

Rapport
juni 2017

ROADMAP

2030

- Bygningers rolle i den grønne omstilling

ROADMAP

KOLOFON

Rapporten er udgivet i juni 2017 af Energifonden under projektet "Roadmap 2030 – bygningers rolle i den grønne omstilling.

Rapporten er udarbejdet af:

Lone H. Mortensen, SBI/AAU
Nikolaj Nørregård Rasmussen, Dansk Energi
Søren Aggerholm, SBI/AAU

Projektledelse & layout:

InnoBYG – Innovationsnetværket for bæredygtigt byggeri



Indhold

Forord	2
Oversigt over anbefalede indsatser	3
Anbefalede indsatser	4
Begrundelse for anbefalingerne	9
Centrale udfordringer	16
Processen bag anbefalingerne	18
Bilag	22

Forord

Roadmap – bygningers rolle i den grønne omstilling

Energifonden vil med dette "Roadmap for bygningers rolle i den grønne omstilling" bidrage med input og sigtelinjer, der gerne skal understøtte den danske og internationale vej frem mod et samfund fri af fossile energikilder, og dermed bidrage til realiseringen af FN's mål for reduktion af den globale opvarmning.

Energiforbrug i bygninger udgør næsten 40 pct. af det samlede energiforbrug i Danmark. I bygninger bruges energien primært til opvarmning, køling og drift. Dermed er der dels et væsentligt potentiale for energieffektivisering, men også muligheder for et samspil mellem energiforsyning og bygninger, når det gælder håndtering af mere fluktuerende energikilder, som karakteriserer fremtidens energiforsyning.

Regler og retningslinjer for bygningers energiforbrug fastlægges primært i bygningsreglementet (BR). Bygningsreglementet fungerer dermed som en væsentlig innovationsdriver, når det gælder fx udvikling af energieffektive bygninger, herunder renovering af den bestående bygningsbestand. Tilbage i 2009 blev der gennemført et grundigt arbejde med henblik på fastlæggelse af indhold for et kommende bygningsreglement, men også med sigtelinjer for kommende bygningsreglementer frem mod 2020. Både byggebranchen og energibranchen var involveret i dette arbejde. Erfaringerne har vist, at det er fornuftigt at udmelde langsigtede mål, men også at forudsætninger og teknologiske muligheder ændrer sig over tid. Det betyder, at de langsigtede mål løbende må tilpasses den virkelighed, de skal fungere i, før de gøres til gældende krav. En anden vigtig erfaring med at udmelde langsigtede mål er, at disse stimulerer en væsentlig innovation i såvel byggebranchen som i energibranchen.

Energifonden har med dette Roadmap ønsket at igangsætte en proces, hvor der ses længere fremad på rejsen mod det fossilfrie samfund i 2050. Konkret har energibranchen og byggebranchen arbejdet sammen om at afstikke rammerne og identificere væsentlige sigtelinjer i forhold til:

- Bygningsreglementet 2020 – og efterfølgende BR2025 og BR2030
- EU reguleringer fx: Bygningsdirektivet og VE-direktivet
- Samspillet mellem energiforsyning og bygninger
- Nye fokusområder i forhold til fx bæredygtighed og indeklima

Der har i processen med udvikling af Roadmappets indhold været en bred opbakning og engagement fra såvel byggeriets som energisektorens aktører via to workshops og arbejdet i styre- og følgegruppe. Herudover har Energistyrelsen samt Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen deltaget som observatører i processen.

SBi/Aalborg Universitet har forestået bearbejdning og sammenstilling af analyser og data med input fra Dansk Energi. Koordineringen af det praktiske i forhold til workshops og styre- og følgegruppe samt layout m.m. har været håndteret af InnoBYG.

Energifonden vil gerne takke alle, der aktivt og dynamisk har deltaget i dette Roadmaps tilblivelse. Det er fondens håb, at Roadmappet kan inspirere til den langsigtede grønne omstilling frem mod realisering af målsætningerne om et energisystem fri af fossile energikilder i 2050.

