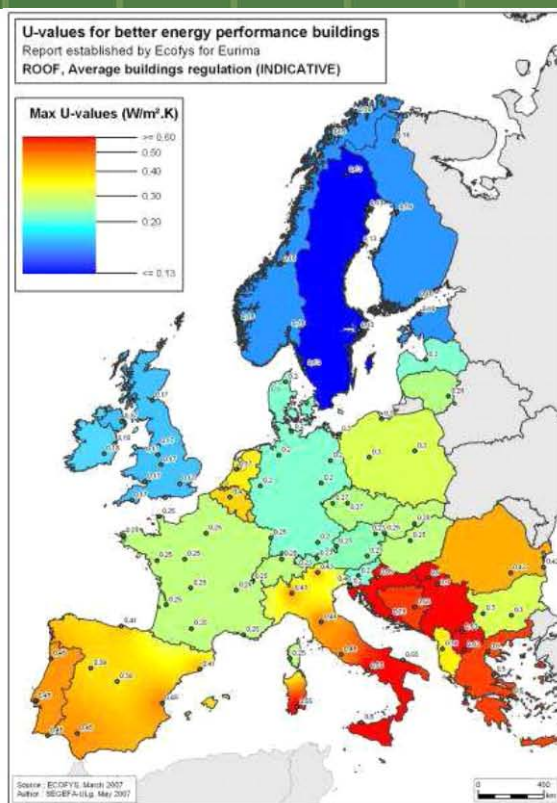


PETER G. SCHILD, MICHAEL KLINSKI OG CATHERINE GRINI

# Analyse og sammenlikning av krav til energieffektivitet i bygg i Norden og Europa

Prosjektrapport 55

2010



SINTEF Byggforsk

Peter G. Schild, Michael Klinski og Catherine Grini

# **Analyse og sammenlikning av krav til energieffektivitet i bygg i Norden og Europa**

Prosjektrapport nr. 55 – 2010

Prosjektrapport nr. 55

Peter G. Schild, Michael Klinski og Catherine Grini

**Analyse og sammenlikning av krav til energieffektivitet i bygg i Norden og Europa**

Emneord: energi, teknisk forskrift, forskriftskrav

ISSN 1504-6958

ISBN 978-82-536-1146-4 (pdf)

Prosjektnummer: 3B0336

PDF-format

© Copyright SINTEF Byggforsk 2010

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med SINTEF Byggforsk er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Adr.: Forskningsveien 3 B  
Postboks 124 Blindern  
0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08

[www.sintef.no/byggforsk](http://www.sintef.no/byggforsk)

Illustrasjoner på omslaget:

venstre: © Northeast Energy Efficiency Partnerships ([www.neep.org](http://www.neep.org))

høyre: © Studie utført av Ecofys for EURIMA. Se referanse [1]

## INNHOOLD

	Side
<b>1 Forord .....</b>	<b>5</b>
<b>2 Sammendrag .....</b>	<b>6</b>
<b>3 Bakgrunn for Studien.....</b>	<b>7</b>
3.1 EU-direktivene .....	7
3.2 Klimasoner .....	8

### DEL 1 – Krav, kontrollordninger og erfaringer

<b>4 Implementering av EPBD og RES i de respektive land: Status og beskrivelse .....</b>	<b>10</b>
4.1 Lovgivning .....	10
4.2 Krav til energieffektivitet .....	10
4.3 Energiforsyning .....	13
4.4 Rehabilitering .....	14
4.5 Energimerkeordning .....	14
4.6 Nasjonale og Internasjonale Standarder .....	16
4.7 Krav til inneklima .....	16
4.8 Konklusjoner i de siterte studiene .....	17
<b>5 Andre nasjonale tiltak og insentiver .....</b>	<b>19</b>
5.1 Nedtrappingsplaner mot nullenergihus .....	19
5.2 Finansieringsordninger .....	21
5.3 Eiendomsstruktur .....	22

### DEL 2 – Sammenligningsstudier

<b>6 Introduksjon .....</b>	<b>25</b>
<b>7 Studie 1: ECOFYS / IEA Kostnadsoptimale U-verdier .....</b>	<b>27</b>
7.1 Bakgrunn og metode .....	27
7.2 Resultater .....	29
<b>8 Studie 1: ASIEPI .....</b>	<b>34</b>
8.1 Introduksjon .....	34
8.2 Bygningstype 1: Bolig .....	34
8.3 Konklusjoner .....	40
<b>9 Studie 2: Building Research Establishment, Scotland .....</b>	<b>41</b>
9.1 Introduksjon .....	41
9.2 Arbeidsgang .....	41
9.3 Bygningstype 1: Enebolig .....	41
9.4 Bygningstype 2: Kontorbygg .....	43
9.5 Konklusjoner .....	44
<b>10 Studie 3: Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Tyskland .....</b>	<b>45</b>
10.1 Metode .....	45
10.2 Resultater .....	46

<b>Referanser .....</b>	<b>54</b>
-------------------------	-----------

<b>Definisjoner .....</b>	<b>56</b>
---------------------------	-----------

## 1 FORORD

Denne projektrapporten er resultatet av et utredningsarbeid som SINTEF Byggforsk har utført for Kommunal- og regionaldepartementet (KRD), nærmere bestemt anbudsnr 09/2668.

Prosjektleder og hovedforfatter ved SINTEF Byggforsk har vært Peter G. Schild. Michael Klinski og Catherine Grini har utført energiberegninger og vært medforfattere. Kvalitetssikrer har vært Tor Helge Dokka. Prosjektnummer ved SINTEF Byggforsk var 3B0336.

Byggeforskriftene i EU og EØS har vært i rask endring i forbindelse med direktivet om bygningers energiytelse (EPBD) og fornybardirektivet (RES). Ytterligere justeringer av energikrav og metoder for implementering, må påberegnes i de fleste land. Opplysningene i denne rapporten gir derfor bare et øyeblikksbilde av situasjonen pr mars 2010.

## 2 SAMMENDRAG

Det er gjort følgende observasjoner:

- Nasjonale krav til energieffektivitet er ikke direkte sammenlignbare fordi forskjellige land tar med ulike deler av bygningens totale energibudsjett (f.eks. varmtvann, utstyr, vifter), og har ulike kontrollparametre (f.eks. netto energibehov, levert energi, eller primær energibehov). Videre beregnes bruksarealer på ulike måter i forskjellige land, noe som kompliserer enkel sammenligning av tall som er normalisert i forhold til bruksareal, for eksempel varmetapstall.
- Norge har totalt sett det strengeste minstekrav til U-verdi for enkelte bygningskomponenter i Europa, trolig også verden, like foran Sverige. Finland har imidlertid det strengeste minstekrav for vinduer i næringsbygg.
- U-verdiene som er nødvendig for å tilfredsstille TEK i Norge er trolig nær kostnadsoptimale, hvis man ser bort fra resonnementet om at passivhus har betydelig lavere installasjonskostnader til oppvarmingssystemet. Estimering av kostnadsoptimale U-verdier er svært usikker fordi det innebærer forenklinger og usikre forutsetninger med hensyn til bl.a. investeringskostnader ulike veggtykkelser og fremtidige energipriser. Flere andre land har krav som er langt fra kostnadsoptimale.
- Når man korrigerer for ulik i klima i de forskjellige land, er det en gruppe med fire land (Norge, Sverige, Danmark og Nederland) som utpeker seg med de strengeste energikrav. Til sammenligning er kravene i Tyskland, og til en viss grad Østerrike, i utgangspunktet bare middelmådige. Det at disse to land er lengst fremme med bygging av passivhus skyldes andre forhold (finansieringsordninger, markedsstruktur og ildsjeler) og ikke forskrifter. For bygg helt uten bruk av fornybar energi, balansert ventilasjon eller kompensierende tiltak rykker Tyskland derimot opp i gruppa med de strengeste krav til bygningskroppen. De aller svakeste energikrav er observert i Spania og Tsjekkia.
- Norge har det sterkeste fokus på en robust bygningskropp (dvs. energitiltak som minsker oppvarmings- og kjølebehov), ved at TEK stiller krav til netto energibehov uavhengig av forsyningssystemet. Også i Finland, Østerrike, Spania, og trolig Polen, er energikravene uavhengig av forsyningssystemet, men disse land har romsligere krav til bl.a. U-verdier. I den ovennevnte gruppen av fire land med de strengeste energikrav, er det bare Norge som sikrer en robust bygningskropp. I Sverige, Nederland og Danmark, derimot, er kravet til bygningskroppen betydelig redusert hvis det brukes varmepumpe i stedet for pelletskjel.
- Nedtrappingsplaner (så kalte 'roadmaps') for trinnvis innstramming av forskriftskrav frem til 2020 er på dagsorden i de fleste land, men så langt har bare Danmark, Storbritannia, Nederland og Tyskland konkrete vedtak.
- De fleste land har implementert fornybardirektivet (RES) uten at et stilles konkrete krav til andel fornybar energi i bygninger. Unntakene er Norge, Tyskland, Italia, Storbritannia og Slovenia.
- Analysen tyder på at man i Norge har et større insentiv til å bygge kompakt arkitektur enn i andre land. Dette er på grunn av at flere land kompenserer for formfaktor.

### 3 BAKGRUNN FOR STUDIEN

Målsetningen med denne utredningen er å gi en oversikt over, og evaluere, energikrav i en del europeiske land, spesielt relatert til implementering av EUs direktiv om bygningers energiytelse (EPBD) og EUs fornybardirektiv (RES), for å bidra til at norske myndigheter kan vurdere hvordan man best kan oppfylle målene om bedret energiytelse og andel fornybar energi i Norge.

DEL 1 av utredningen beskriver konsist:

- hvordan regelverket for bygningers energiytelse og energimerking er oppbygd i de enkelte land,
- hvilke krav som stilles,
- hvilke kriterier som måles,
- hvordan det måles og kontrolleres
- hvilket ambisjonsnivå som er etablert og planlagt, f.eks. nedtrappingsplaner

Det er store forskjeller i regelverkets oppbygging i de ulike land i Europa. Det er derfor ikke en enkel oppgave å sammenlikne disse på en lettvtint måte. For å analysere hvordan det norske bygningsregelverket ligger an når det gjelder ambisjonsnivå i klima- og miljøsammenheng, er det derfor dokumentert forskjellige sammenligningsstudier i DEL 2 av rapporten. Vi har tatt utgangspunkt i tre ferske sammenligningsstudier. Hver for seg dekker ikke disse studier alle interessante land og heller ikke hele spekteret av ulike bygningstyper. I sum vil det likevel være tilstrekkelig materiale for en analyse i ønskelig bredde.

#### 3.1 EU-direktivene

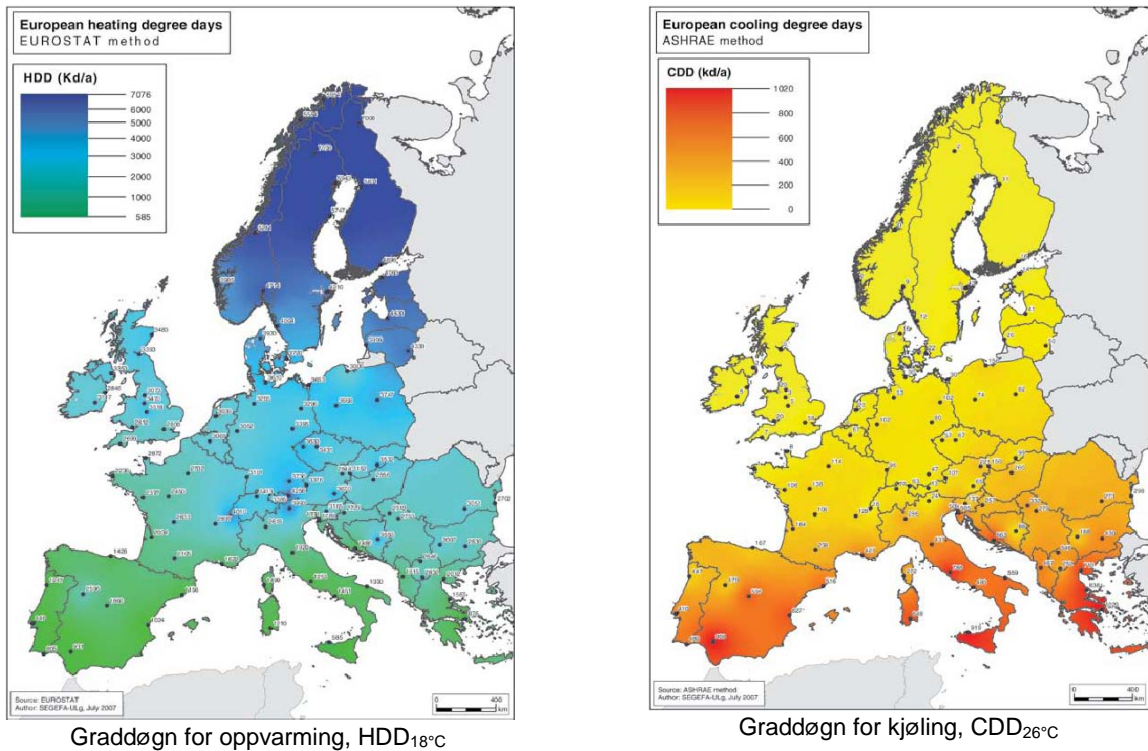
Bygningsenergidirektivet (EPBD-direktivet) <sup>[12]</sup> er en del av EUs rammeverk for å bekjempe klimaendringene ved å redusere energiforbruket og øke energieffektiviteten i bygninger. Hvert medlemsland er ansvarlig for å sette sine egne mål for energieffektivisering og implementere lovgivningen for å nå målene. EPBD pålegger medlemsstatene å stille energikrav men spesifiserer ikke hvor streng kravene må være, og spesifiserer heller ikke hvilke tiltak som skal treffes i forbindelse med kontroll av overholdelse av kravene. Som sådan kan medlemsstatene oppfylle EPBD artikkel 4 til 6 uten å øke sine eksisterende nasjonale krav og uten å utføre noen form for kontroll.

RES-direktivet <sup>[16]</sup> (Renewable Energy Sources) er en viktig del av EUs klimapakke som ble lansert i januar 2008 og vedtatt i desember 2008. Direktivet inneholder flere bindende mål:

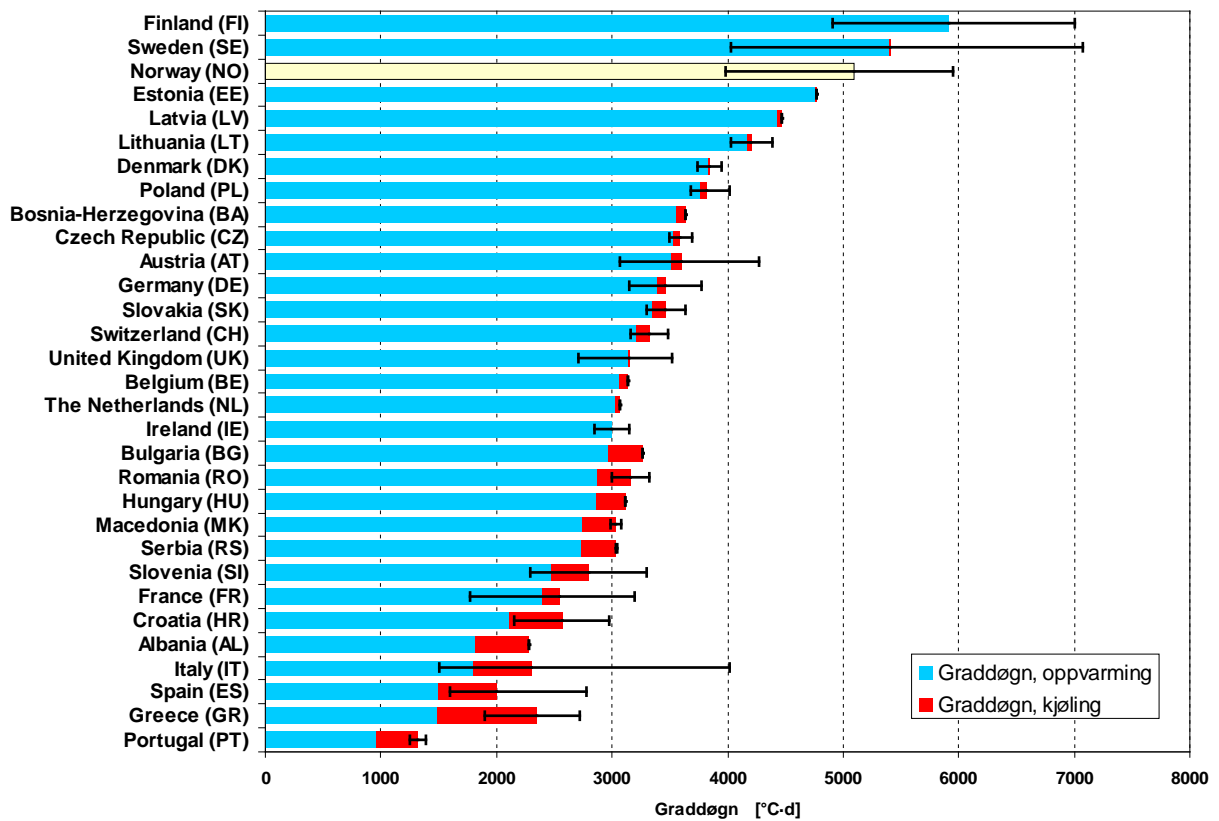
- Andelen fornybar energi i EUs totale energiforbruk skal økes fra 8,5 % til 20 % i 2020.
- Hvert medlemsland har fått et eget bindende mål
- 10 % av energiforbruket i transportsektoren skal komme fra fornybare energikilder i 2020 i alle medlemsland

Det finnes andre direktiver som har en stor innvirkning på energieffektivisering av bygninger. Dette inkluderer Eco-design direktivet (EuP) <sup>[14]</sup> som vil kreve merking og definere minstekrav til energieffektivitet til ulike apparater og produkter, og Energitjenestedirektivet (ESD) <sup>[15]</sup> som setter mål og krav til energitjenester og energieffektiviseringsaktiviteter. Eco-design direktivet vil påvirke mange elektriske produkter som installeres i bygninger, f.eks. hvitevarer, ventilasjonsutstyr, pumper, motorer og diverse elektriske apparater. Direktivet vil derfor ha en innvirkning på energi i bygninger. Alle energikilder er dekket, spesielt elektrisitet og fast, flytende og gassformige brenslers. Kravene blir vedtatt sentralt og gjelder i alle EU land.

### 3.2 Klimasoner



Figur 1 Europeisk kart som viser graddøgn for hhv. oppvarming og kjøling [1]



Figur 2 Summen av graddøgn for oppvarming og kjøling i europeiske land. Tallene er gjennomsnitt for flere byer i hvert land (ikke et folketallsveid gjennomsnitt). De svarte stolpene viser hhv. Byen med laveste og høyeste verdi. I følge samme kilde har Oslo 4714, mens NS 3031<sup>[29]</sup> klimafilen for Oslo har HDD<sub>18</sub>=4360 Kilde [1]



# **DEL 1**

## **Krav, kontrollordninger og erfaringer**

## 4 IMPLEMENTERING AV EPBD OG RES I DE RESPEKTIVE LAND: STATUS OG BESKRIVELSE

### 4.1 Lovgivning

I de fleste europeiske land ble det innført energirelaterte krav i lovverket så tidlig som på seksti- og syttitallet. Men bare i Tsjekkia, Danmark, Storbritannia og Nederland var det allerede på nittitallet etablert en energimerkeordning på nasjonalt nivå.

### 4.2 Krav til energieffektivitet

Krav til energieffektivitet er i alle land basert på en hovedindikator. Mest brukt er levert energi, etterfulgt av primærenergi og CO<sub>2</sub>-utslipp. Alle land bruker tilleggskrav til enkelte bygningskomponenter.

Krav til energieffektivitet kan stilles på ulike måter. De grunnleggende typer i Europa er:

- **Energiltak:** Denne metoden setter energirelaterte krav for hver bygningsdel og for hver del av installasjonene. Samtlige enkeltkomponenter skal oppfylle sine konkrete krav.
- **Omfordeling:** Som ovenfor, er kravsnivåer angitt for hver bygningsdel, men en avveining kan gjøres slik at noen verdier er bedre og noen er verre enn kravene, uten å øke det totale energibehovet. Omfordelingen kan gjøres uten en energiberegning.
- **Modellbygning:** Som omfordeling, men en modellbygning med samme form beregnes med disse gitte verdiene. En kontrollberegning må vise at selve bygget vil bli like god som modellbygningen. Frankrike bruker denne metoden, men vil endre praksisen om et bar år.
- **Energiramme:** En samlet ramme fastsetter standarden for en bygnings maksimalt tillatt energibruk. En kontrollberegning må utføres for å vise at en bygning er innenfor rammen.
- **Energiytelse:** Energikrav basert på en bygnings samlet behov for energi eller fossilt brennstoff eller byggets indirekte utslipp av klimagasser. F.eks. Storbritannias krav til CO<sub>2</sub> utslipp.

Noen land bruker en blanding av de ovennevnte modellene. For eksempel, en energiramme kan kombineres med krav for installerte produkter. En annen typisk blanding er at forskriften tillater et valg mellom energiltak eller en energirammeberegning. Mange land har minstekrav som må oppfylles uansett. Minstekrav til U-verdier kan f.eks. sikre mot fuktskader, og sikrer en mer robust energieffektiv bygningskropp som har lengre levetid enn installasjonene.

I Norge har vi både energiltak med mulighet for omfordeling (TEK §8.21a), og energiramme (TEK §8.21b), og i tillegg minstekrav for U-verdier og tetthet (TEK §8.21c) og energiforsyning (TEK §8.22).

Referanse [22] gir en konsis og godt oversikt over forskriftskravene i alle EU land. Bare de mest interessante elementer er gjengitt her. Referanse [22] skal forresten erstattes av en oppdatert rapport fra EU-prosjektet 'Concerted Action II' mot slutten av 2010, og som blir publisert på [www.buildup.eu](http://www.buildup.eu).

#### 4.2.1 Minstekrav og energiltak

Tabell 1, som er utarbeidet av EURIMA <sup>[20]</sup>, sammenligner krav til U-verdier i 31 europeiske land. For land som ikke har eksplisitte krav til U-verdier, har EURIMA rapportert U-verdiene som ble brukt som bakgrunn for forskriftskravene til energieffektivitet, eller de har beregnet ekvivalente U-verdier for at typiske bygninger i landet skal oppfylle forskriftskravet. I noen land er U-verdi kravene avhengig av bl.a. type eller alder av bygningen. For disse land er de laveste og høyeste ekstremverdiene rapportert i Tabell 1 som hhv. forskriftskrav og minstekrav. I land hvor krav til

U-verdi er avhengig av klimasone, er det rapportert to tall koblet med bindestrek, for å vise spennet mellom varmeste og kaldeste klimasone.

