til bygget øke. Dersom man ikke tar hensyn til den økningen, kan en asymmetrisk vekting av den eksporterte energien fra solcellene gjøre at man tar høyde for det i energibalansen, altså en lavere vekting. Ellers vil det ikke «koste» noe energi å produsere og eksportere den energien. En symmetrisk vekting er aktuell dersom den bundete energien allerede er tatt høyde for i energibalansen.

Asymmetrisk vekting kan også være politisk motivert.

Under viser en oversikt over de forskjellige faktorene og deres bruksområde.

Vektingsfaktor	Bruksområde	Fordeler	Ulemper
CO₂-vekting	• TEK10 som grunnlag i for krav til oppvarmingssystem i bygg [45] • Enkelt kommuner benytter det i vurdering av fritak fra tilknytningsplikt til fjernvarme • Veileder for offentlige innkjøp av alternative oppvarmingssystemer. • NVE mener revidert bygningsenergidirektiv stiller krav til CO₂-vekting i energimerking av bygg	Reflekterer det totale klimagassutslippet ved bruk av ulike energiråvarer. Gir en direkte link til målet om reduksjon av klimagassutslipp.	Tilsvarende som for primærenergi, så er det ikke utviklet omforente CO₂-faktorer for ulike energiråvarer, og det knytter seg tilsvarende utfordringer til hvordan man skal betrakte nett-el og bioenergi. Faktoren tar også kun hensyn til utslipp ved bruk, ikke hele energikjeden.
Primærenergi-faktor	• NVE mener revidert bygningsenergidirektiv stiller krav til primærenergifaktor i energimerking av bygg [45] • Revidert bygningsenergidirektiv setter krav fastsettelse av nasjonale primærenergifaktorer som energibalansen til nesten nullenergibyg • Revidert Økodesign-direktiv setter krav til energibruk av elektriske produkter.	Primærenergi reflekterer den totale energibruken ved utnyttelse av energiråvarer, da det tas hensyn til virkningsgrad/tap i hele verdikjeden.	Primærenergi er så langt et lite kjent begrep i Norge, og det er ikke utviklet noen omforente primærenergifaktorer. Det er spesielt vanskelig å finne en representativ primærenergifaktor for nett-el, da dette avhenger av hvordan man betrakter samvirket med og utviklingen av el-markedet i Europa. Primærenergi reflekterer ikke nødvendigvis miljøbelastningen ved bruk av ulike energiråvarer.
Politisk vekting (strategisk vekting)	Energimerking av bygg, hvor det gis en oppvarmingskarakter basert på politisk vekting som har til hensikt å redusere bruken av elektrisitet.	Kan være et virkemiddel får å i større grad oppfylle politiske målsetninger.	En faktor det er vanskelig å fastslå verdien på.
Symmetrivekting (eksportert/importert)	Eksportert energi fra bygg kommer i fradrag og vektet i NS3031 etter NS-EN 15603	Tar hensyn til at mengden energi av en type energivare kan ha ulike verdi ved ulike tidspunkt og situasjoner.	Kan være vanskelig å ta hensyn til, da det krever mange målepunkter.

15.7 Sjablongmessige korreksjonsfaktorer

SINTEF Byggforsk utarbeidet i 2005, på oppdrag fra NVE, forslag til vektingsfaktorer (riktignok en gammel studie, men det er lite å vise til når det gjelder forslag til vektingsfaktorer i Norge). Forslaget baserte seg på tre ulike parametere; energibærerens CO₂-produksjon per energienhet, kostnaden av miljøbelastningen og energibærerens oppfyllelse av nasjonale energi- og miljøpolitiske målsetninger. Figuren under viser resultatet for de to førstnevnte parameterne;

Energikilde/ energibærer	Basert på CO ₂ -produksjon		Basert på miljøkostnad	
	g CO ₂ / kWh	Vektingsfaktor relatert til el	Miljøkostnad [kr/kWh]	Vektingsfaktor relatert til el
Biobrensel	0	0,00	0,010	0,35
Fjernvarme	176	0,50	0,016	0,54
Gass	209	0,60	0,018	0,60
Elektrisitet	348	1,00	0,030	1,00
Olje/Parafin	285	0,82	0,031	1,05

Elektrisk energi ble i rapporten vektet ut i fra en marginalbetraktning hvor gass er energikilde uten CO₂-rensing, og med 60 % virkningsgrad. Dette fører til at analysen konkluderer med en relativt høy vektingsfaktor for el.

De fleste energibærerne oppnår tilnærmet samme vektingsfaktor i lys av CO₂-produksjon og miljøkostnad, bortsett fra biobrensel. Dette skyldes at miljøkostnaden tar hensyn til utslipp av andre typer gasser enn CO₂, i tillegg til støv. Bruk av vedovn er for øvrig ikke inkludert i kategorien for biobrensel – det er ment at faktoren skal gjelde brukeruavhengige biobrenselanlegg.

Basert på det ovennevnte, i tillegg til vektingsfaktorens relasjon til energi- og miljømålsettinger, presenterer analysen anbefalte vektingsfaktorer til å beregne vektet levert energi (se figur til høyre).

Energikildene i bygningsmassen er i all hovedsak el og olje og er derfor vektet høyt for å stimulere til redusert og effektiv energibruk. Biobrensel er vektet relativt lavt for å stimulere til installasjon av pellets-baserte kaminer og innslag av biobrensel i fjernvarmeanlegg.

Energiforsyning via vind og solenergi fanges ikke opp i de foreslåtte vektingsfaktorene. Solenergi, samt varmepumper, er foreslått kreditert via systemvirkningsgraden.

Energikilde/ energibærer	Vektingsfaktor
Biobrensel	0,35
Fjernvarme	0,55
Gass	0,60
Elektrisitet	1,00
Olje/Parafin	1,00

15.8 Korreksjonsfaktorer for termiske energibærere

Det er her presentert et sett enkle korreksjonsfaktorer for å unngå en favorisering av varmepumper intern i bygg ved valg av beregningspunktet levert energi. Faktorene skal altså ivareta de hensynene som ble nevnt helt innledningsvis i dette kapittelet.

En måte å gjøre dette på er å legge beregnet energibruk ved anvendelse av en lokal varmepumpeløsning til grunn for beregning av vektingsfaktorer for eksternt tilført energi som bioenergi og fjernvarme. Det er her foretatt beregninger som illustrerer hvordan dette kan utføres.

For å sammenligne nivå for levert energi for bygg med ulike energiforsyningsløsninger er det tatt utgangspunkt i et bygg med passivhusstandard, med en energiforsyning som akkurat oppfyller kravet om 60 % ikke direkte el/fossil som i TEK10.

Under er det vist beregninger hvor et bygg med en varmepumpeløsning sammenlignes med tilsvarende bygg med energiforsyning basert på biomasse og fjernvarme. Bortsett fra energiforsyningsløsningen, har alle byggene samme bygningskonstruksjon og tekniske installasjoner. Det er regnet med vannbårent varmedistribusjonssystem med radiatorer for alle byggene.

Systemvirkningsgrader er hentet fra NS 3031, tillegg B:

- Luft/vann varmepumpe: 2,08
- Biokjel-anlegg: 0,77
- Fjernvarme-anlegg: 0,88
- Vannbårent anlegg med el som spisslast: 0,88

En løsning basert på luft/vann-varmepumpe som dekker 60% av det årlige varmebehovet er valgt som utgangspunkt, fordi dette ansees som den mest kostnadseffektive varmepumpeløsningen som kan oppfylle kravet for de fleste typer bygg. Det er regnet med at de resterende 40 % av varmebehovet dekkes av elektrisitet.

Figur 15.2 og Figur 15.3 viser beregnet levert energi for tre typer bygg (kontorbygg, sykehjem og boligblokk) med energiforsyning basert på luft/vann varmepumpe, fjernvarme og biokjel, for henholdsvis Oslo- og Tromsø-klima. Hvis man setter at elektrisitet har en vektingsfaktor på 1,0, så kan man regne ut hvilke korregeringsfaktorer man må bruke for fjernvarme og bioanlegg for å komme ut med samme nivå på levert energi som varmepumpe-løsningen. Vi ser at fjernvarme i gjennomsnitt må korrigeres med en faktor på 0,43 mens bioanlegg må vektes med en faktor på ca. 0,37.

Figur 15.2: Beregnet levert energi og korrigeringsfaktorer for ulike typer bygg i Oslo-klima.

Oslo-klima: Levert energi for passivhus med varmforsyning med 60 % ikke direkte elektrisitet eller fossil, kWh/(m ² år)					Korrigeringsfaktorer	
		VP	FV	BIO	FV	BIO
Kontorbygg	el	61,9	54,7	54,7	0,43	0,37
	ikke-el	0,0	16,9	19,4		
	totalt	61,9	71,6	74,1		
	med korr	61,9	61,9	61,9		
Sykehjem	el	112,5	98,0	98,0	0,42	0,37
	ikke-el	0,0	34,3	39,2		
	totalt	112,5	132,3	137,2		
	med korr	112,5	112,5	112,5		
Boligblokk	el	66,2	52,4	52,9	0,44	0,37
	ikke-el	0,0	31,5	36,0		
	totalt	66,2	83,9	88,9		
	med korr	66,2	66,2	66,2		

Figur 15.3: Beregnet levert energi og korrigeringsfaktorer for ulike typer bygg i Oslo-klima.

Tromsø-klima: Levert energi for passivhus med varmforsyning med 60 % ikke direkte elektrisitet eller fossil, kWh/(m ² år)					Korrigeringsfaktorer	
		VP	FV	BIO	FV	BIO
Kontorbygg	el	64,4	55,1	55,1	0,42	0,37
	ikke-el	0,0	22,0	25,1		
	totalt	64,4	77,1	80,2		
	med korr	64,4	64,4	64,4		
Sykehjem	el	115,4	98,4	98,4	0,42	0,37
	ikke-el	0,0	40,2	45,9		
	totalt	115,4	138,6	144,3		
	med korr	115,4	115,4	115,4		
Boligblokk	el	71,0	55,7	55,7	0,42	0,37
	ikke-el	0,0	36,3	41,5		
	totalt	71,0	92,0	97,2		
	med korr	71,0	71,0	71,0		

På denne måten kan man få en direkte sammenligning mellom levert energi for ulike typer energiforsynings-løsninger. Modellen gir mulighet for å kombinere ulike typer energiforsyningsløsninger og bygningsstandarder. Hvis man for eksempel har et bygg med 100 % fjernvarme, viser foreløpige beregninger at øvrig standard for bygg og installasjoner kan legges på lavenergi-standard og fremdeles oppfylle den korrigerte energirammen.

Ved valg av levert energi som beregningspunkt er det viktig å sikre at ikke fjern-/nærværme eller bioenergi diskrimineres. Det kan eksempelvis anvendes korreksjonsfaktorer ved bruk av andre energibærere enn el. Det foreslås her sjablongmessige korreksjonsfaktorer på 0,42 for fjernvarme og 0,37 på bioenergi, men dette anbefales utredet nærmere.

16. FORMÅLSFORDELT ENERGIMÅLING

En hovedutfordring i arbeidet med energieffektivisering i byggsektoren i Norge er knyttet til usikkerhet rundt formålsfordeling av energibruken. Dette som følge av mangel på fysiske måleprogrammer. Formålsfordelt energimåling er interessant av flere hensyn:

- På overordnet nivå for å nå målet om nesten nullenergibygg gjennom å identifisere områder med effektiviseringspotensial
- For energisystemet gjennom å øke sluttbrukernes bevissthet og prisfølsomhet
- For sluttbruker for å spare gjennom å identifisere og redusere eller flytte forbruk for energikrevende formål eller bytte energibærer
- For å skille ut og få oversikt energibruken til nye energiposter som ladere til kjøretøy.
- Bygningsenergidirektivet har fokus på dette

Utdrag fra revidert Bygningsenergidirektiv (2010/31/EU) [40]

Member States shall encourage the introduction of intelligent metering systems whenever a building is constructed or undergoes major renovation, whilst ensuring that this encouragement is in line with point 2 of Annex I to Directive 2009/72/EC of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 concerning common rules for the internal market in electricity [16]. Member States may furthermore encourage, where appropriate, the installation of active control systems such as automation, control and monitoring systems that aim to save energy.

Et krav må imidlertid vurderes i lys av privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Myndighetene har lenge vært tilbakeholdne med å gjennomføre måleprosjekter av kostnadshensyn. Måleprosjekter har vist seg dyre og kompliserte å gjennomføre. Dette har imidlertid gjerne i stor grad vært knyttet til kostnadene for, og utfordringene med, å instrumentere eksisterende bygg. Det vil være rimeligere å gjennomføre dette dersom det tilrettelegges for dette i designfasen. Instrumentering av et næringsbygg i et nylig gjennomført prosjekt medførte kostnader på rundt 50 kr/m².⁹

Selv om kostnadene ved å innføre krav til måling kan framskaffes vil det være vanskelig å estimere besparelsen for den enkelte sluttbruker. Dette må ses i sammenheng med adferd, samt hvilke energifleksible mekanismer som er til rådighet for den enkelte. Den privatøkonomiske lønnsomheten knyttet til å innføre formålsfordelt måling kan derfor være vanskelig å påvise. Det er ikke rom for å se nærmere på dette her.

Krav til måling må også vurderes opp i mot om det er andre mekanismer og virkemidler som vil ivareta de ønskede funksjonene. Økt utbredelse av EOS og SD-anlegg, måling på energivarenivå og innføring av AMS, vil ivareta en del viktige hensyn. Det kan også være mer hensiktsmessig å stimulere til formålsfordelt måling gjennom andre virkemidler enn TEK.

Med tanke på å framskaffe kunnskap om energibruk i byggsektoren vil det være langt rimeligere å gjennomføre måleprosjekter for et utvalg bygg enn å kreve installasjon av måleutstyr i alle nye bygg.

Det kan også vurderes om det bør stilles krav til formålsdelt energimåling for alle bygg over en viss størrelse eller overfor enkelte brukergrupper. Det også mulig å vurdere et krav om en viss tilrettelegging for måling av enkelte formål for å lette eventuell senere installasjon av måling og/eller styring av viktige formål. I sin enkleste form vil dette handle om mindre tiltak ved

⁹ Ref. Tor Helge Dokka, 2013 – personlig meddelelse

planlegging og installasjon av elanlegg, herunder å sikre at energiintensive og/eller fleksible formål og formål som ligger utenfor bygget, tilegnes egne kurser. Dette kan omfatte eksempelvis:

- Lader for kjøretøy og andre formål utomhus
- Romoppvarming
- Varmt tappevann
- Hvitevarer

Med hensyn til privatøkonomi mener oppdragsteamet at det viktigste er at sluttbrukerne har energifleksible løsninger og informasjon om hvordan disse utnyttes på best mulig måte. Herunder fortrinnsvis informasjon om energibruken per time for et formål og forventninger om energipriser.

Husholdningene har erfaringsmessig evne til å velge for eksempel vedfyring ved høye priser. Det er grunn til å tro at økt informasjon og fleksibilitet for ulike formål vil bli utnyttet. Profesjonelle aktører har gjerne energioppfølgingssystemer og en viss tradisjon for å overvåke energipriser og utnytte energifleksibilitet.

Formålsfordelt energimåling antas ikke nødvendigvis å bidra betydelig til ytterligere økt bevissthet, prisfølsomhet og besparelser for sluttbruker. Energifleksible løsninger, energioppfølgingssystemer og AMS sammen med utnyttelse av lett tilgjengelig informasjonsteknologi vil sannsynligvis være vel så viktig. TEK bør i så måte primært ivareta insentiver til energifleksible løsninger.

Formålsfordelt energimåling antas å ha stor nytteverdi, men lønnsomheten kan være vanskelig å påvise. Med tanke på privatøkonomisk besparelser og økt prisfølsomhet hos sluttbruker antas det at insentiver til energifleksible løsninger, AMS og informasjon er vel så viktige tiltak. Det anbefales ikke å stille krav til formålsfordelt energimåling i TEK.

DEL 3

OVERORDNET KONSEKVENSVURDERING AV FORSLAG TIL ENERGIREGLER

17. OVERORDNEDE KONSEKVENSVURDERINGER

Det er i kapitlene nedenfor gjort noen overordnede vurderinger av mulige konsekvenser av nye energikrav for temaene inneklima og byggskader, måloppnåelse og kostnader.

Det er ikke innenfor denne utredningens mandat å gjennomføre en helhetlig konsekvensutredning av nye energikrav, og det forventes at mer omfattende analyser vil bli lagt til grunn før en endelig utforming kravene. Det vil da også være nødvendig å innhente ny kunnskap for de ulike fagtemaene. Kunnskapsinnhentingene bør omfatte erfaringer med dagens energikrav så vel som med mer energieffektive bygg.

Konsekvensvurderingene nedenfor må derfor i stor grad anses som forslag til temaer som bør belyses i en helhetlig konsekvensutredning med samfunnsøkonomisk analyse. Vurderingene i kapitlene nedenfor gjelder begge alternativene som er oppsummert i Tabell 5.1, med mindre annet framgår. Dette fordi alternativene er relativt like, og de vil i hovedsak gi incentiver til de samme tekniske løsningene.

18. INNEKLIMA OG BYGGSKADER

En overordnet føring for arbeidet med nye energikrav i byggeforskriftene er at disse ikke skal gå på bekostning av inneklima. Figur 18.1 viser en samleoversikt over inneklimafaktorer som påvirker energibruk i et bygg. Noen av disse faktorene diskuteres nærmere i dette kapittelet.

Figur 18.1 Oversikt over inneklimafaktorer som påvirker energibruk

Innemiljø-faktorer	Inneklima-faktor	Delfaktor	Virkning på mennesket	Forskriftskrav	Andre krav	Påvirkning på energibruk
Termisk miljø	Ja	Temperatur	Påvirker menneskets varmebalanse NS 7760 : sommer 23-26 °C vinter 20-24 °C	Lett arbeid: 19-26 °C Middels tungt arbeid: 16-26 °C Tungt arbeid: 10-26 °C	Økt ventilasjon over 22 °C maks 14 dg. over 22 °C	Økt temperatur øker kjøle- og oppvarmingsbehov for varme og ventilasjon
		Stråling	Varmer til/fra flater i rommet	Skjerming mot strålingstrekk	Solavskjerming	Økte vindusflater med dårlig U-verdi / solavskjerming øker behov for sikring mot trekk og kjølebehov
		Luftfuktighet	Vannmengde i luften	Luftfukting bør unngås		Økt luftfuktighet øker energiforbruk også til kjøling
		Luftbevegelser	Lufthastighet, trekkfølelse	Maks 0,15 m/s		Høye vindusflater med dårlig U-verdi øker varmebehov for sikring mot trekk
Atmosfærisk miljø	Ja	Forurensning fra mennesket	Skaper behov for ventilasjon	Ventilasjon 7 l/person	Mindre enn 1000 ppm CO ₂	Økning av antall mennesker gir økt ventilasjonsbehov og energibehov
		Forurensning fra bygget	Skaper behov for ventilasjon	0,7 l/m ² med dok. materialer 2 l/s/m ² vanlige materialer Faglige normer for inneløs	Bygningsfysikk, renhold	Bruk av udokumenterte, dårlige materialer og dårlig renhold øker ventilasjonsbehov og energibehov
		Forurensning fra prosess	Påvirker mennesket, kan være helseskadelig	Administrative normer fra Arbeidstilsynets best. 361	Bruk av punktavsug	Tilførte forurensninger øker ventilasjonsbehovet og energibehovet
		Forurensning fra utemiljø	Skaper behov for filtrering av tilført luft	Filterklasse F7 ved roterende VGV også filter på avtrekk		Filtrering gir økt energibehov til viftedrift.
Akustisk miljø	Ja	Ønsket lyd	Positiv virkning			
		Støy	Forstyrrende, stressende	Arb.tils. bestemmelse 398 og TEK	NS 8175 klasse C	Baffellydfeller gir økt vifteeffektbehov. Lydisolasjon påvirker termisk isolasjon
Aktinisk miljø	Ja	Lys	Stimulerer aktivitet	Dagslysfaktor 2%, Se Lyskultur	10% av bruksareal	Økt bruk av kunstig lys øker energibruk
		Radon	Kreftfremkallende	200 Bq/m ³		Økt ventilasjon av kjeller øker varmetap
		Annet strålemiljø	Kan være uheldig eller skadelig			
Mekanisk miljø	Ja	Ergonomi	Betydning for bevegelsesapparatets funksjon, slitasjesykdommer, ulykker			Krav til mekanisk miljø kan øke arealbehov til heiser, kommunikasjons arealer, rømningsveier, trapper m.m.
Estetisk miljø	Nei		Eks. beliggenhet, arkitektur, utseende, farger etc.			Store glassflater og store overflater generelt påvirker energibruk
Psykososialt miljø	Nei		Arbeidsoppgaver samarbeid, trivsel, medmenneskelige forhold.			Cellekontorer eller kontorlandskap påvirker arealbehov som igjen påvirker energibruk

18.1 Termisk miljø

I veileder til teknisk forskrift er det satt krav til maksimale og minimale temperaturer sommer- og vinterstid. Dette krever et betydelig energibehov i form av oppvarming (rom og ventilasjon) og kjøling (ventilasjon). Godt isolerte bygningskropper, tette bygg og begrenset areal på vindusflater gir redusert behov for romoppvarming. TEK10 stiller strenge krav til dette og krav til utforming en ny forskrift vil kunne redusere energibehovet til romoppvarming ytterligere.

TEK10, § 14.7 om energiforsyning, krever i praksis at de aller fleste byggtypen må ha vannbåren varme til oppvarming for å oppfylle kravet om at minimum 60 % av netto varmebehov kan dekkes med annen energiforsyning enn direktevirkende elektrisitet eller fossile brenslers hos sluttbruker. Dette kan løses med bruk av radiatorer, lavtemperatur vannbåren gulvvarme, eller alternativt luftbåren varmesystemer (ildsted, ventilasjon).

Lavenergibygget har ofte lavtemperatur gulvvarmesystemer for oppvarming. Bruk av lavtemperatur gulvvarmesystemer gir økt komfort for brukerne samtidig som gode muligheter for redusert energibruk. Lavtemperatur gulvvarme i kombinasjon med tette og godt isolerte bygg med begrensede vindusflater gir ofte brukerne en opplevelse av at temperaturen i rommet er høyere.

Dette gjør at samme komfort kan oppleves med lavere romtemperatur, noe som gir redusert energibehov til romoppvarming. Lavere temperaturer i rommet gir også opplevelse av bedre luftkvalitet og kan redusere tilført luftmengde i et luftkvalitetsstyrt ventilasjonssystem. Lavtemperatur gulvvarmeanlegg åpner for bruk av lavtemperatur fornybare energikilder, for eksempel solenergi.

Bygg med energibehov med lavt energibehov til oppvarming vil kunne få dekket romoppvarmingsbehovet gjennom oppvarming av ventilasjonsluft. Dette vil kunne redusere både investeringskostnader og pumpedrift. Økt temperatur på ventilasjonsluft vil i noen tilfeller kunne oppleves som ubehagelig for brukerne både mht. opplevelse av luftkvalitet, forskjell mellom hode- og fottemperatur, samt støy fra større luftmengder og kraftigere vifter i ventilasjonsanlegget. Det vil også kunne legge begrensninger for utforming av ventilasjonssystemet og gi økte viftekostnader. Her kreves det gjennomtenkte løsninger og lavt energibehov til oppvarming for at komforten til brukerne ikke skal forringes.

I tillegg til minstekrav til u-verdi for tak, gulv, vegger og vinduer/dører gjelder i dag følgende minstekrav:

1. U-verdi for glass/vindu/dør inkludert karm/ramme multiplisert med andel vindus- og dørareal av bygningens oppvarmede BRA skal være mindre enn 0,24
2. Total solfaktor for glass/vindu (g_{τ}) skal være mindre enn 0,15 på solbelastet fasade, med mindre det kan dokumenteres at bygningen ikke har kjølebehov.