Michael H. Nielsen
På vegne af Energifonden

Oversigt over anbefalede indsatser

Anbefalinger til indsatser	2020	2025	2030
Energi	BR 15 energikrav fastholdes, evt. stramning af udvalgte komponentkrav	Energiramme og komponentkrav, evt. stramning	Evt. yderligere stramning
	Frivillig Lavenergiklasse		
	Reduktion af faktisk energiforbrug		Evt. krav til faktisk energiforbrug
Nybyggeri		LCA opgørelse af indlejret energi	Krav til indlejret energi i LCA
	Indeklimakrav til alle bygningstyper	Indeklimakrav til alle bygningstyper, evt. skærpelse	Evt. yderligere skærpelse
	Vejledning og information om indeklimatekst	Kontrol af indeklimatekst, måling mv.	
Miljø	Krav om VOC måling		
	Produktdata for materialer	LCA opgørelse på baggrund af EPD'er	Krav til LCA niveau
	Identifikation af kemi i byggeriet	Kemi i byggeriet, udfasning/substitution	Forbud mod farlig kemi i byggeri
Bæredygtighed	Fokus på byggepladsens energi- og ressourceforbrug	Opgørelse af energi- og ressourceforbrug på byggepladsens	Evt. krav til energi- og ressourceforbrug på byggepladsens
	Introduktion af frivillig bæredygtighedsklasse	Opdatering af frivillig bæredygtighedsklasse	Krav om opfyldelse af bæredygtighedsklasse
Eksisterende bygninger	Langsigtet mål for energieffektivitet afhængig af bygningstype		Krav om opfyldelse af energieffektivitet
	Nybyggerikrav til udskiftede dele	Evt. skærpede krav til udskiftede dele som for nybyggeri	Evt. skærpelse følger nybyggeriet
	Incentamenter og muligheder for renovering afhængigt af bygningstype		
	Vejledning om driften og brugernes betydning for forbrug og indeklimatekst	Krav om minimumsniveau eller forbedring af indeklimatekst	
	Offentlige bygninger som rollemodel for grøn omstilling	Genanvendelseskrav for affaldsmaterialer (alle bygninger)	LCA beregninger for miljømæssig betydning af renovering (alle bygninger)
Nettet	Langsigtede energifaktorer fastsættes ud fra ENS fremskrivning af energiforsyningen	Evt. justering af energifaktorer på baggrund af energiforsynings udvikling	BR energikrav afkobles fra energiforsyningen
Lokal VE	Indflydelse af lokal VE i energirammen reduceres mest muligt	Kun lokal VE anvendt direkte i bygningen indregnes i energirammen	Udbygning af lokal VE drives af teknologiudvikling og markeds kræfter
Energifleksibilitet	Analyse af behov for mulige krav til energifleksibilitet i bygninger	Bygningers energifleksibilitet udbygges og udnyttes hvor det er relevant	Yderligere fremme af bygningers energifleksibilitet overfor energiforsyning

Anbefalede indsatser

Energi- og byggebranchens anbefalinger til, hvordan både nye og eksisterende bygninger i samspil med forsyningen bidrager til bygningernes grønne omstilling frem mod 2030.

1. I Danmark bør der fortsat være fokus på grøn omstilling af **nybyggeri**, men i bred helhedsorienteret forstand inden for emnerne:

- **Energi**

Fra **2020** fastholdes de nuværende BR15 kravniveauer for energi, da økonomiske analyser viser, at yderligere stramninger ikke er rentable frem mod 2020. De suppleres med en frivillig lavenergiklasse for bygherrer med højere ambitioner på energiområdet. Erfaringer fra praksis viser, at højt energiforbrug i nye bygninger ofte skyldes uhensigtsmæssig drift af de tekniske installationer, og derfor skal der sættes ekstra fokus på reduktion af det faktiske energiforbrug. Det bør ske med løbende opfølgning og dokumentation af bygningers energimæssige performance, øget fokus på commissioning, driftsoptimering og brugervaner. Skærpelse af komponentkrav kan være relevant på områder, hvor der er skabt nye og mere effektive byggematerialer, hvilket fx forventes at være tilfældet for vinduer.

I **2025** kommer der fokus på lavt energiforbrug for flere af byggeriets faser. Det sker ved evaluering af energiramme og komponentkrav med henblik på eventuel stramning af kravene. Med lavt driftsenergiforbrug i bygninger udgør den indlejrede energi i materialer fra deres produktion en stigende andel. Derfor udvides energikravene med krav om livscyklusvurderinger (LCA) for bygningen for at bestemme materialernes indlejrede energi. Det baseres på miljøvaredeklarationer (EPD) for byggematerialer, der udgør en væsentlig del af det samlede bygværk.

Efter 2025, frem mod **2030** og efterfølgende er helhedstankegang i byggeriet omdrejningspunktet, hvor alle dele af byggeriets faser vil påvirke bygningens samlede energiforbrug. I brugsfasen sikres lavt forbrug med evaluering og eventuelle stramninger af såvel energirammen som komponentkravene, hvilket suppleres af krav til niveauet for den indlejrede energi for produktionsfasen for materialer bestemt ved LCA for bygværket. Yderligere kan der stilles krav til det faktiske energiforbrug til drift af bygningen.