**Tabell 1 Forskriftsnivå for U-verdier i ulike land pr april 2007, både minstekrav (som bør være kostnadseffektiv), og forskriftsnivå (som bør være kostnadsoptimal) [20]**

	Forskriftsnivå				Minstekrav			
	vegg	tak	gulv	vindu	vegg	tak	gulv	vindu
Sweden (SE)	0.18	0.13	0.15	1.2	0.18	0.13	0.15	
Norway (NO), 2010	0.18	0.13	0.15	1.2	0.22	0.18	0.18	1.6
Estonia (EE)	0.25	0.16	0.25		0.25	0.16	0.25	
Finland (FI)	0.25	0.16	0.25	1.0	0.25	0.16	0.25	1.8
United Kingdom (GB)	0.25	0.13	0.2	1.6	0.35	0.2	0.25	
Denmark (DK)	0.2	0.15	0.12		0.4	0.25	0.3	
Switzerland (CH)	0.2	0.2	0.2		0.3	0.3	0.3	
Latvia (LV)	0.25	0.2	0.25		0.4	0.2	0.25	
Ireland (IE)	0.27	0.16	0.25		0.37	0.25	0.37	
France (FR)	0.36-0.4	0.2-0.25	0.27-0.36	1.8	0.36-0.4	0.2-0.25	0.27-0.36	2.6
Germany (DE)	0.3	0.2	0.4		0.3	0.2	0.4	
Slovenia (SI)	0.15	0.15	0.25		0.6	0.25	0.45	1.3
Slovakia (SK)	0.32	0.2	0.25		0.46	0.3	0.35	
Czech Republic (CZ)	0.3	0.24	0.3		0.38	0.3	0.45	
Lithuania (LT)	0.2	0.16	0.25		0.5	0.4	0.5	
Austria (AT)	0.35	0.2	0.35		0.5	0.25	0.4	
The Netherlands (NL)	0.37	0.37	0.37		0.37	0.37	0.37	
Hungary (HU)	0.45	0.25	0.5		0.45	0.25	0.5	1.6
Poland (PL)	0.3	0.3	0.6		0.5	0.3	0.6	
Bulgaria (BG)	0.5	0.3	0.5		0.5	0.3	0.5	
Albania (AL)	0.53	0.38	0.59		0.53	0.38	0.59	
Italy (IT)	0.46-0.64	0.43-0.6	0.43-0.6	2-4.6	0.46-0.64	0.43-0.6	0.43-0.6	
Portugal (PT)	0.5	0.4	-		0.7	0.5	-	
Spain (ES)	0.66-0.82	0.38-0.45	0.66-0.82		0.66-0.82	0.38-0.45	0.66-0.82	
Greece (GR)	0.7	0.5	0.7-1.9		0.7	0.5	0.7-1.9	
Romania (RO)	0.7	0.33	0.6		0.83	0.5	0.91	
Bosnia-Herzegovina (BA)	0.8	0.55	0.65		0.8	0.55	0.65	
Belgium (BE)	0.6	0.4	0.9	2.5	0.6	0.4	1.2	
Macedonia (MK)	0.9	0.6	0.75		0.9	0.65	0.75	
Serbia (RS)	0.9	0.65	0.75		0.9	0.65	0.75	
Croatia (HR)	0.9-1.2	0.65-0.75	0.75-0.9		0.9-1.2	0.65-0.75	0.75-0.9	

Det er krav til varmegjenvinning i Finland (50%), Sverige (50%), og Slovenia (65/75%). I Norge, Nederland, Tyskland og Østerrike er det ikke et eksplisitt krav til balansert ventilasjon, men varmegjenvinning er likevel vanlig på grunn av strenge rammekrav. Mange land (NO, DE, SL, FI) har en begrensning på spesifikk vifteeffekt som energiltak. Mange land har også minstekrav for lufttetthet på ventilasjonskanaler (FI, UK, SL, SE, DK), men ikke Norge.

Mange land (ikke HU eller FI) har minstekrav til lufttetthet av bygningskroppen. Kravene varierer sterkt (Tabell 2). Norge har ikke de strengeste krav. Alle land tar hensyn til lufttetthet (med default verdier) i energiberegningene for kontroll mot forskriftskravet. I alle land med krav til lufttetthet er ikke krav til kontrollmåling bortsett fra Storbritannia. Men i Tyskland, Danmark, og Norge er kontrollmåling nødvendig i noen tilfeller. I Danmark er slike tester normalt valgfri,

men kan være påkrevd av bygningsmyndighetene. I Tyskland må lekkasjemålinger gjøres for å utstede energimerke for nybygg med mekanisk ventilasjon. I Norge er lekkasjemålinger bare nødvendig for å oppnå klasse A energimerke for nybygg.

**Tabell 2 Minstekrav til lekkasjetall (målt ved 50 Pa trykkforskjell) i noen land [2]**

	Naturlig ventilasjon	Mekanisk ventilasjon
<b>NO</b>	3,0 h <sup>-1</sup>	
<b>UK</b>	10 (m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup> <sub>gulv</sub> for bygninger over 500 m <sup>2</sup>	
<b>DK</b>	5.4 (m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup> <sub>gulv</sub>	
<b>DE</b>	3,0 h <sup>-1</sup> eller 7.8 (m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup> <sub>gulv</sub> 3.0 (m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup> <sub>fasade</sub>	1,5 h <sup>-1</sup> eller 3.9 (m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup> <sub>gulv</sub>
<b>CZ</b>	4,5 h <sup>-1</sup>	med varmegjenvinning: 1,0 h <sup>-1</sup> uten varmegjenvinning: 1,5 h <sup>-1</sup>
<b>NL</b>	boliger: 200 l/s (ved 10 Pa) næringsbygg: 200 l/s per 500 m <sup>3</sup> (ved 10 Pa)	

#### 4.2.2 Ulike krav til energieffektivitet

Tabell 3 viser hvilke hovedindikator forskjellige land bruker som forskriftskrav til energieffektivitet. Tabell 4 viser hvilke energiposter som er inkludert i energibudsjettet for de forskjellige lands hovedindikator.

**Tabell 3 Type hovedindikator for energieffektivitet i forskriften, samt tilleggskrav (minstekrav) for de ulike bygningsdeler [21]**

	Hovedindikator for energieffektivitet (Forskriftskravet)							Tilleggskrav på komponentnivå						
	Bygning skropp kvalitet	Netto behov	Leverte energi	Primær energi	CO <sub>2</sub>	Politisk vektet faktor	Kunstig faktor	U-valuer	Kjel	Varmt vann	Belysning	Kjøling	Ventilasjon	Andre
<b>FI</b>	● <sup>1)</sup>							●					●	?
<b>SE</b>			●					●					●	?
<b>NO</b>		●						●					●	●
<b>DK</b>						●		●	●	●	●	●	●	●
<b>CZ</b>			●					●	●	●	●	●	●	
<b>AT</b>	●							●	●	●	●	●	●	
<b>DE</b>			●	●				●	●	●	●	●	●	●
<b>UK</b>					● <sup>2)</sup>			●	●	●	●	●	●	
<b>BE</b>							●	●				● <sup>3)</sup>	●	●
<b>NL</b>				●										
<b>LX</b>	●			●				●	●	●	●	●	●	●
<b>FR</b>				●				●	●	●	●	●	●	●

● Gjelder alle bygningstyper

● Gjelder ikke boliger

1) Det finske forskriftskrav er varmetapstall [W/K], tilsvarende *brutto* oppvarmingsbehov

2) Storbritannia: Hovedindikatoren er basert på CO<sub>2</sub> emisjoner og energikostnader

3) Belgia: Begrensning av risiko for overtemperatur (bare i boliger)

**Tabell 4 Energipostene som er inkludert i energibudsjettet for hovedindikatoren for energieffektivitet <sup>[2]</sup>**

	Interne laster			Oppvarming		Varmtvann		Kjøling	
	vifter	utstyr	belysning	Netto oppvarmingsbehov	Systemvirkningsgrad for oppvarming	Netto varmtvannbehov	Systemvirkningsgrad for varmtvann	Netto kjølebehov <sup>2)</sup>	Systemvirkningsgrad for kjøling
FI				1)					
NO	●	● *	● **	●		● *		●	
DK	●	†	●	●	●	●	●	● <sup>3)</sup>	●
PL	?	†	●	●	●	●	●	●	●
CZ	●	†	●	●	●	●	●	●	●
DE	●	†		●	●	●	●	●	●
BE	●	?	●	●	●	● *	●	● <sup>3)</sup>	●
NL	●	†	● *	●	●	●	●	● <sup>3)</sup>	●
FR	●	†	●	●	● **	●	●	●	● **
IT		†		●	●				
ES		†		●			●	●	

\* fast verdi, og inkludert i energibudsjett

† fast verdi som varmetilskudd i energiberegning, men ikke inkludert i energibudsjett

\*\* delvis fast verdi

1) Det finske forskriftskrav er varmetapstall [W/K], tilsvarende *brutto* oppvarmingsbehov

2) For de fleste land er kjøling bare inkludert i energibudsjett hvis et kjølesystem er installert. Unntak: Danmark

3) Selv om det ikke er planlagt installasjon av et kjølesystem, blir nødvendig (fiktiv) kjøleenergi beregnet ut i fra romtemperaturer og lagt til det totale energibudsjettet. F.eks. i Danmark antas det at romtemperaturer over 26°C vil bli fjernet av elektrisk kjøling i beregningen. Se også side 16.

### 4.3 Energiforsyning

I forbindelse med implementering av RES-direktivet har noen land gitt minstekrav til andel fornybar energi, inkludert Tyskland (15 %), Storbritannia (10 %), Italia (50 % for varmt bruksvann, og minstekrav til effektfaktor for varmepumper), Slovenia (25% av netto varme- og kjølebehovet), Belgia, Ungarn (snart) og Norge ( $\geq 40\%$  av varmebehovet dersom varmebehovet er over 17000 kWh/år). Noen land har krav til energitiltak, f.eks. krav til solvarmesystemer i Belgia (Walloon området). Andre land, som Finland, har ingen krav i det hele tatt, men dekker det i energimerket.

Den tyske loven 'EeWärmeG' setter krav om bruk av fornybar energi til varmeformål. I nybygg som ikke bruker fornybar energi, må energiforskriften EnEV overoppfylles med 15 %. Bruk av fornybar energi og kompensierende tiltak favner imidlertid ganske vidt etter EeWärmeG. Det er f.eks. tilstrekkelig å dekke 15 % av varmebehovet med solenergi. Alternativt kan 30 prosent dekkes av biogass, hvis det samtidig produseres strøm i kraft-varme-anlegg. Ved bruk av varmepumper, flytende biomasse eller fast bioenergi (pellets mm.) er kravet 50 prosent av varmebehovet. Flytende biomasse er biobrensel som kan blandes med 50 prosent fossil olje, hvis kjelen baserer på best tilgjengelig teknologi. I stedet for å overoppfylle EnEV-kravene, kan manglende bruk av bioenergi under nærmere forutsetninger også kompenseres ved å ta i bruk fjernvarme eller kraft-varme-anlegg – med fossilt brensel! En viktig mulighet for kompensierende tiltak er ikke minst og ganske enkelt å installere balansert ventilasjon med 70 prosent varmegjenvinning. I bygg med høye ventilasjonsrater og moderat varmebehov vil dette tiltak alene være tilstrekkelig for å oppfylle kravet om fornybar energi. Dessuten kan alle tiltak kombineres med hverandre.

#### 4.4 Rehabilitering

EPBD Artikkel 6 stiller krav til at ved hovedrehabilitering av bygninger på over 1000 m<sup>2</sup>, skal bygningen oppgraderes til dagens forskriftsnivå. Kravene kan gjelde for bygningen som helhet eller på komponentnivå. Hovedrehabilitering er ganske svak definert. Mange land har definert en hovedrehabilitering som >25% av fasadearealet eller bygningens verdi (DK, BE, HU og FR for bygninger bygget etter 1948); noen andre land har ingen klar definisjon av en hovedrehabilitering. For mindre bygninger, eller ved mindre rehabiliteringer, stiller mange land krav på komponentnivå. I noen land er kravene de samme som for nye bygninger; i andre land er de noe lavere, slik at energiforbruket iallfall ikke øker som resultat av rehabiliteringen. Detaljer er publisert i [2].

#### 4.5 Energimerkeordning

Østerrike, Tsjekia og Danmark er de eneste landene som har utviklet én metodikk for energimerking av alle bygningstyper, og som bruker denne metoden for både energiattester og for byggetillatelse. I Østerrike er at kravene bare basert på varmebehov.

**Tabell 5 Integrasjon av energimerking og byggesøknader i de ulike land, samt antall metoder for energimerking <sup>[21]</sup>**

	<b>Integrert metodologi:</b> Energimerke for å få byggetillatelse	<b>Ikke integrert metodologi:</b> Energimerke uavhengig av kontrollberegning for byggetillatelse	<b>Antall ulike metoder for energimerking</b>
SE		●	1
NO		●	2
DK	●		1
CZ	●		1
AT	●		1
DE	●		4 (2 ved neste rev.)
UK		●	4
BE		●	3
NL		●●*	4
LX	●		3
FR		●	3

\* Nederland: Det er en sammenheng mellom energiberegningene for energimerking og byggetillatelse. Energiberegninger har vært et krav et krav for å få en byggetillatelse siden 1996. Energiattesten brukes for eksisterende bygninger. Energiberegningen for byggetillatelse erstatter energiattesten for bygninger yngre enn 10 år.

I de fleste land er energimerket basert på estimert energibruk. I Belgia og Storbritannia er offentlige bygninger merket på basis av målt energibruk. Fordi dette er enklere å administrere, er gyldigheten av energiattester for offentlige bygg i Storbritannia redusert fra ti til ett år. I Frankrike og Tyskland kan begge metoder brukes parallelt, og i Sverige er operativ vurdering det eneste eksisterende metodikken.

Erfaringsmessig er det ofte stor avvik mellom beregnet og målt energiforbruk. Dette kan bli forvirrende for lekfolk som leser energimerker. For å unngå dette, har Danmark og Storbritannia (bare næringsbygg) valgt å ikke vise beregnet energibehov på attesten, men kun energiklassen og/eller en vurdering. Belgia og Nederland bruker en kunstig faktor (forholdet mellom beregnet energibehov og referanseverdier) for å uttrykke energieffektivitet uten å forvirre.

Bruk av primær energi og CO<sub>2</sub>-utslipp som basis for hovedmerket er et sterkt insentiv for bruk av fornybar energi. Men det er ikke alltid ønskelig at dårlig effektivitet i noen bygningsdeler (f.eks. varmeisolering) kan kompenseres ved hjelp av fornybare energikilder. For å unngå dette kan man benytte sekundære indikatorer. Luxembourg, Norge og Storbritannia (bare boliger) er eksempler på dette.

Tabell 6 Type indikator for primær energimerke, samt tilleggsopplysningene på attesten [21]

	Bygningstype					Primær energimerke display								Tilleggsopplysninger													
	Boliger	Næringsbygg	Offentlige bygg	Nybygg	Eksisterende bygninger	Bygningskropp kvalitet	Lvert varme	Lvert elektrisitet	Lvert energi (total)	Primær energi	CO <sub>2</sub>	Politisk vektet faktor	Kunstig faktor	Energikostnader	Bygningskropp kvalitet	Varmesystem kvalitet	Andel fornybar energi	Målt energibruk	Målt strømforbruk	Siste flere års energibruk	Beregnet energibehov	Beregnet strømbehov	Primær energi	CO <sub>2</sub>	Kunstig faktor	Energikostnader	
SE	●	●	●	●	●				●									●	●								
NO	●	●	●	●	●				●									●	●			●					
DK	●	●	●	●	●							●			●	●		●	●							●	
CZ	●	●	●	●	●				●						●	●		●				●	●			●	
AT	●	●		●	●	●																●	●	● <sup>1)</sup>	● <sup>1)</sup>		
DE	●		●	●	●		● <sup>2)</sup>	● <sup>2)</sup>		● <sup>2)</sup>					● <sup>2)</sup>			● <sup>2)</sup>	● <sup>2)</sup>		● <sup>2)</sup>	● <sup>2)</sup>	● <sup>2)</sup>	● <sup>2)</sup>	● <sup>2)</sup>		
UK	●	●		●	●					●			●						●	●		●			●		
BE	●			●	●					●					●	●					●	●	●	●	●		
NL	●	●			●							●															
LX	●			●	●	●				●	●													●			
FR	●	●	●	●	●					●	●							●	● <sup>4)</sup>	● <sup>4)</sup>		● <sup>4)</sup>	● <sup>4)</sup>			●	

1) Østerrike: Energieffektivitet er basert på bare netto varmebehov. Som tilleggsinformasjon, oppgis følgende på attestens andre beregnet energibehov og andelen for oppvarming og strømforbruket. Mengden primærenergi og CO<sub>2</sub> utslipp kan gis på frivillig basis.

2) Tyskland: Det er et merke for målt energi og et merke for beregnet energibruk. Bare en av dem må fylles ut; den andre kan stå tom.

3) Storbritannia: Hovedindikatoren i offentlige er (ikke-dimensjonal) CO<sub>2</sub>

4) Frankrike: Det er et komplisert system som bestemmer om enten målt eller beregnet energi skal oppgis. Attestene er veldig like. De største forskjellene er forlengelsen av energiklasser fra G til I for private næringsbygg. Det er ikke attest for helt nye offentlige bygninger, bare eksisterende offentlige bygg.

I tillegg til energiytelse har de fleste land tilleggsinformasjon på energiattesten.

Gyldigheten på attester er i de fleste tilfeller ti år. Kun i Danmark (fem år, bortsett fra hytter) og i Storbritannia (ett år for offentlige bygg) er gyldigheten forskjellig.

De fleste land krever en befaring før utstedelse av energiattesten. Bare i Tyskland, Norge og Sverige er besøk unødvendig. I Storbritannia, Tsjekkia og Luxembourg er ikke befaring obligatorisk ved lov, men det er ventet av ekspertene.

I Danmark, Tyskland, Luxembourg og Sverige gjelder attesten bare for en bygning som helhet. I alle andre and (Norge inkludert) skal hver bruksdel ha en separat energiattest.

Anbefalingene på energiattesten varierer fra land til land. Kun Belgia, Tyskland og Nederland tillater beskrivelser av forbedringstiltak uten beregning. I de andre land må tiltakene beskrives i detalj og lønnsomheten beregnes. I Belgia og Norge blir anbefalingene automatisk generert.



Det er egentlig ingen systematisk kvalitetssikring av energiattester i Østerrike, Tyskland, Luxembourg og Sverige. I Østerrike er situasjonen om ansvar fortsatt uklart, og i Luxembourg er kvalitetssikringen implementert i lovgivningen, men likevel ikke praktisert.

#### 4.6 Nasjonale og Internasjonale Standarder

EU kommisjonen ga CEN mandat om å utvikle et stort antall standarder som støtter opp om implementering av EPBD. Disse dekker temaer som energiberegninger, energimerking og inspeksjoner. Den viktigste standarden er EN-ISO 13790:2008 <sup>[28]</sup> om energiberegning. De aller fleste land har laget sine egne standarder for energiberegning tilpasset sine egne forskrifter, og som bygger på EN-ISO 13790 i varierende grad. For eksempel er NS 3031:2007<sup>[29]</sup> i veldig stor grad basert på EN-ISO 13790. Det er også forskjell mellom landene når det gjelder tidsskritt (timer eller måneder), inndeling av bygningen i soner, m.m. Tyskland og Ungarn bruker hovedsaklig DIN prestandarder. Når det gjelder energimerking og inspeksjoner er CEN standardene brukt i mindre grad.

#### 4.7 Krav til inneklima

Kravene til inneklima varierer mye mellom landene. De fleste land har egne krav til inneklima, men har ennå ikke begynt å referere til bestemte inneklimaklasser i den nye standarden EN 15251 <sup>[30]</sup>.

##### Luftmengder

De fleste land med kald klima har minstekrav som tilsvarer 0,5 luftvekslinger per time i boliger (Klasse III i NS-EN 15251), mens Slovenia er lengst fremme med å stille krav til Klasse II, som tilsvarer 0,6 luftvekslinger per time i brukstiden. Tyskland og Italia har ingen eksplisitte minstekrav til luftmengder i boliger (det gjør derimot passivhusstandarden).

For næringsbygg er det store sprik mellom landene. I Norge er minstekravet i næringsbygg normalt 7 l/s per person pluss 0,7 til 1,4 l/s per m<sup>2</sup> gulv avhengig av størrelsen på emisjoner fra materialer. Dette tilsvarer klasse II i EN 15251, men veiledningen til TEK referer ikke til standarden ennå. Andre land har minstekrav som tilsvarer 3~10 l/s per person.

##### Temperaturer

Termisk komfort om sommeren, og energibruk til kjøling, har fått økt betydning over hele Europa ettersom forskriftskravene til varmeisolasjon har økt som konsekvens av EPBD. Tabell 7 oppsummerer hvordan ulike land handterer kjøling og termisk komfort i sine byggeforskrifter.



**Tabell 7 Ulike forskriftskrav relatert til kjøling og termisk komfort om sommeren <sup>[2]</sup>**

		NO	DK	PL	DE	UK	BE	NL	FR	IT	ES	GR	PT
<b>Energikrav</b>	Kjøling er inkludert i rammekrav	●	●		●	●	●	●	●			●	●
	Fiktiv kjøling beregnes		●				●	● <sup>3)</sup>					
	Uavhengig begrensning på netto kjølebehov										●		●
	Uavhengig begrensning på kjøleenergi (levert energi)												
<b>Energiltak</b>	Krav til energiltak om bruk av fornybar energi til kjøling		?								●		
	Krav til systemvirkningsgrad for kjølesystem		?								●	●	
	Begrensninger på vindusareal	●	?								●		
	Minstekrav til solavskjerming	●	?	●	●	●			●	●	●	●	●
	Andre krav for å sikre god komfort om sommeren		?						●				
<b>Krav til termisk komfort</b>	Krav til termisk komfort i bygninger uten kjølesystem	●	●		●		●		●				
	Pålagt å beregne/evaluere termisk komfort				● <sup>1)</sup>		● <sup>2)</sup>	● <sup>2)</sup>	●				
	Pålagt minstekrav til termisk komfort				● <sup>1)</sup>		●		●				

1) Tyskland: "solvarmetilskudd" indikator for evaluering av termisk komfort, bare for boliger

2) Belgia & Nederland: krever evaluering av termisk komfort bare i boliger (med eller uten kjøling)

3) I Nederland er fiktiv kjøling alltid beregnet, avhengig av kjølebehov, og uavhengig av indikatoren for overoppheting

De aller fleste land inkluderer energibruk til kjøling i det globale kravet til energieffektivitet (dvs. rammekravet o.l.). Bare to land (Spania og Portugal) har en begrensning på bygningens netto kjølebehov som selvstendig energipost. Hellas er det eneste landet med konkrete krav til systemvirkningsgrad for kjølemaskiner (dvs. minimum EER for hver type enhet, f.eks. for splitt anlegg, for luftkjølte kjølere, osv.). I Spania er det, under visse vilkår, et krav til frikjøling og/eller varmegjenvinning av avtrekksluft.

Bare Tyskland (for bygninger uten mekanisk kjøling) og Belgia (for boliger) har eksplisitte begrensninger på overoppheting. Frankrike har en indirekte begrensning på overoppheting via referansebygget. I andre land, for bygninger uten mekanisk kjøling, har man valgt å hindre overoppheting i form av anbefalinger<sup>1</sup>, men uten en obligatorisk inneklimatesting som må dokumenteres. I noen, hvis energiberegningen viser at det er risiko for overoppheting, er det ilagt en straff i form av et tilleggsenergiforbruk fra et virtuelt kjølesystem ('fiktiv kjøling').

Minst 5 land krever en form for evaluering av termisk komfort i forbindelse med energiberegningen. Dette gjelder ikke alle typer bygninger. Vanligvis er det et eksplisitt krav knyttet til analysen. Disse land er listet under <sup>[2]</sup>. I tre av landene (Danmark, Nederland og Belgia), hvis energiberegningen viser at inntemperaturen blir for høy om sommeren, er et fiktiv kjølebehov lagt til energiforbruket uavhengig om et kjølesystem finnes eller ikke (fordi det er risiko for at kjøling kan bli installert etter hvert). Flere av disse land arbeider med å utvide metoden til alle typer bygg.

#### 4.8 Konklusjoner i de siterte studiene

- Det er en betydelig variasjon i gjennomføring av EPBD, med store forskjeller i effekt, samsvar og kontroll. Noen varianter kan forsvares på grunn av mangfoldet mellom medlemsstatene. Større vekt på konsistent og god gjennomføring vil kunne føre til ytterligere innsparinger. EPBD Recast kan akselerere denne prosessen.
- Flere medlemsstater bestemmer sine forskriftskrav på basis av studier om livssyklus-kostnader. Flere medlemsstater jobber nå med å etablere veikart for trinnvis innskjerping av forskriftskrav frem til 2020, og for å forbedre energieffektiviteten i nye og eksisterende bygninger.