Strengt krav til varmeisolasjon av vinduer og glassarealer gir vinduer og glassfasader med redusert lystransmisjon. Strengt krav til isolasjon gir dype vinduskarmer som også reduserer dagslys. For å kompensere for dette økes ofte glassarealet. Stråling til og fra store vindusflater kan oppleves som opphetende eller kjølede. Dette, godt isolerte bygg og vinduer, og et godt varmesystem, vil gi gode muligheter for å unngå at temperaturene faller under minimumsgrenser. Med stor solinnstråling vil temperaturene i perioder være utfordrende å holde under maksimumsgrensene. Dagens forskrift gir rom for å overstige de maksimale temperaturgrensene (sommer) i korte perioder, og anbefaler passive tiltak:

- Redusert vindusareal i solbelastede fasader,
- Eksponert termisk masse (fordeler varmen over tid gir jevnere temp),
- Utvendig solskjerming,
- Åpningsbare vinduer som gir mulighet for gjennomlufting og
- Plassering av luftinntak/utforming av ventilasjonsanlegg slik at temperaturstigning i anlegget på grunn av høy utetemperatur blir minimal ($< 2^{\circ}\text{C}$).

De passive tiltakene gir muligheter for redusert energibehov til kjøling, og fremmer innneklima. Innovative utforminger av de beskrevne løsningene, samt andre innovative løsninger bør kunne være med å redusere kjølebehovet ytterligere.

Orientering av bygg i terreng med tanke på himmelretning har vist seg å gi store utslag på faktisk energibruk i et bygg. Det er viktig å tenke orientering både med tanke på plassering av vinduer og plassering av rom med ulikt bruksmønster inne i bygget. Dette kan gi redusert energibehov uten å redusere innneklima. Gode styresystemer, som tilpasser forbruk til behov, kan også gi betydelige reduksjoner.

18.2 Atmosfærisk miljø

For å sikre et godt atmosfærisk miljø (forurensning fra mennesker, bygg, prosess og utemiljø) trengs det tilførsel av frisk luft.

Forskrift om tekniske krav til byggverk 2010, kapittel om miljø og helse, setter krav til tilført friskluftmengder i ulike rom i ulike bygningstyper. Ordlyden i dagens forskrifter gjør det vanskelig å overholde kravene til innemiljø og energieffektivitet uten installasjon av balansert mekanisk ventilasjon og varmegjenvinner med høy virkningsgrad. En videreføring av prisnippene kan for

framtidige bygg kan dette bety et høyt energibehov til teknisk utstyr, vifter og pumper i forhold til andre energiformål.

Det er ikke ønskelig å redusere kvaliteten på inn klima i framtidens bygg. For å opprettholde et godt inn klima og samtidig redusere energibruken, kan krav til luftmengder erstattes med krav til luftkvalitet. Dette vil kunne åpne for bruk av andre tiltak enn tekniske energikrevende systemer for å sikre et godt inn klima for brukerne. Kravene til luftmengder er bl.a. avhengig av om rommene er varige oppholdsrom eller ikke. Lavere luftkvalitet i noen typer rom der det er lite opphold bør vurderes uten at det vil gi dårligere inn klima for brukerne. Det finnes teknologi som behovsstyrer tilførsel av friskluft slik at nødvendige luftmengder over et døgn blir lavere enn det dagens forskrifter krever, men likevel tilfredsstillende ventilasjon ved behov. En økt grad av belønning av robuste behovsstyrte løsninger og ventilasjonseffektivitet i kravene kan være en løsning.

Forurensset uteluft krever filtre, som igjen gir økt behov til viftedrift. Veiledning til forskriftene gir kriterier for plassering av luftinntak som gir lavest mulig forurensningsgrad på inntaksluften og reduserer energibehovet. Gode gjennomtenkte løsninger vil redusere forurensningen på luften inn, bruk av filter og samtidig gi bedre luftkvalitet uten å øke energibehovet.

Forurensning fra prosess (kopimaskiner, toalett, garasje, kjøkken) øker ventilasjonsbehovet og stiller høyere krav til luftmengder. Forskriftene sier at forurensende apparater bør plasseres i egne rom med avtrekk. Adskillelse av forurensede apparater fra oppholdsrom kan være et viktig tiltak for økt luftkvalitet i oppholdsrom. Et alternativ kan være å sentralisere f. eks kopimaskiner og annet elektrisk utstyr der det er praktisk mulig. Reduksjon av luftkvalitetskrav og temperaturkrav i disse rommene, kan gi reduksjon i energibehov uten å gå utover inn klima der brukerne oppholder seg.

Forurensning fra bygget som følge av emittering fra materialer, og dårlig renhold øker ventilasjonsbehov og dermed energibehov. Forskriftene stiller krav til at det må benyttes bygnings- og overflatematerialer med tilfredsstillende dokumentasjon som bekrefter at de ikke avgir forurensninger som kan medføre ubehag, irritasjon eller risiko for helseskade. Smarte materialvalg i framtidens bygg kan dermed gi lavere energibehov dersom luftkvalitet er et kriterium. Løsninger som gir enkelt renhold, samt gode rutiner for renhold, gir lavere bedre luftkvalitet, muligens behov for lavere luftmengder og dermed redusert energibruk. Strengere krav til materialer kan bidra til redusert energibehov til ventilasjon. I dagens lavenergi- og passivhusstandarder er det også i noen grad fokus på lavemitterende materialer. Det oppleves imidlertid at det i liten grad finnes virkemidler for å kvalitetssikre bruken av lavemitterende materialer.

I områder med forurensset uteluft er det lite aktuelt med naturlige ventilasjonssystemer uten filter og mekanikk. Dersom luftkvalitet er veiledende i stedet for luftmengder, kan man på steder med god uteluftkvalitet åpne for systemer som tar uteluft inn direkte i bygget gjennom behovsstyrte vinduer og spalter. Dette kan gi økt komfort for brukerne og redusert kjølebehov i perioder hvor utelufttemperaturen er så høy at den ikke gir ubehagelig trekk eller nedkjøling. Luftespalter kan også ha filter, og bygg med store atrium kan skape naturlig oppdrift med minimalt bruk av vifter. Nye teknologiske løsninger kan gi et betydelig redusert energibehov, men da må krav belønne nye og innovative løsninger ved at funksjonskrav er førende.

18.3 Akustisk miljø

Forskriften setter krav til støynivå fra utendørs og innendørs lydkilder og støy fra bygningstekniske installasjoner for å sikre akustisk miljø.

Utendørs støy som påvirker akustisk innemiljø kan reduseres ved smart plassering av sove- og oppholdsrom mest mulig skjermet mot støy og vibrasjoner. Energieffektive bygg som er tettere og mer isolerte vil isolere mer mot utvendig støy. Mulighet for åpning av vinduer eller spalter for lufting reduseres med mye utvendig støy og gir dermed økt behov for mekanisk ventilasjon.

Krav til støy fra bygningstekniske installasjoner kan gi økt energibruk til oppvarming, ventilasjon og kjøling. Krav til støy fra ventilasjonsanlegg kan kreve lydfeller, som igjen gir økt energibehov til vifter.

Støykravene for å opprettholde akustisk miljø vil være sentrale funksjonskrav også for framtidens bygg. Her vil god planlegging og gjennomtenkte løsninger kunne legge til rette for at ikke støy skal medføre økt energibruk.

18.4 Aktinisk miljø

Det aktiniske miljøet består av lys og stråling.

For å sikre godt lys er det satt funksjonskrav i forskriften:

1. Byggverk skal ha tilfredsstillende tilgang på lys uten sjenerende varmebelastning.
2. Rom for varig opphold skal ha vindu som gir tilfredsstillende tilgang på dagslys, med mindre virksomheten tilsier noe annet.

Krav til dagslys kan verifiseres enten ved beregning som bekrefter at gjennomsnittlig dagslysfaktor i rommet er minimum 2 %, eller ved at rommets dagslysflate utgjør minimum 10 % av bruksarealet. Ved bruk av gjennomsnittsverdi for dagslysfaktor oppnås et godt utgangspunkt for tilfredsstillende tilgang på dagslys i alle typer rom, uavhengig av størrelse. Beregninger (vedlegg F) og erfaringer fra prosjekter indikerer imidlertid at 10%-regelen i dagens forskrifter ikke vil være en garanti for tilstrekkelig dagslysfaktor i rommet for velisolerte og kompakte bygg, spesielt ikke i tette bysituasjoner. Det anbefales derfor at denne regelen modifiseres.

For å opprettholde aktiviteter innendørs i de mørke timene av døgnet, må kunstig belysning benyttes. Det finnes systemer for kunstig lys som lavt energiforbruk og liten varmebelastning. Et eksempel kan være LED lys.

18.5 Konsekvenser for inneklima

Basert på SINTEF Byggforsks Prosjektrapport 90 [46] og 113 [2], som oppsummerer nasjonal og internasjonal forskning og erfaringsdata knyttet til gjennomførte lavenergi-/passivhusprosjekter, er det gjort noen vurderinger rundt følgende tema:

- Byggskader og helserisiko (herunder fukt/sopp)
- Inneklima og komfort
- Brukervennlighet tekniske anlegg

18.5.1 Byggskader og helserisiko (herunder fukt/sopp)

I SB-rapporten 113 er det ikke avdekket større problemer med fukt/sopp/mugg i passivhus sammenlignet med «gamle bygg». Det viktige er å unngå fukt i byggefasen, siden «... tykke og godt isolert ytterkonstruksjoner øker konsekvensene ved innebygget fukt». Både fukt som trenger inn under byggefasen, samt fukt forårsaket av lekkasjer i dampsperra, vil være vanskeligere å bli kvitt dersom veggene er svært tykke. For å unngå slike problemer settes det større krav til de som skal utføre arbeidet. Arbeid med plassering og tetting av dampsperra må gjøres nøyaktig, og man må samtidig sørge for at det ikke bygges eller tilføres fukt til vegger og tak i byggeperioden.

Det påpekes videre at det ikke er målt noen kritiske verdier og tegn til opphopning av fukt, men at dette kan skyldes at målingene er gjort på pilotprosjekter med stor grad av oppfølging underveis i byggeperioden.

Hovedkonklusjonene fra SB-rapporten 113 [47] angående byggskader:

- God lufttetting innvendig og utvendig, samt mekanisk ventilasjon, reduserer faren for fukt / kondensskader i konstruksjonen.

- Prosessforårsakede¹⁰ byggskader er et problem i dag, og innføring av passivhus vil i seg selv ikke løse utfordringer knyttet til mangelfull programmering og prosjektering, utførelsesfeil eller materialfeil.

Hvorvidt kritiske verdier for innebygget fukt på sikt blir mer fremtredende ved innføring av passivhusnivå, er avhengig av om erfaringene og anbefalingene følges. Anbefalingene som gis er blant annet tørrere materialer, kontroll av fuktinnhold før lukking, samt vindsperrer og undertak med lav dampmotstand og høy uttørkningsevne. Generelt vil det være viktig at håndverkere som skal sette opp passivhus og bygg med mye isolasjon og høy tetthet sørger for at det ikke oppstår glipper i isolasjonen eller utettheter i vindtettesjiktet. Siden resten av veggene gjerne kan være både tett og godt isolert så vil lokale svakheter gi betydelig lavere temperatur inn mot dampsperra, noe som igjen vil kunne medføre kondens på innvendig side av dampsperra. Det er også viktig at detaljer med kuldebroer beregnes og vurderes i prosjekteringen, da dårlig isolerte områder vil kunne gi betydelig lavere temperatur dersom omliggende områder er godt isolert.

18.5.2 Inneklima og komfort

Det er de seneste årene hevdet at passivhus kan ha en negativ effekt på inneklima og folks helse. Likevel er det flere studier som viser til at inneklimaet i passivhus ikke er dårligere enn i konvensjonelle hus, men peker imidlertid på mulige problemer med innetemperaturen om sommeren og vinteren [48]. Blant annet er høy temperatur på soverom en utfordring. Tilsvarende gjelder også for konvensjonelle bygg, i noen tilfeller også varmere enn passivhus [46].

En studie utført av Erichsen og Horgen viser at for høye temperaturer i passivhus skyldes «uhensynsmessig bygningsdesign» hvor det ikke tas hensyn til solens innvirkning på innetemperaturen [49]. De viktigste tiltakene for å motvirke dette er redusert solbelastning (solavskjerming) og mulighet for lufting. Videre påpekes det at «... det er sannsynlig at høye temperaturer forekommer i hus bygget iht. TEK07/TEK10 i et lignende omfang som i passivhus. Dermed kan en trekke den slutningen at høye temperaturer er mer relatert til bygningsdesign og mangel på solskjerming, enn U-verdier og tetthet» [49]. I SB-rapport nr. 90 ble tilsvarende slutning trukket om at det «... avgjørende ikke er energistandarden seg selv, men om det er mulig å bruke solavskjerming og vindusutlufting» [46].

Andre problemer med lave U-verdier er også på nyere vinduer hvor avstråling mot en klar nattehimmel når det er kaldt om høsten og vinteren, kan medføre utvendig kondens på glasset. Dette kan oppleves skjemmende, men forsvinner når utetemperaturen øker utover dagen. Selvsensende vinduer kan i så måte være en god løsning, som har den effekten at kondensen perler seg i større dråper som gjør at vinduet blir mer gjennomsiktig på - tross av at det også oppstår utvendig kondens.

Innføring av passivhusnivå er derfor ikke i seg selv avgjørende for om inneklimaet forverres, men er mer avhengig av om man klarer å redusere de «negative effektene» av høyere tetthet og isolasjonstykkelse gjennom riktig prosjektering og kompetanse. Dette kan imidlertid vise seg å være en krevende utfordring, tatt i betraktning eksempelvis brukerens varierende behov, muligheten for lav luftfuktighet vinterstid, større behov for lufting og kjøling sommerstid - samtidig som man skal ivareta energieffektiviteten.

Noen av hovedkonklusjonene fra SINTEF-Byggforsks rapport 113 [47]:

- Superisolering, meget god lufttetthet og høyeffektiv varmegjenvinning (passivhuskonseptet) har i praksis liten innvirkning på komfort i norsk sommerklima sammenlignet med hus bygget etter dagens byggeforskrifter.
- God luftetting, ventilasjon med varmegjenvinning og godt isolerende vinduer og dører gir høy termisk komfort i vintersesongen.

¹⁰ Prosessforårsaket byggskade er skade på bygg som skyldes at det under utredning, prosjektering, produksjon eller materialtilvirkning ikke har lyktes en aktør å følge normert, standardisert, anerkjent metode eller konkrete spesifikasjoner.

- Passivhus kan stort sett bygges med velkjent og utprøvd teknologi. Det er ingen grunn til å frykte nye og ukjente problemer, med mindre ny og ukjent teknologi innføres.
- Det er behov for mer kunnskap om inneklima og helse, for eksempel helseeffekter av filtrering, varmegjenvinning, plassering av luftinntak, luftmengder, støv og avgassing fra byggematerialer.

18.5.3 Brukervennlighet tekniske anlegg

Innføring av skjerpede energikrav vil for næringsbygg kreve mer avanserte tekniske systemer enn det som er nødvendig for å tilfredsstille TEK10. Blant annet er vedlikehold av ventilasjonsanlegget en viktig forutsetning for å opprettholde luftkvalitet og energieffektiv drift. Bygg med svært god tetthet vil blant annet være mer sårbare for situasjoner med feil på ventilasjonsanlegget. Ved stopp på anlegget vil det ikke være tilstrekkelig luftskifte i bygget, og det vil da være nødvendig med lufteventiler eller vinduer med mulighet for lufting i alle rom, slik at det kan ventileres manuelt.

Brukervennligheten til tekniske systemer i bygg har et utviklingspotensial. For boliger vil det være spesielt viktig at anleggene er servicevennlige. Dette vil gjelde uavhengig av om det innføres strengere krav enn TEK10.

Viktige faktorer for ventilasjons- og varmeanlegget:

- Forsert avtrekk på bad ved dusjing (fuktføler).
- Behov for individuell tilpasning av temperaturnivå (20-24 °C OT) (for eksempel eldre og syke mennesker).
- Behov for regulering av temperaturnivå i oppholdsrom individuelt (mao behov for varmekilder i "alle" oppholdsrom).

Konklusjon

Forslagene til energikrav vil ikke i seg selv medføre risiko for dårligere inneklima og byggskader. Kravsnivåene som er foreslått i denne utredningen fordrer ikke noen nye tekniske løsninger eller byggemetoder sammenlignet med TEK10.

Der det anvendes balansert ventilasjon er korrekt prosjektering, utførelse og vedlikehold viktig både for inneklima og for å opprettholde varmegjenvinningsgrad og lav SFP-faktor. Dette gjelder imidlertid også for bygg oppført i henhold til TEK10. Man kan allikevel si at strengere krav vil gjøre at byggene er noe mer følsomme for disse faktorene. Dette kan anses for å være en moderat negativ effekt av kravene.

Samtidig viser erfaringer så langt at det er sammenheng mellom økt energieffektivitet og bedret inneklima, alt annet likt. I sum er det derfor ikke per i dag grunnlag for å hevde at en innstramning i energikravene vil gå på bekostning av inneklimaet.

Forenkling av varmeanlegget kan begrense mulighetene for individuell regulering, ettersom antall varmekilder vil reduseres og samme varmekilder vil betjene flere rom eller større soner med ulike formål. Forenkling av varmeanlegget er imidlertid ikke et krav, men en mulighet for kostnadmessig besparelse som følger av kravene.

19. MÅLOPPNÅELSE

19.1 Forhold som påvirker energibruken

Hvorvidt strengere energikrav vil gi en reduksjon av energibruken for byggsektoren som helhet vil avhenge av en rekke faktorer, herunder blant annet befolkningsvekst og vekst i byggareal. Det sentrale spørsmålet i denne sammenhengen er imidlertid hva virkningene av forskriftsendringene vil være om man sammenligner med et nullalternativ. Det må derfor gjøres en vurdering av den sannsynlige utviklingen for energibruken uten en innstramning i forskriften.

Forskriftene regulerer ikke alle deler av energibruken, slik at faktisk energibruk til enkelte formål vil kunne øke ut over dagens nivå. Slike faktorer vil imidlertid også påvirke referansealternativet. Faktorer som kan påvirke netto energibehov vil kunne være brukeravhengige forhold som valg av teknisk utstyr, hvordan bygget faktisk brukes og vedlikeholdes, samt atferd og brukstid. Nye typer utstyr og lading av kjøretøy vil også bidra til å øke energietterspørselen i byggsektoren. Dette forutsettes å være uavhengig av en endring i energikravene.

Valg av løsninger for energiforsyning har betydning for levert energi og faktisk anvendelse av primærenergi. Insentiver til bruk av bioenergi kan medføre økning i levert/målt energi til bygget som følge av at slike løsninger har lavere virkningsgrad enn elektriske løsninger. Dersom kravene stimulerer til økt anvendelse av fjern- og nærvarme og lagringsløsninger vil dette kunne medføre økte energitap. Under noen forutsetninger kan det medføre at bruken av primærenergi øker. Lokale løsninger og fjernvarme gjerne ha spisslastløsninger som kan baseres på eksempelvis fossile energigasser. Dette er fornuftig i et systemperspektiv, men bidrar til noe økt anvendelse av fossil energi og kan gi seg utslag i økte utslipp av klimagasser innenlands. Forslagene til energikrav innebærer imidlertid ingen nye insentiver med tanke på valg av teknologi for energiforsyning som antas å medføre vesentlig endrede systemvirkningsgrader samlet sett.

Forhold som kan påvirke måloppnåelsen i praksis kan omfatte følgende:

- Når energikravene strammes inn vil det, teknisk sett, kunne være mer krevende og kreve høyere kompetanse å oppfylle kravene, noe som kan øke sannsynligheten for at bygg i praksis ikke vil oppfylle kravene
- Når byggene blir mer energieffektive vil det også bli enklere og billigere for sluttbrukeren å bruke energi. Dette kan medføre at brukeren eksempelvis velger høyere romtemperatur enn man ellers ville gjort (*reboundeffekt*).
- I praksis vil den samlede reduksjonen i energibruk også være noe lavere enn den teoretiske som følge av at mange bygg i dag oppføres med høyere standard enn gjeldende krav.

Totalt sett innebærer dette at den samlede effekten av innstramninger i forskriften vil være en del lavere enn man kunne forvente gjennom teoretiske betraktninger av individuelle bygg. Ved beregning av den samlede effektiviseringen har vi forutsatt at disse faktorene medfører en redusert effekt på 10 % for det varmespesifikke behovet i nye og rehabiliterte bygg og 20 % for det elektrisitetsspesifikke behovet i næringsbygg i tråd med det som er lagt til grunn i [50].

19.2 Modelloppbygning i LEAP

Rambøll har etablert en *bottom-up* etterspørselsmodell i LEAP¹¹ for å beregne effekt av nye energikrav. Bakgrunnsdata er i hovedsak hentet fra NVE (2012) [27], Xrgia (2009) [50] og potensial- og barrierestudiene for henholdsvis yrkesbygg og husholdninger [51] og [52].

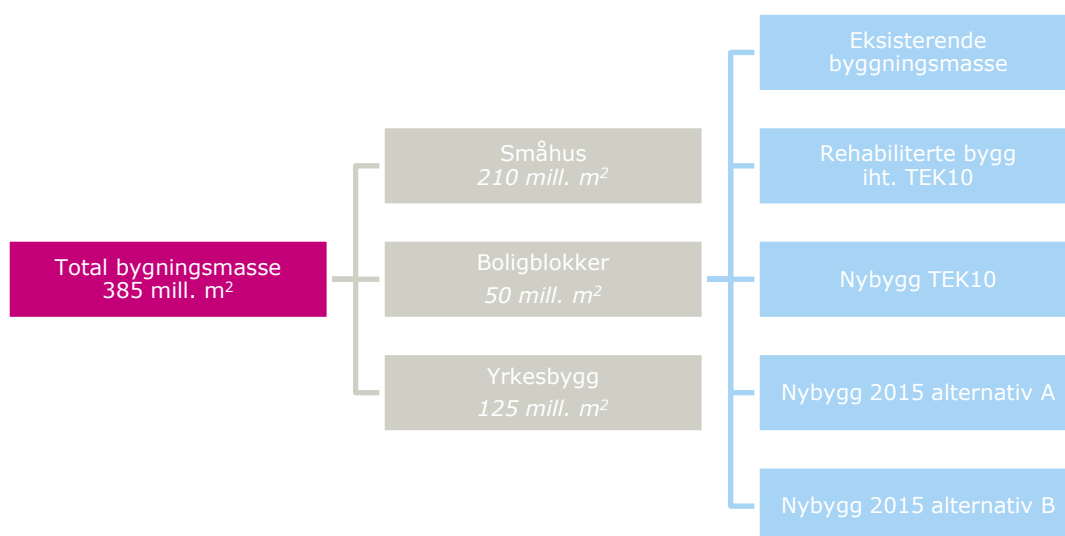
Driveren for energibruk er i analysen areal. Nasjonale arealrater er lagt til grunn, se tabellen nedenfor.

¹¹ Long-range Energy Alternatives Planning System

	Riving	Rehabilitering	Nybygging
Boliger	0,4 %	1,5 %	1,3 %
Yrkesbygg	0,6 %	1,5 %	1,9 %

Tabell 19.1: Årlige arealrater [27]

Beholdningen av bygningsmassen er fordelt mellom yrkesbygg og boliger, der sistnevnte er inndelt mellom småhus og boligblokker. Se Figur 19.1. Effekt av nye forskriftskrav er beregnet for to scenarier: Alternativ A («kostnadsoptimal») og alternativ B (passivhusnivå). Begge scenariene vil sammenlignes med den etablerte referansebanen, som viser referansepunktet ved en videreføring av dagens forskriftskrav og TEK10.



Figur 19.1: modelloppbygging, inkludert arealfordeling for dagens bygningsmasse

Beregningene er basert på antagelser om spesifikk energibruk for de fem byggkategoriene presentert i figuren over. Eksisterende bygningsmasse har uforandret energibruk i framskrivningen, og har konstant energibruk tilsvarende dagens nivå. For boliger er dette i gjennomsnitt omtrent på nivå med energibruk i henhold til TEK97, og for yrkesbygg er energibruken litt bedre enn TEK87. Den rehabiliterte bygningsmassen har en energibruk tilsvarende gjennomsnittet mellom eksisterende bygningsmasse og bygg oppført iht. TEK10. Nye bygg har energibruk tilsvarende gjeldende TEK.