- **Indeklima**

Godt indeklima kan mindske antallet af sygedage og desuden give bedre produktivitet og indlæring, så der er store gevinster, også samfundsøkonomisk, ved indeklimaforbedringer.

Frem mod **2020** udarbejdes indeklimakrav til alle relevante bygningstyper, således at krav ikke som i dag kun gælder kontorer, skoler og institutioner, samt delvist for boliger. Desuden er der behov for vejledning og information om indeklima, som beskriver nødvendige specifikationer for at opnå det ønskede indeklima. Indeklima vurderes i forhold til termisk indeklima, luftkvalitet, lys- og støjforhold, og brugerne skal sikres muligheder for regulering af indeklimaet. Mere konkret indføres krav fra

2020 om VOC måling i nybyggeri for at sikre mod afgasninger fra materialer, overflader og belægninger.

Der sikres fokus på indeklimaet ved eventuel skærpelse af indeklimakravene til de forskellige bygningstyper fra **2025**. Desuden skærpes indsatsen ved kontrol af det opnåede indeklima med målinger fra 2025.

Efter 2025 forventes indeklima at få en central rolle i forhold til helhedstankegangen for bygninger, som vil dreje sig om de menneskelige aktiviteter, som finder sted i bygningerne. Der vil være behov for evaluering af de eksisterende indeklimakrav til de forskellige bygningstyper i **2030** med henblik på eventuel skærpelse herefter.

- **Miljø**

Opførelse af bygninger kræver stort ressourceforbrug, der knytter sig til materialer, energi og vand. Der er ressourceforbrug i alle byggeriets faser: produktion af byggematerialer, på byggepladsen, i brugsfasen og efter endt brug, hvor nedrivning af bygninger kan frigive materialer til genbrug og genanvendelse, som støttes af stigende fokus på cirkulær økonomi.

Frem mod **2020** arbejdes generelt hen mod bedre dokumentation af bygninger med fokus på produktdata om indholdsstoffer, anvendelse, levetid og genanvendelse eller bortskaffelse, som fx fremgår af miljøvaredeklarationer (EPD). I forlængelse heraf stilles i 2020 krav om identifikation af kemi i byggeriet for at opbygge viden om mængden af kemi i byggeriet. Byggepladser har en afgørende rolle i denne proces da ressourcestrømmene til byggeriet kan identificeres her, og det bør, i dialog med branchen, undersøges om energi- og materialeforbrug kan synliggøres og dokumenteres fra 2020.

Frem mod **2025** kan en bæredygtig udvikling i byggeriet støttes med større fokus på miljøpåvirkninger gennem krav om livcyklusvurderinger (LCA) gældende fra 2025. En LCA sikrer, at bygninger vurderes i et langt tidsperspektiv både i forhold til energi og ressourcer, hvilket er nødvendigt i forhold til at træffe de valg, som giver den mindste miljøbelastning for byggerier i fremtiden. LCA beregninger af bygninger baseres på EPD'er for de enkelte materialer/komponenter. I sammenhæng med dette arbejdes der mod at mindske mængden af uønsket kemi, som bruges i byggeriet, og der arbejdes mod udfasning eller substitution af kendte miljø- og sundhedsskadelige stoffer. Desuden sættes som mål fra 2025, at energi- og ressourceforbrug på byggepladser skal opgøres i relevant omfang.

I **2030** forventes krav til de opnåede niveauer for LCA beregninger, baseret på viden om opnåede LCA niveauer fra 2025 og frem. Herudover stilles der krav fra 2030 om forbud mod brug af farlig kemi i byggeriet. Energi- og ressourceforbrug på byggepladser opgøres i relevant omfang evt. med krav fra 2030 til niveauet for nogle af forbrugene.

- **Bæredygtighed**

Der er øget interesse for, at der skal ske en bæredygtig udvikling af byggeriet i Danmark. Ved bæredygtig udvikling stræbes der mod en god balance mellem de miljømæssige, sociale og økonomiske aspekter i et langsigtet perspektiv for byggeri. Derfor bør der frem mod **2020** udvikles en frivillig bæredygtighedsklasse for nybyggeri til implementering i fremtidige bygningsreglementer gældende fra

2020. Formålet er i første omgang, at der inden for byggeriet bliver en fælles forståelse af elementerne i bæredygtigt byggeri. Den frivillige bæredygtighedsklasse forventes at blive en driver for udvikling af nye innovative løsninger og produkter, og den bør udover de eksisterende krav i bygningsreglementet også omfatte specifikke krav til emner som indeklima, totaløkonomi og ressourceforbrug, og sikre vurdering af hele byggeriets livscyklus.

Vejen mod bæredygtig udvikling af byggeri i Danmark kan frem mod **2025** støttes ved at arbejde mod, at den frivillige bæredygtighedsklasse bliver en dynamisk klasse, som fra 2025 udvikles og opdateres i de efterfølgende bygningsreglementer.