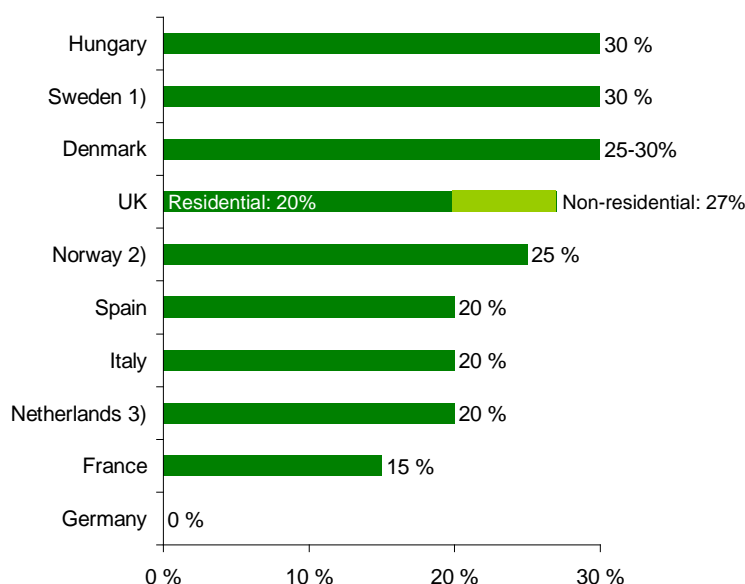
<sup>1</sup> For eksempel, i Norge er det anbefalt (i veiledning til TEK §8-36) at innetemperatur ikke skal overskride 26°C mer enn 50 timer pr år. Dette bør nyanseres for bygninger uten kjøling, hvor man kan akseptere høyere temperaturer når det er mulighet for adferdsmessig tilpasning (f.eks. vinduslufting), i henhold til NS-EN 15251.

- Ikke alle land har ennå oppfylt alle krav pålagt av EPBD.
- Det er viktig å ha en integrert tilnærming som dekker alle energirelaterte bygningsdeler og installasjoner for å oppnå kostnadsoptimal energiytelse. Det må også tas hensyn til inneklimate.
- Flere land (i alle fall NL, DE, BE, NO) utfører lønnsomhetsanalyser i forbindelse med en innstramning av energikravene. I Tyskland er det endog nedfelt i loven ("EnergieEinspar-Gesetz") at det skal bare stilles krav til lønnsomme tiltak ("Wirtschaftlichkeitsgebot"). I Belgia er det brukt programvare som automatisk beregner tusenvis av variasjoner for å finne økonomiske optimale tiltak og kravnivå <sup>[26]</sup> <sup>[27]</sup>.
- Flere land har innovative løsninger for kontroll, på en måte som ikke øker den administrative byrden. Disse tilnærmingene er sterkt kulturelt anhengige.
- I tillegg til kontrolltiltak, er det også viktig (for å fortsette) å investere i bevisstgjøring og motivere til handlinger, f.eks. gjennom utdannings- og informasjonskampanjer.
- Flere land har suksesshistorier som viser en stor endring i energieffektivitet som konsekvens av. Samtidig er det også suksesshistorier om markedetsgjennombrudd for nye energieffektive produkter.

## 5 ANDRE NASJONALE TILTAK OG INSENTIVER

### 5.1 Nedtrappingsplaner mot nullenergihus

Selv om EPBD ikke stilte krav til skjerping av forskriftskrav valgte de fleste land i Europa benyttet anledning til å skjerpe kravene sine krav med 20~30% (Figur 3). Det virker som om dette er en prosentvis endring ved nedtrappinger.



**Figur 3** Prosent innstrammning av kravet til energieffektivitet i forbindelse ved førstegangs implementering av EPBD [kilde: EURIMA]

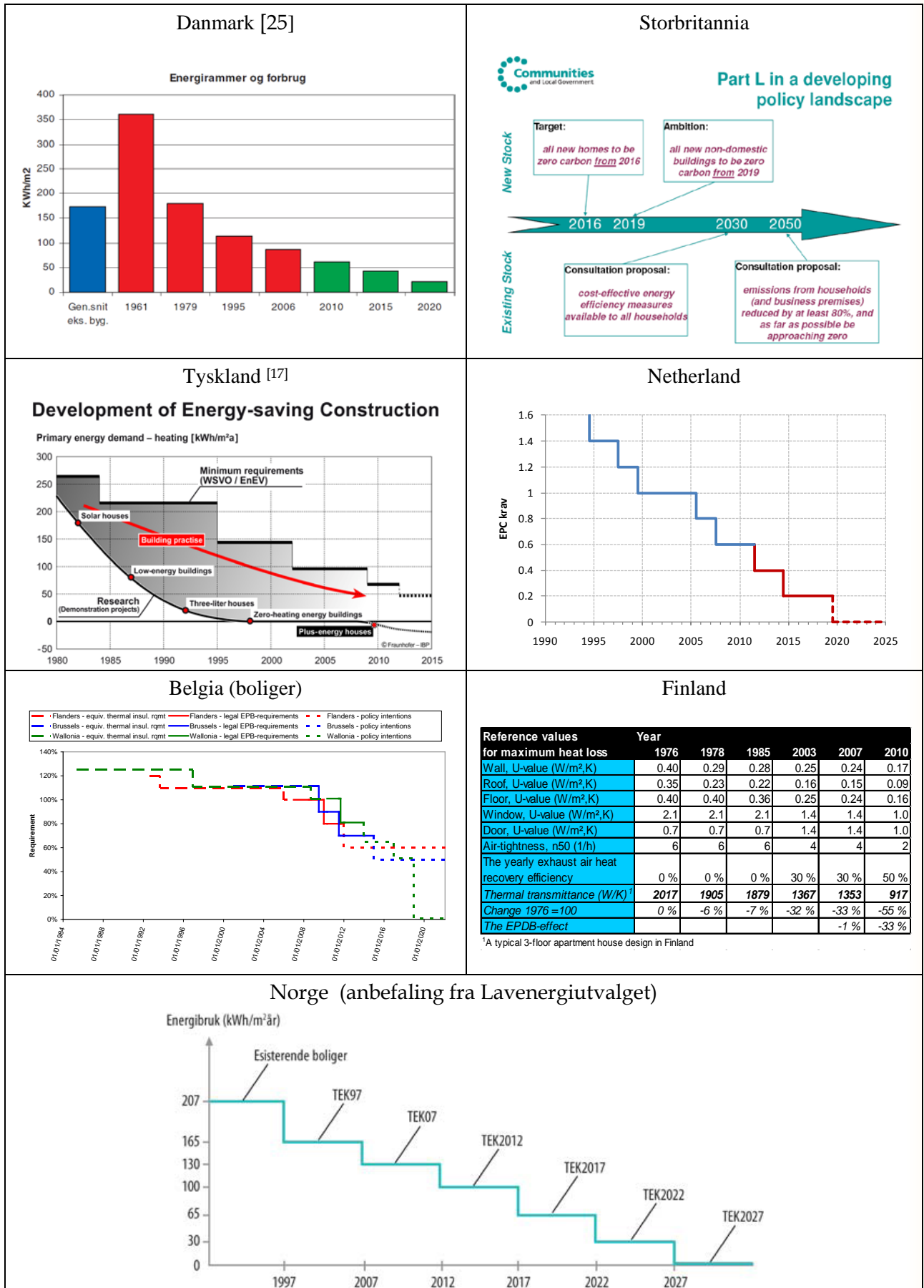
På sikt må bygningers energiforbruk reduseres ned mot svært lavt (Passivhusnivå) eller nullenerginivå. Noen land har tatt initiativ og har definert dette som mål for bygningsstandarder allerede innen 2020. Dette er en av ambisjonene bak den kommende EPBD Recast.

#### *Danmark*

I den nyeste forskriften (BR08) er to nye lavenergiklasser definert med hhv. 75 % (klasse 2) og 50 % (klasse 1) mindre energibehov enn minstenivået fra 2006 (klasse 3). Folketinget har blitt enig om en handlingsplan <sup>[25]</sup> der bygningsforskriften skal skjerpes til klasse 2 (lavenergi nivå) i 2010 og til klasse 1 (tilsvarende passivhus nivå) i 2015 (se Figur 4). Dette vil bringe krav i bygningsforskriften i 2015 på nivå med kravene i Passivbygg både for totalt energibehov og for oppvarmingsbehov. For å nå disse mål skal det benyttes flere virkemidler som f.eks. informasjonskampanjer.

#### *Storbritannia*

I 2006 vedtok den britiske regjeringen en handlingsplan for å sette et mål at alle nye bygninger skulle bli 'Zero Carbon' innen 2016. I sin nåværende form krever handlingsplanen følgende trinnvise innstramminger av forskriftskravet i forholdet til nivået i 2006: 25 % reduksjon i oktober 2010, så 44 % i 2013, 70% i 2016 og ned til null-karbon-bygninger i 2019 (se Figur 4). Ordningen vil bli regulert av 'Code for Sustainable Homes', som tillater bl.a. at eiere vil kunne investere i tiltak langt borte fra bygningen, som for eksempel vindmøller eller energieffektivering av andre bygninger i nabolaget.



Figur 4 Mulige fremtidige nedtrappinger i forskjellige land

### *Tyskland*

Tyskland har bestemt at bygninger fra 2020 i størst mulig grad skal være uavhengig av fossilt brensel for oppvarmingsformål <sup>[17]</sup>. Bare kostnadseffektive tiltak skal kreves. En konkret nedtrappingsplan er ennå ikke iverksatt, men det vil muligens være en 30 % innstramming i 2012.

### *Nederland*

Forskriftskravene i Nederland har blitt skjermet regelmessig siden 1995. Rammekravet (et dimensjonsløst tall 'E') blir redusert med 0,2 ved hver innstramming. Nederland har allerede vedtatt og varslet to fremtidige nedtrappinger, i 2012 og 2015. Det er også en uforpliktende ambisjon om å nå "nullenergi" i 2020. Sistnevnte ambisjonen er ikke godt definert ennå (nullutslipp?), og noen Nederlandske fagfolk ikke tror det er realistisk på så kort tid

### *Markedseffekter av nedtrappingsplaner og strenge krav*

Forhåndsvarsling av fremtidige ambisiøse innskjerpinger gir rom og forutsigbarhet for at industri kan satse på langsiktig innovasjon og produktutvikling. I Nederland, er energikravene er så strenge nå at mange nasjonale SMBer utvikler innovative energieffektive produkter. Et eksempel er en varmegjenvinner for avløpsvann fra dusj. Behovet for et slikt produkt er stor i Nederland. Dette ikke tilfelle i andre land, selv om tilsvarende produktvikling er gjort i Norge. Produktet selges derfor kun i Nederland. Andre land har ikke beregningsmetode og forskriftskrav som tar hensyn til energisparing i et slikt system.

## **5.2 Finansieringsordninger**

Tyskland har et meget velutviklet system for insentiver. 'Feed-in' tariffen for lokal kraftproduksjon er trolig de gunstigste i verden, selv om de over tid skal trappes ned. Dette har bidratt til å utvikle et stort marked for solcellekomponenter og førte til betydelig lavere salgspriser for disse. Også Spania har gunstige feed-in tariffen for salg av strøm til nettet, og er verdens nest største marked for solseller (PV) etter Tyskland.

Den føderale banken KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) tilbyr flere støtteprogrammer for nye boligbygg og rehabilitering med subsidiert rente, engangsstøtte eller en kombinasjon av disse <sup>[18]</sup>. Programstrukturen er uoversiktlig og endres ofte. Forutsetning ved nybygg har imidlertid alltid vært at prosjektet har en bedre energistandard enn forskriften tilsier. Støttesatsen er trinnvis avhengig av beregnet primærenergibehov etter samme metode som i energiforskriften EnEV, slik at det først og fremst er fornybar energi som fremmes, og bare i mindre grad en robust bygningskropp. Støtten er i alle tilfeller en delfinansiering, som det må søkes om gjennom private banker. I tillegg eksisterer det støtteordninger i enkelte delstater og kommuner, som i noen tilfeller kan kombineres med KfW-støtten.

I Østerrike har alle delstater egne støtteordninger til boligbygging og rehabilitering ("Wohnbauförderung"). Programstruktur, indikatorer og kravnivå har vært svært ulike i de forskjellige delstatene, men for nybygg har alle delstater hatt "lavenergistandard" som minstekrav i de siste årene, på et nivå noe strengere enn norske TEK 97. Etter en ny avtale mellom føderalstaten og delstatene er minstekravet fra 2010 strammet inn til et nivå litt strengere enn TEK 07, relatert til oppvarmingsbehov. Utover det er delstatenes finansieringsordninger fortsatt forskjellige, men de fleste har flere støtteinstrinn for å premiere både enda lavere oppvarmingsbehov, fornybar energi, energisparende utstyr og miljøvennlige materialer. Flere har passivhus som eget støtteinstrinn, og i delstaten Vorarlberg kan boligblokker allerede siden 2007 bare få offentlige penger hvis de bygges som passivhus eller bedre.

I både Østerrike og Tyskland kan rimelige merkostnader for passivhus i praksis "nulles ut" gjennom støtteordningene. I begge land er andelen nye boliger med offentlig delfinansiering betydelig større enn Husbankens andel av boligbygging i Norge. Bortsett fra i enkelte regioner hovedsakelig i sør og sørvest, har passivhus likevel ikke fått stor markedsandel i Tyskland, tatt i betraktning landets størrelse. I forhold til innbyggertall er det i Østerrike bygd ca. fem ganger så mange boenheter i passivhusstandard enn i Tyskland. Dette har sin bakgrunn bl.a. i at ca. 80 prosent av alle østerrikske nybygg får støtte fra "Wohnbauförderung" (Statistik Austria 2006 ifølge <sup>[19]</sup>), slik at de svake krav i energiforskriftene i praksis ikke spiller noen rolle for boligbygg.

Også andre land har interessante finansieringsordninger for å stimulere langsiktige investeringer for energieffektiv rehabilitering. Regjering i Storbritannia har nettopp (mars 2010) kunngjort å opprette en ordning hvor lånet er en obligasjon som følger med huset når den blir solgt, slik at den nye eieren også betaler sin del av installasjonskostnadene. Ideen er ikke ny. I USA har 16 delstater allerede implementert tilsvarende låneordninger (PACE), og 12 nye delstater vurderer å starte i 2010.

Individuell avlesning av energiforbruk i boligblokk er et viktig virkemiddel, og er blitt tatt i bruk i mange land i ulik omfang. I Slovenia må det være måling på alle radiatorer fra 2012.

### 5.3 Eiendomsstruktur

I de aller fleste land er det en betydelig større andel utleieboliger enn i Norge, og mange av disse er ofte eid av allmenntilgjengelige selskap, kommuner eller selskap tilknyttet store bedrifter. Sammenlignet med selveiere, er kommuner eller store bedrifter bedre plassert til å investere i enøk tiltak med lang tilbakebetalingstid. Frontløpere i denne sammenheng er Østerrike og Tyskland.

Et eksempel er boligmassen som er eid av kjemikonsernet BASF i Ludwigshafen i Tyskland, som produserer bl.a. isolasjonsmaterialer og derfor har egeninteresser i å fremme avanserte energistandarder. Selskapet er med i forskningsprosjekter og rehabiliterer boligmassen med passivhuskomponenter. I Tyskland ligger slike leiligheter i stor grad i regioner med overskudd av boliger, slik at eierne er interessert i energetisk (og generell) oppgradering for å oppnå en bedre markedsposisjon. Samtidig er det forholdsvis lett å flytte leieboere og tilby alternative leiligheter innenfor selskapets boligmasse (som kan omfatte flere 10 000 boliger), mens rehabiliteringen foregår. Beslutningsprosesser og gjennomføringen er derfor mye enklere enn ved selveierboliger eller borettslag. Det samme gjelder endring av planløsninger og oppgradering til universell utforming, som kan gjøres i samme slengen.

De nevnte forhold er først og fremst en fordel ved ambisiøs rehabilitering, men spiller også inn ved nybygg av boliger. Løpende driftskostnader er en viktig del av månedsleien, og utleieryttere er interessert i å holde energikostnadene lave i en situasjon hvor det ikke alltid er lett å finne leietakere (og hvor energiprisene er høyere enn i Norge). Noen store aktører, som det kommunale boligselskapet i Frankfurt am Main har derfor bestemt seg for å bygge alle nye boliger i passivhusstandard.

Erfaringer fra Østerrike, referert i Task 37 "Advanced housing renovation with solar and conservation" i regi av det Internasjonale energibyrået IEA, viser for øvrig også at utleieboliger normalt er vesentlig bedre vedlikeholdt enn selveierleiligheter i dette landet. En av de mest iøynefallende prosjektene er den 1700-leilighet på Aspanggründe i Wien, som verdens største lavenergibolig prosjekt, og som skal stå ferdig i 2016. Mindre spektakulær, men kanskje langt viktigere, er et program for oppussing av 10 000 av Wiens offentlig eide boliger hvert år. Målet er å kutte energiforbruket til oppvarming fra så mye som 250 til rundt 50 kWh/m<sup>2</sup> pr år. Over 60 %

av oppussingskostnadene vil bli tjent inn ved en gradvis økning av husleien, men leietakerne vil likevel ha lavere utgifter på grunn av redusert strømregning. I tillegg til bedre varmeisolasjon, omfatter programmet tiltak som termisk solenergi. Så langt har byen pusset opp 80 000 av de 220 000 utleieleilighetene. Den resulterende reduksjonen i CO<sub>2</sub>-utslipp tilsvarer å ta 60 000 biler av veien.

**DEL 2**

**Sammenligningsstudier**



## 6 INTRODUKSJON

DEL 2 av rapporten dokumenterer følgende fire europeiske sammenligningsstuder:

[1]	<p>Studie: <b>"U-values for a energy performance of buildings"</b>, utført av konsulentfirmaet ECOFYS på oppdrag for EURIMA</p> <p>Slutført medio 2007</p> <p>Beregningsmetode: forenklet LCC beregning basert på graddøgntall</p>
[2]	<p>Studie: <b>EU prosjekt ASIEPI (Assessment and Improvement of the EPBD Impact)</b>,</p> <p>Slutføres: 31. mars 2010</p> <p>Case bygninger: Enebolig, tomannsbolig, rekkehus, kontorbygning</p> <p>Beregningsmetode: Hvert land brukte sin egen programvare for kontrollberegning. Norge brukte SIMIEN</p>
[3]	<p>Studie: <b>'International comparison of energy standards in building regulations: Denmark, Finland, Norway, Scotland, and Sweden'</b> (2007) og <b>'International comparison of energy standards in building regulations for non-domestic buildings: Denmark, Finland, Norway, Scotland, and Sweden'</b> (2008), utført på oppdrag for Skotske DBE (Directorate for the Built Environment)</p> <p>Slutført sept. 2007 (småhus) og juli 2008 (kontorbygning)</p> <p>Case bygninger: Enebolig, kontorbygning.</p> <p>Beregningsmetode: Hvert land bruker sin egen programvare for kontrollberegning. Norge brukte 'Energi i bygninger'</p>
[4]	<p>Studie: <b>'Energiesparrecht im mitteleuropäischen Vergleich – energetische Anforderungen an Neubauten'</b> (Sammenligning av energikrav i Sentral-Europa – Energitrav for nye bygninger), utført på oppdrag for tyske BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Federal Ministry of Transport, Building and Urban Affairs)</p> <p>Slutført april 2009</p> <p>Case bygninger: Rekkehus, boligblokk, skole</p> <p>Beregningsmetode: Hvert land bruker den samme tyske beregningsmetoden</p>

TEK:2007 er brukt som utgangspunkt i alle sammenligningene. Endringene i TEK:2010 påvirker kun de to casene som ikke er boliger i studie [3] og [4], siden kravet til varmegjenvinning i boliger er uendret i TEK:2010.

Sammenligningsstudier kan grupperes i tre hovedkategorier (se under). Felles for alle er at det må defineres en referansebygning med detaljert beskrivelse av konstruksjonen, geometri, og installasjoner, samt at hvert land skal kontrollberegne bygningen i henhold til sin egen forskrift:

<b>A</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle detaljene for referansebygningen (konstruksjonen, geometri, installasjoner, energiltakene) er fastsatt på forhånd.</li> <li>• Hvert land kontrollberegner bygningen og sammenligner resultatet med landets rammekrav for bygningen.</li> </ul> <p>► <b>Resultat:</b> Resultat fra kontrollberegningen som % av landets rammekrav. Eksempel Tabell 13 (side 42)</p>
<b>B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle detaljene for referansebygningen (konstruksjonen, geometri, installasjoner o.l.) er fastsatt på forhånd bortsett for U-verdiene.</li> <li>• Hvert land beregner så de nødvendige U-verdier for at referansebygningen akkurat tilfredsstiller forskriftskravet.</li> </ul> <p>► <b>Resultat:</b> Gjennomsnittlig U-verdi, eller varmetapstall. Eksempel Tabell 10 (side 38)</p>
<b>C</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Referansebygningen beskrives på forhånd (geometri, installasjoner o.l.). Ikke alle detaljene må fastsettes; de øvrige detaljene (f.eks. U-verdi) kan bestemmes av hvert land</li> <li>• Hvert land beregner så de nødvendige energiltakene (som ikke er fastsatt på forhånd) for at referansebygningen akkurat tilfredsstiller forskriftskravet. Et standard output må defineres på forhånd for alle land, for eksempel, Gjennomsnittlig U-verdi, varmetapstall eller levert energi</li> </ul> <p>► <b>Resultat:</b> Standardisert output tall fra hvert land plottes på punktdiagram med graddøgn eller lignende på x-aksen. En "best fit" kurve for referansebygningen kan plottes på samme kurve. Eksempel: Figur 14 (side 31) og Figur 27 (side 39)</p>

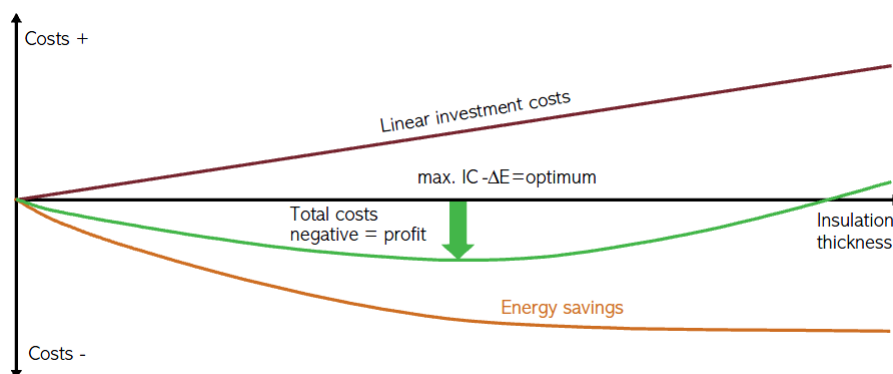
Metode A er brukt i studie 3. Metode B er brukt i studiene 2 og 4. Metode C er brukt i studie 1 og 2. Fordelen med metode A og C er at de korrigerer for ulik klima i de forskjellige land.