Den spesifikke energibruken er formålsfordelt mellom elektrisitets-, varme- og kjølespesifikt behov. Etterspørselsmodellen inkluderer en teknologisammensetning for termiske formål, og systemvirkningsgrader er inkludert slik at resultatene oppgis som levert energi.

Det er forutsatt at de foreslåtte energikravene inntreffer i 2015, uten overgangsperiode. Videre er det antatt krav om nesten nullenerginivå innføres i 2020. Det er derfor tatt sikte på å gjøre en overordnet beregning av effekten av nye energikrav målt som årlig reduksjon i energibruk i 2020.

19.3 Resultat

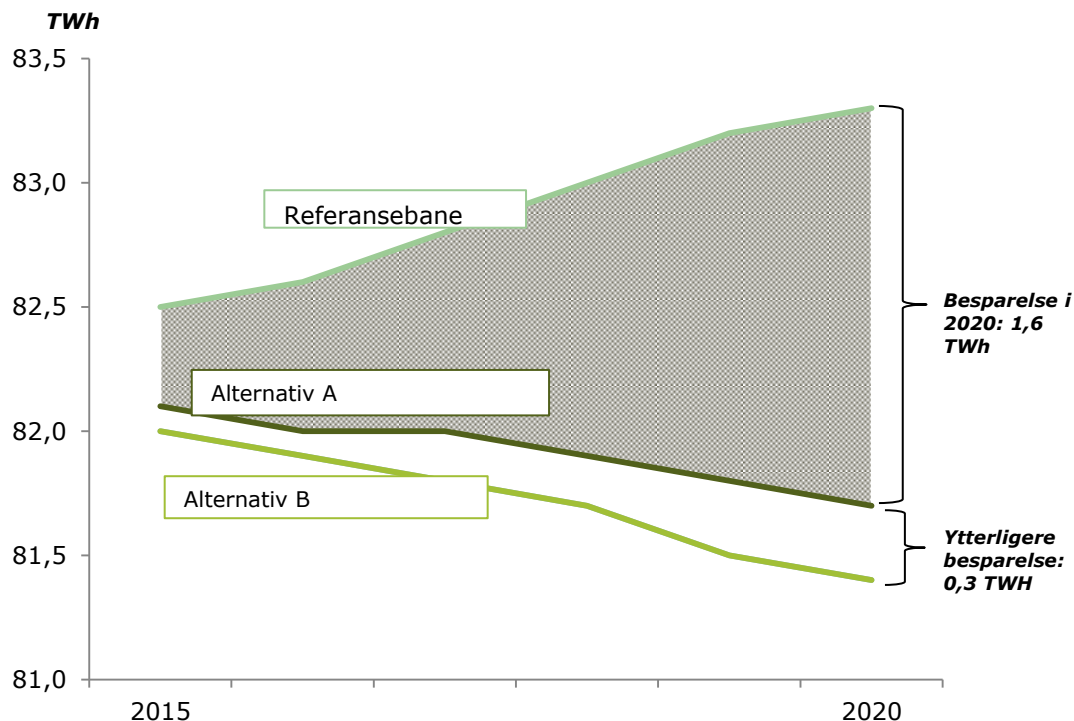
Figur 19.1 viser resultatet fra scenarioanalysen, gjennomført i programmet LEAP.

19.3.1 Effekt ved innføring av alternativ A

Den årlige reduksjonen i energibruk ved innføring av alternativ A er estimert til å være 1,6 TWh i 2020. Den totale energibesparelsen fra 2015-2020 er 11,8 TWh.

19.3.2 Effekt ved innføring av alternativ B

Innføring av alternativ B vil kunne bidra til en ytterligere energibesparelse sammenlignet med alternativ A tilsvarende 0,3 TWh i 2020. Den årlige energibesparelsen i 2020 sammenlignet med referansebanen er 1,9 TWh, og den totale energibesparelsen i perioden 2015-2020 er 13,7 TWh sammenlignet med referansebanen.



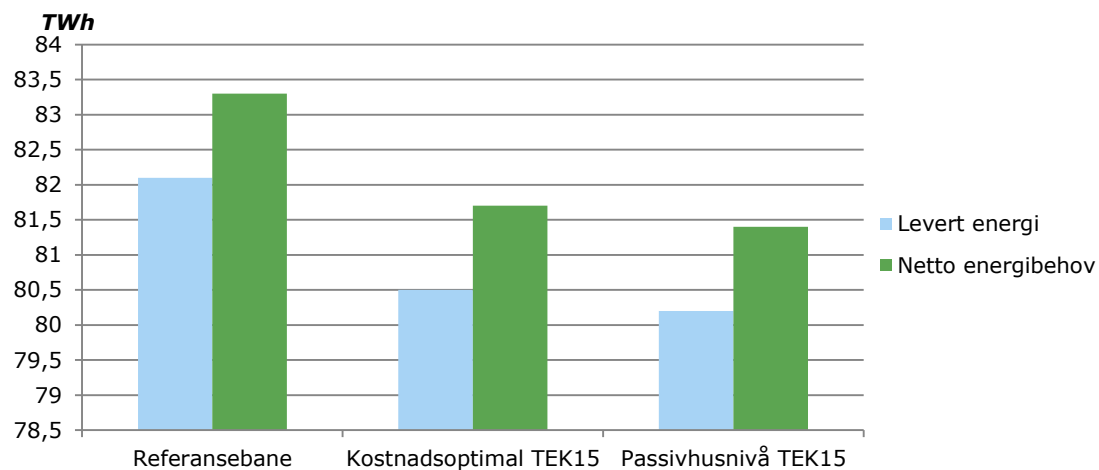
Figur 19.2: Scenarioanalyse for referansebane, alternativ A og alternativ B

Det er antatt samme gjennomsnittlige systemvirkningsgrad for begge scenariene og referansebanen. I praksis vil det være realistisk å anta at systemvirkningsgraden blir høyere ved innføring av nye krav, noe som vil resultere i en høyere energibesparelse for scenariene.

Framskrivningene gjennomført i Klimakur [53] viser en økning i energibruk i boliger og næringsbygg fra 74 TWh i 2007 til 75,8 TWh i 2020. Dette er en økning på 2,4 %. Referansebanen i framskrivningene gjennomført i dette prosjektet viser en sammenliknbar økning i energibruk på 2,1 % fra 2010 til 2020. Framskrivningene gjennomført av Xrgia [50] viser en noe høyere økning i energibruk i referansebanen på 4,1 % i perioden 2008-2020.

19.3.3 Levert energi sammenliknet med netto energibehov

Levert energi og netto energibehov er sammenliknet i Figur 19.3. Energisystemet i framskrivningsmodellen er i hovedsak preget av panelovner til oppvarmingsbehov, med innslag av vedovner, olje- og elkjeler, fjernvarme og varmepumper. Panelovnene og særlig varmepumpene har en høy virkningsgrad. Det modellerte kjølebehovet er antatt dekket med varmepumper. Dette resulterer i en samlet systemvirkningsgrad som på noe over 100 %. Mer utstrakt bruk av varmepumper vil kunne bidra til at det oppnås en høyere systemvirkningsgrad.



Figur 19.3: Energibruk i byggsektoren i 2020 med levert energi sammenliknet med netto energibehov som beregningspunkt

Fornybarandelen i bygningsmassen er høy i Norge; 87 % i den gjennomførte analysen. Muligheten for store reduksjoner i klimagassutslipp per kWh er derfor begrenset for energieffektiviseringstiltak i bygg. Dersom muligheten for å erstatte fossil energi i andre sektorer eller utenlands vil klimaeffekten derimot kunne være betydelig.

20. MERKOSTNADER OG MARKEDSEFFEKTER

Økte krav til energieffektivitet forutsettes generelt sett å øke byggekostnadene grunnet behov for flere komponenter, større dimensjoner/ mer material, høyere kompetanse eller bedre teknologi. Noen av merkostnadene, eksempelvis de som kan knyttes til kompetanse og ny teknologi, vil kunne reduseres over tid. Kostnadene kan også være avhengige av hvordan kravsnivået innrettes. En forskrift som åpner for valg mellom ulike løsninger muliggjør valg av kostnadseffektive løsninger for utbygger og øker konkurransen mellom leverandører av ulike løsninger.

Økte byggekostnader kan i sin tur medføre redusert utbygging, reduserte marginer og økt risiko for utbyggere, samt høyere markedspriser på nye bygg. I hvilken grad nye energikrav alene vil medføre slike effekter er det ikke rom for å gjøre en mer presis analyse av her.

Strengt energikrav må imidlertid forventes å stimulere til innovasjon i bransjen, herunder også utvikling av teknologi for eksport. Investering i samfunnsøkonomisk lønnsomme tiltak for energieffektivisering og fornybar energi vil gi verdiskaping og arbeidsplasser. Endring av beregningspunkt og fjerning av tiltaksmetode kan også stimulere til innovasjon, og i noen grad økt kostnadseffektivitet blant annet gjennom å stimulere til økt konkurranse i bransjen. Dette kan redusere negative effekter for bransjen og markedene.

Gjennom å velge et privatøkonomisk lønnsomt nivå for innstramningen, vil man kunne redusere de negative effektene for markedet. Dette ved at kjøpere kan betale en høyere kjøpesum grunnet forventet reduksjon i energikostnader i tiden de skal bo i boligen. Tilsvarende kan leietakere betale noe høyere leie grunnet lavere energiforbruk og -kostnader, der den høyere leien kan benyttes til investeringer i lønnsomme energieffektiviseringstiltak.

Merkostnadene som er vurdert i denne rapporten omfatter ikke betraktninger rundt eventuelle arealeffekter, men redusert BRA representerer potensielt en vesentlig privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk kostnad for energieffektive bygg (se kapittel 11.4).

Enkelte byggetyper og områder kan bli mer negativt berørt enn andre. Dette omfatter for eksempel:

- Bygg i områder med kombinasjon av fritak for elavgift og merverdiavgift på strøm der innstramningene i noen tilfeller kan være lite lønnsomme.
- Bygg med spesielle behov som medfører lite gulvareal i forhold til omhyllingsflate
- Boliger i områder med lave markedspriser på bolig.

20.1 Boligmarkedet

Selv om det velges et privatøkonomisk lønnsomt nivå for effektiviseringen, vil økte byggekostnader kunne ha negative fordelingspolitiske effekter i boligmarkedet. Økte priser på nye boliger og/ eller lavere samlet tilbud av boliger må antas å medføre økte priser på brukte boliger. Dette vil gagne dem som allerede er etablert med bolig som dekker deres behov. For enkelte grupper, som førstegangsetablerere og familier med behov for å anskaffe større boliger, vil bankenes krav til egenkapital medføre en større barriere når prisnivået øker generelt sett. Terskelen for å entre boligmarkedet, eller for å skaffe en egnet bolig, vil bli høyere for disse gruppene. Kjøperne av de brukte boligene vil heller ikke nyte godt av energieffektiviseringen på samme måte som de som kjøper en ny bolig, og de kan følgelig heller ikke forsvare høyere låneutgifter. Det må samtidig påpekes at beholdningen av brukte boliger over tid også vil bli mer energieffektive som følge av forskriftsendringene, slik at ovennevnte effekt vil utjevnes noe.

Tilsvarende negative virkninger vil også kunne gjøre seg gjeldende i et marked med fallende eller lave priser. Dette fordi tilskuddet av nye boliger vil kunne reduseres mer enn hva som ellers ville vært tilfelle. Igjen er det gruppene førstegangsetablerere og dem med behov for å skaffe egnet bolig som vil rammes av disse effektene.

For en den antatt mest lønnsomme innstramningen i energikravene, vil merkostnaden for en enebolig på 160 m² oppvarmet BRA ligge på rundt NOK 64 000,- (se vedlegg B).

Med en merkostnad på 300 kr/m² (vedlegg B), vil merkostnaden for en leilighet på 50 m² være NOK 15 000,-. Dette under forutsetning av at bygget også i henhold til TEK10 må ha alternativ energiforsyning.

Et fullstendig bortfall av mulighet for fritak fra energiforsyningskrav med høye krav til dekningsgrad, med den konsekvens at boligtyper som tidligere har kunnet anvende elvarme må ha vannbåren varmedistribusjon eller tilsvarende, kan medføre mer betydelige merkostnader. Dette kan være en effekt av de foreslåtte endringene for noen boliger dersom fritak fra energiforsyningskrav ved merkostnader over levetiden bortfaller, eller dersom kravsnivået i alternativ B settes så strengt at alternativ energiforsyning med høy dekningsgrad vil være nødvendig for å nå kravet.

20.2 Næringsbygg

Multiconsult og Sintef [7] har beregnet merkostnadene for å bygge etter passivhusstandard til rundt 600 kr/m² BRA for et kontorbygg, mens Enovas erfaringstall tilsier rundt NOK 900 kr/m² BRA. Med kostnader i nedre del av dette intervallet er det sannsynlig at effektiviseringen vil være privatøkonomisk lønnsom for gjennomsnittsbygg. Dette betinger samtidig blant annet at kravet justeres for klimasted.

Mange byggeiere ser næringsbygg som langsiktige investeringer, og merkostnader kan tas igjen i økt leie eller redusert energibruk. Dette gjelder ikke minst offentlige byggeier og profesjonelle eiendomsselskaper som ofte er eid av investeringsfond med langsiktige strategier. Aktører med høyere avkastningskrav, lavere likviditet eller kort horisont vil kunne tilpasse seg ved å leie framfor å eie. En annen mulig besparelse kan være økt intervall mellom rehabilitering fordi høyere energistandard vil være mer konkurransedyktig i et framtidig marked.

Nevnte beregningene er imidlertid gjort for referansebygg. Bygg som er mindre eller har lavere BRA sammenlignet med overflate, eksempelvis grunnet stor etasjehøyde og/ eller få etasjer, vil kunne oppleve betydelig høyere kostnader. Oppdragsteamet kjenner til et nytt prosjekt med merkostnader på rundt 1400,- kr/m² for å bygge passivhus ihht. NS 3701. Slike merkostnader kan sannsynligvis ikke forsvares da dette krever tiltak som sannsynligvis ikke vil betale seg i et privatøkonomisk eller samfunnsøkonomisk regnestykke. Dersom det settes krav til passivhusnivå, bør det settes mindre strenge krav for enkelte byggetyper gjennom etablering av spesialkategorier. Dette kan eksempelvis være bygg med behov for store etasjehøyder. Det bør også legges inn en arealkorreksjonsfaktor for næringsbygg for å forhindre at kostnadene blir uforholdsmessig store for små bygg.

Et annet avbøtende tiltak kan være å opprettholde anledning til å velge tiltaksmetode, eventuelt at sistnevnte kun gjelder for spesielle bygg. Dette vil redusere merkostnadene for en del bygg. En generell anledning til å anvende tiltaksmetode synes imidlertid å være lite aktuelt da man ikke vil ha insentiv til å bygge mer kompakt, noe som vil redusere sikkerheten for måloppnåelse.

KONKLUSJON

Konklusjon

To av de viktigste føringene for nye energikrav for nybygg i TEK er målene om passivhusnivå og kostnadsoptimalitet. Passivhusnivå er i denne utredningen foreslått definert slik:

«Passivhusnivå er gitt som beregnet levert energi for et referansebygg som tilsvarer et passivhus i henhold NS 3700 og NS 3701. Beregnet levert energi korrigeres for energivare ved bruk av annen energiforsyning enn elektrisitet.»

Denne definisjonen innebærer med andre ord ikke at de ulike minstekravene i NS 3700 og 3701 nødvendigvis er oppfylt. Det kan velges ulike tekniske løsninger for å oppnå dette nivået, og et bygg med passivhusnivå trenger derfor ikke å være i samsvar med standardene.

Det er i denne rapporten utredet to mulige løsninger for energikravene, alternativ A og alternativ B. Alternativ A kan anses for å være et forslag til en enkel og kostnadseffektiv innstramning i lys av føringen om kostnadsoptimalitet. Dette alternativet bygger i stor grad på dagens utforming av energikravene. Den viktigste foreslåtte endringen er at tiltaksmetoden foreslås fjernet. Alternativ B er utviklet primært med tanke på å nå målet om passivhusnivå. Dette alternativet medfører et noe strengere kravsnivå. I det videre arbeidet med energikravene for nybygg anbefales det primært at alternativ B videreføres.

For å nå målet om passivhusnivå og senere nesten nullenerginivå, foreslås det at beregningspunktet for energirammene vurderes endret til levert energi korrigert for energivare. Dette vil gi anledning til å få godskrevet hensiktsmessige energiforsyningsløsninger som fjernvarme, bioenergi og varmepumpeløsninger med høy energidekning og/eller virkningsgrad. I dagens energikrav er det ingen insentiver til å velge mer hensiktsmessig energiforsyning enn kravet. Et beregningspunkt som åpner for valg mellom flere tiltak vil kunne gi økt kostnadseffektivitet gjennom mulighet for å velge de beste løsningene i hvert tilfelle, og vil også stimulere til konkurranse mellom leverandører av løsninger.

Det er viktig å understreke at levert energi alene, selv om det korrigeres for energivare, ikke er en fullgod indikator på kostnader og miljøvirkninger av energibruk. Økt anledning til omfordeling kan også medføre et insentiv til å prioritere rimelige og mindre robuste løsninger. Det anbefales derfor at det vurderes nærmere om endring av beregningspunktet vil gi lavere grad av insentiv til robuste og framtidsrettede energiløsninger. Minstekrav, krav til varmetapstall og korreksjonsfaktorer er tiltak som er foreslått avendt i energikravene, og som vil sikre en viss robusthet.

Det er vurdert som hensiktsmessig å anvende en maksimal ramme for varmetapstall for å sikre robusthet for bygningskroppen. Det anbefales imidlertid at dette suppleres med noen minstekrav på komponentnivå for å sikre robuste og lønnsomme tiltak. Det foreslås varmetapstall ihht lavenergistandarden (klasse 1) for små bygg og passivhusstandard for større bygg.

Det er ønskelig å anvende lokale klimadata i kontrollberegningene av to hensyn. For det første vil dette muliggjøre klimakorreksjon av rammekravet. God lokal tilpasning vil være nødvendig for å realisere et kostnadseffektivt potensial når bygningenes energibruk skal nærme seg netto null. Spesielt dersom dette skal gjennomføres uten at bygg i gunstig klima må overinvestere i energieffektive løsninger. Jo strengere kravene settes, jo viktigere vil dette være. Videre vil lokalt klima gi mer realistiske kontrollberegninger, noe som er både pedagogisk og har nytteverdi.

Et strengt kravsnivå vil også innebære en risiko for at noen bygg må gjennomføre tiltak som er lite lønnsomme, også samfunnsøkonomisk sett. Dette vil spesielt kunne gjelde små eller lite kompakte bygg. Det foreslås derfor også innføring av arealkorreksjonsfaktorer for energirammene. Det er utredet et forslag til metode for hvordan dette kan gjøres.

Ved beregning av energirammer er det lagt til grunn faste verdier for teknisk utstyr, belysning og tappevann fra passivhusstandardene. Det foreslås imidlertid at det også åpnes for å anvende reelle verdier for belysning. Veiledning og dokumentasjon vil da være sentralt. Det er gitt noen anbefalinger om punkter for revisjon i NS 3031. Det anbefales blant annet at beregningene bør hensynta reelt systemtap for varmt tappevann slik at tiltak knyttet til reduksjon av dette kan krediteres. Det anbefales også at det vurderes innføring av en korreksjonsfaktor basert på forholdet mellom primær- og sekundærareal som gir insentiv til arealeffektivitet.

Det foreslås ingen endring av byggkategorier. En spesialkategori bør vurderes. Dette kan vurderes på nytt når en ny norsk standard for byggkategorier foreligger.

Ved eventuell anvendelse av netto energibehov som beregningspunkt for energirammene anbefales det at energiforsyningskrav opprettholdes. Det anbefales at innslagspunkt for krav til dekningsgrad baseres på netto varmebehov. Det anbefales at kravet om 60 % dekningsgrad inntreffer ved et netto varmebehov på 30 000 kWh. For bygg med netto varmebehov under dette anbefales at kravet til dekningsgrad reduseres til 25 %.

Det er gjort en vurdering av konsekvenser av forslagene. Nye energikrav i seg selv antas ikke å medføre økt risiko for dårlig inneklima eller byggskader, snarere tvert i mot. Imidlertid antas det at byggene kan bli noe mer følsomme for korrekt prosjektering, utførelse og drift/vedlikehold. Dette henger sammen med økt tetthet og utstrakt bruk av balansert ventilasjon..

Merkostnader vil kunne ha noen negative konsekvenser, herunder fordelingsvirkninger i boligmarkedet. Strengt energikrav må forventes å stimulere til innovasjon i bransjen, herunder også utvikling av teknologi for eksport. Investering i samfunnsøkonomisk lønnsomme tiltak for energieffektivisering og fornybar energi vil gi verdiskaping og arbeidsplasser. Endring av beregningspunkt og fjerning av tiltaksmetode kan også stimulere til innovasjon, og i noen grad økt kostnadseffektivitet blant annet gjennom å stimulere til økt konkurranse i bransjen.

REFERANSER

- [1] Melding til Stortinget, “Meld. St. 21 (2011–2012): Norsk Klimapolitikk,” vol. 21, 2012.
- [2] Melding til Stortinget, “Meld. St. 28 (2011–2012): Gode bygg for et bedre samfunn,” vol. 28, 2012.
- [3] Official Journal of the European Union, “DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the energy performance in buildings,” *Official Journal of the European Union*, pp. 13–35, 2010.
- [4] Standard Norge, “Norsk Standard 3700: Kriterier for passivhus og lavenergihus; Boligbygninger,” 2010.
- [5] Standard Norge, “Norsk Standard NS3701: Kriterier for passivhus og lavenergibygninger – Yrkesbygninger,” 2010.
- [6] THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL, “Supplementing Directive 2010/31/EU. L 81/18,” *Official Journal of the European Union*, pp. 18–36, 2012.
- [7] Multiconsult and SINTEF, “Kostnadsoptimalitet Energiregler i TEK. Oppdrag fra DiBK,” 2012.
- [8] SSB, “Energiregnskap og energibalanse - 2010-2011,” 2012. .
- [9] SSB, “Energiindikatorer for Norge, 1990-2009,” 2011.
- [10] Miljøverndepartementet, “Meld. St. 21 (2011–2012) Norsk klimapolitikk,” vol. 21, 2012.
- [11] “Miljøstatus i Norge: Utslipp av klimagasser fra oppvarming av bygg.” .
- [12] Statens Bygningstekniske etat, “Veiledning: Til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven 1997,” no. 4. utgave, 2007.
- [13] Xrgia, “Energibruk i lavenergi- og passivbygg: En sammenligning av forventet og målt energibruk. Utarbeidet for Energi Norge,” 2011.
- [14] M. Klinski, J. Thomsen, L. Å. Hauge, S. Jerkø, and T. H. Dokka, “Systematisering av erfaringer med passivhus. Prosjektrapport 90, SINTEF,” 2012.
- [15] European Commission, “Energy Roadmap 2050,” *COM(2011) 885*, 2011.
- [16] “EU Direktiv 2009/28/EF, Fornybardirektivet.” .
- [17] EUROPAPARLAMENTET OG DET EUROPEISKE RÅD, “Direktiv om energieffektivitet og om ophævelse af direktiv 2004/8/EF og 2006/32/EF.” .
- [18] “DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the energy performance in buildings,” *Official Journal of the European Union*, pp. 153/13–153/35, 2010.
- [19] European Commission, “Strategy for the sustainable competitiveness of the construction sector and its enterprises,” 2012.
- [20] Europakommisjonen, “Adapting to climate change: Towards a European framework for action,” *COM(2009) 147*, 2009. .
- [21] “Bygningsenergidirektivet.” .
- [22] “Bygningsenergidirektivet (til 9.7.2012): energieffektivitet i bygninger.” .
- [23] J. Kurnitski, F. Allard, D. Braham, G. Goeders, P. Heiselberg, L. Jagemar, R. Kosonen, J. Lebrun, L. Mazzarella, V. Novakovic, J. Railio, O. Seppänen, and M. Schmidt, “Nearly zero energy buildings nZEB definitions and system boundary – REHVA definition for uniformed national implementation of EPBD recast,” pp. 1–29.
- [24] BPIE, *Europe’s buildings under the microscope. A country-by-country review of the energy performance of buildings*. 2011.
- [25] Stortinget, “Innst. 390 S (2011-2012); Innstilling fra energi- og miljøkomiteen om norsk klimapolitikk.” energi- og miljøkomiteen, Jun-2012.