## 7 STUDIE 1: ECOFYS / IEA KOSTNADSOPTIMALE U-VERDIER

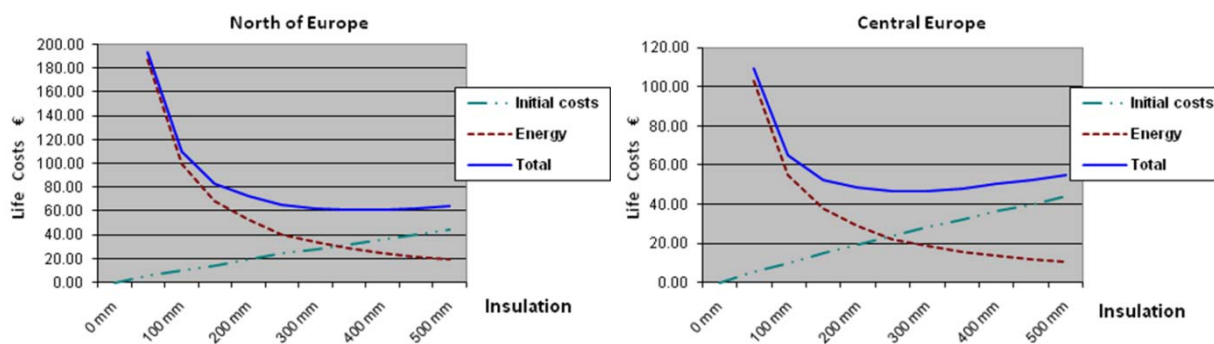
### 7.1 Bakgrunn og metode

Konsulentfirmaet ECOFYS har estimert den kostnadsoptimale isolasjonstykkelsen for et stort antall byer i Europa [1]. Studien ble utført i 2007 på oppdrag for EURIMA den europeiske foreningen for produsenter av isolasjonsmaterialer.

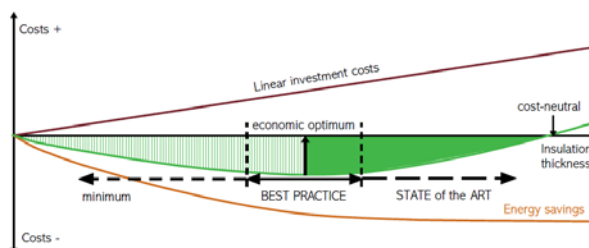
Studien har definert den kostnadsoptimale U-verdien som den som har lavest livssyklus-kostnader, dvs. nåverdien av summen av kapitalkostnader og energibesparelser over en 30 års periode. Dette er illustrert i Figur 5. Studien har analysert to scenarier for fremtidige energikostnader, hvorav bare det dyreste scenariet, 'peak price scenario', er vist her. Den optimale U-verdien ble beregnet for hver by med graddøgnsmetoden, både for oppvarming og kjøling. Figur 6 illustrerer hvordan klima påvirker den optimale isolasjonstykkelsen. Den optimale isolasjonstykkelsen kan være et nokså bredt område ('best practice' området i Figur 7).



Figur 5 Definisjon av "økonomisk optimal" som ble brukt i ECOFYS studien. [1]



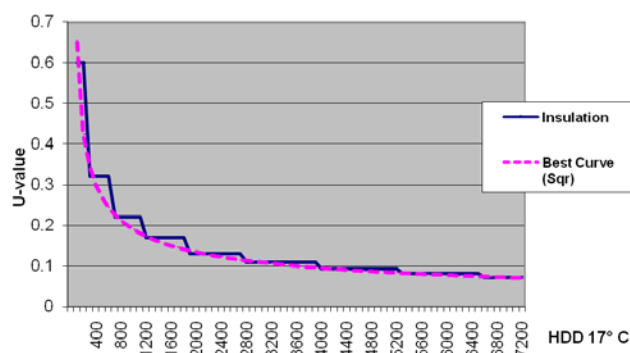
Figur 6 Illustrasjon av hvordan klima påvirker kurvene for energikostnad og total-kostnader, og derfor verdien på den laveste livssyklus-kostnader [5]



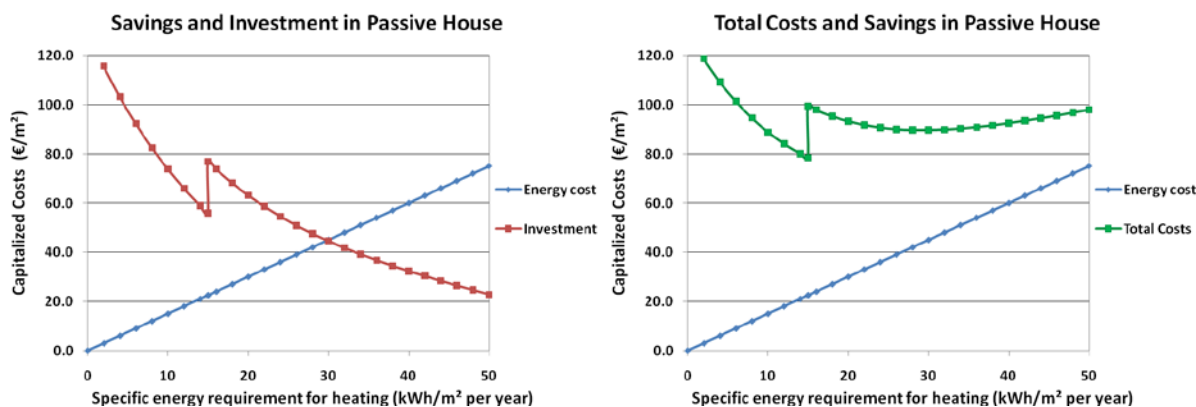
Figur 7 Det økonomisk optimale område ('best practice'), er forholdsvis bred [1]

Studien er basert på følgende forutsetninger:

- Klimadata (graddøgntall for oppvarming og kjøling) i 100 europeiske byer. I Norge er Oslo, Bergen, Trondheim, Tromsø, og Hammerfest analysert.
- En forenklet linearitet i investeringskostnader
- Priser (ikke produkt-spesifikke) for isolasjonsmaterialer og andre materialer i konstruksjonen
- Gjennomsnittlige U-verdier av eksisterende konstruksjoner
- Energipriser og energimiks per sone (Nord-, Sentral-, Sør-, Øst Europa)
- Investeringskostnadene for isolasjon per sone (Nord-, Sentral-, Sør-, Øst Europa).
- Rente på 4% og 6% i hhv. Vest- og Øst-Europa
- Boliger med tradisjonelle oppvarmings- og ventilasjonssystemer (ingen varmegjenvinning, ikke passivhus)
- Det er usikkert om studien tar hensyn til standard isolasjonstykkelser (trinnvis inndeling av tykkelser); se Figur 8 fra en annen studie [5].
- Studien tar ikke hensyn til tilleggskostnader og/eller besparelser forårsaket av behovet for fysiske endringer i bygningen eller installasjoner som følge av endring i isolasjonstykkelse. Eksempler på kostnader som ikke er tatt hensyn til er: tykkere vindusrammer, økt bredde på grunnmur/fundament, og sterkere bærebjelker i takkonstruksjonen. En annen ulempe med studien er at den ikke tar hensyn til at lavere U-verdier gjør at en kan installere et mindre og rimeligere oppvarmingssystem, for eksempel i passivhus (Figur 9).



**Figur 8** Beregnet minstekostnad for optimal tykkelse på takisolasjon med trinnvis økning på 50 mm, samt en teoretisk ideell kontinuerlig kurve. Denne kurven tar ikke hensyn til besparelser i kostnader for kjølings- og oppvarmingssystemer [5]

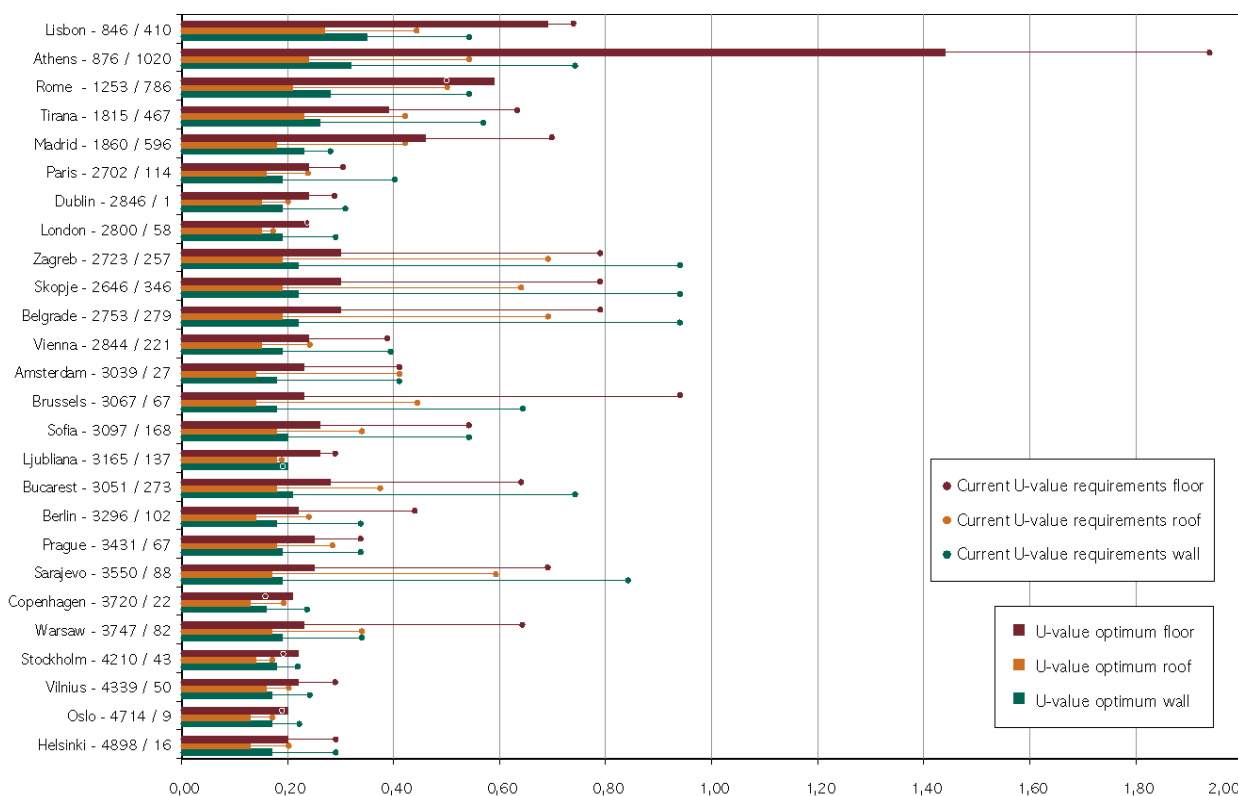


**Figur 9** Når isolasjonstykkelsen overskrider et bestemt nivå (dvs. passivhusnivå), kan oppvarmingssystemet sløyfes eller forenkles betraktelig. Dette kan redusere totalkostnader betraktelig. Dette skjer ved cirka 15 kWh/m<sup>2</sup> per år. [5]

## 7.2 Resultater

Figur 10 viser beregnet optimal U-verdi for tak, vegger og gulv for boliger i hovedstedene til 26 land. Sirkelene viser effektive minstekrav pr april 2007; bakgrunnen for tallene er forklart på side 11 (også vist i Tabell 1). De land som utpeker seg med strenge minstekrav er Slovenia (Ljubljana), Sverige og Norge. De land som utpeker seg med svake minstekrav er landene i Sør- og Øst Europa samt Nederland. Figur 11 til Figur 13 viser kart med de samme data for samtlige byer.

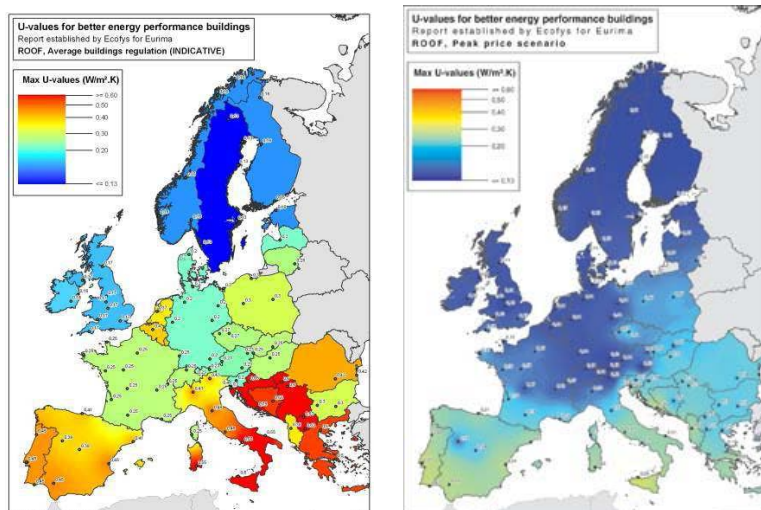
I noen land, som f.eks. Nederland, skal minstekrav for U-verdi bare støtte opp om en helhetlig forskrift, der det reelle kravet til isolasjon og energieffektivitet er satt i en streng energiramme. I slike tilfeller skal minstekravene sikre et absolutt minimum for konstruksjoner - for å hindre fuktskade, sikre komfort og helse – mens de virkelige kravene normalt vil være strengere for å sikre samsvar med det generelle kostnadsoptimale energirammekravet. Man bør derfor skille mellom kostnadsoptimale og kostnadseffektive krav. Minstekrav bør i det minste være *kostnadseffektive*, og må respektere nasjonale konstruksjonstradisjoner, ønsket livskvalitet, o.l.



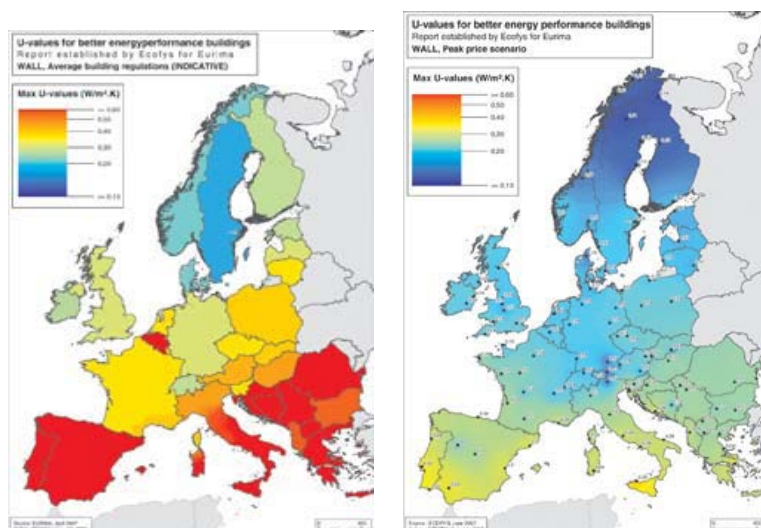
**Figur 10 Sammenligning av effektive minstekrav og beregnede kostnadsoptimale U-verdier for boliger i forskjellige land [1]**

I Figur 14 til Figur 16 er resultatene plottet som funksjon av graddøgntallet for hver by. Både minstekravene (røde sirkler merket 'high') og de effektive krav i energiltaksmetoden/(røde trekkanter merket 'low') er vist. Disse kurvene tyder på at kravnivået i Norge er tilnærmet kostnadsoptimal.

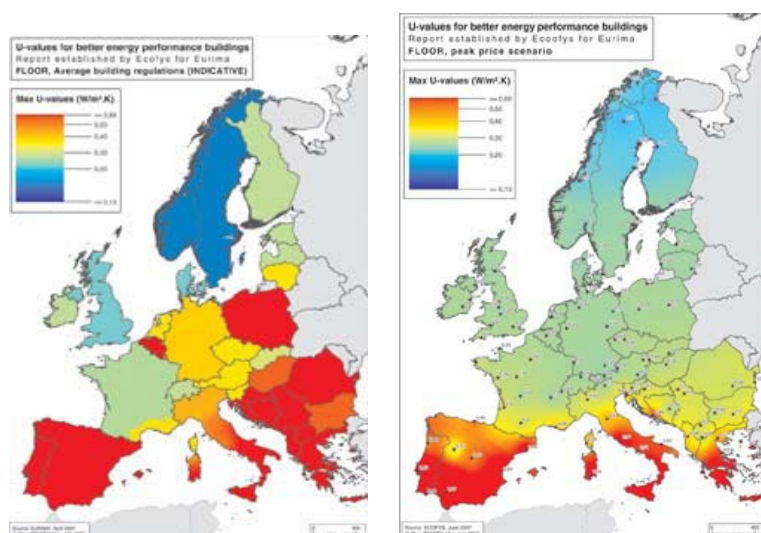
IEA har sammenstilt resultatene fra ECOFYS studien med tilsvarende tall fra andre verdensdeler, inkludert Canada (Figur 17 til Figur 21) [5]. Disse kurvene viser at kravnivået i Norge er blant de strengeste i verden, også for vinduer (Figur 20) og konstruksjon som helhet (Figur 21).



Figur 11 Tak U-verdier: Sammenligning av minstekrav (venstre) og beregnede kostnadsoptimale U-verdier (høyre) i forskjellige land [1]

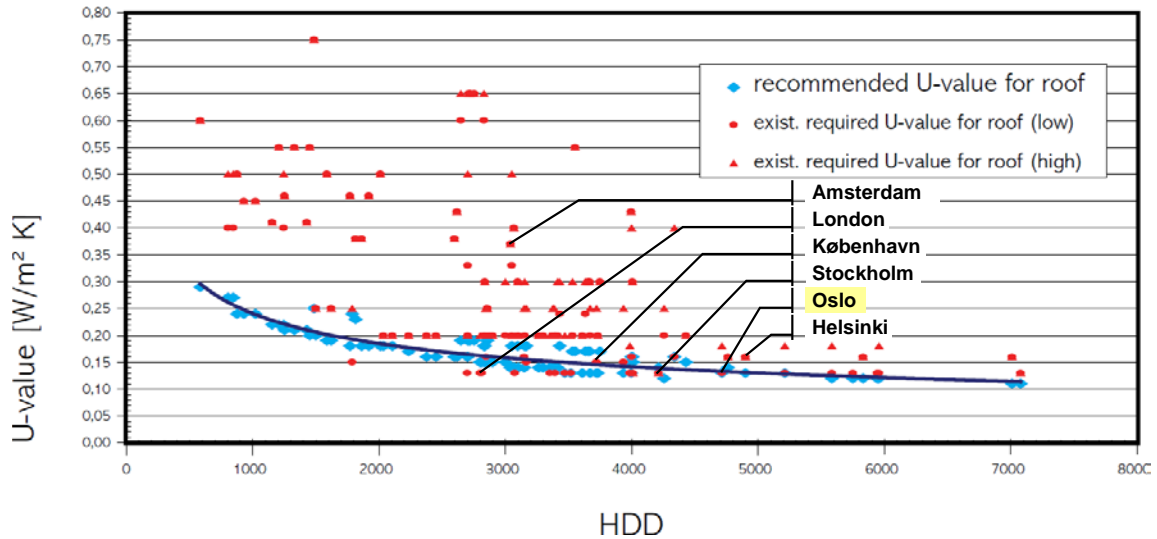


Figur 12 Vegg U-verdier: Sammenligning av minstekrav (venstre) og beregnede kostnadsoptimale U-verdier (høyre) i forskjellige land [1]

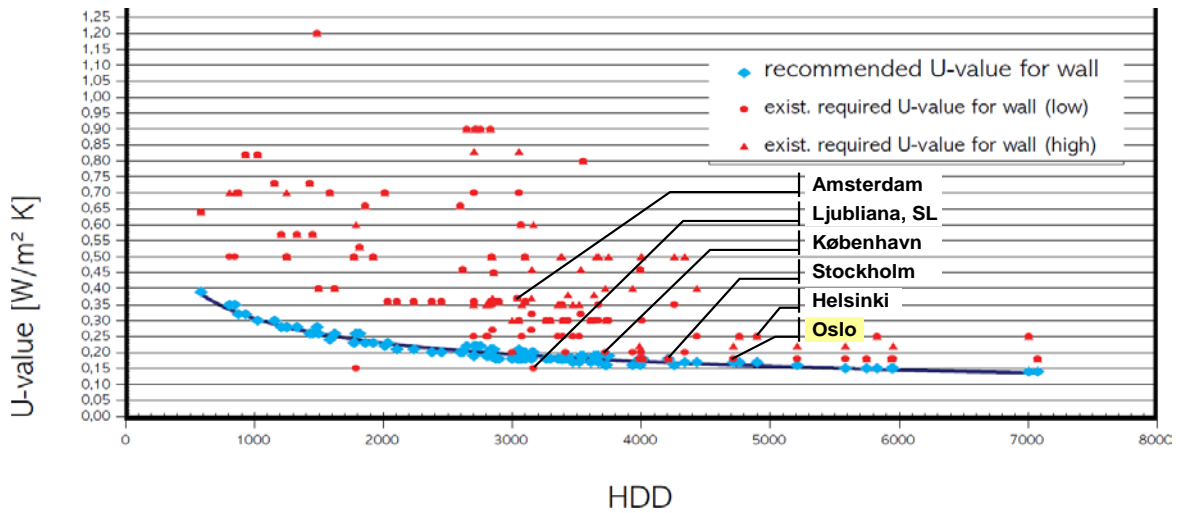


Figur 13 Gulv U-verdier: Sammenligning av minstekrav (venstre) og beregnede kostnadsoptimale U-verdier (høyre) i forskjellige land [1]

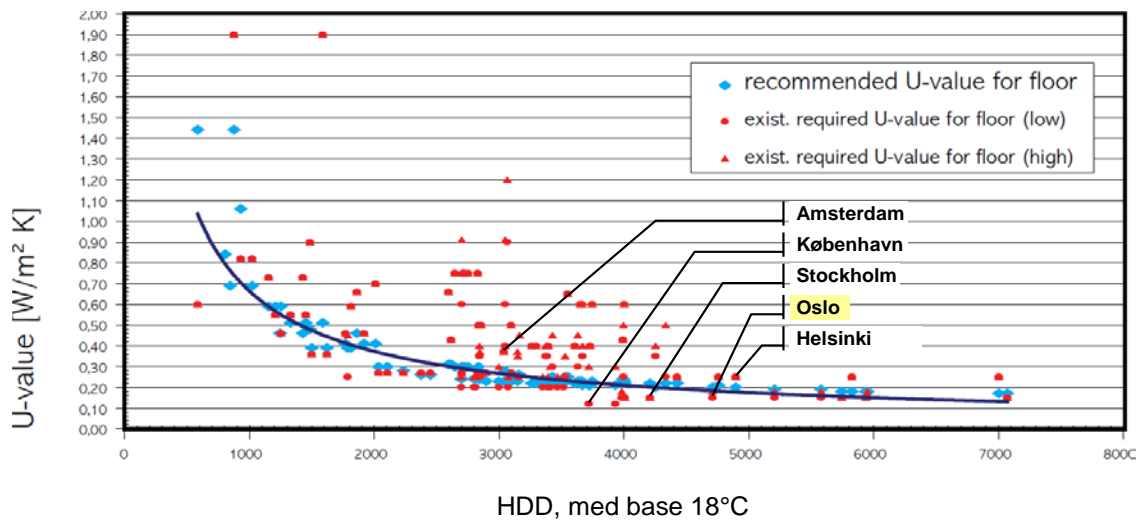




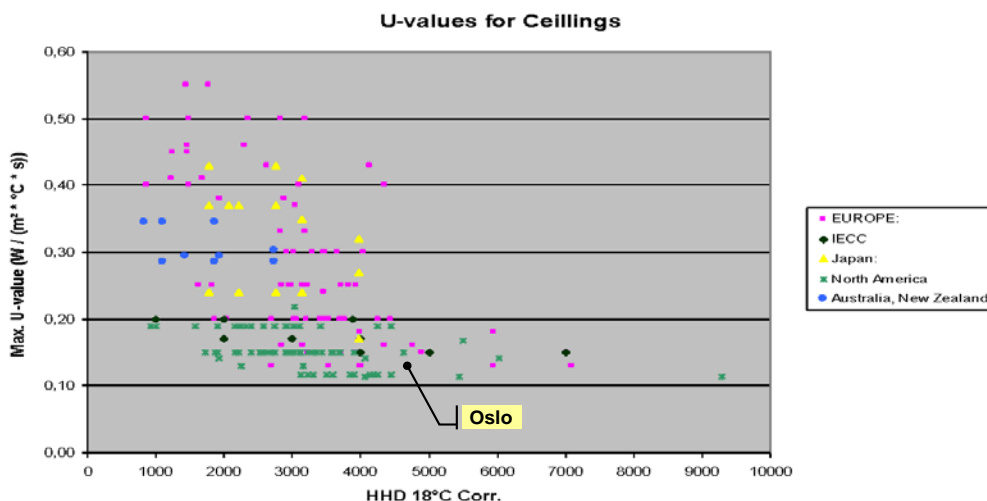
Figur 14 Tak U-verdier: Forskriftskrav (rød) og kostnadsoptimale verdier (blå) i forskjellige europeiske byer, avhengig av graddøgn. Worst case 'peak price' scenario i ref. [1]



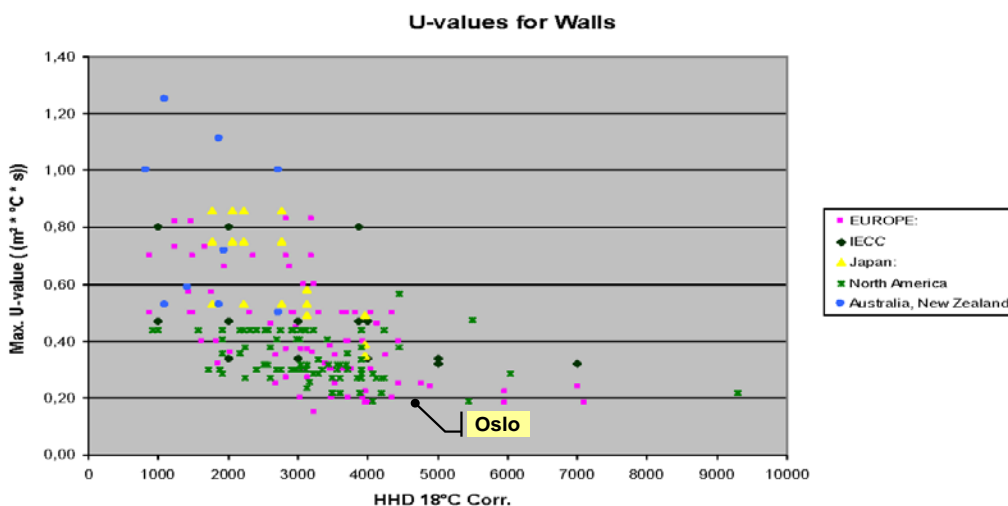
Figur 15 Vegg U-verdier: Forskriftskrav (rød) og kostnadsoptimale verdier (blå) i flere europeiske byer, avhengig av graddøgn. Worst case 'peak price' scenario i ref. [1]



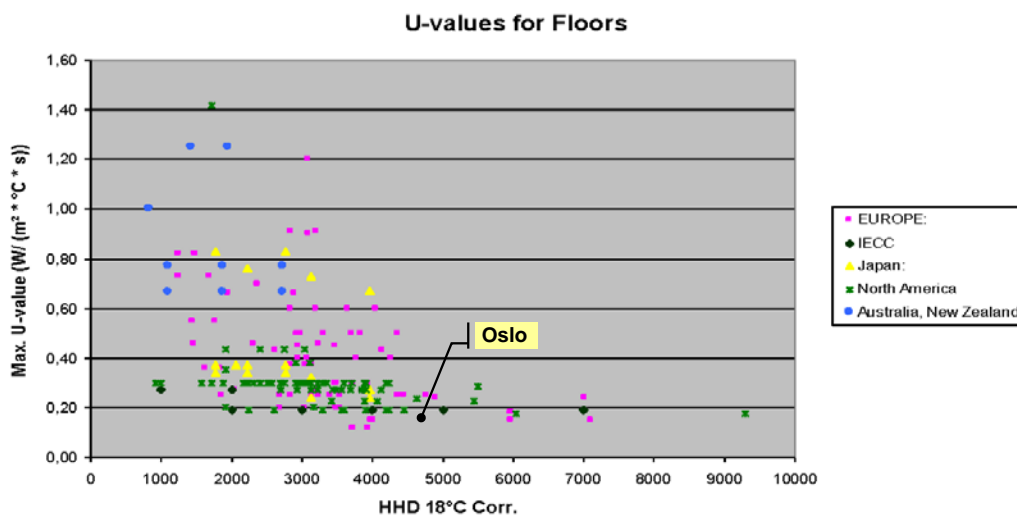
Figur 16 Gulv U-verdier: Forskriftskrav (rød) og kostnadsoptimale verdier (blå) i flere europeiske byer, avhengig av graddøgn. Worst case 'peak price' scenario i ref. [1]



Figur 17 Tak U-verdier: Forskriftsnivå flere steder i verden, avhengig av graddøgnstall. [5]

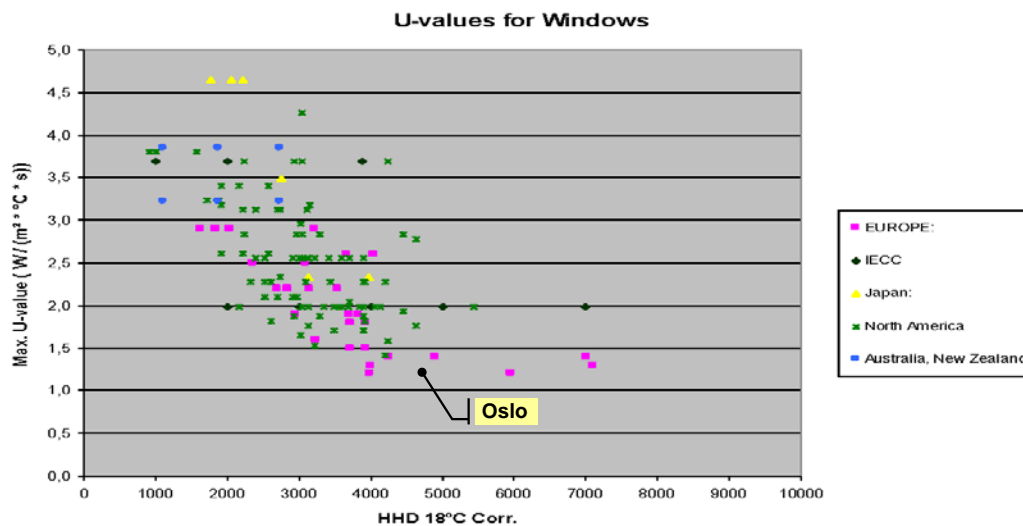


Figur 18 Vegg U-verdier: Forskriftsnivå flere steder i verden, avhengig av graddøgnstall. [5]

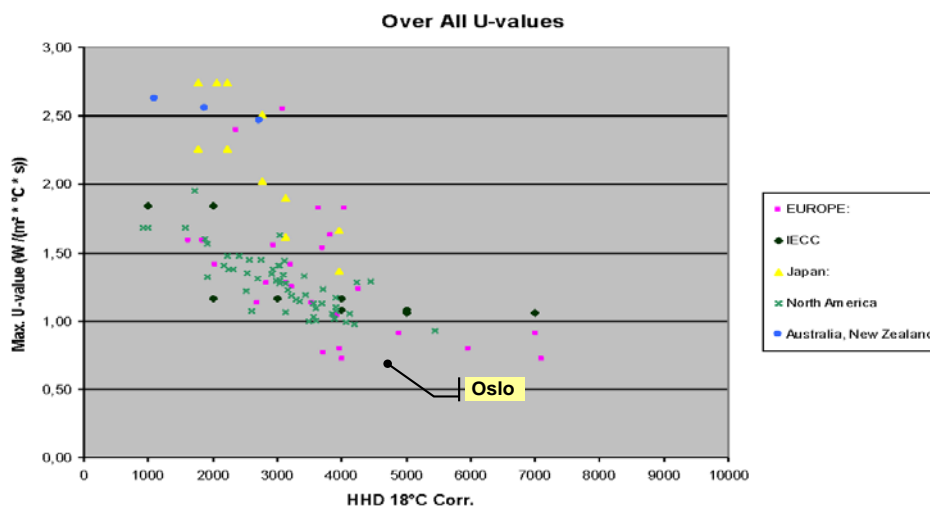


Figur 19 Gulv U-verdier: Forskriftsnivå flere steder i verden, avhengig av graddøgnstall. [5]





Figur 20 Vindu U-verdier: Forskriftsnivå flere steder i verden, avhengig av graddøgnstall. [5]



Figur 21 Samlet U-verdi =  $U_{\text{tak}} + U_{\text{vegg}} + U_{\text{gulv}} + 0.2 \times U_{\text{vindu}}$   
Forskriftsnivå flere steder i verden, avhengig av graddøgnstall. [5]

## 8 STUDIE 1: ASIEPI

### 8.1 Introduksjon

ASIEPI ('*ASsessment and Improvement of the EPBD Impact*') er et EU IEE prosjekt med formål å støtte medlemsstatene i implementeringen av EPBD innenfor 6 konkrete temaer:

- Sammenligning (benchmarking) av energikrav og energiberegningsmetoder i EU land (Dette er det mest relevante for denne utredningen). Fokus på metodikken for sammenligning.
- Kontroll, overholdelse og konsekvensen av de nye byggeforskrifter
- Effektiv håndtering av kuldebroer i EPBD sammenheng
- Hvordan oppnå mindre luftlekkasjer i bygningskroppen og ventilasjonssystemer
- Hvordan EPBD bør fremme, og ikke hindre, markedsintroduksjon av innovative energiløsninger
- Stimulering av bedre sommerkomfort og effektiv kjøling av EPBD implementering

Innenfor disse 6 temaområder har ASIEPI et mål om å samle og analysere tilgjengelig informasjon, og formidle den til de rette målgrupper for å øke bevisstheten om potensielle problemer og løsninger. Dette vil også hjelpe EU-kommisjonen med evaluering av EPBD, med hensyn til å påvirke innholdet i EPBD RECAST. Prosjektperioden er 2007-10-01 til 2010-03-31. Det er publisert et stort antall rapporter, korte 'information papers', og 'presentations-on-demand' på [www.asiepi.eu](http://www.asiepi.eu) og [www.buildup.eu](http://www.buildup.eu). I tillegg har det blitt organisert flere 'webevents' på spesifikke temaer. Når denne utredningen ble skrevet, var de aller fleste deloppgaver slutført, bortsett for sluttrapporten om sammenligning av energikrav i de forskjellige land.

### 8.2 Bygningstype 1: Bolig

Tre typer boliger er analysert (Figur 22 til Figur 24). De har lik planløsning, men den eneste forskjellen er eksponeringen av sideveggene (ingen, én, eller begge, hhv. rekkehus, ende-rekkehus, og enebolig)



**Figur 22** Enebolig


**Figur 23 Enderekkehus**

**Figur 24 Rekkehus**

Boligene har mekanisk avtrekksventilasjon. Mangelen på varmegjenvinning gjør det vanskelig å tilfredsstille forskriftskravet i Norge og Nederland. Boligene har ikke kjølesystem bortsett for i de varmere land hvor kjøling av boliger er utbredt (bare Spania). Videre er det ikke noen spesielle energisystemer som termiske eller PV solpaneler, varmepumper o.l. Nesten det eneste som ikke er låst er U-verdiene. For varianten med enderekkehus er det utført beregninger med 3 alternative varmforsyningssystemer: kondenserende gasskjel, ikke-kondenserende gasskjel, og elektrisk oppvarming.

### 8.2.1 Resultater

Tabell 8 sammenligner resultatene for de tre forskjellige boligtypene, alle med de samme installasjoner. I utgangspunktet er det svært vanskelig å oppfylle forskriftskravet i Norge uten balansert ventilasjon med varmegjenvinning. I dette bygget var det imidlertid mulig fordi bygningen er forholdsvis kompakt og fordi rekkehus tilhører kategorien småhus, som har et lavere rammekrav (her 137 kWh/m<sup>2</sup> pr år ved 133 m<sup>2</sup> BRA) enn boligblokker (120 kWh/m<sup>2</sup> pr år). Dersom bygningen var en boligblokk, så ville det ikke vært mulig å tilfredsstille rammekravet helt, selv med passivhustiltak.

**Tabell 8** Viser effekten av bygningens formfaktor\* på nødvendig U-verdi. Alle bygningene har kondenserende gasskjel. Rød representerer land med ulogisk forhold mellom formfaktor og nødvendig U-verdi for opake deler; grå er uvisst forhold.

	Vinduer, $U_{\text{vindu}}$ [W/m <sup>2</sup> K]			Opake deler, $U_{\text{opak}}$ [W/m <sup>2</sup> K]			Total, $U_{\text{gjennomsnitt}}$ [W/m <sup>2</sup> K]			Varmetransportkoeffisient <sup>1)</sup> $H_T = \Sigma A \cdot U_{\text{gj.snitt}}$ [W/K]		
	Enebolig	Enderekke	Rekkehus	Enebolig	Enderekke	Rekkehus	Enebolig	Enderekke	Rekkehus	Enebolig	Enderekke	Rekkehus
<b>FI</b>	1,0	1,0	1,0	0,17	0,15	0,13	0,25	0,25	0,26	<b>81</b>	<b>62</b>	<b>44</b>
<b>NO <sup>2)</sup></b>	1,0	1,1	1,4	0,11	0,13	0,16	0,18	0,23	0,33	<b>59</b>	<b>58</b>	<b>59</b>
<b>UK</b>	?	?	?	?	?	?	?	0,33	?	?	?	?
<b>DK</b>	1,5	1,8	2,5	0,18	0,21	0,20	0,29	0,36	0,50	<b>103</b>	<b>100</b>	<b>92</b>
<b>PL <sup>for 3)</sup></b>	?	1,4	?	?	0,25	?	0,40	0,38	0,40	?	<b>100</b>	?
<b>CZ</b>	1,8	2,5	2,5	0,35	0,27	0,38	0,49	0,50	0,70	<b>158</b>	<b>123</b>	<b>120</b>
<b>DE <sup>for 4)</sup></b>	1,5	1,5	1,5	0,33	0,35	0,38	0,44	0,47	0,55	<b>167</b>	<b>139</b>	<b>114</b>
<b>DE <sup>na 4)</sup></b>	?	?	?	?	?	?	0,17	0,16	?	?	?	?
<b>BE</b>	1,7	1,7	1,7	0,30	0,33	0,39	0,42	0,54	0,61	<b>162</b>	<b>142</b>	<b>119</b>
<b>NL</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>FR</b>	2,6	2,6	2,6	0,34	0,32	0,29	0,53	0,56	0,61	<b>162</b>	<b>133</b>	<b>100</b>
<b>IT <sup>for 5)</sup></b>	?	?	?	?	?	?	?	0,70	?	?	?	?
<b>ES</b>	3,0	3,0	3,0	0,55	0,52	0,47	0,76	0,80	0,83	<b>249</b>	<b>204</b>	<b>153</b>

\* Formfaktoren er forholdet mellom bygningens varmetapsareal (fasade, gulv og tak) og bygningens volum

- Ikke mulig å oppfylle forskriftskrav

? Ukjent verdi, men det er mulig å beregne

1) Kuldebro er ikke inkludert. Disse tall bør egentlig korrigeres for geometriske kuldebroer pga. ulike standarder for arealmåling

2) Selv om det er vist tall for Norge i tabellen, tilfredsstilles ikke forskriftskravet på  $\geq 40\%$  av varmebehovet fra fornybar energi. Tallene for Norge gjelder både for TEK revisjon 2007 og 2010

3) Polen: beregnet etter utkastet til de nyeste forskrifter, 2009. Etter ASIEPI studien ble det polske forskriftskravene vedtatt med vesentlige endringer i forhold til utkastet.

4) Tyskland: Tall for både de gamle forskriftskrav og de nye EnEv forskrifter etter oktober 2009




5) Italia: Verdien gjelder før energiberegningsmetoden ble revidert i 2009. Ingen beregninger er utført for rekkehuset eller eneboligen

### Formfaktor

I Tyskland, Belgia og Norge ser vi at en enebolig trenger tykkere isolasjon enn et rekkehus, som gir mening siden energitap er høyere for en enebolig. I Spania, Frankrike og Finland ser vi at det fungerer omvendt: Den frittliggende hus trenger mindre isolasjon enn et rekkehus. Dette er en uheldig konsekvens av måten kravene er definert i disse tre land. Tabell 9 viser utdrag fra Tabell 8 for å vise dette mer tydelig.

Norge er det eneste land hvor varmetransportkoeffisienten holdes konstant ( $H_T \approx 59$  W/K) i Tabell 8. Det virker som om forskriftskravene i de andre land er "snillere" mot bygninger med en dårlig formfaktor, dvs. bygninger med høyere varmetapsareal i forhold til bygningens volum. Konsekvensen er at man i Norge har et større insentiv til å bygge kompakt og energieffektiv arkitektur enn i andre land. For eksempel, det tyske systemet med referansebygg betyr at tillatt primærenergibehov blir desto større, jo mindre kompakt det planlagte bygget er. Tillatt energibehov øker dessuten i takt med andel glassareal, som det ikke fins begrensninger på i forskriften. I prinsippet er det mulig å bygge hele huset i glass, også taket. I boligbygg begrenses dette noe gjennom tilleggskravet om maksimalt varmetap. I yrkesbygg derimot er tilleggskravet relatert til enkelte bygningsdeler, slik at også helglassbygg lett ville kunne oppfylle kravet.

**Tabell 9** Illustrasjon av forholdet mellom bygningens formfaktor\* og nødvendig gjennomsnittlig U-verdi for de opake delene av konstruksjonen, dvs. alle flater utenom vinder. Denne tabellen er utdrag fra Tabell 9.

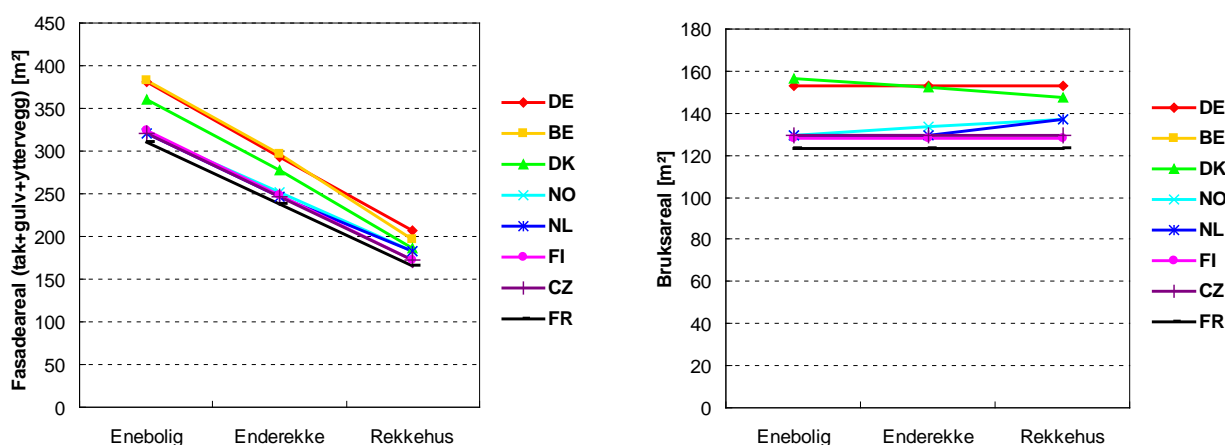
				
		Enebolig	Enderekkehus	Rekkehus
<b>Land med et logisk forhold mellom formfaktor* og nødvendig U-verdi</b>	Norge †	0,11	0,13	0,16
	Tyskland (for 4)	0,33	0,35	0,38
	Belgia	0,30	0,33	0,39
<b>Land med ulogisk forhold mellom formfaktor* og nødvendig U-verdi</b>	Finland	0,17	0,15	0,13
	Spania	0,55	0,52	0,47
	Frankrike	0,34	0,32	0,29

\* Formfaktoren er forholdet mellom bygningens varmetapsareal (fasade, gulv og tak) og bygningens volum

† Tallene for Norge er tatt ut i fra en energirammeberegning, ikke energitiltaksmetoden

### Ulike standarder for arealberegning

Figur 25 viser beregnet fasadeareal og bruksareal for de tre boligtypene i henhold til hvert lands regler for arealmåling. I Danmark, Tyskland, og Belgia er fasadeareal målt på utsiden av fasaden, mens de øvrige land bruker innsidemål. Forskjellen mellom to land kan være over 25 %. Dette har likevel ingen betydning for sammenligning av U-verdikrav i de forskjellige land. Dette er fordi arealforskjellen skal kompenseres for ved geometriske<sup>2</sup> kuldebroer. Det vil si at land som bruker innvendige mål bør operere med et høyere kuldebrotap for geometriske kuldebroer enn land som bruker utvendige mål, slik at det totale varmetapet blir det samme. Kuldebroer skal derfor beregnes separat og ikke innlemmes i U-verdier. Dersom noen land ikke følger denne normen, og inkluderer kuldebroer i U-verdiene, vil dette forstyrre sammenligningen.



**Figur 25** Beregnet fasadeareal (venstre) og bruksareal (høyre) for de tre boligtypene i hvert land. (I Tyskland er bruksareal beregnet som  $0,32 \times$  innvendig bruttovolum)

### Energiforsyningssystem

Tabell 10 sammenstiller resultatene for enderekkehuset med forskjellige forsyningssystemer for varme. Vi har følgende observasjoner:

- I utgangspunktet oppfylles ikke norske forskriftskrav ( $\geq 40\%$  av varmebehovet fra fornybar energi) i noen av casene, men tabellen viser likevel tall for Norge slik at de kan sammenlignes.
- Heller ikke i Nederland kan noen av casene tilfredsstillte forskriftskravet med overkommelige U-verdier. Dette er på grunn av det strenge primærenergi-rammekravet. Beregnet energibruk

<sup>2</sup> Se side 56 for definisjon av geometrisk kuldebro

med kondenserende gasskjel er 128% av rammekravet med  $U_{vinduer} = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$  og  $U_{opake} = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Det vil ha vært mulig å tilfredsstille kravet med f.eks. varmegjenvinning.

- I landene som er farget rødt har ikke systemvirkningsgrad noe konsekvens. Dette er hovedsakelig land med rammekrav som begrenser netto energibehov (Norge, Spania) eller bare varmetap (Finland). I Frankrike er kontrollberegningen påvirket av systemvirkningsgrad, men problemet er at rammekravet øker for systemer med dårligere virkningsgrad. Frankrike skal endre beregningsmetoden i nær fremtid.

**Tabell 10 Resultater for forskjellige forsyningssystemer for enderekkehuset**

	Forsyningssystem		
	Kondenserende gasskjel	Ikke-kondenserende gasskjel	100 % elektrisk
<b>FI</b>	0,25	0,25	0,25
<b>NO</b>	0,23 <sup>1)</sup>	0,23 <sup>1)</sup>	0,23 <sup>1)</sup>
<b>DK før</b>	0,36	0,31	?
<b>PL</b>	0,38	<0,37 <sup>2)</sup>	?
<b>CZ</b>	0,50	0,45	?
<b>DE</b>	0,47	0,42	-
<b>BE</b>	0,54	0,42	-
<b>NL</b>	-	-	-
<b>FR</b>	0,56	0,56	0,56
<b>IT</b>	0,70	0,66	?
<b>ES</b>	0,80	0,80	?