- [26] Innstilling fra energi- og miljøkomiteen, "Innst. 390 S (2011–2012)," vol. 21, no. 145, 2012.
- [27] NVE, "Beregning av energieffektiviseringseffekt - beskrivelse av metode," 2012.
- [28] THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL, "Directive 2009/125/EC of the European Parliament."
- [29] "Slik bygger vi Svanemerket."
- [30] Enova SF, "Kunnskapsbehov for å innføre passivhus som standard," 2011.
- [31] "Formål - Enova."
- [32] THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL, "Guidelines accompanying Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012. C115/01," 2012.
- [33] THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL, "Directive 2005/32/EC Ecodesign-direktivet," no. 1600, 2005.
- [34] THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, "REGULATION (EU) No 305/2011, L88/5," no. 305, pp. 5–43, 2011.
- [35] P. G. Schild, M. Klinski, and C. Grini, "Analyse og sammenlikning av krav til energieffektivitet i bygg i Norden og Europa. Prosjektrapport 55, SINTEF," 2010.
- [36] ECOFYS, "EURIMA - Facts & Figures," 2012. .
- [37] "Samtaler med Lian Trevarefabrikken."
- [38] T. H. Dokka, *Faglig underlag for NS 3701 : 2012. Prosjektrapport 99 SINTEF Byggforsk*. 2012.
- [39] Y. Svensson, "Boverkets författningssamling BFS 2011:26 BBR 19," pp. 1–158, 2011.
- [40] THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL, "DIRECTIVE 2010/31/EU on the energy performance in buildings (recast) (revidert bygningsenergidirektiv)," *Official Journal of the European Union*, pp. 13–35, 2010.
- [41] Enova SF and COWI, "Hensiktsmessige varme- og kjøleløsninger i bygninger," 2013.
- [42] T. H. Dokka, M. Klinski, M. Haase, and O. G. Mads, *Kriterier for passivhus- og lavenergi bygg – Yrkesbygg Prosjektrapport 42*. 2009.
- [43] I. Andresen, K. Buvik, C. Grini, and K. Sjøstrand, *Miljøvennlig varmeforsyning til lavenergi- og passivhus*. 2010.
- [44] I. Sartori, A. Napolitano, and K. Voss, "Net zero energy buildings: A consistent definition framework," *Energy and Buildings*, vol. 48, pp. 220–232, May 2012.
- [45] "Vekting av elektrisitet i energipolitikken," pp. 1–56, 2012.
- [46] M. Klinski, J. Thomsen, L. Å. Hauge, S. Jerkø, and T. H. Dokka, "SB 90 - Systematisering av erfaringer med passivhus," 2012.
- [47] T. Kristjansdottir, M. Berge, S. Holøs, T. H. Dokka, M. Klinski, T. F. Berg, M. Maltha, and S. Mellegård, "SB 113 - Systematisering av erfaringer med passivhus – oppfølging," 2012.
- [48] J. Thomsen and M. Berge, "Inneklima i energieffektive boliger - en litteraturstudie," 2012.
- [49] Erichsen og Horgen AS oppdrag fra Lavenergiprogrammet v/, I. H. Bryn, A. J. Petersen, S. Gedsø, and L. R. Karlsen, "Tiltak mot høye temperaturer i passivhus - Del I."
- [50] Xrgia, *Klima- og energidata, fremtidig utvikling i byggsektoren*, no. april. 2009.
- [51] P. i samarbeid med E. A. for Enova, "Potensial- og barrierestudie: Energieffektivisering av norske boliger," 2012.
- [52] Multiconsult, "Potensial og barrierestudie : Energieffektivisering i norske næringsbygg," 2011.
- [53] KLIF, NVE, OED, SSB, and Statens Vegvesen, "Klimakur 2020 - Tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020," 2010. .

VEDLEGG A: FORUTSETNINGER FOR VALG AV PARAMETERE I LØNNSOMHETSBEREGNINGER

EUs forordning [1] om kostnadsoptimalitet åpner for flere tilnærminger. Det vil blant annet være opp til medlemslandene hvorvidt man velger å ta utgangspunkt i samfunnsøkonomi eller privatøkonomi. Dette har blant annet betydning for hvilken kalkulasjonsrente, kostnader og energipris man bør forholde seg til. Dette notatet beskriver bakgrunnen for valg av inngangsverdier i lønnsomhetsberegningene.

A.1 Energipriser

Ettersom elektrisitet er den dominerende energivaren i byggsektoren, er det naturlig i hovedsak å se til elprisen for å definere energiprisene. Bygg som står overfor krav til annen oppvarming enn direkte elektrisitet, slik mange bygg i praksis gjør med dagens krav, vil kunne stå overfor en annen marginalpris på energi til oppvarming. Tilsvarende kan man se for seg at bygg som ligger innenfor et konsesjonsområde for fjernvarme vil kunne stå overfor en betydelig lavere marginalpris på varme i et samfunnsøkonomisk regnestykke.

Prisen byggeiere betaler for el består av en rekke elementer, som kraftpris, påslag til kraftleverandør, avgifter og nettleiens ulike deler. Strukturen er også til dels avhengig av kundekategori, geografi og nettselskap. Hvilke deler av kostnadene som bør medregnes er avhengig av om man legger til grunn et samfunnsøkonomisk eller privatøkonomisk regnestykke. Hvilken type tiltak det er snakk om er imidlertid også av betydning.

Nettleie

Det er grunn til å forutsette at framtidens bygg generelt vil være tilknyttet el-nettet. Nettleien dekker i stor grad faste kostnader ved nettilknytning og vedlikehold av nettet. Disse kostnadene vil i hovedsak være uavhengige av byggets energibruk, og i begrenset grad avhengige av effektbehovet.

Per i dag betaler sluttbrukerne som regel et energiledd i nettleia som er høyere enn de faktiske marginale kostnadene, mens de øvrige leddene er lavere enn de faste kostnadene for nettilknytningen. Dette stimulerer ikke til effektiv utnyttelse av nettet, men understøtter lønnsomheten av energieffektivisering.

Et usikkerhetselement når det gjelder effektbehov i framtidens bygg vil være knyttet til behovet for effekt til lading av elbiler og energikrevende utstyr slik som platetopper. Det er derfor ikke sikkert at framtidens bygg vil kunne ha lavere installert effekt med tanke på nettilknytning på tross av at byggene vil kunne ha lavere effektbehov til romoppvarming.

For tiltak som reduserer byggets energibruk, men ikke effektbehovet, vil det være riktig å inkludere kun en begrenset del av nettleien i energiprisen. For samfunnsøkonomiske analyser vil det da være mest naturlig primært å legge nettap til grunn. For privatøkonomiske analyser vil det være naturlig å inkludere nettleiens energiledd, altså den delen av nettleien som avhenger av sluttbrukets omfang/ volum. Det er viktig å være oppmerksom på at energileddet kan bli redusert dersom framtidens bygg har lav brukstid for maksimal effekt. Hvorvidt energieffektivisering eller -omlegging, medfører redusert nettap og reduserte kostnader for utbygging av nett, avhenger for øvrig av om tiltaket gjennomføres i et område med overskudd eller underskudd på kraft.

Videre vil ulike tiltak ha størst effekt i ulike sesonger. Mens solbasert energiproduksjon har størst effekt på sommeren vil bioenergi har størst effekt vinterstid. Det er vanligvis markante sesongvariasjoner i elprisene knyttet til tilbud og etterspørsel som kan tas hensyn til ved lønnsomhetsvurdering av ulike tiltak. Prisene varierer også typisk over døgnet. Løsninger som reduserer effektbehovet i høylastperiodene, eller flytter effektetterspørselen til perioder med lavere last, vil kunne gi sluttbrukeren lavere gjennomsnittspriser. AMS/smarte nettløsninger med bl.a.

timesmåling også hos mindre kunder vil øke sluttbrukernes insentiver til å ha fokus på å begrense effektterspørsel i perioder med høy last/ etterspørsel, slik som i kuldeperioder. Dette vil gi sluttbrukerne insentiv til å velg fleksible energiløsninger.

I denne utredningen har det ikke vært rom for å gjøre kvantitative analyser som ivaretar alle momentene som er diskutert ovenfor.

Byggsektorens påvirkning på priser

Ettersom byggsektoren representerer en stor del av sluttbrukersiden i kraftmarkedet vil energikravene i byggeforskriftene være egnet til å påvirke markedsprisen på energi. Dette gjelder både kraftpriser og nettariffer. Ulike scenarier for etterspørselen etter energi vil ha effekt på markedspriser i form av endring i balanse mellom tilbud og etterspørsel.

Også andre priseffekter kan være aktuelle. Eksempelvis vil en utvikling mot lavere energibruk, uten tilsvarende fokus på lavere effektbehov, kunne medføre en utvikling mot høyere differanser mellom kraftpriser i henholdsvis høy- og lavlastperioder. Videre vil det kunne medføre vridning av nettleiens struktur mot relativt sett høyere fastledd. Fokus på energiløsninger som reduserer effektbehovet og åpner for lagring av energi med ulike former for sluttbrukerfleksibilitet kan bidra til mer forutsigbare priser.

Enda viktigere kan byggsektorens påvirkning være på mer følsomme markeder, eksempelvis markedet for skogsbasert bioenergi. En kan tenke seg at en større satsing på bruk av bioenergi i byggsektoren vil kunne virke prisdrivende på enkelte virkefraksjoner.

Man kan heller ikke se bort fra at prisene på de materialer, teknologiske løsninger og tjenester som er aktuelle for bygg kan påvirkes av forskriftenes utforming.

Ideelt sett kan derfor vurderinger rundt såpass omfattende tiltak som energikrav i byggeforskrifter vanskelig foretas uten en vurdering av hvordan likevekten i markedet påvirkes.

I denne utredningen er det ikke rom for å gjøre noen omfattende vurdering av dette temaet, men forslag til løsninger i byggeforskriften må vurderes også i lys av slike effekter. Teknologinøytralitet og funksjonsbaserte krav kan være prinsipper som i noen grad reduserer potensielle utfordringer knyttet til dette temaet.

Prisutvikling for kraft på sikt

Fram mot 2020 er det i Norden en mulighet for at det kan oppstå et kraftoverskudd som følge av nokså omfattende utbygging av kraftproduksjon, dels knyttet til innføring av et felles el-sertifikatmarked for Norge og Sverige. Ettersom ambisjonsnivået for utbygging av fornybar kraftproduksjon i noen grad er gitt, vil utbyggingstakten for utenlandskabler være av vesentlig betydning. Forventninger om moderat utbygging av nye overføringskabler til Europa gjør at man må forutsette begrensede muligheter for eksport. Økningen på tilbudssiden, og forventninger til moderat utvikling på etterspørselssiden, vil kunne bidra til relativt lave kraftpriser. Det er imidlertid vanskelig å se for seg at produsentene i kraftmarkedet skal agere på en måte som medfører et betydelig prisfall på lang sikt. En eventuell lav kraftpris vil også være en driver for etterspørselssiden som bl.a. kan gi økt energibruk i industrien.

Mange faktorer kan påvirke prisutviklingen. Viktige drivere for prisen på elektrisitet er:

- *Utviklingen for kraftintensiv industri*
- *Ambisjonsnivå for elektrifisering av sokkelen*
- *Elektrifisering i andre sektorer*
- *Utviklingstakt for utenlandsforbindelser*
- *Sertifikatmarkedet og utviklingen for annen fornybar energi*
- *Prisutviklingen i tilstøtende markeder, herunder klimaavtaler og kvotemekanismer i Europa*
- *Rammevilkår fastsatt og styrt av norske myndigheter*

- *Utvikling for kjernekraft og ukonvensjonelle gassressurser*
- *Klimaendringer/ temperatur*

Omfattende endringer sammenlignet med dagens forventninger for disse faktorene kan påvirke prisen for elektrisitet på en uforutsigbar måte.

Det norsk-svenske el-sertifikatmarkedet er et av flere elementer som påvirker prisdannelsen i kraftmarkedet. Man kan derfor ikke forvente at langsiktige marginalkostnader kan legges til grunn for prisutviklingen på kort sikt. Derimot er det grunn til å anta at kraftprisen vil ligge lavere enn kostnadene for ny kraft. Ut over 2020 er det usikkerhet knyttet til om det vil eksistere støtteordninger for fornybar energi.

Det foreligger framskrivninger av kraftprisen i Energiutredningen [2]. Der antas en langsiktig marginalkostnad på ny kraft i det nordiske markedet på 0,50 kr/kWh. Videre framskrives kraftprisen mot 2030 i tre ulike scenarier som gir priser på 0,43, 0,51 og 0,74 kr/kWh

Innenfor de perspektivene som legges til grunn i denne utredningen, og basert på at de aktuelle byggene skal oppføres mellom 2015 og 2020, har vi valgt å legge til grunn en gjennomsnittlig kraftpris på 0,50 kr/kWh over tiltakenes levetid, og en langsiktig marginalkostnad på ny fornybar kraft på 0,70 kr/kWh. Den sistnevnte prisen forutsettes å gjenspeile produksjonskostnad for noen av de minst lønnsomme prosjektene som vil bygges ut under el-sertifikatmarkedet. Dette tolkes her som politisk betalingsvilje for fornybar elproduksjon. Det antas at politisk betalingsvilje for effektivisering av elforbruket vil ligge minst like høyt, så den forholdsvis høye verdien synes forsvarlig. Denne løsningen er valgt ettersom det per i dag ikke foreligger føringer for bruk av energipriser i analyse av kostnadsoptimalitet for norske forhold.

For øvrig er det gjort forutsetninger om priser til sluttbruker som vist i figuren nedenfor. Som det framgår er det forutsatt at effektledd og fastledd ikke inngår for beregning av lønnsomhet ved energieffektivisering i bygg.

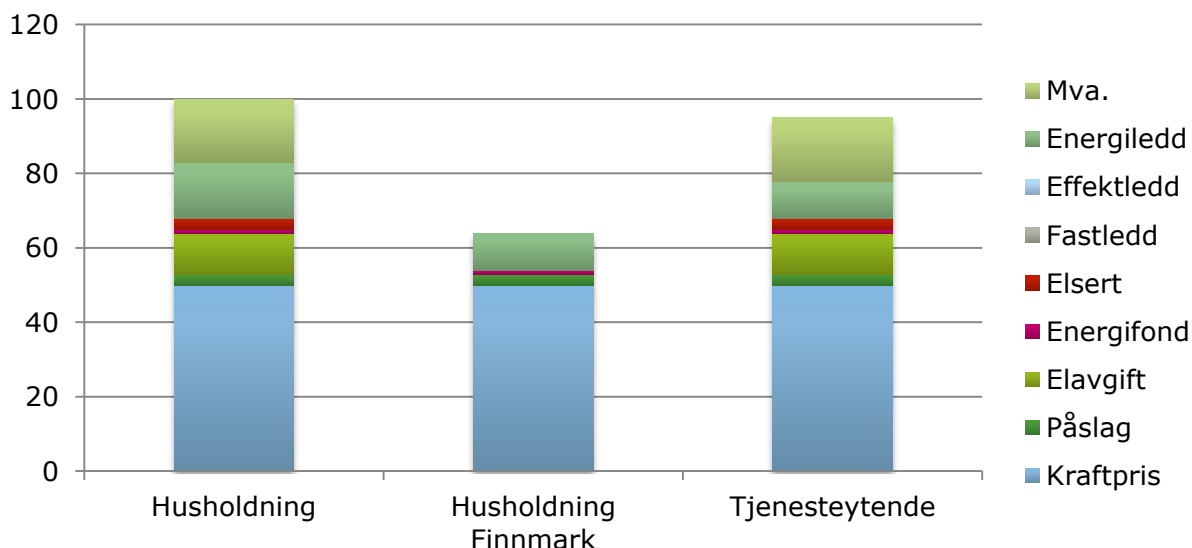


Fig. 1: Antagelser om energipris for sluttbruker

Basert på disse betraktningene er det forutsatt privatøkonomiske energipriser på 1,00 kr/kWh for husholdninger og tjenesteytende sektor.

Basert på antagelsen om langsiktige marginalkostnader for ny kraft på 0,70 kr/kWh er det valgt å operere med en samfunnsøkonomisk energipris på 0,80 kr/kWh. 0,10 kr/kWh representerer da marginaltap og besparelser i nettet. Den øvrige differansen i forhold til forventet markedspris på kraft kan tolkes som antatt politisk betalingsvilje for frigjøring av kraft til andre formål, altså klimaeffekt.

A.2 Parametere som er benyttet i beregninger for vurdering av kostnadsoptimalitet

Reell diskonteringsrente på 3 % er lagt til grunn for beregning av samfunnsøkonomiske tiltakskostnader, i tråd med EUs forordning..

Husholdningene står i dag overfor relativt lave renter på boliglån. Effektiv rente ligger i overkant av 4 %. Korrigert for inflasjon og skattefradrag, vil reell rente kunne være i underkant av 2 %. Det vil antagelig ikke være riktig å legge dette til grunn for hele levetiden til bygg som oppføres mellom 2015 og 2020. Det er derfor gjort analyser med reell rente både på 2 % og 4 %.

Enova har operert med et reelt avkastningskrav før skatt på 8 % for å definere lønnsomhet i energiprosjekter. Det er her valgt å operere med et reelt avkastningskrav på 6 % i tjenesteytende sektor. Det er også gjort beregninger med 4 % rente.

EUs forordning stiller krav til at det foretas samfunnsøkonomisk beregning med 30 års levetid for boligbygg og offentlig bygg, og tilsvarende 20 år for næringsbygg. Det stilles også krav til beregning av restverdier.

I et privatøkonomisk perspektiv er det mulig å argumentere for at tiltak i boligbygg bør ha tilbakebetalingstider som er kortere enn typisk horisont for tilbakebetaling av boliglån. For å få lett forståelige uttrykk for lønnsomheten, har vi valgt å angi privatøkonomisk lønnsomhet av tiltakene gjennom diskonterte tilbakebetalingstider. Det er naturlig at de enkelte komponenter bør ha tilbakebetalingstider som er kortere enn sin tekniske levetid for å kunne anses som lønnsomme.

For vurdering av samfunnsøkonomisk lønnsomhet, er det beregnet tiltakskostnader og merkostnader i form av kr/kWh.

I de samfunnsøkonomiske beregningene er merverdiavgift og avgifter ikke medregnet. Energiprisen er forsøkt korrigert for effekten av el-sertifikatmarkedet.

Eksterne kostnader er ikke vurdert kvantitativt.

A.3 Referansebygg

Forordningen åpner for at beregning av kostnadsoptimale nivåer skjer for utvalgte referansebygg som kan representere flere byggkategorier. Dette er den aktuelle tilnærmingen i arbeidet med nye energikrav. Det er i hovedsak bygget på de samme referansebygg som lå til grunn for beregning av energirammer for TEK10 (se kapittel 8). I noen tilfeller er det supplert med referansebygg som ble benyttet i arbeidet med NS 3701 samt prosjekterte bygg fra egen portefølje.

Referanser

- [1] EUROPEAN UNION and THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL, "Guidelines accompanying Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012. C115/01," 2012.
- [2] *Energiutredningen – verdiskaping, forsyningssikkerhet og miljø*. 2012.

VEDLEGG B: LØNNSOMHETSANALYSER FOR TILTAK OG TILTAKSPAKKER

Det er gjort simuleringer i SIMIEN for å beregne energibesparelsen for tiltakspakker og for å undersøke energibesparelsen knyttet til enkelttiltak. På basis av besparelsene er det gjort lønnsomhets- og følsomhetsanalyser med utgangspunkt i inngangsverdiene i vedlegg A.

Det er benyttet tiltak og kostnadstall fra rapporten «Kostnadsoptimalitet energiregler i TEK» [7]. I tillegg er det sett til Enovas erfaringstall fra søknader om støtte til passivhus (Enova, 2013). Disse ligger noe høyere, men det er også relativt stor grad av usikkerhet knyttet til hvor presise disse er.

På tiltaksnivå er det anvendt kostnader fra ovenfor nevnte rapport om kostnadsoptimalitet. Rambøll mener imidlertid kostnaden for behovsstyring av lys for de fleste tilfeller er nokså betydelig overestimert. Det er derfor lagt til grunn egne erfaringstall.

Privatøkonomisk lønnsomhet er illustrert ved diskontert tilbakebetalingstid. Dette oppfattes som en pedagogisk indikator, men innebærer at man må vurdere lønnsomheten i lys av tiltakets levetid. Det er også gjort en beregning av samfunnsøkonomiske tiltakskostnader.

Det understrekes at beregningene gjelder eksempelbygg og at usikkerheten er relativt stor.

B.1 Kontorbygg – passivhusnivå

Diskontert tilbakebetalingstid for kontorbygg med passivhusstandard sammenlignet med TEK10 ved merkostnad på NOK 600,- (figur til venstre) og NOK 900,- (figur til høyre), der det sistnevnte er basert på betraktning av Enovas erfaringstall for merkostnader for passivhus:

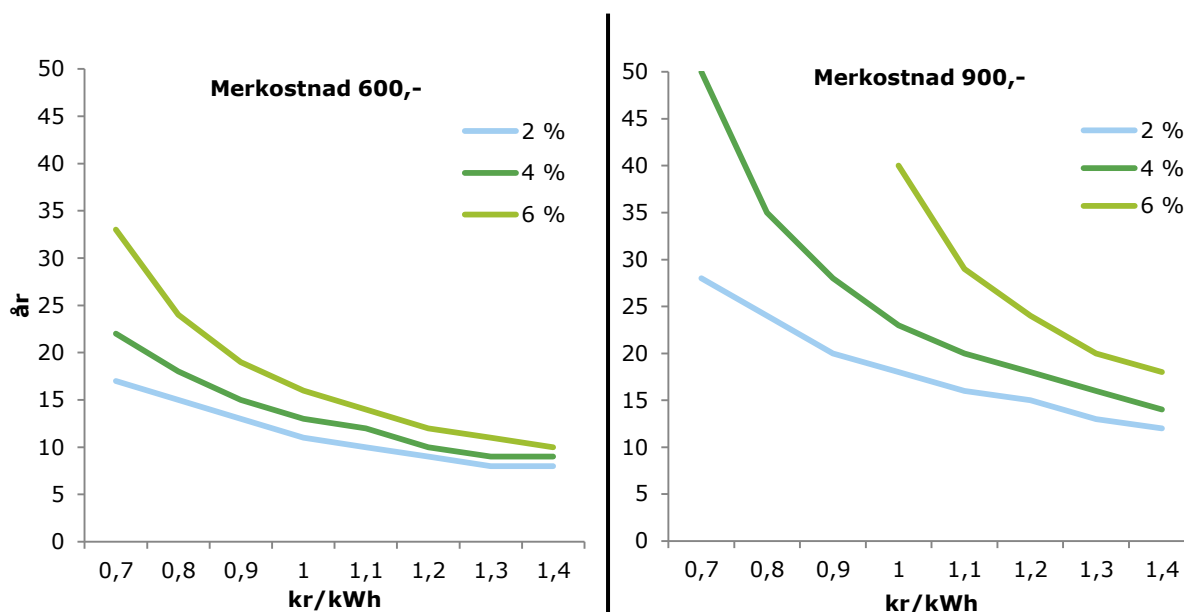


Fig. 2: Diskontert tilbakebetalingstid for kontorbygg PH/TEK10 med merkostnad henholdsvis 600,- og 900,-

For referansebygget i regneeksempelet synes passivhusstandard for kontorbygg å kunne være privatøkonomisk lønnsomt sammenlignet med TEK10. Lønnsomheten er følsom for merkostnadene, som vil være usikre og variere betydelig mellom bygg.

Tilbakebetalingstid ved å plassere samme bygg i ulike klima ved merkostnad på NOK 600,- (figur til venstre) og NOK 900,- (figur til høyre) og reell diskonteringsrente på 6 %:

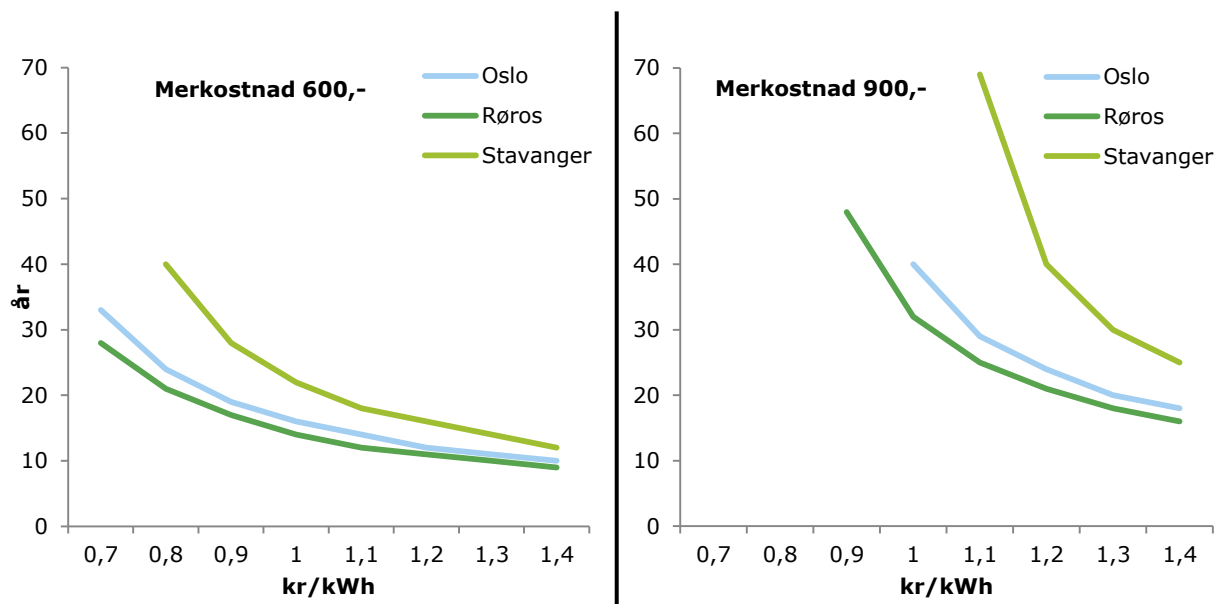


Fig. 3: Diskontert tilbakebetalingstid for kontorbygg PH/TEK10 i ulike klima med merkostnad henholdsvis 600,- og 900,-

Regneeksempelet illustrerer at det kan være fornuftig med en tilnærming som i NS 3701. Dette vil medføre mindre strenge krav i mildere klima enn Oslo klima.

B.2 Småhus passivhusnivå

Følsomhetsanalyse for rente og energipris dersom det antas at vannbåren varme er en merkostnad. Merkostnad NOK 1500,-:

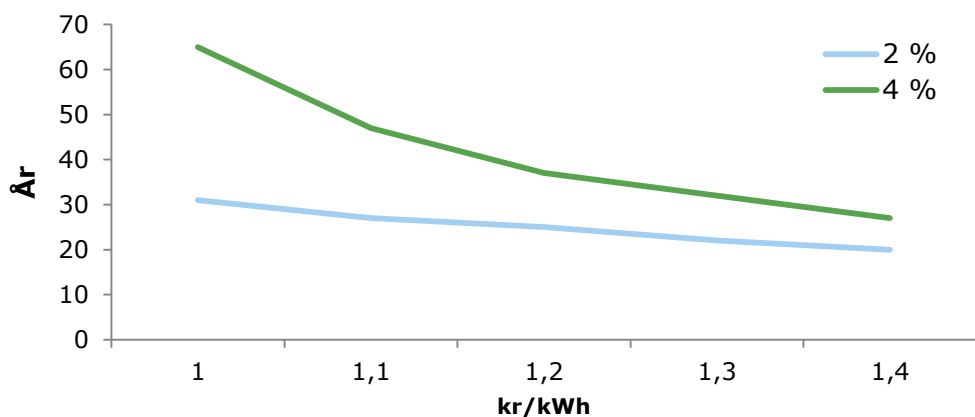


Fig. 4: Diskontert tilbakebetalingstid for småhus PH/TEK10 med ulik rente og energipris, merkostnad 1500,-

Følsomhetsanalyse for rente og energipris dersom det antas at vannbåren varme ikke er en merkostnad. Merkostnad NOK 790,- inkl. mva.:

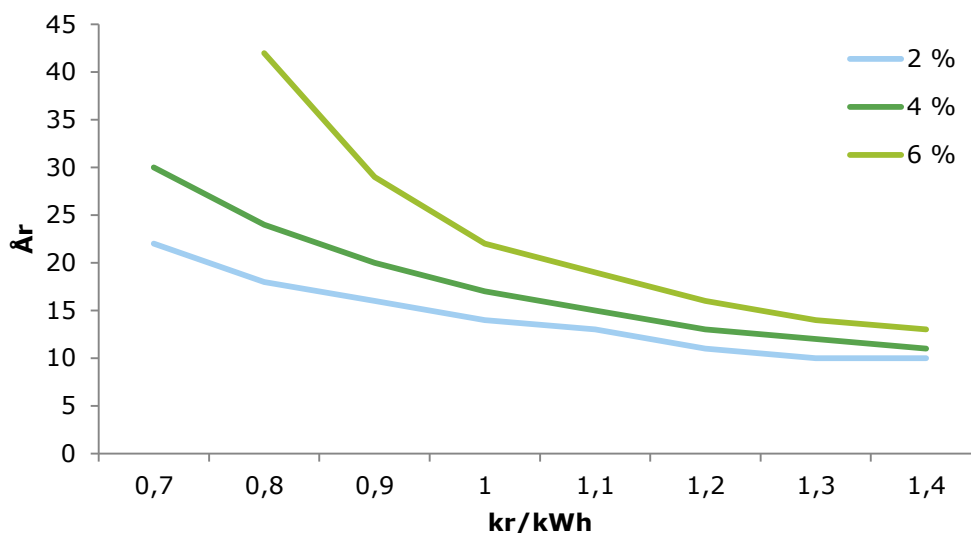


Fig. 5: Diskontert tilbakebetalingstid for småhus PH/TEK10 med ulik rente og energipris, merkostnad 790,-

Dagens anledning til fritak ved varmebehov under 15 000 kWh eller ved merkostnader over livsløpet gjør at det er naturlig å forutsette at vannbåren varme vil være en merkostnad. For referansebygget synes det da å være lite lønnsomt å bygge etter passivhusstandard sammenlignet med TEK10.

B.3 Vurdering av et tilnærmet kostnadsoptimalt nivå

Kontorbygg

Det er gjort en overordnet vurdering av lønnsomhet for enkelttiltak for å identifisere et tilnærmet kostnadsoptimalt nivå.

Følgende tiltak er vurdert:

Tiltak	Kostnad inkl. mva. (NOK/m ²)
Vindu (1,2 - 0,8 W/m ² K)	160
Kuldebroverdi (0,06 - 0,03 W/m ² K)	80
Lekkasjetall (1,5 - 0,6 h ⁻¹)	100
Ventilasjon (SFP 2,5/ - 1,5 kW/m ³ /s og varmegjenvinningsgrad fra 80 - 82 %, behovsstyring)	240
Belysning - behovsstyring	75

Tab. 1: Oversikt over tiltak kontorbygg. Kostnadene er hentet fra [7], med unntak av belysning som er vurdert av Rambøll

Tilbakebetalingstid ved reell diskonteringsrente på 4 % gir følgende resultater:

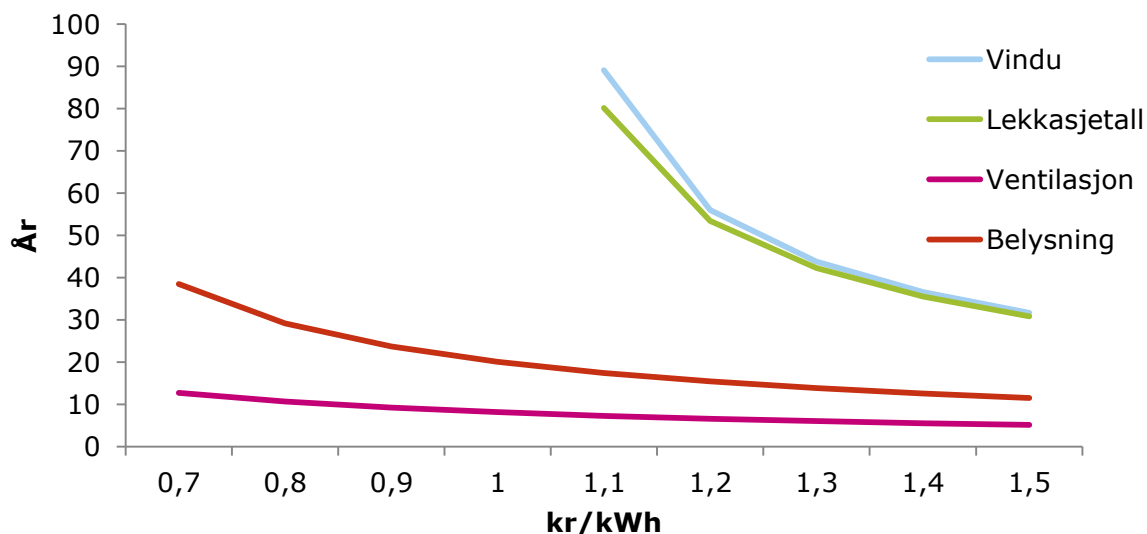


Fig. 6: Tilbakebetalingstid for kontorbygg ved rente på 4 % for de ulike tiltakene (kuldebro er utelatt grunnet lang tilbakebetalingstid).

Det er kun tiltakene knyttet til ventilasjon som synes å gi god lønnsomhet. For øvrige tiltak er lønnsomheten lav. Det er i hovedrapporten gjort en skjønsmessig vurdering av om andre hensyn taler for at dette er tiltak som bør inkluderes.

Småhus

Det er gjort en følsomhetsanalyse for lønnsomhet av ulike tiltak:

Tiltak	Kostnad inkl. mva. (kr/m ²)
Vinduer U-verdi fra 1,2 til 0,8 W/m ² K	160
Isolasjon vegger fra 0,18 til 0,11 W/m ² K	280
Isolasjon tak og gulv fra 0,13/0,15 til 0,10/0,09 W/m ² K	448
Lekkasjetall fra 2,5 til 0,6 h ⁻¹	120
SFP fra 2,5 til 1,5 kW/m ³ /s og varmegjenvinning fra 70 - 85 %	16

Tab. 2: Oversikt over tiltak småhus

Figuren under viser tilbakebetalingstiden for de ulike tiltakene med reell diskonteringsrente på henholdsvis 2 % (figur til venstre) og 4 % (figur til høyre):

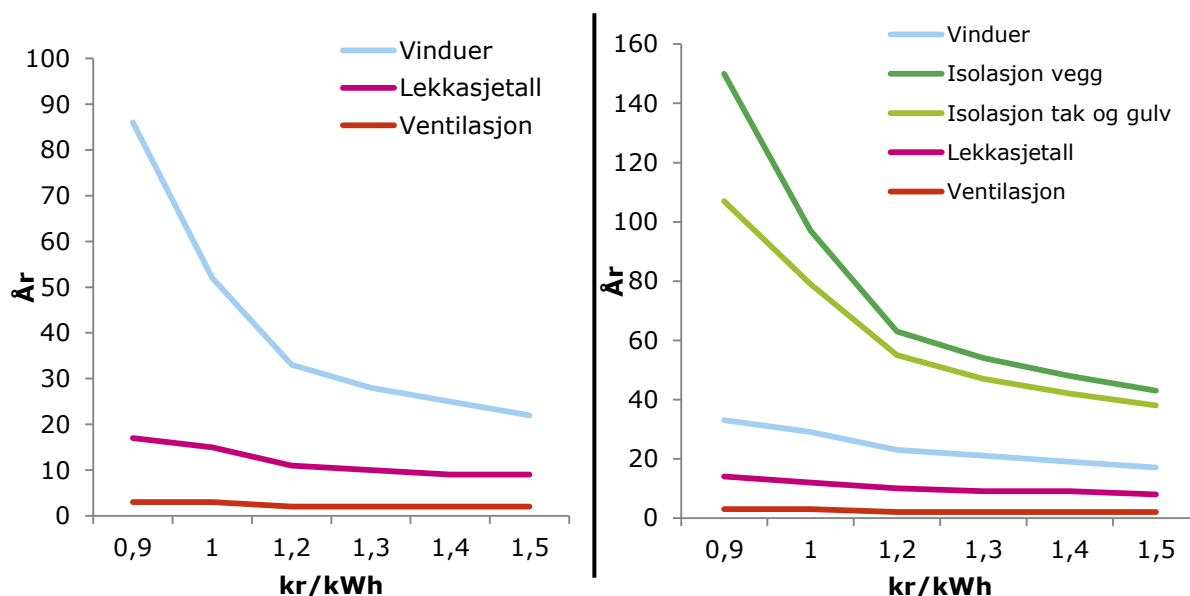


Fig. 7: Tilbakebetalingstid for småhus ved ulike tiltak med henholdsvis 2 % og 4 % rente (graf for isolasjon er her utelatt grunnet svært høye verdier)

Isolasjon er lite lønnsomt under disse forutsetningene. Dersom det skal isoleres ut over TEK10-nivå bør tak og gulv prioriteres. Vinduer synes heller ikke å være lønnsomt i seg selv ved en antatt levetid på 25 år. Dette er diskutert nærmere i hovedrapporten. Øvrige tiltak synes å være lønnsomme.

Det er undersøkt om mindre økning i isolasjonstykkelse i vegg fra 0,18 til 0,15 W/m² K kan være lønnsomt, antatt merkostnad NOK 130,- inkl. mva. og 2 % diskonteringsrente:

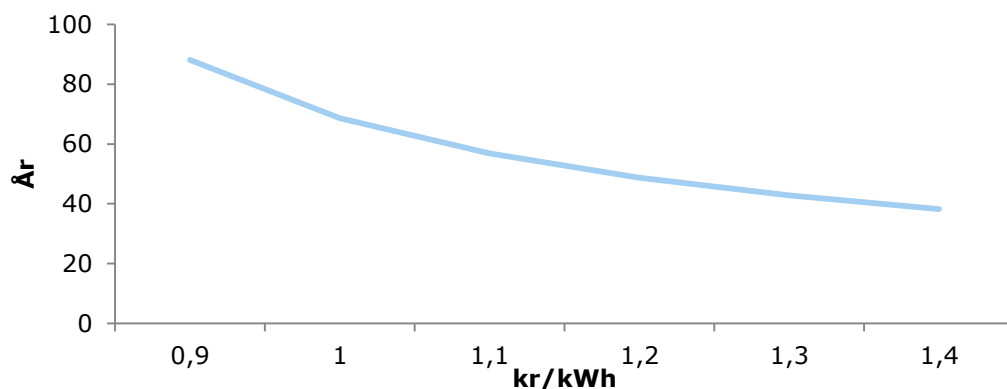


Fig. 8: Lønnsomhet isolasjon ved varierende energipris, merkostnad 130,- og 2 % diskonteringsrente.

Økt isolasjonstykkelse synes lite lønnsomt for småhus.

Leilighetsbygg

Tilsvarende regneøvelser er gjort for leilighetsbygg. Også for leilighetsbygg synes det å være ulønnsomt med ytterligere isolasjon ut over TEK10 nivå. Kun tiltak knyttet til ventilasjon synes å ha god lønnsomhet. For leilighetsbygget er lønnsomheten følsom for om man antar at bygget er underlagt energiforsyningskrav eller ikke. Det er her antatt at leilighetsbygget er underlagt energiforsyningskrav.

B.4 Samfunnsøkonomiske tiltakskostnader

Eksemplene nedenfor er basert på 50 års levetid for tiltak på bygningskropp (som isolasjon), 25 år for vinduer/dører og 15 år for ventilasjon.

Tab. 3 illustrerer tiltakskostnader for kontorbygg, mens Tab. 4 og Tab. 5 gjelder småhus:

	Spart energi/m2 (kWh)	Kostnad eks. mva. (kr/m2)	Samfunnsøkonomisk tiltakskostnad (kr/kWh)
Bedre vinduer/dører	6	160	kr 0,22
Redusert kuldebroverdi	2,2	80	kr 0,11
Redusert lekkasjetall	3,8	100	kr -0,12
Ventilasjon - diverse tiltak	34,9	240	kr -0,50

Tab. 3: Tiltakskostnader for kontorbygg ved reell samfunnsøkonomisk rente på 3 % (basert på tiltak i rapporten Kostnadsoptimalitet i TEK [7]). Negativ kostnad gjenspeiler samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

	Spart energi/m2	Kostnad eks. mva. (kr/m2)	Samfunnsøkonomisk tiltakskostnad
Bedre vinduer/dører	9,2	160	kr 0,20
Økt isolasjon	13,5	448	kr 0,49
Redusert lekkasjetall	13,8	120	kr -0,42
Ventilasjon - diverse tiltak	7,8	16	kr -0,66

Tab. 4: Tiltakskostnader småhus ved reell samfunnsøkonomisk rente på 3 % (basert på tiltak i rapporten kostnadsoptimalitet i TEK [7]). Negativ kostnad gjenspeiler samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

	Spart energi/m2	Kostnad eks. mva. (kr/m2)	Samfunnsøkonomisk tiltakskostnad
Bedre vinduer	5,6	136	0,44
Økt isolasjon	3,7	176	0,51
Redusert lekkasjetall	2,9	100	0,10
Ventilasjon - diverse tiltak	3,6	32	-0,34

Tab. 5: Tiltakskostnader småhus ved reell samfunnsøkonomisk rente på 3 % (basert på tiltak i rapporten kostnadsoptimalitet i TEK [7]). Negativ kostnad gjenspeiler samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

Også i et samfunnsøkonomisk regnestykke synes det å være lite lønnsomt å isolere bygg ut over tiltakskravet i TEK10. Det er tilsynelatende god overensstemmelse mellom samfunnsøkonomi og privatøkonomi mht. hvilke tiltak som er lønnsomme.

B.5 Valg av tiltakspakke for beregning av mest optimal innstramning i 2015

For en optimal innstramning fram i tid (2015) må det også gjøres vurderinger av om enkelte tiltak vil kunne bli mer lønnsomme eller om det er andre forhold som taler om tiltakene bør inkluderes. Videre bør man forutsette at man ved beregning av energirammer kan velge et noe strengere nivå enn det mest lønnsomme ettersom den enkelte byggeier ofte kan velge mellom ulike tiltak for å oppfylle energirammen på en kostnadseffektiv måte. Avhengig av beregningsmetodikk kan dette være flere tiltak enn i dag. Det er altså ikke nødvendig for den enkelte å velge en tiltakspakke tilsvarende den som ligger til grunn for beregning av energirammene.

Følgende kriterier kan legges til grunn for å inkludere tiltak som i seg selv ikke er lønnsomme:

- Tiltakene medfører potensial for å redusere andre kostnader (eks. oppvarmingssystem)
- Tiltakenes kostnader er knyttet til teknologisk utvikling, kompetanse og byggemetoder og kan antas å reduseres over tid.
- Lave merkostnader
- Tiltakene har andre positive effekter
- Tiltakene har i liten grad negative effekter

På basis av disse kriteriene har vi valgt å inkludere høyere standard på vinduer og redusert luftlekkasje når vi har foreslått de mest optimale tiltakspakkene for beregning av energirammer.

Antatt mest optimal tiltakspakke i 2015 i forhold til TEK10 for kontorbygg:

	Merkostnad inkl. mva.		Referanse, kommentar
Vinduer/dører	200	kr/m ²	går fra U = 1,2 til U = 0,8 W/m ² K
Lekkasjetall	125	kr/m ²	går fra N ₅₀ = 1,5 til N ₅₀ = 0,6 oms/t
Ventilasjon	300	kr/m ²	Går fra SFP = 2,5 til SFP = 1,5 og varmegjenvinningsgrad fra 0,8 til 0,82 %.
Belysning	75	kr/m ²	Innfører behovsstyring.
SUM	700	kr/m ²	Merkostnad ifht TEK10

Tab. 6: Optimal tiltakspakke i 2015 i forhold til TEK10 for kontorbygg.

Det antas at kostnader til oppvarmings- og kjølesystemene kan reduseres noe slik at antatt merkostnad vil være rundt 500-600 kr/m².

Antatt mest optimal tiltakspakke i 2015 i forhold til TEK10 for småhus:

	Merkostnad inkl. mva.		Referanse, kommentar
Vinduer/dører	200	kr/m ²	går fra U = 1,2 til U = 0,8 W/m ² K
Lekkasjetall	150	kr/m ²	går fra N ₅₀ = 2,5 til N ₅₀ = 0,6 oms/t
Ventilasjon	50	kr/m ²	Går fra SFP = 2,5 til SFP = 1,5 og varmegjenvinningsgrad fra 0,7 til 0,85 %.
SUM	400	kr/m ²	Merkostnad ifht TEK10

Tab. 7: Optimal tiltakspakke i 2015 i forhold til TEK10 for småhus.

Antatt mest optimal tiltakspakke i 2015 i forhold til TEK10 for leilighetsbygg.

	Merkostnad inkl. mva.		Referanse, kommentar
Vinduer/dører	170	kr/m ²	går fra U = 1,2 til U = 0,8 W/m ² K
Lekkasjetall	100	kr/m ²	går fra N ₅₀ = 1,5 til N ₅₀ = 0,6 oms/t
Ventilasjon	40	kr/m ²	Går fra SFP = 2,5 til SFP = 1,5
SUM	310	kr/m ²	Merkostnad ifht TEK10

Tab. 8: Antatt mest optimal tiltakspakke i 2015 i forhold til TEK10 for leilighetsbygg.

B.6 Forslag til energiltak:

På basis av analysen ovenfor har vi foreslått nye verdier for tiltak som her legges til grunn for beregning av energirammer ved netto energibehov for alle bygningskategoriene. I tillegg er det forutsatt at en kuldebroverdi på 0,05 W/m²K bør kunne legges til grunn som standard. Ved anvendelse av levert energi legges tilsvarende verdier til grunn for å utlede krav til varmetapstall.

Parameter		Foreslåtte verdier
U-verdi [W/m²K]	Vegg	0,18
	Tak	0,13
	Gulv	0,15
	Vindu	0,8
Tetthet, n₅₀ [h⁻¹]		0,6
Kuldebroverdi [W/m²K]		0,05 (0,03 for småhus)
SFP [kW/(m³/s)]		1,5
Virkningsgrad ventilasjon		80

Tab. 9: Foreslåtte verdier som grunnlag for beregning av energirammer.

VEDLEGG C: PASSIVHUSNIVÅ FOR SMÅHUS

Det tas utgangspunkt i en enebolig med et oppvarmet BRA på 175 m², lokalisert i Oslo, se Fig. 9

For å oppfylle kravet til energibruk i henhold til TEK10, er det forutsatt følgende data:

Areal yttervegger [m²]:	162
Areal tak [m²]:	93
Areal gulv [m²]:	88
Areal vinduer og ytterdører [m²]:	35
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m²]:	175
Oppvarmet luftvolum [m³]:	378
U-verdi yttervegger [W/m²K]	0,18
U-verdi tak [W/m²K]	0,13
U-verdi gulv [W/m²K]	0,15
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m²K]	1,2
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	20,1
Normalisert kuldebroverdi [W/m²K]:	0,03
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	2,5
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	70
SFP-faktor vifter [kW/m³/s]:	2,5



Fig. 9: Mesterhus modell MIA

Tab. 10: Krav til energibruk i TEK10

Det forutsettes videre at boligen har pipe og lukket ildsted iht. kravet i TEK10, og at vedfyring dekker 25 % av romoppvarmingsbehovet. Systemvirkningsgrad for vedovn settes til 0,64 (standardverdi i NS 3031). Resten av varmebehovet dekkes av direkte elektrisitet. Beregnet levert energi iht. NS 3031 blir da 125 kWh/(m²år), hvorav biobrensel utgjør 17 kWh/(m²år) og elektrisitet utgjør 108 kWh/(m²år).