- Ikke mulig, selv med bedre isolasjon

1) Selv om det er vist tall for Norge i tabellen, tilfredsstilles ikke forskriftskravet på  $\geq 40\%$  fornybar energi i noen av casene

2) Beregnet i h.t. nye polske forskriftskrav, kan ikke sammenlignes med Case 2

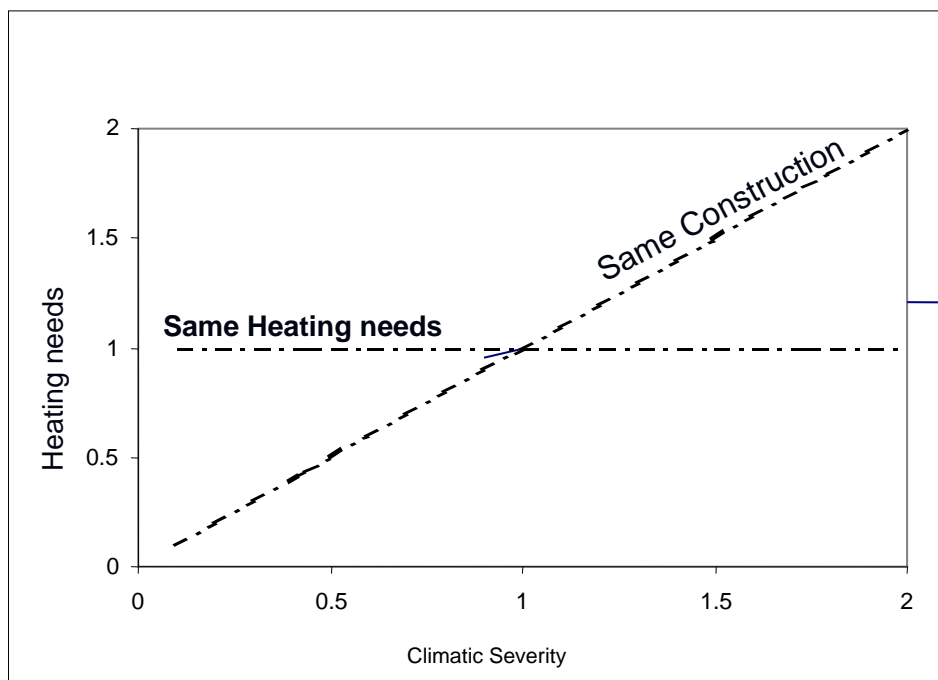
### Hvordan sammenligne kravene i ulike klimaer?

Man kan sammenligne kravene i ulike land ved å plote verdiene fra ulike land på en punktdiagram som funksjon av graddøgntallet eller lignende klimaparameter. Figur 26 og Figur 27 viser et eksempel, hvor x-aksen er "Climate Severity Index". "Climate Severity Index" er en sofistikert versjon av graddøgn, og er beregnet energibehov (til oppvarming og/eller kjøling) for en referansebygning når den plasseres i et bestemt klima, og normalisert i forhold til energiforbruket til samme bygning plassert i Brussel. En tilsvarende metode brukes i Spania, som har svært varmt klima i sør og ganske mildt klima i nord-vest.

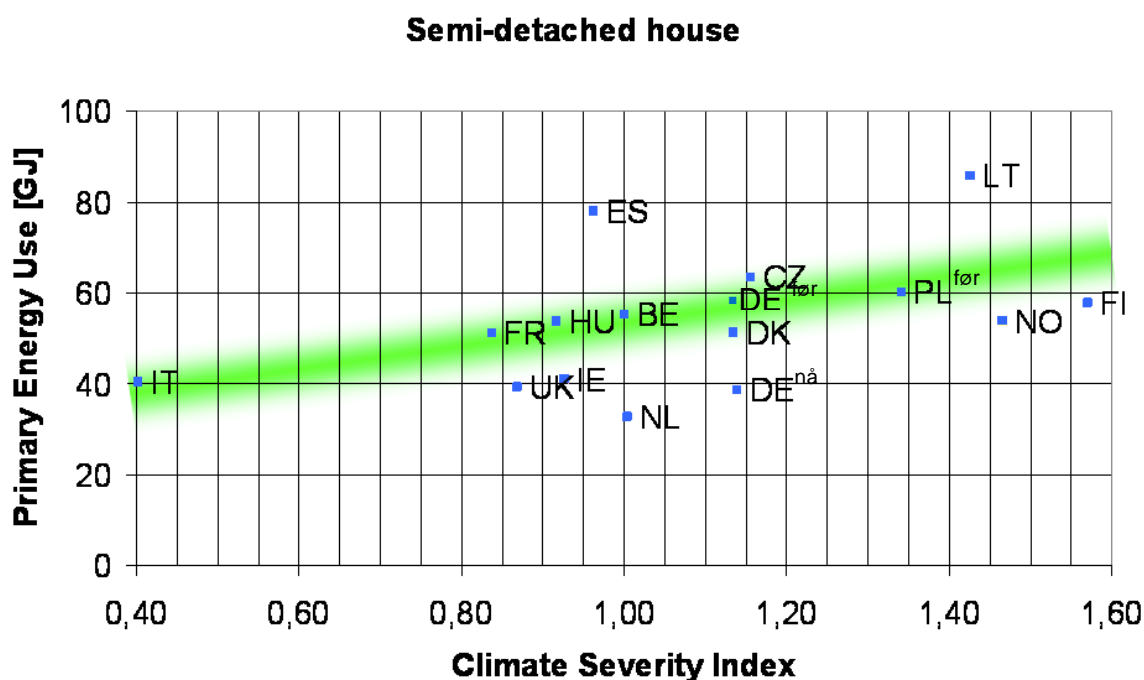
Ved sammenligning av ulike land på en slik figur kan man forestille to ideelle scenarier:

- (a) Energirammekrav er like i alle land (dvs. samme energibruk uavhengig av klima)
- (b) Energiltak er like i alle land (dvs. samme U-verdier o.l. uavhengig av klima) og varmetilskuddet fra interne varmekilder (utstyr, personer og belysning) er neglisjert

Disse to ekstreme scenarier er illustrert i Figur 26. Varmetilskuddet fra interne varmekilder er forholdsvis uavhengig av klima, så det mest realistiske (og kostnadseffektive) forholdet mellom klima og forskriftskrav er et sted mellom (a), og (b), som illustrert i Figur 27.



Figur 26 Ilustrasjon av to ekstreme scenarier for sammenligning av forskriftskrav i ulike land som funksjon av Climate Severity Index (CSI) for oppvarming [2]



Figur 27 Estimert primærenergibruk for enderekkehus eller tomannsbolig i forskjellige land som funksjon av landets CSI (Climate Severity Index). Figurene for rekkehus og enebolig viser samme tendens [2]

Figur 27 viser at krav til energieffektivitet i de fleste land følger en trend (representert her med en grønn linje), hvor kaldere land har strengere krav. Man kan argumentere at land som faller på den grønne trendlinjen har omtrent likeverdige forskriftskrav. Land under den grønne linjen har strengere krav, og land som ligger over den grønne linjen har svakere krav.

Figur 27 tyder på at spesielt Nederland, Norge og i dette tilfelle også Tyskland (pga. den kondenserende gasskjelen), utpeker seg med de strengeste energikrav, mens Spania, Tsjekkia har de svakeste krav.

### 8.3 Konklusjoner

- Norge har de høyeste krav til varmeisolering i denne studien.
- Ingen av casene kan oppfylle byggeforskriftene i Norge og Nederland. I Norge er det utelukkende på grunn av kravet om at en vesentlig del ( $\geq 40$  %) av varmebehovet må dekkes med annen energi enn fossilt brensel eller elektrisitet.
- Norge har muligens et større insentiv til å bygge kompakt og energieffektiv arkitektur enn i andre land.
- ASIEPI prosjektet konkluderte med at fremtidige studier bør følge metode C (cf. tabell på side 25). Dette innebærer at man må standardisere output fra beregningsprogrammene i større grad, noe som EPBD Recast vil sikre (f.eks. at energimerket i alle land skal inkludere samtlige poster i energibudsjettet i h.t. ISO 13790). Dette vil gjøre det mulig å plote verdiene fra ulike land på et punktdiagram som funksjon av graddøgnstall eller lignende klimaparameter, slik som Figur 27. En robust sammenligning av energikravene er svært usikker i dag fordi beregningsmetodene er ulike i hvert land. Derfor kan vi ikke fatte bastante konklusjoner på grunn av sammenligningen i Figur 27. En mer robust sammenligning vil være mulig først når alle land bruker en fullstendig harmonisert beregningsstandard for å vurdere total energiforbruk.



## 9 STUDIE 2: BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT, SCOTLAND

### 9.1 Introduksjon

Bygningsforskningsinstituttet i Skottland (Building Research Establishment Scotland, BRE) gjennomførte to studier der energikravene for nye bygg ble sammenlignet for fire nordiske land (Danmark, Sverige, Finland og Norge) samt Skottland. Den første studien ble gjennomført i 2007 og gjaldt sammenligning av energikrav for småhus. Den andre studien ble gjennomført i 2008 og gjaldt sammenligning av energikrav for kontorbygg. Begge studiene ble bestilt av det Skotske Bygningsdirektoratet (Directorate for the Built Environment).

### 9.2 Arbeidsgang

Begge studiene er basert på den samme metodiske tilnærmingen. Et referansebygg med bestemt geometri og isolasjonsnivå ble skissert av BRE. Referansebygget oppfyller de skotske energikravene for nybygg. All dokumentasjon om referansebygget ble oversendt til nasjonale institusjoner (Statens Byggeforskningsinstitut i Danmark, Prosjekt engagemang på vegne av Boverket i Sverige, VTT i Finland og SINTEF Byggforsk / Kan Energi på vegne av Statens Bygningstekniske Etat i Norge). Hver institusjon foretok en kontrollberegning av referansebygget i forhold til det nasjonale regelverket. Kontrollberegningen innebar beregning av totalt netto energibehov og energibehov til oppvarming ved bruk av nasjonal beregningsstandard og klima, samt sammenligning av isolasjonsnivåene i de forskjellige land.

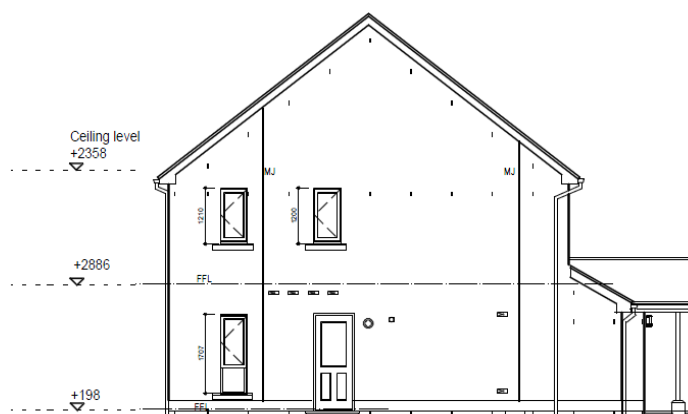
Beregningene ble utført med forskjellige dataprogrammer, noe som i seg selv kan føre til avvikende resultater når netto energibehovet beregnes [3]. Problemstillingen er ikke utredet nærmere i studiet.

### 9.3 Bygningstype 1: Enebolig

Eneboligen er naturlig ventilert og har en kondenserende gasskjel. U-verdiene er som vist i kolonnen for Skottland i Tabell 11.



Front Elevation



Side 1 Elevation

### 9.3.1 Resultater

**Tabell 11 Krav til U-verdi [W/m<sup>2</sup> K] - Sammenligning av nasjonalt regelverk for fem land (Skottland, Danmark, Sverige, Finland og Norge)**

	Finland <sup>3)</sup>	Norge <sup>3)</sup>	Sverige <sup>1)</sup>	Danmark <sup>2)</sup>	Skottland <sup>1)</sup>
<b>Yttervegg</b>	0,24	0,18	0,18	0,20	0,25
<b>Tak</b>	0,15	0,13	0,10	0,15	0,16
<b>Gulv</b>	0,19	0,15	0,16	0,15	0,22
<b>Vinduer og dører</b>	1,40	1,20	1,20	1,50	1,80

1) Anbefalte verdier

2) Det danske regelverket inneholder krav til U-verdi for hvert bygningselement kun for påbygg, og ikke for nybygg. Første nevnte er gjengitt i tabellen.

3) Krav til U-verdi i energiltaksmodellen

**Tabell 12 Minstekrav til U-verdi [W/m<sup>2</sup> K] - Sammenligning av nasjonalt regelverk for fem land (Skottland, Danmark, Sverige, Finland og Norge)**

	Finland	Norge <sup>2)</sup>	Sverige <sup>1)</sup>	Danmark	Skottland
<b>Yttervegg</b>	0,60	0,22		0,40	0,30
<b>Tak</b>	0,60	0,18		0,25	0,20
<b>Gulv</b>	0,60	0,18		0,30	0,25
<b>Vinduer og dører</b>	1,80	1,60		2,00 <sup>3)</sup>	2,20
<b>Gjennomsnittlig U-verdi <sup>4)</sup></b>		0,32 <sup>5)</sup>	0,5		0,51 <sup>5)</sup>

1) Det finnes ikke minstekrav til U-verdi for hvert bygningselement i det svenske regelverket, kun krav til en gjennomsnittlig U-verdi for alle bygningselementer, inkludert kuldebro.

2) Minstekrav gjelder ved bruk av energirammemodellen

3) Gjeldende krav fra Januar 2008 (presiseringen skyldes at det første studiet for småhus ble gjennomført i 2007)

4) Gjennomsnittlig U-verdi [W/m<sup>2</sup>K] tar utgangspunkt i varmetapstallet for alle bygningselementer, inkludert kuldebro. Dette varmetapstallet deles med byggets omkringende innvendig areal.

5) Skottland og Norge har ingen minste krav til gjennomsnitt U-verdi. Beregningen er gjennomført for referansebygget, for å muliggjøre sammenligning med det svenske kravet.

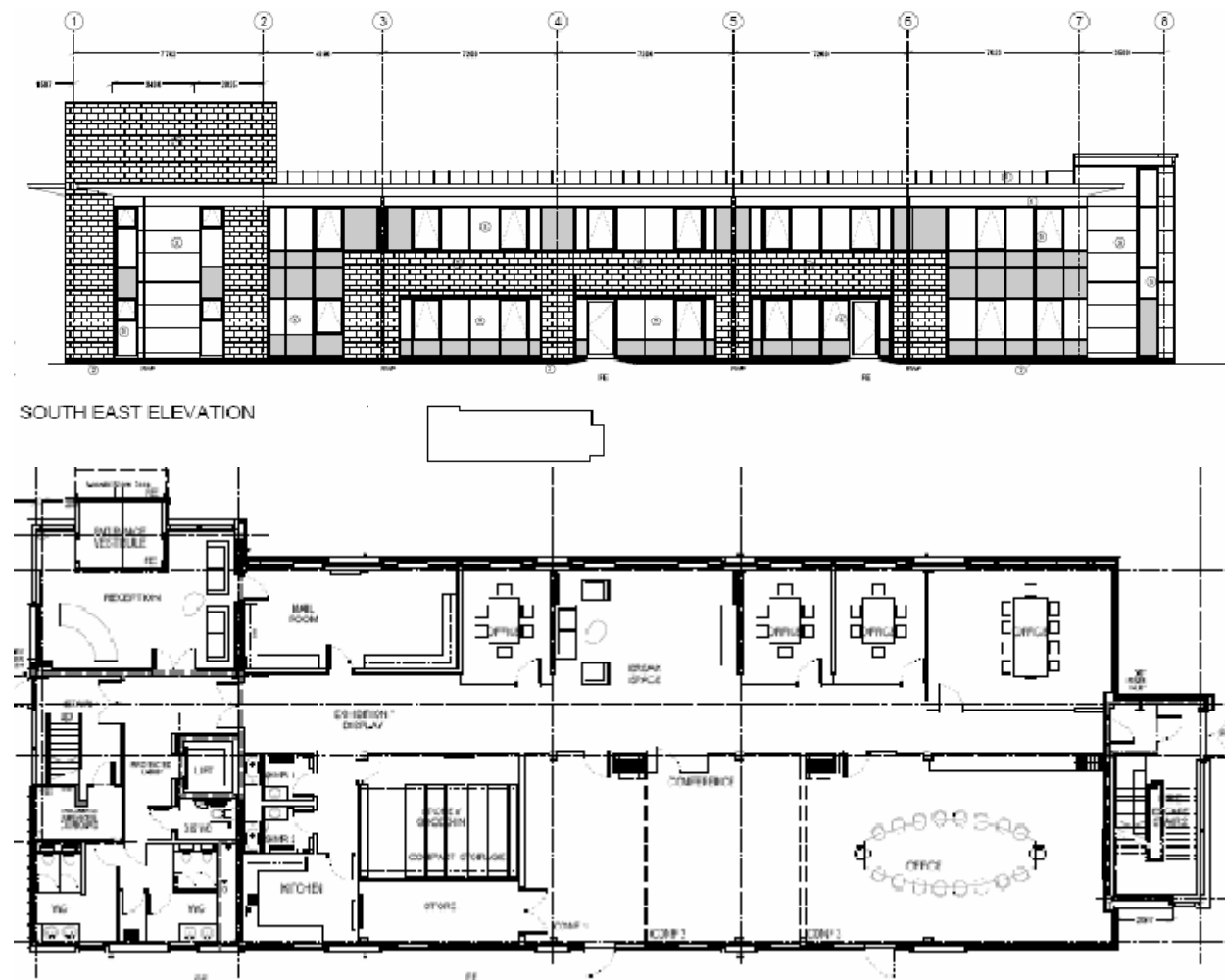
**Tabell 13 Kontrollberegning av referansebygget ved bruk av nasjonalt regelverk i fem land (Skottland, Danmark, Sverige, Finland og Norge) <sup>1)</sup>**

	Finland	Norge	Sverige	Danmark	Skottland
Årsgjennomsnittlig utetemperatur [°C]	4,3	5,9	6,3	8,2	9,7
a) Beregnet netto energibehov iht. nasjonale beregningsregler [kWh/m <sup>2</sup> ]	237	234	185	145	107
b) Energikrav iht. nasjonal regelverk [kWh/m <sup>2</sup> ]	202	141 (125+16)	110	88	108
<b>c) Overskridelse: <math>c = 100 \times (a/b - 1)</math> [%]</b>	<b>+17 %</b>	<b>+66 %</b>	<b>+68 %</b>	<b>+65 %</b>	<b>-1 %</b>

1) Kontrollberegning omfatter beregning av energikrav og beregning av netto energibehov. Alle beregninger er utført for det skotske referansebygget (isolasjonsnivået i referansebygget tilfredsstiller energikrav fra det skotske regelverket) som om bygget skulle bygges uten tilpasninger i hhv. Danmark, Sverige, Norge og Finland. Energikravet i de fem land omfatter energibehov til rom- og ventilasjonsoppvarming, samt oppvarming av varmtvann, mens energibehov til lys og utstyr betraktes forskjellig fra land til land. Tallene er IKKE sammenlignbare på tvers av kolonnene.

## 9.4 Bygningstype 2: Kontorbygg

Bygningen er naturlig ventilert og har en kondenserende gasskjel. U-verdiene er som vist i kolonnen for Skottland i Tabell 14. Lekkasjetallet er ca  $n_{50}=2.5 \text{ h}^{-1}$ . Kuldebroer utgjør  $0.08 \text{ W/K}$  per  $\text{m}^2$  eksponert fasade/tak.



### 9.4.1 Resultater

Tabell 14 Krav til U-verdi [ $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ ] - Sammenligning av nasjonalt regelverk for fem land (Skottland, Danmark, Sverige, Finland og Norge)

	Finland <sup>2)</sup>	Norge <sup>2)</sup>	Sverige <sup>1)</sup>	Danmark <sup>1)</sup>	Skottland <sup>1)</sup>
Yttervegg	0,24	0,18	0,18	0,25	0,25
Tak	0,15	0,13	0,15	0,16	0,16
Gulv	0,22	0,15	0,15	0,22	0,22
Vinduer	1,00	1,20	1,20	1,45	1,80
Dører	1,00	1,20	1,50	1,45	1,50

1) De nasjonale reglene inneholder ikke krav til U-verdi for hvert bygningselement. Verdiene som er gjengitt i tabellen er omregnet.

2) Krav til U-verdi i energitiltaksmodellen

**Tabell 15 Minste krav til U-verdi [W/m<sup>2</sup>·K] - Sammenligning av nasjonal regelverk for fem land (Skottland, Danmark, Sverige, Finland og Norge)**

	Finland	Norge <sup>2)</sup>	Sverige <sup>1)</sup>	Danmark	Skottland
<b>Yttervegg</b>	0,60	0,22		0,40	0,30
<b>Tak</b>	0,60	0,18		0,25	0,25
<b>Gulv</b>	0,60	0,18		0,30	0,25
<b>Vinduer og dører</b>	2,80	1,60		2,00	2,20
<b>Gjennomsnittlig U-verdi <sup>3)</sup></b>		0,44 <sup>4)</sup>	0,70		0,44 <sup>4)</sup>

1) Det finnes ikke minstekrav til U-verdi for hvert bygningsselement i det svenske regelverket, kun krav til en gjennomsnittlig U-verdi for alle bygningsselementer, inkludert kuldebro.

2) Minstekrav gjelder ved bruk av energirammemodellen i TEK:2007

3) Gjennomsnittlig U-verdi [W/m<sup>2</sup>·K] tar utgangspunkt i varmetapstallet for alle bygningsselementer, inkludert kuldebro. Dette varmetapstallet deles med byggets omkringende innvendig areal.

4) Skottland og Norge har ingen minste krav til gjennomsnitt U-verdi. Beregningen er gjennomført for referansebygget, for å muliggjøre sammenligning med det svenske kravet.

**Tabell 16 Kontrollberegning av referansebygget ved bruk av nasjonal regelverk i fem land (Skottland, Danmark, Sverige, Finland og Norge) <sup>1)</sup>**

	Finland	Norge	Sverige	Danmark	Skottland
Årsgjennomsnittlig utetemperatur [°C]	4,3	5,9	6,3	8,2	9,7
a) Beregnet netto energibehov iht. nasjonale beregningsregler [kWh/m <sup>2</sup> ]	217	258	259	177,7	155
b) Energikrav iht. nasjonal regelverk, [kWh/m <sup>2</sup> ]	204	165	125	96,7	155
<b>c) Overskridelse: <math>c = 100 \times (a/b-1)</math> [%]</b>	<b>+6%</b>	<b>+56%</b>	<b>+107%</b>	<b>+84%</b>	<b>0%</b>

1) Kontrollberegning omfatter beregning av energikrav og beregning av netto energibehov. Alle beregninger er utført for det skotske referansebygget (isolasjonsnivået i referansebygget tilfredsstiller energikrav fra det skotske regelverket) som om bygget skulle bygges uten tilpasninger i hhv. Danmark, Sverige, Norge og Finland. Energikravet i de fem land omfatter energibehov til rom- og ventilasjonsoppvarming, samt oppvarming av varmtvann, mens energibehov til lys og utstyr betraktes forskjellig fra land til land. Tallene er IKKE sammenlignbare på tvers av kolonnene.

## 9.5 Konklusjoner

Blant de fem land som er sammenlignet, har Sverige, Danmark og Norge (TEK:2007) de strengeste krav til U-verdi for hvert bygningsselement ved bruk av energitiltaksmodellen. Norge har totalt sett det strengeste minstekrav til U-verdi. Finland har det strengeste krav til U-verdi for vinduer (men dette gjelder bare i næringsbygg), ellers er det Norge og Sverige som har de strengeste krav til vinduer.

De skotske referansebyggene oppfyller ikke de nasjonale krav til energirammen i noen av de andre land. Overskridelsen er størst i Danmark, Sverige og Norge. Det aller største avviket er i Sverige.

## 10 STUDIE 3: INSTITUT WOHNEN UND UMWELT (IWU), TYSKLAND

Institut Wohnen und Umwelt (IWU) i Darmstadt har i 2008 gjennomført en sammenliknende studie av energikrav i 11 sentraleuropeiske land<sup>[7]</sup>. Oppdragsgiver var det tyske departementet for samferdsel, bygging og byutvikling, som ga ut studien i april 2009. Det ble undersøkt energikrav i Tyskland, Østerrike, Tsjekkia, Polen, Sverige (region sør), Danmark, England/Wales, Nederland, Belgia (Flandern), Luxembourg og Frankrike (Alsace). Institusjoner fra alle disse land bidro med sine respektive beregninger.