Basert på konklusjoner fra [1] samt kapitlet om kostnadsoptimalitet, antas følgende data som utgangspunkt for å finne en mulig kostnadseffektiv tiltakspakke for passivhusnivå:

Areal yttervegger [m²]:	162
Areal tak [m²]:	93
Areal gulv [m²]:	88
Areal vinduer og ytterdører [m²]:	35
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m²]:	175
Oppvarmet luftvolum [m³]:	378
U-verdi yttervegger [W/m²K]	0,18
U-verdi tak [W/m²K]	0,1
U-verdi gulv [W/m²K]	0,09
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m²K]	0,8
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	20,1
Normalisert kuldebroverdi [W/m²K]:	0,03
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,6
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	85
SFP-faktor vifter [kW/m³/s]	1,5

Tab. 11: Antatte krav som utgangspunkt til å finne kostnadseffektiv tiltakspakke

Det er beholdt samme U-verdi for yttervegger pga. at det erfaringsmessig er lite kostnadseffektivt å redusere U-verdien for ytterveggskonstruksjonen utover $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Med disse løsningene oppnås et varmetapstall (transmisjon og infiltrasjon) på $0,48 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ og et netto energibehov til oppvarming på $25 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{år})$. Varmetapstallet tilfredsstiller kravet til passivhus i NS 3700:2013 (som er $0,48$), mens energibehovet til oppvarming er noe høyere enn passivhuskravet i NS 3700:2013 (som er $19,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{år})$).

I stedet for pipe og åpen peis, legges det inn et solvarmeanlegg som dekker 50 % av behovet for oppvarming av tappevann. Dette er erfaringsmessig en enkel og rimelig løsning som kan være kostnadseffektiv, spesielt hvis man får opp markedsvolumet for solfangeranlegg i Norge [4]. Rom- og ventilasjonsvarme forutsettes dekket av direkte elektrisitet. Løsningen oppfyller nesten kravet til energiforsyning i NS 3700, med en el-andel på $75,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{år})$ opp mot kravet på $72,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{år})$. Levert energi for boligen er på $75,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{år})$.

Tabellen under viser en oversikt over merkostnader for nye energikrav i forhold til TEK10 huset.

	Merkostnad		Referanse, kommentar
Yttervegg	0	kr/m ²	Samme U-verdi for begge alternativene, kan bruke samme konstruksjon
Yttertak	150	kr/m ²	Referanse [1], går fra $U = 0,13$ til $U = 0,10 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
Gulv	60	kr/m ²	Referanse [1], går fra $U = 0,15$ til $U = 0,09 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
Vinduer/dører	200	kr/m ²	Referanse [1], går fra $U = 1,2$ til $U = 0,75 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
Lekkasjetall	150	kr/m ²	Referanse [1], går fra $N_{50} = 2,5$ til $N_{50} = 0,6 \text{ oms/t}$
Ventilasjon	20	kr/m ²	Referanse [1], går fra virkn.grad = 70 % og SFP = 2,5 til virkn.grad = 85 % og SFP = 1,5
Solfanger	200	kr/m ²	Referanse [2], [3], [4] solfangeranlegg som dekker 50% av energibehov til tappevann
Pipe og ildsted	-285	kr/m ²	Referanse [1], pipe og ildsted
SUM	495	kr/m ²	Merkostnad ifht TEK10 nivå.

Tab. 12: Merkostnad nye energikrav i forhold til TEK10

Med en gjennomsnittlig energipris for elektrisitet på 1 kr/kWh [5] og en gjennomsnittlig pris på $0,65 \text{ kr/kWh}$ for biobrensel (ved, ref [6], pris kan variere mye), over en levetid på 20 år, får vi en årlig energibesparelse på ca. 44 kr/m^2 ved å gå fra TEK10 nivå til det foreslåtte nivået. Med en nominell lånerente på 5 % (typisk fastrente i bank, 2013) og en inflasjon på 1,7 % (referanse Norges bank, gjennomsnitt siste 5 år), får vi en kalkulasjonsrente på 3,14 %. Med en levetid på 20 år, får man en nåverdi av årlige besparelser på 635 kr/m^2 . Dette betyr at den totale nåverdien regnet over 20 år for å gå fra TEK10 til det foreslåtte nivået for denne boligen er $(635-495) = 140 \text{ kr/m}^2$, altså lønnsomt under disse forutsetningene. Skattefordel og eventuelle andre incentiver er da ikke medregnet.

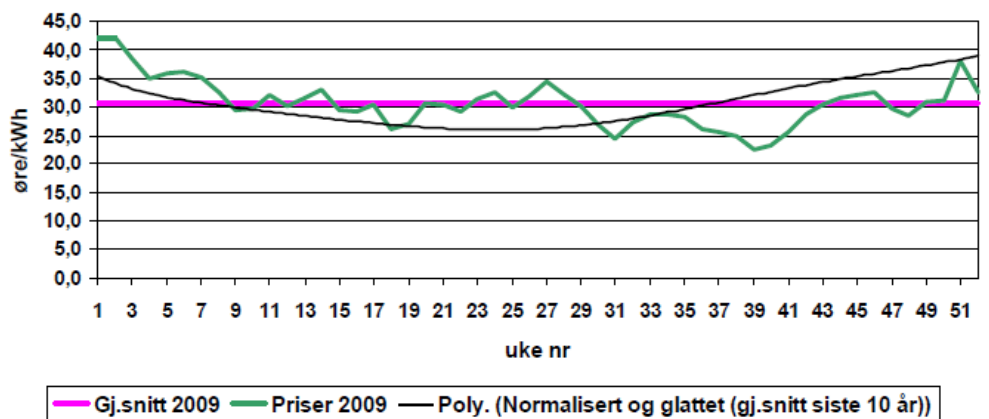
Reduksjon av installert effekt er heller ikke tatt med i beregningen. Boligen med passivhusnivå vil få redusert effektbehovet til oppvarming fra 26 W/m^2 (TEK10-nivå) til 18 W/m^2 , altså en reduksjon av installert effekt på 30 %. Dette vil også kunne redusere kostnadene til varmesystemet. På den annen side vil man få noe økte vedlikeholdskostnader for solvarmeanlegget i forhold til en vedovn.

C.1 Sensitivitetsanalyse elektrisitetspris

I analysen over er det forenklet regnet med en elektrisitetspris på 1 kr/kWh konstant over året. Solfangeranlegget vil levere mest energi i sommerhalvåret, da el-prisen vil være lavere enn i vinterhalvåret. I rapporten "Kostnader ved produksjon av kraft og varme" fra NVE [5], vises hvordan elprisen til husholdninger varierer over året, se figuren under. For perioden 2000-2010 er kraftprisen om vinteren i snitt 6 øre pr kWh dyrere enn om sommeren. I tillegg vil merverdiavgiften

(ut fra variasjon av kraftpris) variere med ca. 2 øre/kWh. I perioden 2000-2010 lå prisen ut til husholdningen i snitt på ca. 85 øre/kWh, med årsvariasjon på ca 6-8 øre/kWh. Hvis vi konservativt regner med ca. 10 øre/kWh årsvariasjon i elprisen, får vi en "vinterpris" på 105 øre/kWh, og en "sommerpris" på 95 øre/kWh. Dette vil gi neglisjerbare utslag i lønnsomhetsberegningen.

Nord-Pool systempris 2009 (normalisert)



Elprisutviklingen i husholdningsmarkedet

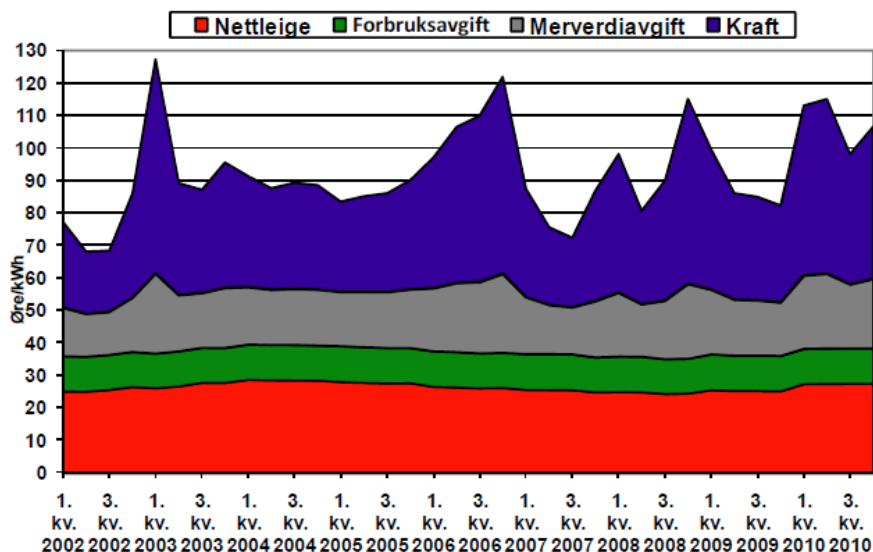


Fig. 10: Årsvariasjon i elpris til husholdninger, fra [5].

C.2 Sensitivitetsanalyse energiforsyning

Alternativ nivå med luft/luft-varmepumpe + gjenvinning gråvann

Det legges til grunn en luft/luft-varmepumpe som dekker 60 % av romoppvarmingsbehovet med en systemvirkningsgrad på 2,16 (standardverdi i NS 3031). Gråvannsgjenvinneren dekker 30% av varmtvannsbehovet, og systemvirkningsgraden settes til 100 (det kreves ingen ekstra pumper), ref [8].

Innkjøpspris for luft/luft-varmepumpe settes til 20.000 kr, ref [7], og for gråvannsgjenvinneren 15.000 kr [8], i begge tilfeller er det inkludert installasjon. Beregnet levert energi for dette alternativet er 72 kWh/(m²år), hvorav alt er elektrisitet.

Med en gjennomsnittlig elektrisitetspris 1 kr/kWh, får vi en årlig besparelse på 50 kr/m² i forhold til TEK10 alternativet. Dette gir en nåverdi på 560 kr/m², med en levetid på 15 år og ellers samme forutsetninger som over. Merkostnadene for dette alternativet i forhold til TEK10 alternativet, beløper seg til ca. 515 kr/m². Selv om man må regne med noe større vedlikeholdskostnader for varmepumpe og gråvannsgjenvinner enn for en vedovn, anslås dette alternativet som marginalt lønnsomt.

Alternativ nivå med vedovn + gjenvinning gråvann

Det forutsettes at boligen har pipe og lukket ildsted og at vedfyring dekker 25 % av romoppvarmings-behovet (tilsvarende som i TEK10 huset). I tillegg forutsettes det en gråvannsgjenvinner som dekker 30 % av varmtvannsbehovet, og systemvirkningsgraden settes til 100 (det kreves ingen ekstra pumper), ref [8]. Resten av varmebehovet dekkes av direkte elektrisitet.

Beregnet levert energi iht NS 3031 blir da 84 kWh/(m²år), hvorav biobrensel utgjør 10 kWh/(m²år) og elektrisitet utgjør 74 kWh/(m²år). Med en korregeringsfaktor for biobrensel på 0,37 (ref. kapittel 15.8 om korreksjonsfaktorer) blir total levert energi på 78 kWh/(m²år).

Med en gjennomsnittlig elektrisitetspris 1 kr/kWh og gjennomsnittlig ved-pris på 0,65 kr/kWh som over, får vi en årlig besparelse på ca. 40 kr/m² i forhold til TEK10 alternativet. Dette gir en nåverdi på 570 kr/m², med en levetid på 20 år. Merkostnadene for dette alternativet i forhold til TEK10 alternativet, beløper seg til ca. 670 kr/m², gitt priser og rentenivå som over.

Alternativ nivå med fjernvarme

En tilsvarende bolig med fjernvarme som dekker 100 % av varmforsyningen vil få et beregnet levert energibruk på 94 kWh/(m²år), hvorav 33 kWh/(m²år) er elektrisitet og 61 kWh/(m²år) er fjernvarme. Med en korregeringsfaktor for fjernvarme på 0,42 (ref. kapittel 15.8 om korreksjonsfaktorer) blir total levert energi på 59 kWh/(m²år).

Et annet alternativ er at fjernvarme kun dekker varmtvannsbehovet, og resten av varmebehovet dekkes av direkte elektrisitet. Beregnet levert energi vil da bli på 90 kWh/(m²år), hvorav 73 kWh/(m²år) er elektrisitet og 17 kWh/(m²år) er fjernvarme. Med en korregeringsfaktor for fjernvarme på 0,42 blir total levert energi på 80 kWh/(m²år).

C.3 Sensitivitetsanalyse bygningskropp

Alternativ nivå med større vindusareal, lavere U-verdi vegger og solvarme til tappevann

I dette alternativet ser vi på konsekvensene av å øke vindusarealet fra 20 % til 30 % av oppvarmet BRA. Dette søkes kompensert gjennom bedre isolasjon av yttervegger, U-verdien reduseres fra 0,18 til 0,15 W/(m²K).

Dette gir et netto oppvarmingsbehov på 24,3 kWh/(m²K) og et varmetapstall på 0,51 W/(m²K). Varmetapstallet er godt under kravet til lavenergihus klasse 1 i NS 3700:2013 (som er 0,65), mens energibehovet til oppvarming er noe høyere enn passivhuskravet i NS 3700:2013 (som er 19,1 kWh/(m²år).

Med samme solfangerløsning som beskrevet over, blir levert energi på 74 kWh/(m²K). Dette er selvsagt en mer kostbar løsning enn det som ble skissert i alternativet med 20 % vindusareal og U-verdi på yttervegger på 0,18 W/(m²K). Den vil være mindre kostnadseffektiv enn basis-alternativet, dette er en konsekvens at man øker vindusarealet betydelig.

C.4 Sensitivitetsanalyse ventilasjon

Alternativ nivå med naturlig ventilasjon, samt solvarme og biokjel til rom- og vannoppvarming.

For dette alternativet legges det til grunn en bygningskonstruksjon som det første alternativet for 2015-nivå, men med naturlig ventilasjon, og et kombinert sol/bio-anlegg, hvor solvarme dekker 60 % av tappevannsbehovet og 20% av romoppvarmingsbehovet, mens resten dekkes av biokjel. Det er vannbåren varmedistribusjon med radiatorer, og det benyttes standard systemvirkningsgrader fra NS 3031.

Beregnet levert energi blir 106 kWh/(m²år), hvorav elektrisitet utgjør 30 kWh/(m²år) og biobrensel utgjør 106 kWh/(m²år). Med en korrigeringsfaktor på 0,37 for biobrensel, får vi korrigert levert energi på 58 kWh/(m²år).

C.5 Konklusjon

Beregningene over viser man at innenfor en ramme på 75-80 kWh/(m²år) korrigert levert energi, kan finne noen kombinasjoner av energieffektiviserings tiltak og energiforsyningsløsninger som gir privatøkonomisk lønnsomhet i forhold til TEK10 nivå for denne boligen plassert i Oslo-klima. I lønnsomhetsberegningene er det ikke tatt hensyn til reduserte installasjonskostnader pga. redusert effektbehov til oppvarming, ei heller er det tatt hensyn til skattefordeler. Disse faktorene vil øke lønnsomheten. På den andre siden er det ikke tatt hensyn til evt. økte vedlikeholdskostnader forbundet med de alternative energiforsynings-løsningene, men disse anses for de fleste alternativene å ha liten betydning.

Det finnes selvfølgelig også et mangfold av andre muligheter av tiltak som ikke er beregnet ovenfor, som for eksempel avtrekksvarmepumper, isolerings- og sparetiltak på varmtvannssystem, andre bygningskonstruksjoner, hot-fill vaskemaskiner, etc. Det burde derfor være mulig å finne flere lønnsomme kombinasjonsmuligheter innenfor rammen for levert energi.

Beregningene viser også at innenfor en ramme på 75-80 kWh/(m²år) vektet levert energi er det store frihetsgrader mht. til større vindusareal og ventilasjon (naturlig ventilasjon), men disse alternativene vil ikke nødvendigvis gi lønnsomhet innenfor de gitte forutsetningene.

Det bemerkes at beregningene gjelder for Oslo-klima og for en enebolig på 175 m² oppvarmet BRA, og må følgelig korrigeres for andre bygningstyper, klima og arealer.

Referanser

- [1] SINTEF og Multiconsult, 2012: "Kostnadsoptimalitet og energiregler i TEK", Oppdragsrapport for DIBK.
- [2] Andresen, I., 2008: "Planlegging av solvarmeanlegg for lavenergiboliger og passivhus", SINTEF Prosjektrapport 28.
- [3] Prislister lastet ned fra norske solfangerleverandører 09.06.2013:
<http://www.asvsolar.no/component/content/article/10-solfanger-energi-konsept/26-solvarme-for-tappevann-og-vannvarme>; <http://www.aventa.no/Priser/Pris-solfanger/case-eksempel-enebolig>; <http://www.velux.no/private/inspirasjon/solenergi/solvarmeberegner.aspx>
- [4] SINTEF og KanEnergi, 2011: "Mulighetsstudie solenergi i Norge", Oppdragsrapport for Enova.
- [5] NVE, 2011: "Kostnader ved produksjon av kraft og varme", Håndbok 1-2011.
- [6] Enova, 2013: "Hjelp til deg som skal kjøpe vedovn", Kjøpsveileder fra Enova,
<http://www.enova.no/radgivning/privat/rad-om-produkter-og-losninger/oppvarmingsalternativ/vedovn/vedovn/118/140/>
- [7] Enova, 2013: "Hjelp til deg som skal kjøpe luft/luft-varmepumpe", Kjøpsveileder fra Enova,
<http://www.enova.no/radgivning/privat/rad-om-produkter-og-losninger/oppvarmingsalternativ/luftluft-varmepumpe-/112/0/>
- [8] Husbanken, 2013: "Fra gråvann til varmtvann", www.husbanken.no/miljo-energi/verdt_aa_vite/fra_gravann_til_varmtvann

VEDLEGG D: KLIMA- OG AREALKORRIGERING AV LEVERT ENERGI

Som beskrevet i kapittel 9 om klima, anvendes det i passivhusstandardene en klimakorrigerings basert på gjennomsnittlig årsmiddeltemperatur som grunnlag for beregning av kravet til oppvarmingsbehov. Dette på bakgrunn av at det ble gjort simuleringer som viste at metoden gir en god tilnærming til netto energibehov beregnet på grunnlag av timesverdier for utetemperatur og solinnstråling¹². I forbindelse med utredningen ble det også vist at klimakorrigeringen er avhengig av størrelsen på bygget, dvs. at oppvarmingsbehovet for små bygg er mer følsom for endringer i utetemperatur enn store bygg

I dette kapitlet er det foretatt en tilsvarende analyse, men mot kravsnivå levert energi i stedet for netto oppvarmingsbehov.

Analysene er gjort for ulike bygningsmodeller for boliger, kontorbygg og sykehjem, hvor levert energi er beregnet som en funksjon av oppvarmet BRA og klimadata for 5 utvalgte steder.

D.1 Bygningsmodeller

For boliger er det benyttet 10 ulike bygningsmodeller fra 100 m² til 4700 m² oppvarmet BRA (A_{fi}), se Tab. 13.

Boligtype og størrelse, A_{fi}	Antall etasjer	Kommentar
Enebolig 100 m²	2	Tilsvarende modell benyttet i forarbeidet til NS 3700 ¹³
Enebolig 160 m²	2	Tilsvarende modell benyttet i forarbeidet til NS 3700
Enebolig 175 m²	2	Tilsvarende modell MIA fra Systemhus
Enebolig 200 m²	2	Tilsvarende modell benyttet i forarbeidet til NS 3700
4-mannsbolig 280 m²	2	Prosjektert bygg
4-mannsbolig 360 m²	2	Prosjektert bygg
Rekkehus 550 m²	2	Tilsvarende modell benyttet i forarbeidet til NS 3700
Boligblokk 900 m²	3	Tilsvarende modell benyttet i arbeidet med TEK10
Boligblokk 1900 m²	7	Prosjektert bygg
Boligblokk 4700 m²	5	Prosjektert bygg

Tab. 13: Størrelse og geometri for boligmodeller benyttet i beregningene

For alle boligene er det tatt utgangspunkt i en spek for komponenter som tilsvarende det som ble beskrevet for boligen i kapittel 14.6. Alle boligmodellene har altså samme U-verdier, tetthet og tekniske systemer som ble beskrevet for denne boligen. Luftmengdene er regnet ut i fra minstekrav i NS 3700:2013 iht. oppvarmet BRA for hver boenhet, og disse vil dermed variere noe avhengig av størrelse på boenhetene.

For kontorbygg og sykehjem er det benyttet de samme geometriske bygningsmodellene som i bakgrunnsanalysen for NS 3701:2012, se Tab. 14. Her er det valgt samme inndata for bygningskropp og ventilasjonssystem (varmegjenvinning og SFP) som for boligene, men for

¹² Referanse: T.H. Dokka, "Faglig underlag for NS 3701:2012. Kriterier for passivhus og lavenergibyg", Prosjektrapport 99, 2012, SINTEF Byggforsk.

¹³ ¹³Referanse: I. Andresen, T.H. Dokka og T.E. Lexow, "New Norwegian Standard for Low energy and Passive houses", Paper at the conference PassivhusNorden'08, Trondheim, 2008

energiforsynings-løsningen er det valgt en luft-til-vann varmepumpe som dekker 60 % av det totale varmebehovet (det resterende dekkes av direkte elektrisitet). Ventilasjonsluftmengdene er satt iht. til minstekrav i NS 3701:2012, og for internlaster mht. lys, utstyr og personbelastning er det også benyttet standardverdier fra NS 3701:2012.

Størrelse, BRA	Antall etasjer	Dybde x Lengde (grunnflate)
150 m ²	1	10 m x 15 m
300 m ²	2	10 m x 15 m
600 m ²	2	15 m x 20 m
1000 m ²	2	20 m x 25 m
3600 m ²	3	20 m x 60 m

Tab. 14: Størrelse og geometri for bygningsmodeller for kontorbygg og sykehjem benyttet i beregningene.

D.2 Klimadata

For å speile variasjonen i det norske klima er det for beregningene valgt klimasteder fra "varmt" sør-vestlandsklima, representert ved Stavanger, til kaldt innlandsklima i Finnmark, representert ved Karasjok. Mellom disse temperaturmessige ytterpunktene er klimadata for Oslo, Mo i Rana og Røros valgt for å gi et representativt bilde av norsk klima. Årsmiddeltemperaturer og solflux for de fem klimastedene er gitt i Tab. 15.

Klimasted	Årsmiddeltemperatur	Midlere horisontal solflux
Stavanger	+ 8,4 °C	91,8 W/m ²
Oslo	+ 6,3 °C	110 W/m ²
Mo i Rana	+ 3,4 °C	90,7 W/m ²
Røros	+ 1,0 °C	108 W/m ²
Karasjok	- 2,5 °C	78,9 W/m ²

Tab. 15: Årsmiddeltemperatur og solflux for valgte klimasteder (kilde: SIMIEN, www.programbyggerne.no).

D.3 Beregningsresultater

Fig. 11 og Fig. 12 viser sammenheng mellom årsmiddeltemperatur for klimastedet og levert energi for to av boligmodellene (eneboligen på 100 m² og boligblokka på 900 m²). Resultatet viser en klar lineær sammenheng mellom årsmiddeltemperatur og beregnet levert energi. De andre boligmodellene viser tilsvarende sammenheng. Pearsons korrelasjonskoeffisient (R^2) ligger på over 0,98 for alle boligene, noe som tilsvarer meget høy korrelasjon (1,0 tilsvarer full korrelasjon).