### 10.1 Metode

For å kunne sammenlikne energikrav i land med svært ulike regelverk, metoder, arealbegrep osv., ble det definert referansebygg for tre bygningskategorier: endeseksjon i rekkehus (tilsvarer halvdel av tomannsbolig), boligblokk og skole. Ekspertene fra de forskjellige land beregnet så nødvendige U-verdier for tak, vegger, vinduer, dører og gulv for akkurat å kunne tilfredsstille gjeldende energikrav etter regelverket i eget land (eller regionen<sup>3</sup>). Til dette ble det brukt metoder og arealregler som gjelder i vedkommende land. I noen land er det differensierte energikrav, avhengig av varmforsyningsystemet, energibærer e.l. U-verdiene ble derfor beregnet for flere varianter av ulike systemkonstellasjoner. Disse er listet i Tabell 17.

**Tabell 17 Liste over beregnede alternativer med navn og kort beskrivelse av forsyningsystemet. Referansebyggene med tegninger og arealer er nærmere beskrevet i [7] sammen med regneark med resultater og nøyaktig definisjon av systemvariantene.**

Variant	Endeseksjon rekkehus	Boligblokk	Skole
<b>basis</b>	Lavtemperatur gasskjel for oppvarming og varmtvann; ventilasjon kun vinduslufting	Kondenserende gasskjel for oppvarming og varmtvann, mekanisk avtrekksventilasjon	Kondenserende gasskjel for oppvarming og varmtvann, balansert ventilasjon med 75 % gjenvinning
<b>hg-cond</b>	Kondenserende gasskjel, ellers som basis	-	-
<b>hg-bnc</b>	-	Lavtemperaturkjel, ellers som basis	Lavtemperaturkjel, ellers som basis
<b>hg-pellet</b>	Pelletskjel, ellers som basis	Pelletskjel, ellers som basis	Pelletskjel, ellers som basis
<b>hg-hp</b>	Varmepumpe jord-vann, ellers som basis	Varmepumpe jord-vann, ellers som basis	Varmepumpe jord-vann, ellers som basis
<b>dhw-el</b>	Varmtvann elektrisk desentralisert, ellers som basis	Varmtvann elektrisk desentralisert, ellers som basis	-
<b>dhw-sol</b>	Solfanger støtter varmtvannsberedning, ellers som basis	Solfanger støtter varmtvannsberedning, ellers som basis	-
<b>vent-exh</b>	Avtrekkventilasjon, ellers som basis		-
<b>vent-nomec</b>	-	Ventilasjon kun vinduer, ellers som basis	Ventilasjon kun vinduer, ellers som basis
<b>vent-rec</b>	Balansert ventilasjon med 80 % gjenvinning, ellers som basis	Balansert ventilasjon med 80 % gjenv., ellers som basis	-
<b>sys-el</b>	Alt elektrisk	Alt elektrisk	-
<b>sys-cond/sol/rec</b>	Kondenserende gasskjel, solfanger, balansert ventilasjon 80% virkningsgrad	-	-
<b>sys-sol/rec</b>	-	Solfanger, balansert ventilasjon 80 % gv., ellers som basis	-

<sup>3</sup> I land med ulike regionale energikrav ble det valgt regionen som klimatisk ligger nærmest Tyskland.

I noen land åpner forskriftene for et valg blant forskjellige metoder for dokumentasjon av energikrav (som energitiltaksmodellen og rammekravsmodellen i Norge), eller det kan velges forenklete metoder under gitte forutsetninger. I slike tilfeller skulle ekspertene bruke den mest utbredte eller enkleste metoden. Dette kan forklare hvorfor resultatene ikke i alle tilfeller er helt overensstemmende med det som kommer fram i andre studier.

En gjennomsnittlig U-verdi for hele klimaskjermen ble så regnet ut på grunnlag av de kalkulerte U-verdiene for tak, vegger, vinduer, dører og gulv, vektet etter arealandel og med reduksjonsfaktorer mot grunn og kjeller. Den gjennomsnittlige U-verdien er beregnet ved hjelp av den tyske metoden der areal er angitt med utvendige mål. Resultatet er en slags forenklet varmegjennomgangskoeffisient, relatert til hele ytterarealet (klimaskjermen). Dette tilsvarer varmetapstallet i Norge, dog uten å ta med infiltrasjons- og ventilasjonstap eller kuldebroer. Koeffisienten/den gjennomsnittlige U-verdien er dessuten relatert til totalt utvendig areal rundt klimaskjermen, ikke til oppvarmet BRA, som det norske varmetapstallet relaterer til.

Videre ble det regnet ut det resulterende primærenergibehovet for alle varianter. Også her ble det brukt det tyske regelverket for å kunne sammenlikne resultatene direkte.

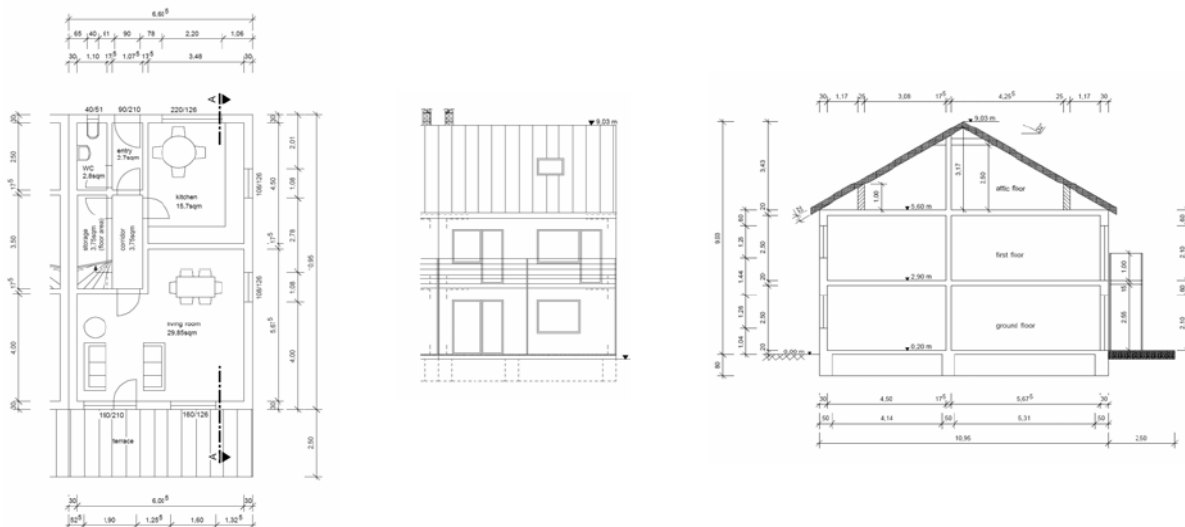
Primærenergibegrepet tar hensyn til netto energibehov, systemtap, gevinst gjennom solfangere, varmepumper osv. samt alle nødvendige trinn utenfor bygget for å utvinne, produsere og transportere energien til bygningen. Resultatet er avhengig av bygningskroppens egenskaper, systemvirkningsgrader og primærenergifaktorer. PE-faktorene tar kun hensyn til den delen av primærenergibehovet som skyldes ikke fornybare energikilder. Faktorene for flytende og gassformig biomasse er likevel de samme som for olje eller naturgass (PE-faktor lik 1,1), hvis biomassen ikke produseres i umiddelbar nærhet til bygget (om det er tilfelle, blir faktoren for slik biomasse nedjustert til 0,5). Strøm hadde i 2008 en PE-faktor på 2,7, slik at elektrisk oppvarming normalt nærmest er utelukket i Tyskland. PE-faktoren for pellets ligger derimot på 0,2 – noe som tillater forholdsvis dårlig isolerte bygningskropp. Bruk av fornybar energi gjør det betydelig lettere å oppnå forskriftskravet.

## 10.2 Resultater

Sammenlikning av primærenergibehov for de ulike variantene er ikke spesielt interessant for Norge, ettersom det norske regelverket baserer seg på bygningens netto energibehov, mens forsyning med ny fornybar energi er et særskilt krav, normalt helt uavhengig av byggets energistandard. Dessuten er begrepet primærenergi ikke innarbeidet i Norge, og det eksisterer ikke offisielt godkjente eller omforente primærenergifaktorer. I det følgende blir det derfor kun presentert resultater for selve bygningskroppen. Egne beregninger, utført av SINTEF Byggforsk i gjeldende prosjekt, er gjort for å kunne sammenlikne de tre referansebygg, beregnet etter energikrav i norske TEK, med resultater for tilsvarende bygg, beregnet etter krav i de 11 undersøkte land.

I det følgende er resultatene samlet i tre oversiktstabeller for referansebyggene.

### 10.2.1 Bygningstype 1: Endeseksjon rekkehus



Figur 28 Referansebygg 1: Rekkehus

Tabell 18 Gjennomsnittlig U-verdi – varmetap per kvadratmeter klimaskjerm referansebygg 1. Beregnete maksimalverdier [W/(m<sup>2</sup>K)] \*

Variant betegnelse	basis	hg-cond	hg-pellet	hg-hp	dhw-el	dhw-sol	sys-el	vent-exh	vent-rec	sys-cond/sol/
<b>Type Variant</b>	Basis-variant	Variasjon varmforsyning			Variasjon varmtvannsbereidning		Variasjon hele system	Variasjon ventilasjon		Variasjon hele system
<b>Beskrivelse</b>	Lavtemperatur gasskjel oppv.+vv vinduslufing	Kondenserende gasskjel	Pellets-kjel	Varmepumpe	Elektrisk desentral	Solfanger	Alt elektrisk	Avtrekkventilasjon	Balansert ventilasjon med 80 % gjenvinning	Kondenserende gasskjel, solfanger, balansert ventilasjon med 80% gjenvinning
<b>Norge***</b>	0,20 <sup>4)</sup>	0,20 <sup>4)</sup>	0,20 <sup>4)</sup>	0,20 <sup>4)</sup>	0,20 <sup>4)</sup>	0,20 <sup>4)</sup>	0,20 <sup>4)</sup>	0,20	0,32	0,32
<b>Sverige (Lund)</b>	0,26 <sup>2)</sup>	0,26	0,26	0,42 <sup>2)</sup>	0,10	0,40 <sup>2)</sup>	0,10 <sup>2)</sup>	0,42 <sup>3)</sup>	0,42	0,42
<b>Danmark</b>	-	0,36	0,36	0,36	0,35 <sup>1)</sup>	0,36 <sup>1)</sup>	0,27	0,36 <sup>1)</sup>	0,36 <sup>1)</sup>	0,36
<b>Polen</b>	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
<b>Tsjekkia</b>	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
<b>Østerrike</b>	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
<b>Tyskland før**</b>	0,40	0,43	0,50	0,50	0,37	0,44	-	0,38	0,50	0,50
<b>England &amp; Wales</b>	-	0,39	0,47	0,47	0,31 <sup>1)</sup>	0,47 <sup>1)</sup>	0,31	0,41 <sup>1)</sup>	0,47 <sup>1)</sup>	0,47
<b>Belgia (Flandern)</b>	0,37 <sup>2)</sup>	0,51 <sup>2)</sup>	0,31 <sup>2)</sup>	0,56 <sup>2)</sup>	0,32 <sup>2)</sup>	0,46 <sup>2)</sup>	-	0,37	0,39	0,55
<b>Nederland</b>	-	-	-	0,32	-	-	-	-	-	0,37
<b>Luxembourg</b>	0,34	0,35	0,35	0,35	0,29	0,35	-	0,37	0,42	0,43
<b>Frankrike (Alsace)</b>	0,43	0,50	0,43	0,52	0,34	0,43	0,43	0,43	0,43	0,52

**Anmerkninger**

\*) Tar hensyn til transmisjonsvarmetap gjennom alle ytterflater, beregnet med utvendige mål, uten tillegg eller fratrukk ved overganger (kuldebroer)

\*\*) Verdier i henhold til forskrift EnEV gjeldende før 1. oktober 2009

\*\*\*) Egne beregninger, utført av SINTEF Byggforsk, februar 2010

- Betyr at varianten ikke er tillatt eller bare mulig med svært urealistiske U-verdier

**Avvik fra variantdefinisjoner:**

1) Kondenserende kjel (obligatorisk) i stedet for lavtemperaturkjel

2) Med avtrekksventilasjon (ventilasjonsanlegg obligatorisk etter forskrift)

3) Med varmepumpe i tillegg

4) Med system for naturlig avtrekksventilasjon eller med avtrekksventilasjon (kun vinduer i utgangspunkt ikke tilstrekkelig etter TEK)

Referansebygget 1 er en endeseksjon av et rekkehus eller en tilsvarende halvdel av en tomannsbolig. Den påkrevde U-verdien for dette bygget, beregnet etter norske regler, er lavere enn etter krav i alle land som var med i prosjektet. Dette gjelder for basis-varianten og nesten alle



andre beregnede varianter. Forskjellen er størst ved bruk av systemer uten balansert ventilasjon. Ved bruk av balansert ventilasjon med varmegjenvinning er den nødvendige norske U-verdien også lavere enn etter krav i de andre land – selv om den norske U-verdien i disse variantene kun er styrt av minstekrav i TEK. I varianter uten balansert ventilasjon må den gjennomsnittlige U-verdien i Norge være en god del lavere enn etter energitiltaksmodellen i TEK (som tilsvarer 0,25 W/(m<sup>2</sup>K). Energiforsyningskravet i TEK har ingen betydning for rekkehuset, som har vesentlig lavere netto varmebehov enn 17.000 kWh per år.

Det er kun få varianter hvor andre land er strengere enn Norge. I fire land er et rent elektrisk system ikke mulig, eller et slikt kan bare brukes med urealistisk lave U-verdier i bygningskroppen. I Nederland gjelder dette også for varianten med elektrisk varmtvannsberedning. Begge varianter er riktignok mulig i Sverige, men resulterer i betydelig lavere U-verdier enn i Norge. Nederlandske effektivitetskrav er så strenge at de bare kan oppnås med varmepumpe eller en kombinasjon av solfangere og balansert ventilasjon. I disse tilfeller er den nødvendige U-verdien imidlertid høyere enn etter norske krav. Sverige har svake krav, hvis det brukes varmepumpe eller balansert ventilasjon.

Sverige og Nederland skiller seg ut som spesielt streng for mange varianter, men totalt sett har også disse land svakere resulterende krav enn Norge. Forøvrig er det påfallende at det normalt fortsatt er mulig å bruke ren avtrekksventilasjon for dette bygget. Kun i Tyskland og Norge utløser bruk av avtrekksventilasjon vesentlig strengere U-verdi-krav enn bruk av balansert ventilasjon. I de fleste land er det også tilstrekkelig å lufte kun med vinduer, uten at dette resulterer i spesielt strenge krav på U-verdier.

### 10.2.2 Bygningstype 2: Boligblokk



**Figur 29 Referansebygg 2: Boligblokk**



**Tabell 19 Gjennomsnittlig U-verdi – varmetap per kvadratmeter klimaskjerm referansebygg 2. Beregnete maksimalverdier [W/(m<sup>2</sup>K)] \***

Variant betegnelse	basis	hg-bnc	hg-pellet	hg-hp	dhw-el	dhw-sol	vent-nomec	vent-rec	sys-el	sys-sol/rec
Type Variant	Basis-variant	Variasjon varmforsyning			Variasjon varmtvannsbereidning		Variasjon ventilasjon		Variasjon hele system	
Beskrivelse	Kondenserende gasskjel til oppv.+vv., avtrekksventilasjon	Lavtemperatur gasskjel	Pellets-kjel	Varmepumpe	Elektrisk desentral	Solfanger	Naturlig ventilasjon (vindus-lufting)	Balansert ventilasjon med 80 % gjenvinning	Alt elektrisk	Solfanger, balansert ventilasjon med 80 % gjenvinning
<b>Norge***</b>	-	-	-	-	-	-	-	0,29 <sup>1)</sup>	-	0,29
<b>Sverige (Lund)</b>	0,34	0,34	0,26	0,41	0,41	0,41	-	0,38	0,41	0,41
<b>Danmark</b>	0,36	-	0,29	0,39	0,26	0,50	-	0,34	-	0,46
<b>Polen</b>	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
<b>Tsjekkia</b>	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
<b>Østerrike</b>	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
<b>Tyskland før**</b>	0,44	0,41	0,54	0,54	0,45	0,54	0,41	0,54	0,17	0,54
<b>England &amp; Wales</b>	0,50	-	0,56	0,56	0,40	0,56	0,48	0,56	0,33	0,56
<b>Belgia (Flandern)</b>	0,37	0,30	-	0,59	0,25	0,47	-	0,46	-	0,56
<b>Nederland</b>	-	-	-	0,43	-	0,26	0,19	0,33	-	0,49
<b>Luxembourg</b>	0,37	0,38	0,39	0,39	0,23	0,39	0,32	0,45	-	0,45
<b>Frankrike (Alsace)</b>	0,49	0,42	0,42	0,49	0,28	0,49	0,42	0,49	0,39	0,54

**Anmerkninger:**

\*) Tar hensyn til transmisjonsvarmetap gjennom alle ytterflater, beregnet med utvendige mål, uten tillegg eller fratrukk ved overganger (kuldebroer)

\*\*) Verdier i henhold til forskrift EnEV gjeldende før 1. oktober 2009

\*\*\*) Egne beregninger, utført av SINTEF Byggforsk, februar 2010

- Betyr at varianten ikke er tillatt eller bare mulig med svært urealistiske U-verdier

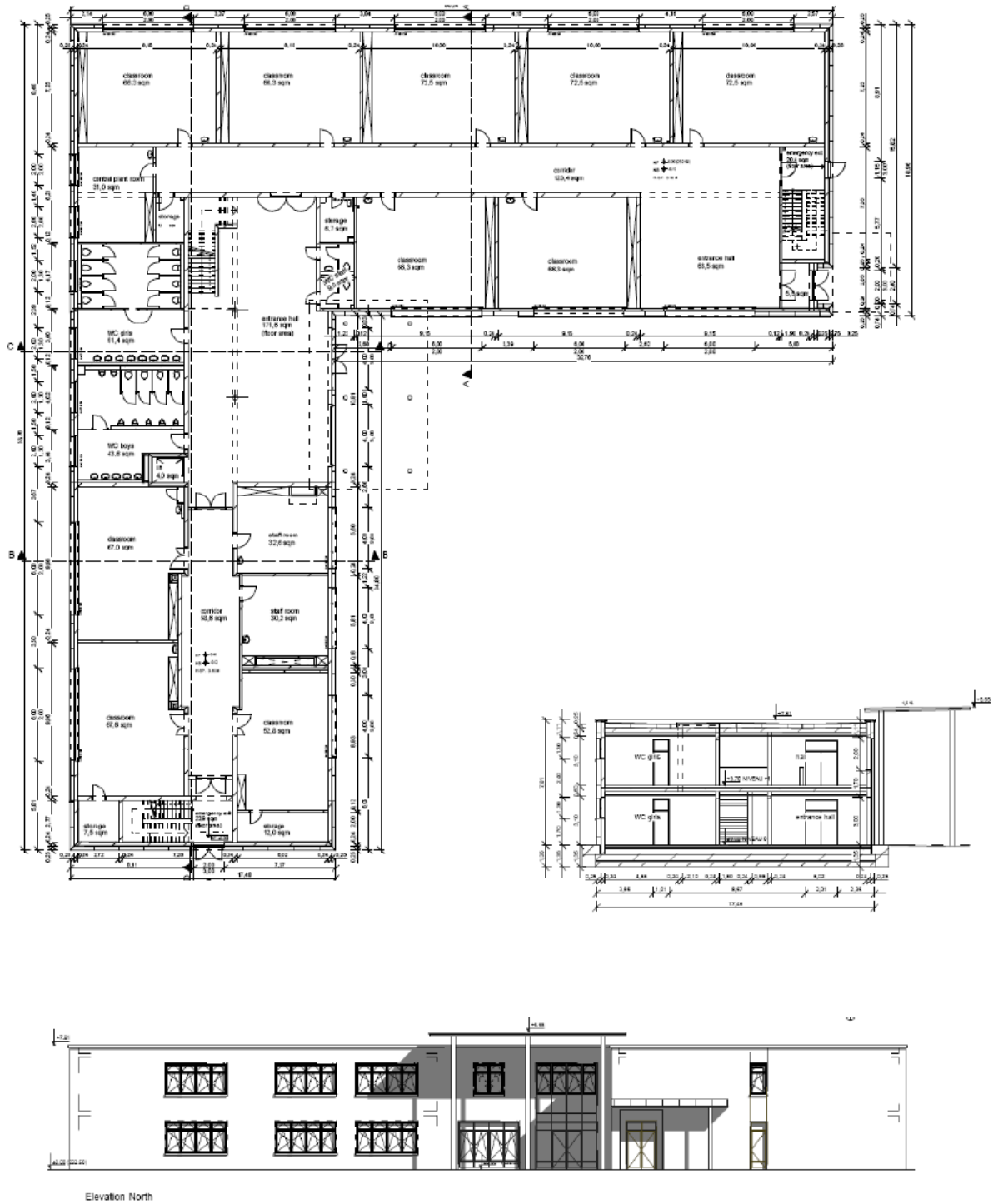
**Avvik fra variantdefinisjoner:**

1) En vesentlig del av varmebehovet må dekkes med annen energi enn fossilt brensel eller elektrisitet i henhold til energiforsyningskravet i TEK

For referansebygg 2, en frittstående boligblokk, er det enda tydeligere at Norges forskriftskrav medfører en lavere gjennomsnittlig U-verdi enn reglene i de land som var med i IWU-studien. Varianter med balansert ventilasjon krever en bygningskropp litt bedre enn etter tiltaksmodellen i TEK, mens varianter med kun avtrekksventilasjon etter norske krav bare er mulig med urealistisk lave U-verdier. Selv med sterkt reduserte kuldebroer og mye lavere lekkasjetall enn det som er definert i prosjektets systemvarianter eller i tiltaksmodellen, ville det være svært vanskelig å oppnå realistiske U-verdier. I tillegg slår energiforsyningskravet inn, slik at varianter med ren elektrisk eller bare fossil energiforsyning i utgangspunktet er utelukket.

Sverige skiller seg ikke i samme grad ut som for rekkehuset, og nederlandske krav kan oppnås med flere varianter enn ved referansebygg 1. Belgia og Danmark har derimot delvis strengere krav, uten at dette er gjennomgående for alle varianter. Intet land er i nærheten av Norges strenge krav. For avtrekks- og vindusventilasjon og for ren elektrisk forsyning gjelder i hovedsak de samme kommentarene som nevnt under referansebygg 1.