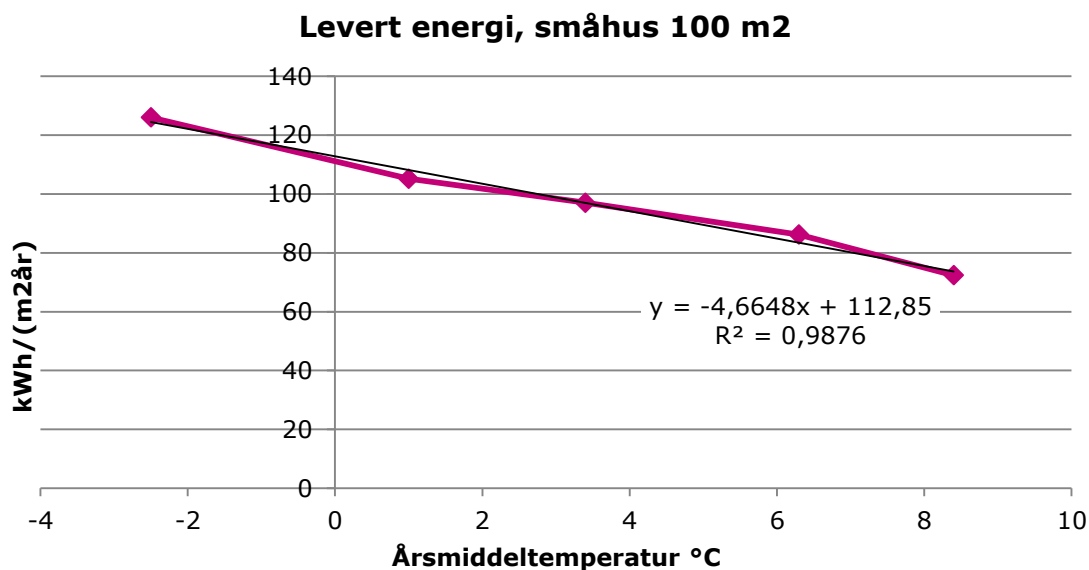


Fig. 11: Beregnet levert energi for eneboligen på 100 m² oppvarmet BRA, som en funksjon av årsmiddeltemperaturen for de 5 ulike klimastedene.

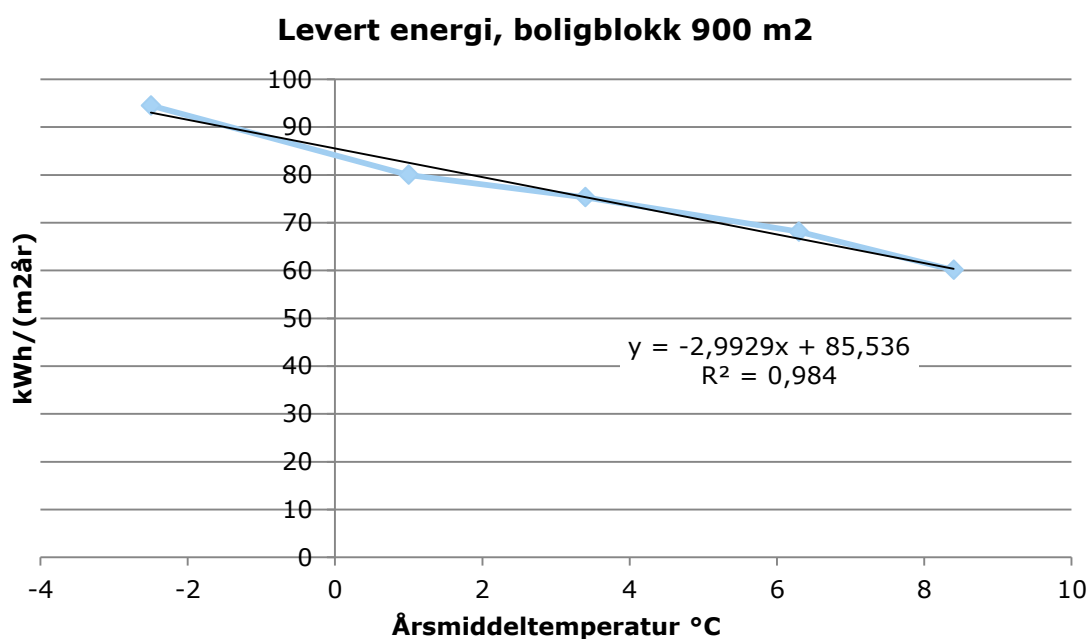


Fig. 12: Beregnet levert energi for boligblokk på 900 m² oppvarmet BRA, som en funksjon av årsmiddeltemperaturen for de 5 ulike klimastedene.

Tilsvarende beregninger for kontormodellene og sykehjemsmodellene viser også en klar lineær sammenheng mellom årsmiddeltemperatur og levert energi. Under er vist resultatene for bygningsmodellene på 1000 m² oppvarmet BRA. For alle kontor- og sykehjemsbyggene som er beregnet ligger Pearsons korrelasjonskoeffisient mellom 0,94 og 0,98.

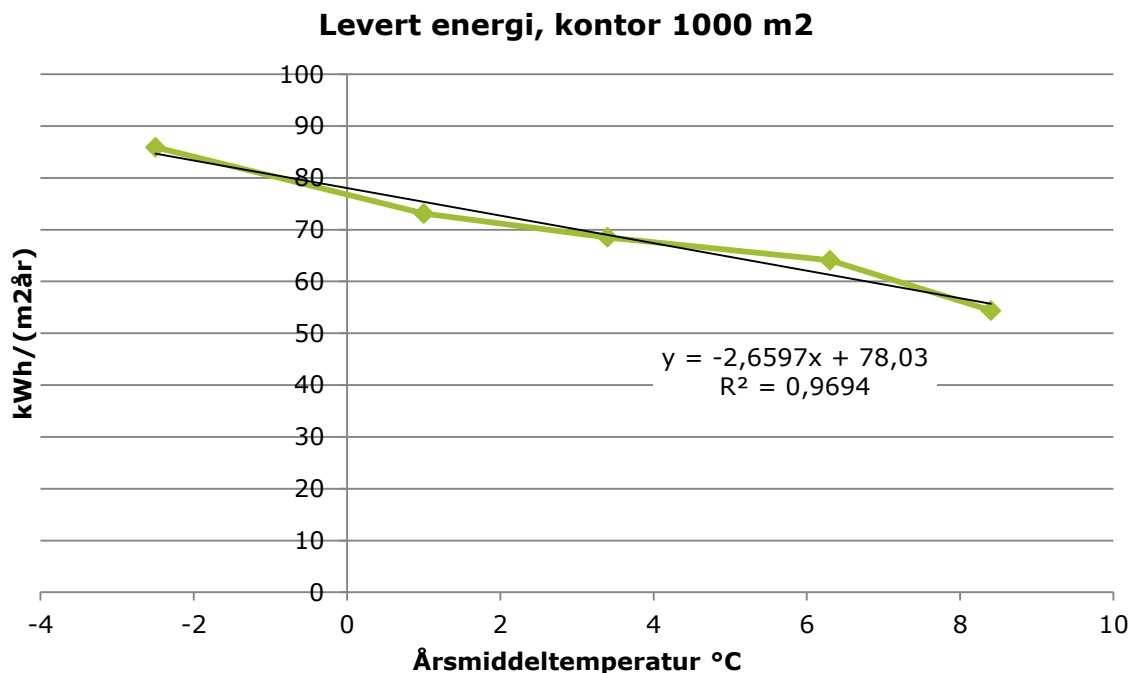


Fig. 13: Beregnet levert energi for kontorbygg på 1000 m² oppvarmet BRA, som en funksjon av årsmiddeltemperaturen for de 5 ulike klimastedene.

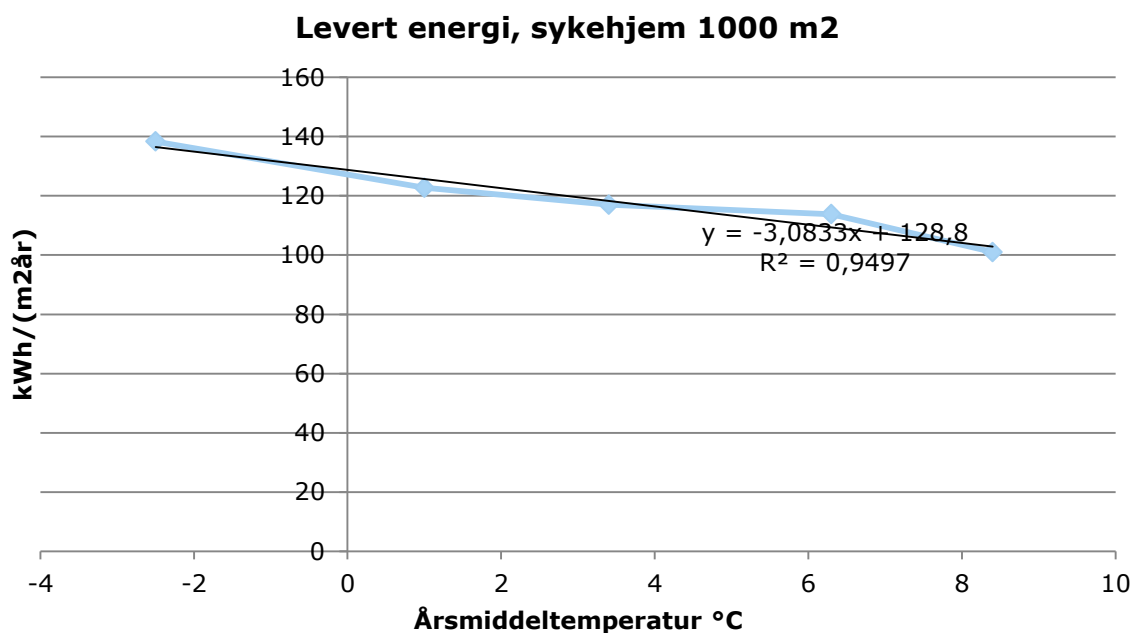


Fig. 14: Beregnet levert energi for sykehjemsbygg på 1000 m² oppvarmet BRA, som en funksjon av årsmiddeltemperaturen for de 5 ulike klimastedene.

Ikke uventet er klimafølsomheten større for mindre bygg, noe som vises på figurene over der man har en større stigning på kurvene (brattere kurver) for de små byggene. Fig. 15 til Fig 17 viser sammenhengen mellom oppvarmet areal, klimasted og levert energi for de tre bygningstypene. Her sees det tydelig at byggene under 1000 m² oppvarmet BRA har en mye brattere kurve.

På grunnlag av dette foreslås det å lage en kombinert klima- og arealkorrigerings for alle bygningstypene, tilsvarende modellene som er laget i forbindelse med NS 3700 og NS 3701. Ramme for levert energi kan da regnes ut som en funksjon av bygningstype, årsmiddeltemperatur på stedet og oppvarmet BRA for bygget. På figurene under er det lagt inn rettlinjede stiplede linjer

som kan brukes som grunnlag for en enkel formel for beregning av ramme for levert energi hver av bygningstypene. Tilsvarende som i passivhusstandardene, kan man sette et "knekkpunkt" på årsmiddeltemperatur 6.3 °C (Oslo-klima), på grunnlag at av lønnsomheten sannsynligvis vil bli dårligere for varmere klima. I figurene under betyr dette at kurven for Stavanger blir lik kurven for Oslo. Dette bør imidlertid utredes nærmere.

De røde pilene på Fig. 15 under viser hvordan man kan finne kravsnivået for en bolig på 300 m² i Karasjok (årsmiddeltemperatur -2,5 °C). Kravsnivået for denne boligen blir 108 kWh/(m²år) beregnet levert energi.

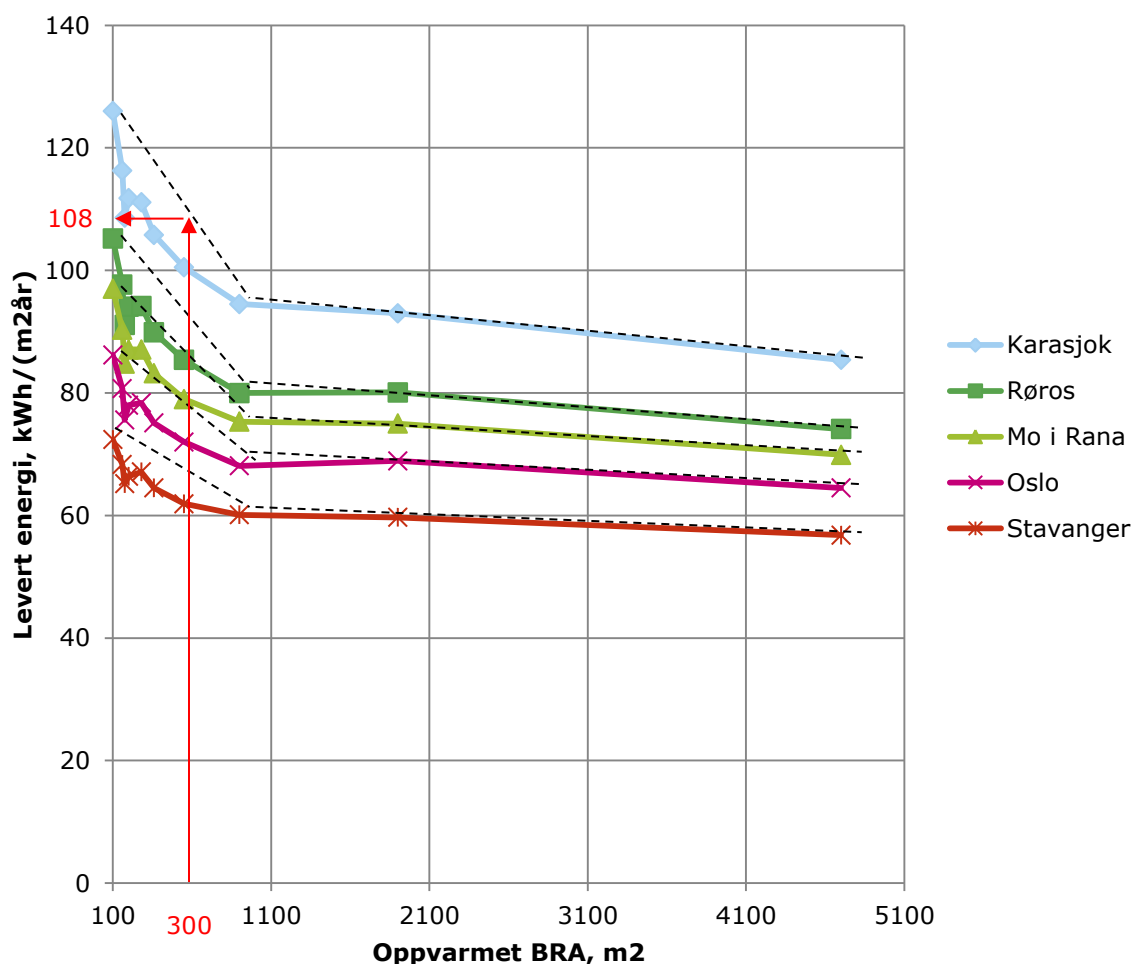


Fig. 15: Sammenheng mellom oppvarmet BRA og beregnet levert energi for boliger for ulike klimasteder. Stiplede sorte linjer viser forslag til funksjon for kravsnivå levert energi med klima- og arealkorrigerings.

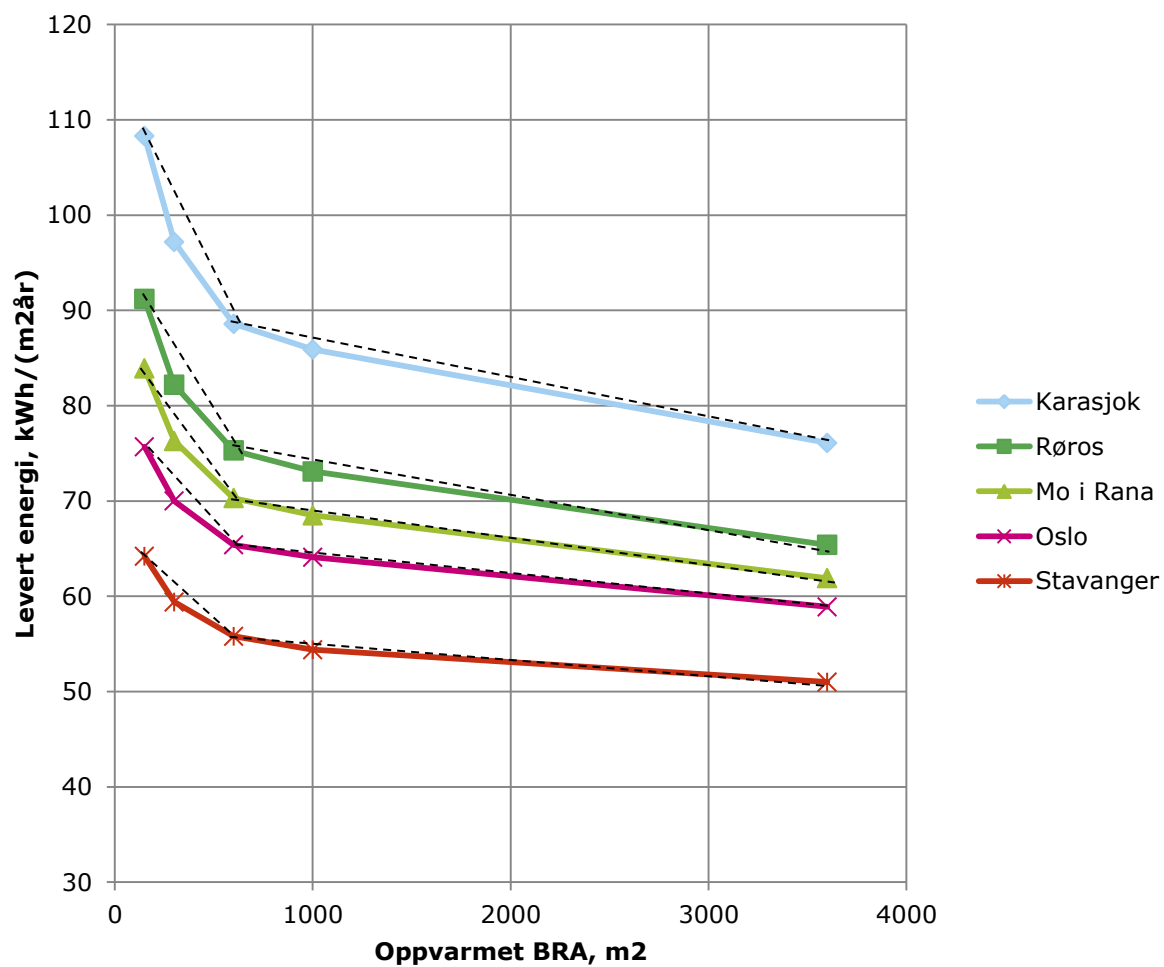


Fig. 16: Sammenheng mellom oppvarmet BRA og beregnet levert energi for kontorbygg for ulike klimasteder. Stiplede sorte linjer viser forslag til funksjon for kravsnivå levert energi med klima- og arealkorrigerings.

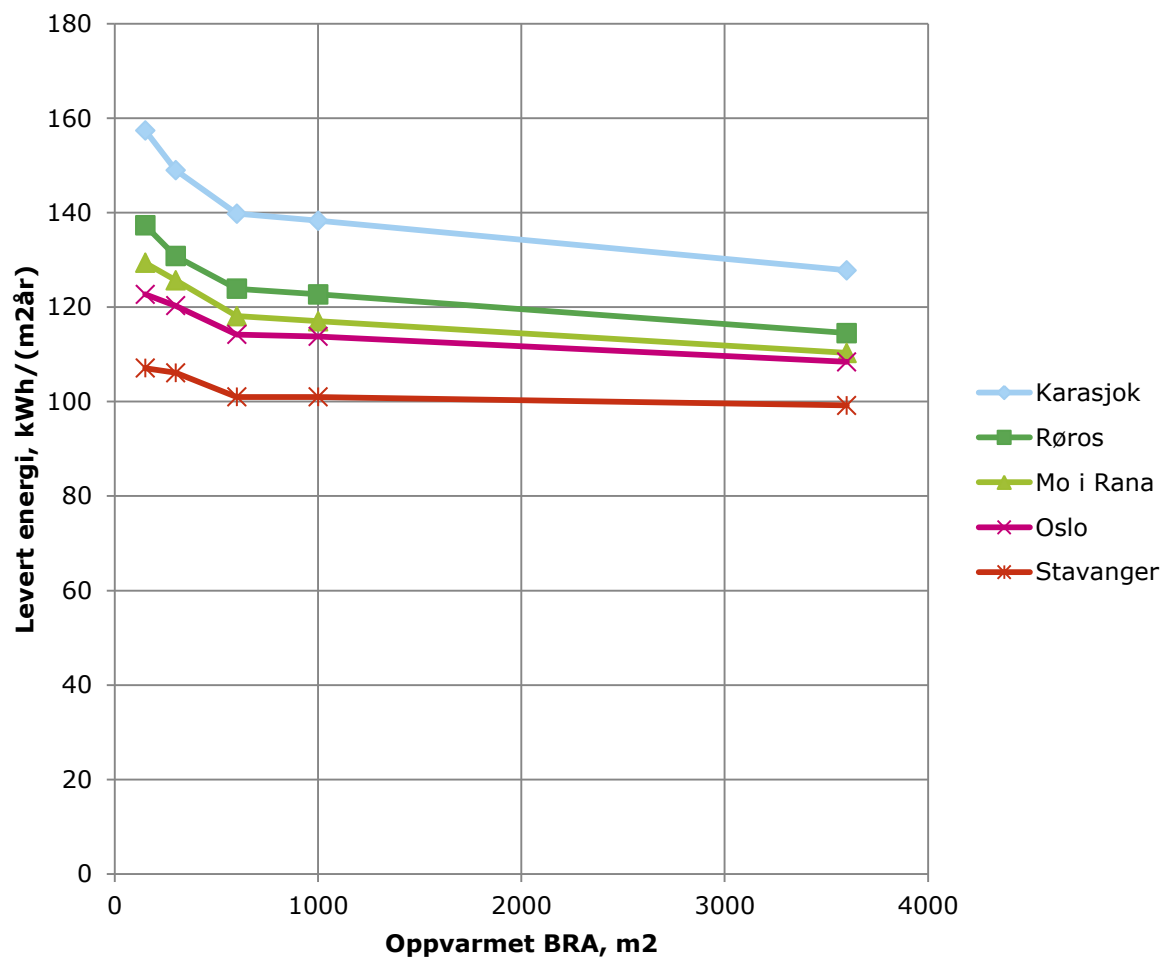


Fig 17: Sammenheng mellom oppvarmet BRA og beregnet levert energi for sykehjem for ulike klimasteder. Stiplede linjer med forslag til funksjon for kravsnivå levert energi er ikke tegnet inn her, men her foreslås det tilsvarende kurve som for kontorbygg med knekkpunkt på 600 m².

VEDLEGG E: AREALEFFEKTIVITET

E.1 Hva er arealeffektivitet?

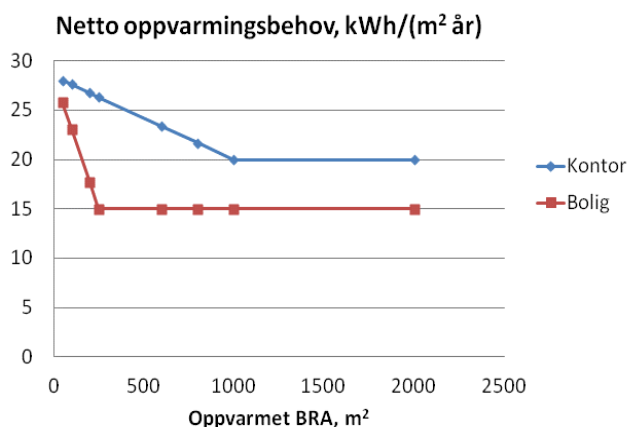
Arealeffektivitet kan defineres på ulike måter. F.eks. kan arealeffektivitet måles ved antall m² nettoareal pr arbeidsplass, elev, sengeplass, e.l. En annen måle-enhet er den såkalte brutto/nettofaktoren (B/N-faktor), men det finnes ingen standardisert definisjon på denne. Eksempler på definisjoner av arealeffektivitet er:

- Areal effektivitet er et mål på hvor mye areal som trengs for å oppfylle det funksjonelle innholdet i enheten.
- B/N-faktoren beregnes som forholdet mellom bruttoareal og nettoareal definert iht NS 3940. Bruttoareal for en bygning beregnes som summen av bruttoareal for bygningens etasjer, inklusive innskutte etasjer og gallerier, samt loft og kjeller. Arealene måles til utsiden av yttervegg i henhold til målereglerne i NS 3940.
- Areal effektivitet beregnes som forholdet mellom primærareal og bruttoareal. Primærareal defineres som bruttoareal minus sekundærarealer som kommunikasjonsarealer (korridorer, inngangspartier, trapperom, heissjakter o.l.) pluss rom for tekniske installasjoner, søppelrom, vaskerom og garasjer.

Man kan også tenke seg at arealeffektivitet kan knyttes til brukstid i tillegg til persontetthet.

E.2 Areal effektivitet og energikrav i NS 3700 og 3701.

NS 3700 og NS 3701 inneholder arealkorrigeringer for krav til netto oppvarmingsbehov og varmetapstall. Figuren til høyre viser arealkorreksjon for oppvarmingsbehov for henholdsvis boliger og kontorbygg. Figuren viser at det gis høyere energiramme for boliger med oppvarmet BRA mindre enn 250 m² og kontorbygg med oppvarmet BRA mindre enn 1000 m². Disse kravene er satt med forutsetninger om et fast antall personer og en fast brukstid for hver bygningskategori.



I NS 3701 er det gitt noen

forutsetninger mht. til andel primærareal og sekundærareal, samt persontetthet og tilstedeværelse (tillegg A.2). Disse er forutsetningene benyttes ved beregning av behovsstyring av ventilasjon og belysning. For eksempel for kontorbygg er det forutsatt 65% primærrom og 35% sekundærrom, samt 60% tilstedeværelse i primærrom og en persontetthet i primærareal på 5 m²/person.

Disse forutsetningene er så benyttet for å beregne krav til netto energibehov. Grovt sett kan man derfor si at bygg med høyere persontetthet og mindre sekundærareal ("mørke rom") vil ha vanskeligere for å oppfylle kravene. Dette gir ikke insitament til arealeffektive bygg, snarere tvert i mot.

E.3 Alternative modeller for å ta hensyn til arealeffektivitet i energikrav

Ideelt sett burde man formulere energikrav som er en funksjon av persontetthet og brukstid. Dvs at bygg med høyere persontetthet og lengre brukstid får en høyere energiramme enn bygg som er har lavere persontetthet og mindre brukstid.

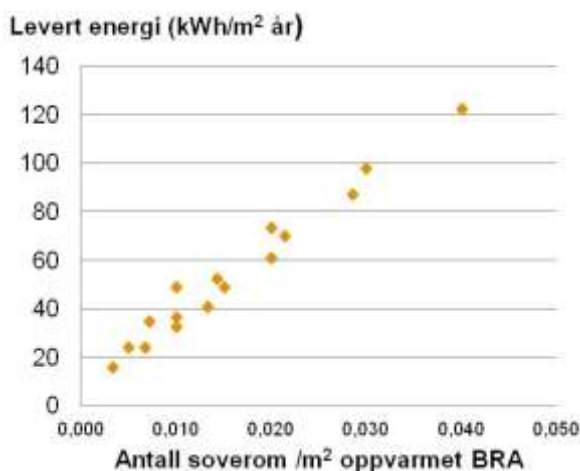
En fordel med å legge en antatt persontetthet og brukstid til grunn for beregningene, er at man vil få en beregning som er nærmere knyttet til "virkelig" energibruk en normert beregning. Man kan da åpne for å legge til grunn internlaster, bruk av lys og utstyr, knyttet til antatt person-brukstid.

En utfordring mht. dette er at forskriftskrav til energibruk blir en ganske komplisert funksjon av flere ulike parametere. NS 3701 har ulike krav avhengig av bygningstype, klima, og delvis av bruksareal. Hvis man i tillegg skal innføre ulike krav avhengig av persontetthet og brukstimer, blir det en mer komplisert forskrift. Dette kan muligens løses ved å lage en "dynamisk beregningsmodell" som beregner energirammen ved input av person-brukstid og andre variable parametere. Imidlertid åpner dette for manipulering, i og med at persontetthet og brukstid er lite kontrollerbare.

Et annet problem med å sette en energiramme avhengig av person-brukstimer, er at det ofte er vanskelig å forutsi persontetthet og brukstid på designstadiet, spesielt for kontorbygg, forretningsbygg og boligbygg. Persontetthet og brukstider vil jo også kunne variere mye over tid.

En annet og litt enklere alternativ er å sette rammekrav avhengig av antall prosjekterte arbeidsplasser, sengeplasser el.l. Her er problemet delvis det samme som nevnt over, dvs. at det er vanskelig å forutsi den virkelige bruken av bygget. For boliger er det f.eks. blitt foreslått å sette energirammer pr. soverom, som illustrert i figuren til høyre. Utfordringen med dette er at det gir et insitament til å lage flere små "soverom", som senere kan omgjøres til større rom, eller til andre typer rom (kjellerstuer, etc.).

Begge disse alternativene åpner for manipulering mht. "inntegning" av arbeidsplasser, sengeplasser eller soverom som ikke er reell, og fører ikke nødvendigvis til mer arealeffektive bygg.



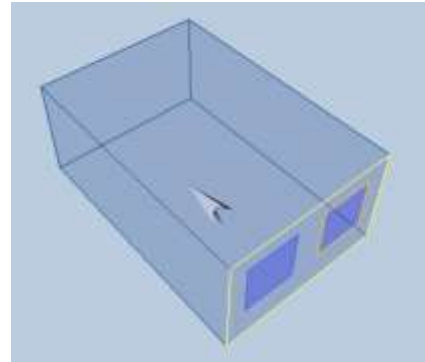
Et tredje alternativ er å sette rammekrav basert på en brutto/netto-faktor, eller forholdet mellom primær- og sekundærareal. Dette er en parameter som det er mulig å fastsette på designstadiet.

En forholdsvis enkel måte å foreta en korreksjon mht. arealeffektivitet kan derfor være å sette krav til at sekundærarealer ikke får inngå i beregning av antall m² oppvarmet BRA som brukes i rammekravet (kWh/m² oppvarmet BRA). Det bør da utvikles en definisjon eller en standard for hva som i denne sammenheng defineres som primær- og sekundærareal for ulike typer bygg (skoler, forretningsbygg, kontor, boliger, etc.). NS-EN 15221-6:2011 definerer primærareal som *The Primary Area is the portion of the Net Room Area used for supporting the core business needs, and workstations (including central support, local support and workstations)*. Standarden gir også eksempler på primærarealer for ulike byggtyper. Definisjonen av primærareal kan også knyttes opp til rom med tilgang på dagslys.

VEDLEGG F: DAGSLYSBEREGNINGER

Det er foretatt dagslysberegninger av et rom med følgende karakteristika:

- Bredde/dybde/romhøyde: 4 m x 6 m x 2,4 m
- Golvareal: 24 m² BRA
- Vinduer 2 x 1,2 m x 1,2 m = 2,88 m², 20% karm/ramme
- Lysareal ≈ 10% av BRA
- Lystransmisjon vinduer = 0,67 (typisk lavenergivindu med 3 lags glass og 2 LE-belegg).
- Refleksjonsfaktorer: Golv = 0,2 Vegger = 0,5 Tak = 0,7
- Ingen utvendig avskjerming
- Veggtykkelse 50 cm



Rommet kan representere en typisk kombinert stue/kjøkken i en bolig, eller et kontorareal i et yrkesbygg.

Beregningene er gjort med programmet DIAL+¹⁴. Figuren under viser dagslysfaktoren i rommet (arbeidsplan) med en ytterveggtykkelse på 50 cm. Gjennomsnittlig dagslysfaktor i rommet er 1,5 %, dvs. godt under forskriftenes veiledningskrav på 2,0%. Hvis man setter en veggtykkelse på 20 cm, får man en dagslysfaktor på 2,0 %.

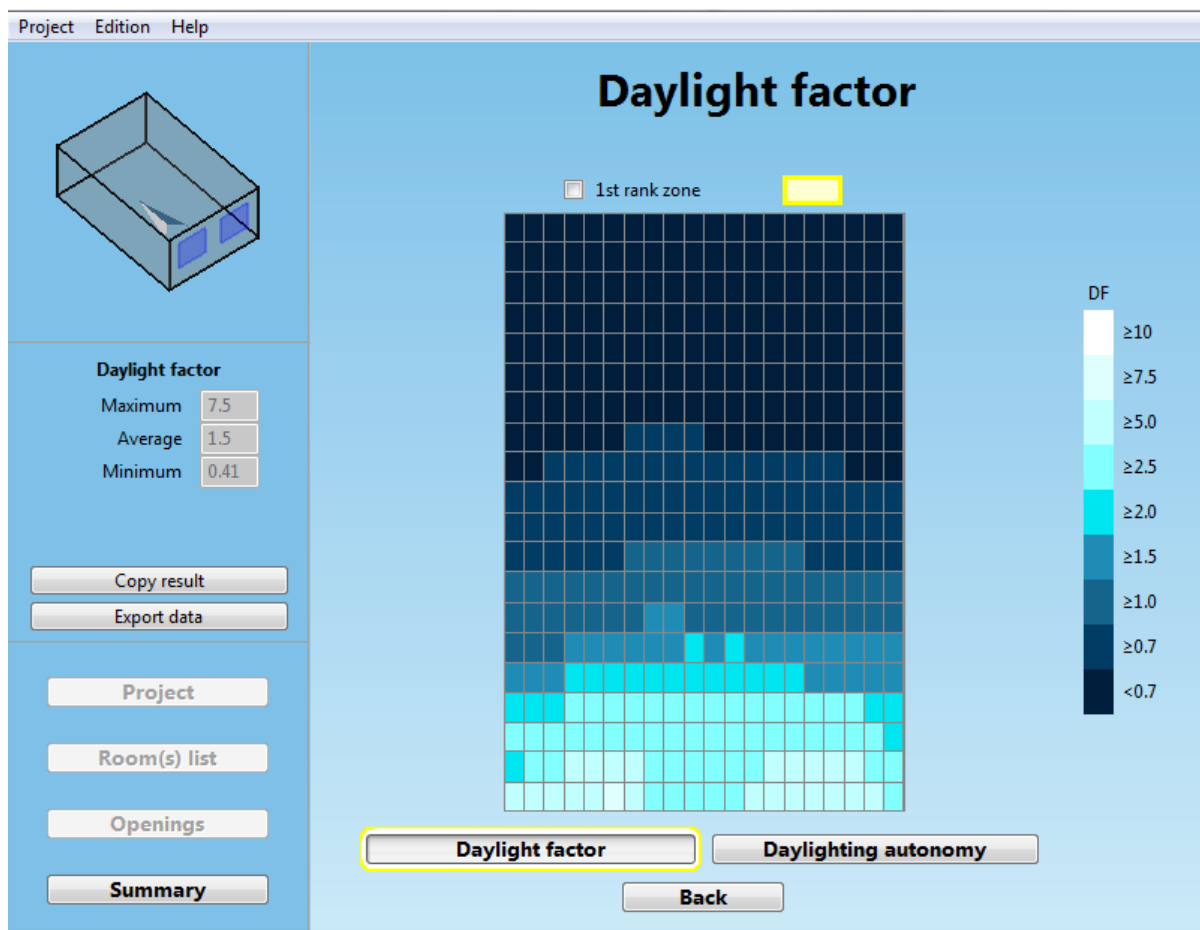
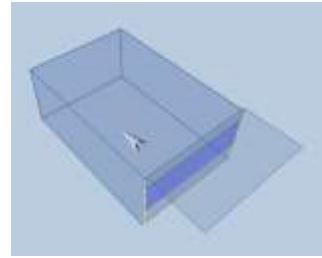


Fig. 18: Beregnet dagslysfaktor for rommet (på arbeidsplan).

¹⁴ (www.estia.ch).

Beregningen over var gjort med et helt uskjermet vindusareal. Figuren xx.2 viser resultatet av en beregning av det samme rommet, bortsett fra at det har en 2 m dyp balkong (el.l.) over vinduet, og vindusarealet er økt til $4,0 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} = 4,8 \text{ m}^2$. Med 20 % karm/ramme, gir dette et lysareal = 16 % av BRA. Hvis man legger til balkongarealet, utgjør vindusarealet 12 % av det totale arealet (BRA + areal under balkong).



Dette gir en gjennomsnittlig dagslysfaktor på 1,7 %.

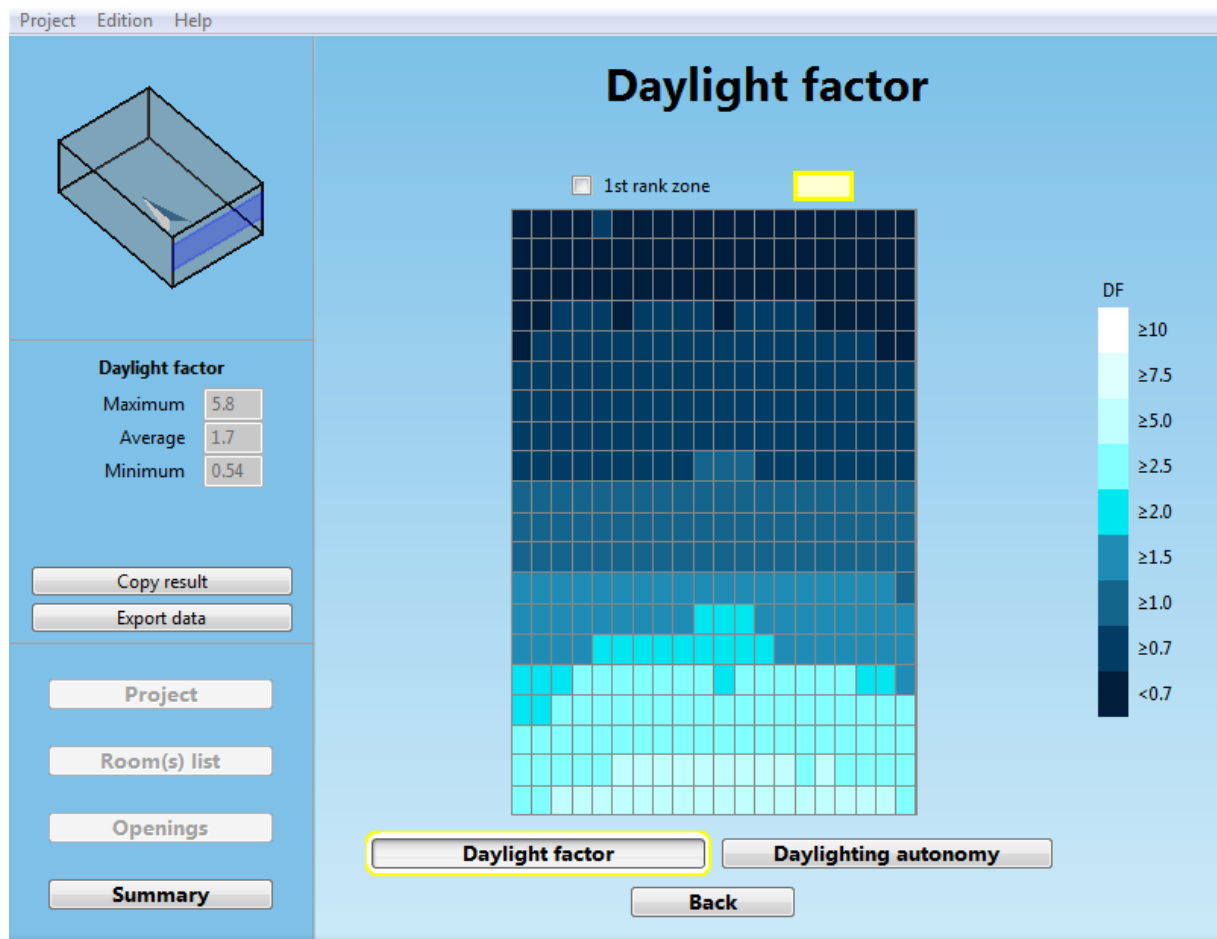


Fig. 19: Beregnet dagslysfaktor for rommet (på arbeidsplan) med 2 m dyp balkong over vindu.

Hvis vi tar bort avskjermingen over vinduet (balkongen), men i stedet legger inn en avskjerming fra terreng/eller andre bygg, får vi følgende gjennomsnittlige dagslysfaktorer for rommet:

- Med 70 graders avskjerming – (eks 6 m avstand til et nabobygg i 5 etasjer): 0,75
- Med 45 graders avskjerming: 0,9
- Med 30 graders avskjerming: 1,3
- Med 10 graders avskjerming: 2,0

Refleksjonsfaktor er satt til 0,25 (medium) for alle avskjermingene

Dette viser at dagslysforholdene i kompakte og velisolerte bygg kan være kritiske, spesielt i tette bysituasjoner. Ofte brukes det også vindusruter som har lavere lystransmisjon enn det som er benyttet i beregningene. Beregningene indikerer også at den forenklede 10%-regelen (at dagslysflaten skal utgjøre minimum 10% av bruksarealet) ikke alltid er en garanti for tilstrekkelig dagslysfaktor i rommet.

VEDLEGG G: INTERVJUGUIDE

Tema	Spørsmål	Svar
Rolle	Hvilken rolle har du i din organisasjon/bedrift?	
Erfaring med bruk av regelverket	Hvilken erfaring har du med energikravene i TEK10, eventuelt TEK07 - I prosjektutvikling - I nybygg - Ved drift av bygg - Eksempler? - Har du kjennskap til kap. 14 i TEK10 (Energi)?	
	Hva opplever du som de største forskjellene mellom TEK07/TEK10 og tidligere forskrifter?	
	- I hvilken grad oppleves energikravene for nybygg i TEK10 som lett forståelige? - I hvilken grad oppleves regelverket komplekst? - Hva er eventuelt vanskelig å forstå?	
	I hvilken grad har aktører i bransjen nok kompetanse om energikravene i TEK10? - Hvorfor/hvorfor ikke?	
	I hvilke ledd i verdikjeden oppleves det som mangelfull kompetanse om energikravene i regelverket (utbygger, rådgivere, byggeiere/drifere, interesseorganisasjoner, byggmester/tømrer)?	
	Hvordan kan man sikre at alle aktører har nok kompetanse om regelverket og bruk av regelverket?	
	I hvilken grad mener du at regelverket gir handlingsrom med hensyn til framtidsrettet bygg? - Variasjon i løsninger? - Innovasjon i løsninger? - Teknologinøytralt?	
	I hvilken grad oppleves regelverket som fleksibelt? -Kap 14 beskriver bruk av 2 ulike metoder for kontroll av bygget mot energiforskrifter (tiltaksmetoden / energirammemetode). Har du kjennskap til disse metoder, og eventuelle utfordringer / positive og negative erfaringer med dette. - Hvilket syn har du på mistekravene i kap 14-5? - Hvilket syn har du på inndelingen i bygningskategorier?	
Etterlevelse	I hvilken grad etterleves regelverket? (TEK10) - Opplever du forskjeller i etterlevelse mellom TEK10 og TEK07? - Hva med tidligere forskrifter – er bevisstheten på å følge forskriftene styrket eller svekket?	
	På hvilke punkter etterleves regelverket ikke? - Skyldes dette at man bevisst unnlater å følge regelverket?	
	Har du kjennskap til at aktører benytter seg av muligheter for unntak i regelverket for å etterleve	

	kravene i regelverket? - I hvilken grad kan dette være i strid med regelverkets intensjoner? Hva er det i regelverket som eventuelt hindrer at det etterleves i henhold til føringene? - For strenge/rigide krav? - Kostnadmessige barrierer - Kunnskapsmessige barrierer Hvilke tiltak/eventuelt endringer i regelverket må til for å sikre en god etterlevelse av energikravene i nybygg i fremtiden?	
Utførelse	I hvilken grad mener du at regelverket sikrer god utførelse i byggeprosjekter? - Sikrer forskriften høyere standard og kvalitet enn tidligere? - Er det spesielle forhold ved forskriften som bidrar til god utførelse? - Eksempelvis ved at innstramningene i energikravene har satt fokus på typiske feil i konstruksjon og utførelse?	
	I hvilken grad har du erfaring med feil og mangler ved utførelse av nybygg som kan ses i sammenheng med regelverket? - Hva slags type feil er dette?	
	Hva er årsaker til feilene og manglene? - Dårlig kompetanse og kunnskap - Økonomiske ressurser og kostnader - Andre årsaker?	
	Hvor utbredt er denne type og mangler i nybygg?	
Energibesparelse og lønnsomhet	I hvilken grad har regelverket bidratt til en energieffektivisering? - Har man nådd nivået som har vært forventet? - Er forventningen nådd sammenlignet med tidligere regelverk? - Hvorfor/hvorfor ikke?	
	I hvilken grad mener du at energieffektiviseringen som følge av regelverket er lønnsom for privatpersoner? - Er energibesparelsene rimelige i forhold til merkostnader for å oppfylle nye krav?	
	Hvilke deler av energikravene har hatt størst effekt?	
	I hvilken grad overoppfyller man energikravene regelverket? - Bygger man etter strengere standarder?	
	I hvilken grad bidrar regelverket til å oppnå energieffektivisering i byggesektoren? - Hvilken sammenheng har regelverket i forhold til andre virkemidler og rammebetingelser (energimerkeordning for bygg, energipriser, markedskrefter, miljøfokus)? - Opplevs regelverket som i tråd med politiske signaler og virkemidler?	
Drift av nybygg	I hvilken grad mener du energikravene og regelverket bidrar til bedre inneklima, lavere energiregning, enklere drift og mindre vedlikehold?	
Fornybar energi	I hvilken grad mener du at regelverket har bidratt til å øke anvendelsen av fornybar energi? - Skapt bevissthet rundt nye oppvarmingsløsninger? - Økt kompetanse og kunnskap om fornybar	

	energi/fornybar energioppvarmingsløsninger?	
	I hvilken grad oppfatter du at regelverket er teknologinøytralt? - Opplever du at det er intensiver i regelverket til å velge spesifikke energiløsninger?	
Utfordringer og barrierer	Hva vil du beskrive de viktigste utfordringer/barrierer for regelverket? - Kunnskap - Kompetanse - Forståelse av regelverket - Økonomiske merkostnader - Negativ effekt på egenskaper ved bygget	
	Hvilke andre bakenforliggende årsaker til at det finnes utfordringer og barrierer i etterlevelsen av regelverket? - Sosiale årsaker - Kulturelle årsaker - Materialteknologi - Byggeskikk - Konjunktursvingninger - Bedriftsstørrelse og organisasjonskultur - Entrepriseformat - Energidesign	
	I hvilken grad kan ulike fagområder i byggeprosessen være en utfordring for etterlevelse av regelverket? - Mangel på koordinasjon mellom ulike aktører i byggeprosessen - Mangel på samspill og integrasjon	
Suksessfaktorer	Hva vil du beskrive som de viktigste suksessfaktorer/effekter av regelverket? - Samfunnsmessige effekter?	
Muligheter	Hvordan kan regelverket gjøres mer forståelig og enkelt for å sikre korrekt etterlevelse og bruk av regelverket?	
	Hva bør forbedres ved en revisjon av TEK10? - Forståelig tekst og begrepsbruk - Utforming - Krav - Fleksibilitet	
	Hvilke tilføyelser bør gjøres?	
Innføring av passivhusnivå	Hvilke tanker har du om den varslede innføringen av passivhusnivå i regelverket fra 2015? - Hvilke positive og negative samfunnsvirkninger? vil en omfattende innstramming av energikravene kunne ha? - Hvordan kan man sikre at man når mål om passivhusnivå fra 2015?	
Andre kommentarer?		