10.2.3 Bygningstype 3: Skole



Figur 30 Referansebygg 3: Skole

**Tabell 20 Gjennomsnittlig U-verdi – varmetap per kvadratmeter klimaskjerm referansebygg 3. Beregnete maksimalverdier [W/(m<sup>2</sup>K)] \***

Variant betegnelse	basis	hg-bnc	hg-pellet	hg-hp	vent-nomec
<b>Type Variant</b>	Basisvariant	Variasjon varmforsyning			Variasjon ventilasjon
<b>Beskrivelse</b>	Kondenserende gasskjel til oppvarming og varmtvann, balansert ventilasjon med 75 % varmegjenvinning	Lavtemperatur gasskjel	Pelletskjel	Varmepumpe	Ventilasjon: kun vinduer
<b>Norge***</b>	0,28 <sup>1)</sup>	0,28 <sup>1)</sup>	0,28	0,28	- <sup>2)</sup>
<b>Sverige (Lund)</b>	-	-	-	0,19	-
<b>Danmark</b>	0,20	-	0,16	0,25	0,23
<b>Polen</b>	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
<b>Tsjekia</b>	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
<b>Østerrike</b>	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
<b>Tyskland før**</b>	0,68	0,65	0,68	0,68	0,55
<b>England &amp; Wales</b>	0,18	0,17	0,35	0,35	0,35
<b>Belgia (Flandern)</b>	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
<b>Nederland</b>	0,17	-	-	0,40	0,19
<b>Luxembourg</b>	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
<b>Frankrike (Alsace)</b>	0,47	0,44	0,47	0,44	0,37

**Anmerkninger:**

\*) Tar hensyn til transmisjonsvarmetap gjennom alle ytterflater, beregnet med utvendige mål, uten tillegg eller fratrukk ved overganger (kuldebroer)

\*\*) Verdier i henhold til forskrift EnEV gjeldende før 1. oktober 2009

\*\*\*) Egne beregninger, utført av SINTEF Byggforsk, februar 2010

- Betyr at varianten ikke er tillatt eller bare mulig med svært urealistiske U-verdier

**Avvik fra variantdefinisjoner:**

1) En vesentlig del (≥40 %) av varmebehovet må dekkes med annen energi enn fossilt brensel eller elektrisitet i henhold til energiforsyningskravet i TEK

2) Med naturlig ventilasjonssystem eller avtrekksventilasjon er verdien 0,23 W/(m<sup>2</sup>K), hvis tyske luftmengder og driftstider benyttes i beregningen. U-verdiene tilsvarer da tiltaksmodellen i TEK.

Resultatene for referansebygg 3, en mindre skolebygning, skiller seg sterkt fra boligbyggene. Det mest påfallende er veldig svake krav til bygningskroppen i både Tyskland (forskrift før oktober 2009) og Belgia. På den andre siden er det i Sverige, Danmark og England/Wales vanskeligere å oppnå forskriftskrav i skolen enn i boligbyggene; i Sverige er kun varianten med varmpumpe realistisk. Bortsett fra Norge, Sverige og Nederland, er det heller ikke i skoler vanskelig å oppfylle forskriften med ren vindusventilasjon.

For en slik skole ligger Norges krav blant de mest ambisiøse, men de er ikke så strenge som i Sverige og Danmark og delvis i Nederland og England/Wales. I variantene med balansert ventilasjon er det kun minstekrav i TEK som styrer den gjennomsnittlige U-verdien. Uten minstekrav kunne bygningskroppen altså bli enda dårligere isolert enn vist i tabellen.

Vindusventilasjon er uproblematisk i alle land unntatt Sverige. I Norge er dette ikke mulig etter Teknisk forskrift, men skolen kunne heller ikke bygges med avtrekksventilasjon. På grunn av de store luftmengdene har referansebygget et så høyt ventilasjonsvarmetap at dette ikke kan kompenseres på noen som helst måte. Hvis en i beregningen derimot bruker tyske ventilasjonsmengder og driftstider, kan skolen oppfylle TEK med avtrekksventilasjon og en bygningskropp isolert som i energitiltaksmodellen.

#### 10.2.4 Tilleggsinformasjoner fra IWU – nye tyske regler

Etter studiens avslutning ble det i Tyskland innført skjerpede energikrav med delvis ny beregningssystematikk, gjeldende fra 1. oktober 2009. Ifølge bygningsdepartementet utgjør innskjerpingen ca. 30 prosent for maksimalt tillatt primærenergibehov og 15 prosent for tilleggskravet om bygningskroppens maksimale varmetap. Det finnes imidlertid ingen erfaringer med de innskjerpete regler, og innskjerpingsresultatene vil antakelig sprike sterkt, avhengig av

det konkrete bygg og valgt energiforsyningssystem. Endringer i beregningssystematikken har svært stor betydning for boligbygg, og i tillegg ble det gjort gjeldende en ny Lov til fremme av fornybar energi til varmeformål. Loven innebærer at krav i energiforskriften i utgangspunktet må overoppfylles med 15 prosent, hvis det ikke brukes fornybar energi og heller ikke velges andre kompenserende tiltak.

På forespørsel har SINTEF Byggforsk fått tilsendt tilleggsberegninger <sup>[8]</sup> for referansebygg 1 og 2. Tobias Loga i Institut Wohnen und Umwelt sammenlikner her forskjellige varianter i henhold til tidligere og nye tyske forskriftskrav. Ikke alle variantene er de samme som i studien. De er derfor ikke direkte sammenliknbar med varianter i tabeller vist ovenfor. Tabellen under viser resultatene for referansebygg 1 og 2 etter tidligere tyske forskrift EnEV 2007 og nye tyske EnEV 2009. Til sammenlikning vises det også resultater beregnet etter norske TEK 2007 (disse tilsvarer verdiene i tabellene ovenfor, ettersom norske forskriftskrav i utgangspunktet ikke skiller mellom ulike energiforsyningssystemer).

**Tabell 21 Gjennomsnittlig U-verdi – varmetap per kvadratmeter klimaskjerm, referansebygg 1 og 2 – sammenlikning av tysk forskrift 2007 og 2009 med norsk TEK 2007. Beregnede maksimalverdier [W/(m<sup>2</sup>K)] \***

Beskrivelse	Kondens- erende gasskjel, avtrekks ventilasjon	Lavtemp- eratur gasskjel, avtrekks ventilasjon	Pellets- kjel, avtrekks ventilasjon	Varmepumpe & avtrekks- ventilasjon	Kondens. gasskjel til oppv., varmtvann desentral elektrisk, avtrekks- ventilasjon	Kondens. gasskjel til oppv. og varmtvann, solfanger til varmtvann, avtrekks- ventilasjon	Kondens. gasskjel, naturlig ventilasjon (vindus- lufting)	Kondens. gasskjel, balansert ventilasjon med varme- gjenvinning	Kondens. gasskjel, solfanger, balansert ventilasjon med varme- gjenvinning	Referanse etter tysk forskrift <sup>1)</sup> : Kondens- oljekjel, solfanger, avtrekks- ventilasjon
<b>Referansebygg 1 - Endeseksjon rekkehus</b>										
<b>Norge TEK 07***</b>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20 <sup>2)</sup>	0,32	0,32	0,20
<b>Tyskland EnEV 07**</b>	0,53	0,44	0,55	0,55	0,48	0,55	0,55	0,55	0,55	Ikke beregnet
<b>Tyskland EnEV 09**</b>	0,23	0,18	0,45	0,45	0,28	0,42	0,23	0,33	0,45	0,39
<b>Referansebygg 2 – Boligblokk</b>										
<b>Norge TEK 07***</b>	-	-	-	-	-	-	-	0,29 <sup>3)</sup>	0,29	-
<b>Tyskland EnEV 07**</b>	0,54	0,47	0,58	0,58	0,55	0,58	0,57	0,58	0,58	Ikke beregnet
<b>Tyskland EnEV 09**</b>	0,22	0,18	0,49	0,49	0,31	0,43	0,22	0,34	0,50	0,43

**Anmerkninger:**

\*) Tar hensyn til transmisjonsvarmetap gjennom alle ytterflater, beregnet med utvendige mål, uten tillegg eller fratrekk ved overganger (kuldebroer)

\*\*) Verdier i henhold til forskrift EnEV gjeldende hhv. før og fra 1. oktober 2009, det siste i forbindelse med loven EEWärmeG 2009

\*\*\*) Egne beregninger, utført av SINTEF Byggforsk

- Betyr at varianten ikke er tillatt eller bare mulig med svært urealistiske U-verdier

**Avvik fra variantdefinisjoner:**

1) Referansebygget med samme geometri, bruksareal og orientering definerer tillatte maksimalverdier i det aktuelle prosjektet i henhold til EnEV 2009. Det er også tillatt en kombinasjon av kondenserende oljekjel, desentralisert elektrisk varmtvannsberedning (i stedet for solfanger) og avtrekksventilasjon. Kombinasjonen gir høyere tillatt primærenergi behov, men ingen endring i tillatt varmetap. Pga. EEWärmeG vil en slik kombinasjon likevel måtte overoppfylle energiforskriften med 15 prosent.

2) Med naturlig ventilasjonssystem eller avtrekksventilasjon (kun vinduer ikke tilstrekkelig etter TEK)

3) En vesentlig del av varmebehovet må dekket med annen energi enn fossilt brensel eller elektrisitet i henhold til energiforsyningskravet i TEK

For varianter med bruk av fornybar energi endres bildet ikke vesentlig. For disse er de tyske innskjerpinger svært moderate, slik at Tyskland fortsatt er blant landene med forholdsvis svake krav. For varianter uten fornybar energi og samtidig uten balansert ventilasjon, rykker Tyskland derimot opp i gruppa med forholdsvis strenge krav i nærheten av norske TEK. Dette skyldes i stor grad den nye loven til fremme av fornybar energi, og ikke energiforskriften alene.

Etter den nye tyske energiforskriften EnEV 2009 er det et referansebygg med samme geometri, bruksareal og orientering som det aktuelle bygget og med faste, spesifiserte referanseegenskaper for bygningskropp og energiforsyning, som definerer tillatte maksimalverdier i prosjektet. EnEV-referansebygget har kondenserende oljekjel, solfanger og avtrekksventilasjon. Det resulterende krav på gjennomsnittlig U-verdi er i tilfelle rekkehuset  $0,39 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , mens maksimalverdien for det samme huset bygd etter norske TEK ville ligge så lavt som  $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Boligblokken ville i Tyskland ha et U-verdi-krav på  $0,43 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , mens det samme huset i Norge bare kunne bygges med urealistisk lave U-verdier.

For skolebygget foreligger det ikke tilleggsberegninger. Ut ifra resultatene for boligbygg, kan det imidlertid antas at Tyskland fortsatt har moderate eller svake krav, bortsett fra varianten med ren vindusventilasjon.

### 10.2.5 Konklusjoner

For alle tre referansebygg er norske forskriftskrav blant de mest ambisiøse. I boligbyggene er Norge strengest i nesten alle undersøkte varianter. I Norge er det vanskelig eller umulig å realisere referansebyggene uten balansert ventilasjon, men også hvis det brukes et slikt system, må U-verdiene ligge svært lavt. I de fleste andre land er det ingen signifikant kravforskjell mellom bygg med avtrekksventilasjon og bygg med balanserte systemer, og i mange land får heller ikke ren vindusventilasjon større konsekvenser for U-verdi-nivået.

Tendensielt har Polen og Tsjekkia svake krav, mens Sverige, Danmark og Nederland er betydelig strengere – dog i de fleste tilfeller uten å være like strengt som Norge. I motsetning til inntrykket mange har, er Tyskland og Østerrike ikke blant de mest ambisiøse land. Også etter nye, skjerpete forskrifter har Tyskland svake krav til bygningskroppen, så lenge det brukes en eller annen form for fornybar energi. Også noen andre land får sprikende resultater i henhold til ulike systemvarianter, avhengig av om landets forskrifter fokuserer på ulike definisjoner av primærenergi, levert energi, netto energi, energibærer, energiforsyning, eller en kombinasjon av disse. Av samme grunn er noen varianter ikke gjennomførbare i enkelte land – f.eks. ren elektrisk energiforsyning, som i norske småhus derimot kan velges uten store konsekvenser.

I tilfeller hvor andre land er strengere enn Norge, eller hvor enkelte varianter ikke er mulig å gjennomføre, skyldes dette ikke spesielt strenge krav til bygningskroppen. Ingen andre land har samme fokus på robuste bygningskropp som Norge. I Østerrike, Polen og Tsjekkia er resultatene uavhengig av forsyningssystemet. I Sverige og Nederland samt i to av tre referansebygg også i Danmark, Belgia og Frankrike er de resulterende krav til bygningskroppen betydelig lavere, hvis det brukes varmepumpe i stedet for pellets-kjel.

Resultatene fra studien viser at det normalt er strengere krav til rekkehuset enn til boligblokken. I Norge er det derimot vanskeligere å realisere blokkbygget. Dette har sammenheng med at rekkehusenheten som ble brukt til referanse, nesten er like kompakt som referanseblokken. Samtidig har blokken større vindusandel og høyere ventilasjonsrate. Store ventilasjonsmengder etter norske TEK medfører også at referanseskolen ikke kan bygges med kun avtrekksventilasjon eller naturlig ventilasjon.

Resultatene kan ikke uten videre overføres til andre konkrete bygninger eller bygningstyper. Det at sammenlikningstabellene for referanseskolen viser et ganske annet bilde enn tabellene for de to boligbygg, tyder på at det også kunne bli ulike resultater for andre bygningskategorier eller bygninger med annen geometri. Noen av de undersøkte variantene er også lite typisk eller ikke mulig i Norge. Tendensen er likevel entydig: Norske energikrav er blant de strengeste.



## REFERANSER

- [1] Boermans, T, & Petersdorf, C. "U-values for better energy performance of buildings", ECOFSYS, 2007. Kan lastes ned fra [www.ecofys.com](http://www.ecofys.com)
- [2] EU prosjekt ASIEPI (Assessment and Improvement of the EPBD Impact). [www.asiepi.eu](http://www.asiepi.eu)
- [3] 'International comparison of energy standards in building regulations: Denmark, Finland, Norway, Scotland, and Sweden' (2007) og 'International comparison of energy standards in building regulations for non-domestic buildings: Denmark, Finland, Norway, Scotland, and Sweden' (2008). Skotske DBE (Directorate for the Built Environment)
- [4] 'Energiesparrecht im mitteleuropäischen Vergleich – energetische Anforderungen an Neubauten' (Sammenligning av energikrav i Sentral-Europa – Energitkrav for nye bygninger), utført på oppdrag for tyske BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Federal Ministry of Transport, Building and Urban Affairs), april 2009
- [5] Laustsen, J. *Energy Efficiency Requirements in Building Codes, Energy Efficiency Policies for New Buildings*. IEA Information Paper, In Support of the G8 Plan of Action. March 2008
- [6] Kalema, T., Johannesson, G., Pylsy, P., Hagengran, P.: 'Accuracy of Energy Analysis of Buildings: A Comparison of Monthly Energy Balance Method and Simulation Methods in Calculating the Energy Consumption and the Effect of Thermal Mass', *Journal of Building Physics*, Vol.32, No.2 - October 2008
- [7] T. Loga, J. Knissel, N. Diefenbach: *Energiesparrecht im mitteleuropäischen Vergleich – energetische Anforderungen an Neubauten*. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, desember 2008. Utgitt i april 2009 av Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin, og Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Bonn. Tysk utgave kann lastes ned fra: <http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2009/ON112009.html>. Engelsk versjon: <http://www.iwu.de/en/downloads/fachinfos/energiebilanzen/> (tyske "Berechnungsblätter" er egentlig på engelsk)
- [8] e-post med vedlagt fil fra Tobias Loga (IWU), Beispiele EnEV 2009, sendt til Michael Klinski, 2010-02-09.
- [9] EU prosjekt 'RES-H Policy'. (Policy development for improving Renewable Energy Sources Heating & Cooling penetration in European Member States.
- [10] Directive 96/61/EF on integrated pollution prevention and control (IPPC) / Nytt direktiv fra 15. januar 2008.
- [11] Directive 2001/77/EC (RES) promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market – erstattet av 2009/28/EC
- [12] Directive 2002/91/EC on Energy Performance of Buildings / Bygningsenergidirektivet (EPBD)
- [13] Directive 2004/8/EC on Combined heat and Power (CHP-directive)
- [14] Directive 2005/32/EC on Ecodesign requirements for energy using products (EuP)
- [15] Directive 2006/32/EC on energy end-use efficiency and energy services / Energitjenestedirektivet (ESD)
- [16] Directive 2009/28/EC on promotion of the use of energy from renewable sources (Renewable Energy Sources, RES) / Fornybardirektivet. Erstatte 2001/77/EC og 2003/30/EC
- [17] "Eckpunkte für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm". Protokoll fra Münster 2009
- [18] <http://www.kfw-foerderbank.de/DE/Home/BauenWohnen/index.jsp>
- [19] Hüttler, W., Amerstorfer, A.: "Die Wohnbauförderung im Klimaschutz-Kontext". 2008 i: Platzer, Hink, Pilz: *So managen wir Österreich – Der neue Finanzausgleich und seine Folgen*. Kan lastes ned fra <http://www.e-sieben.at/de/portfolio/energiepolitik/index.php>

- [20] 'U-values in Europe: sustainable buildings'. Eurima (European Insulation Manufacturers Association), 2007. <http://www.eurima.org/u-values-in-europe/>
- [21] BMVBS (Ed.): *Monitoring and evaluation of energy certification in practice with focus on central European states*. BMVBS-Online-Publikation 02/2010.
- [22] EPBD Buildings Platform. *Implementation of the Energy Performance of Buildings Directive; Country Reports 2008*. [www.buildup.eu](http://www.buildup.eu)
- [23] Melding HO-1/2007. *Energi: Temaveiledning*. Statens Byggingstekniske Etat <http://www.be.no/beweb/regler/meldinger/071Energi.zip>
- [24] Rapport 'Lavenergiutvalget: Energieeffektivisering'. Oslo: Olje- & energidepartementet, juni 2009
- [25] *Strategi for reduktion af energiforbruget i bygninger*. April 2009. København : Regjeringen. Kan lastes ned fra <http://www.ebst.dk/energistrategi>
- [26] *Economies d'énergie. Rapport complet. Comment économiser 30% sans dépenses plus d'argent en construisant ou en rénovant un bâtiment tertiaire*. Belgia: IBGE. 2006  
Kan lastes ned fra [www.bruxellesenvironnement.be](http://www.bruxellesenvironnement.be)
- [27] *Studie naar de economische haalbaarheid van het verstrengen van de EPB-eisen bij residentiële gebouwen*. Brussels: 3E. 2008. Kan lastes ned fra [www2.vlaanderen.be](http://www2.vlaanderen.be)
- [28] Standard NS-EN ISO 13790:2008. *Bygningers energiytelse - Beregning av bygningers energibehov til oppvarming og kjøling (ISO 13790:2008)*
- [29] NS 3031:2007 *Beregning av bygningers energiytelse - Metode og data*
- [30] NS-EN 15251:2007. *Inneklimaparametere for dimensjonering og vurdering av bygningers energiytelse inkludert inneluftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustikk*

## DEFINISJONER

Definisjonene her er fra TEK temaveiledningen om energi <sup>[23]</sup>, med noen tilføyelser.

**Bruksareal:** Arealer som tilføres varme fra byggets varmesystem og som er omsluttet av byggets klimaskjerm. Oppvarmet bruksareal beregnes etter måleverdige deler etter regler gitt i NS 3940 og baseres på bruksareal (BRA). For eksempel vil alle rom for varig opphold inkluderes i bygningens oppvarmede areal.

**Boliger/Småhus:** Inkluderer eneboliger, to- til firemannsboliger og rekkehus.

**Energibudsjett:** Beskriver hvordan byggets samlede energibehov fordeler seg på energiposter som romoppvarming, kjøling, varmtvann, elektrisk utstyr, belysning, m.m.

**Energipost:** Se Energibudsjett

**Energiramme:** Forskriftens § 8-21 b gir maksimumsgrenser for bygningers samlede netto energibehov. Grensene omtales som forskriftens energirammer. Måleenhet er (kWh/m<sup>2</sup> pr år).

**Energiltak:** Forskriftens § 8-21 a gir opplisting av energiltak som kan utføres for å oppfylle energibestemmelsene i forskriften. Energiltakene kan sammenlignes med preaksepterte løsninger.

**Kuldebro:** Områder i bygningsskallet der varmetapet er høyere enn konstruksjonen ellers. Dette er normalt pga. lokale konstruksjonselementer med betydelig høyere varmeledningsevne enn isolasjonen. Eksempler er overganger mellom vegg og takk, balkong, vinduer eller gulv på grunn.

**Geometrisk kuldebro:** Ved hjørner (enten innover eller utover) avviker varmefluksen lokalt fordi det er forskjell mellom innvendig og utvendig varmetapsareal lokalt.

**Levert energi (kjøpt energi):** Energibærere som er levert til bygningen, f.eks. strøm, gas, pellets. Solenergi er gratis og derfor ekskludert. Et solvarmesystem har imidlertid komponenter (f.eks. pumper) som bruker noe levert energi. For en varmepumpe er levert energimengde (strøm til kompressoren) en del lavere enn varmebehovet. For en kjel er levert energimengde (f.eks. biobrensel) høyere enn varmebehovet på grunn av systemvirkningsgraden (minde enn 100%).

**Lokal kjøling:** Behovsstyrt fjerning av varme fra definert sone/rom. Lokal kjøling omtales også som (lokal) romkjøling, for eksempel i NS 3031.

**Mekanisk kjøling:** Luftkondisjonering av bygninger ved hjelp av kjølemaskiner som bruker energi (normalt strøm)

**Minstekrav:** omfatter absolutte minimumsnivåer til isolasjonsevne for yttervegg, tak, gulv, vindu (maksimumskrav til U-verdier). Minstekravene gis som gjennomsnittsverdi for bygningsdelene i bygningen. I tillegg omfattes maksimumsverdier for bygningens lufttetthet av minstekravene.

**Netto energibehov:** skal beregnes etter NS 3031 og omfatter byggets samlede energibehov, fordelt på alle energipostene i en bygning. Virkningsgrad i varmesystem regnes ikke inn når byggets netto energibehov beregnes.

**Netto varmebehov:** omfatter byggets netto energibehov for romoppvarming (inkludert oppvarming av ventilasjonsluft) og varmtvann.

**NS 3031:** Norsk Standard 3031 – Beregning av bygningers energiytelse – Metode og data er basert på europeiske standarder og beskriver hvordan en bygningens energibehov skal beregnes.

**Omfordeling:** Energiltakene i forskriftens § 8- 21 a beskriver hvordan energibestemmelsene i TEK enkelt kan oppfylles. Det er imidlertid tillatt å omfordele mellom tiltakene, det vil si gjøre én del bedre og en annen dårligere, så lenge byggets energibehov ikke øker. Dette vises ved å beregne byggets varmetapstall iht. NS 3031.

**Primær energi:** Energiinnholdet av primær kilde f.eks. kull, råolje og vannkraft, som er produsert uten råstoffinnsats av annen energi, og som er omformet og transport til sluttbruker. Dette tar hensyn til all energiforbruk til omforming og transport (f.eks. råolje for produksjon og transport av biopellets).

**Varmetransportkoeffisient:** Summen av varmetap på grunn av transmisjon, infiltrasjon og ventilasjon (W/K). Beregnes i henhold til NS 3031.

**Varmetapstall:** Varmetransportkoeffisienten delt på oppvarmet bruksareal (W/m<sup>2</sup>K). Definert i NS 3031.

**Varmetapsramme:** Maksimal tillatt ramme for varmetap i henhold til krav gitt i forskriftens § 8-21 a (energiltaksmodellen). Varmetapsrammen beregnes som varmetransportkoeffisienten og/eller varmetapstallet for bygningen i henhold til NS 3031. Varmetransportkoeffisienten eller varmetapstallet for bygningen, basert på faktisk utforming, skal ikke være høyere enn varmetapsrammen.



**SINTEF** er Skandinavias største forskningskonsern. Vår visjon er «Teknologi for et bedre samfunn». Vi skal bidra til økt verdiskapning, økt livskvalitet og en bærekraftig utvikling. SINTEF selger forskningsbasert kunnskap og tilhørende tjenester basert på dyp innsikt i teknologi, naturvitenskap, medisin og samfunnsvitenskap.

**SINTEF Byggforsk** er det tredje største byggforskningsinstituttet i Europa. Vi har rom både for store forskningssatsinger og for tett oppfølging av de mange små bedriftene. Vårt mål er bedre produktivitet og økt kvalitet i det bygde miljø.

**SINTEF Byggforsk** er Norges ledende formidler av forskningsbasert kunnskap til byggenæringen. Våre publikasjoner inneholder tilrettelagte erfaringer og resultater fra praksis og forskning. Vi utgir Byggforskserien, Byggebransjens våtromsnorm, håndbøker, rapporter, faktabøker og beregnings- og planleggingsverktøy.