Bæredygtig udvikling er en langsigtet omstilling af byggeriet, som frem mod **2030** kan understøttes af et eventuelt krav om opfyldelse af bæredygtighedsklassen.

2. **Eksisterende bygninger** repræsenterer en stor værdi. Da der kun bygges omtrent en procent nybyggeri hvert år, vil den eksisterende bygningsmasse også på længere sigt udgøre en stor del af potentialet for bygningernes rolle i den grønne omstilling ved renovering af disse.

- **Renovering**

I **2020** indføres langsigtede mål for energieffektivitet i eksisterende bygninger afhængigt af bygningstype, som sikrer, at der samlet for bygningsmassen opnås en reduktion omkring 30 - 50 pct. af energiforbruget frem mod 2050.

Når bygninger renoveres efter 2020 stilles samme krav til de udskiftede dele, som for nybyggeri.

Der er behov for at fremme renoveringer med fokus på incitamenter, som fx bedre indeklima der øger indlæring, produktivitet og reducerer antallet af sygedage. Desuden bør der udbredes information om muligheder for renoveringsniveauer baseret på bygningstype. Energistyrelsen har lanceret en bygningsguide, der samler viden om de 15 mest almindelige typer af enfamiliehuse i Danmark, og giver forslag til deres mulige forbedringer af energimærket. Det kan suppleres med tilsvarende eksempler og beskrivelser for større bygninger, fx etageboliger, skoler og institutioner. Desuden undersøges det, om energimærket kan udvikles til at være en handlingsplan for bygningen, som løbende kan opdateres digitalt.

I 2020 udarbejdes vejledninger for drift og om usikkerheder ved renoveringer, samt om brugernes betydning for opnåelse af både energibesparelser og indeklimaforbedringer.

Den offentlige sektor har en stor rolle i at gå forrest, fordi den repræsenterer en meget stor efterspørgsel i samfundet. Der skal senest i 2018 udarbejdes ambitiøse nationale politikker for energieffektivisering af offentligt byggeri også ifølge EU-krav. Derfor er der behov for gode eksempler på vellykkede renoveringer, som kan inspirere andre til at renovere og fremme den grønne omstilling. Offentlige bygninger består af en bred række bygninger ejet af såvel stat, region og kommune, samt den almene sektor, og der er behov for at sikre både energieffektivisering og økonomien til at gennemføre energirenoveringer.

Frem mod **2025** skærpes krav til de udskiftede bygningsdele ved renovering i takt med ændrede krav til nybyggeri, så der gælder samme krav. Der sættes fokus på

resultaterne af renoveringer ved at stille minimumskrav til indeklima, som kan suppleres med krav om forbedring ved sammenligning af indeklimaet før og efter renovering. I forbindelse med udskiftning af materiale eller komponenter stilles der, hvor det er relevant, krav om genanvendelse af affaldsmaterialerne for at støtte cirkulær økonomi med genbrug og genanvendelse.

Fra **2030** stilles krav til energieffektiviteten ved renovering afhængigt af bygnings-typen, og kravene til de udskiftede dele følger stramninger for nybyggeri. Desuden stilles krav om LCA beregninger med særligt fokus på vurdering af den miljø-mæssige betydning ved renovering frem for nedrivning og nybyggeri, hvor der kan være fordele ved at bevare eksisterende bygninger, dog uden at gå på kompromis med bygningens funktionalitet.

3. **Energiforsynings** udvikling med vedvarende energi får i større grad indflydelse på kravene til bygninger, som beskrevet for emnerne:

- **Nettet**

Regeringen har et mål om 50 pct. vedvarende energi i 2030. Derfor vil energiforsyningen blive grønnere og bygningers energiforbrug vil i **2020** i højere grad være baseret på vedvarende energi (VE), hvad enten der er tale om el til varmepumper eller fjernvarme baseret på VE. Energirammeberegningens omregningsfaktorer, de såkaldte *energifaktorer*, skal i 2020 afspejle den stigende andel af vedvarende energi i bygningens forsyning. I 2020 fastsættes energifaktorer, som langsigtede gennemsnit, der tager hensyn til energiforsynings udvikling. Fastsættelsen af energifaktorer skal sidestille vedvarende energi uagtet, om det produceres centralt eller lokalt på bygninger. Der tages udgangspunkt i Energistyrelsens fremskrivninger af energiforsyningen.

Med energiforsynings udvikling for øje kan der i **2025** eventuelt foretages en justering af energifaktorerne. Udgangspunktet er dog, at det er mest hensigtsmæssigt med langsigtet fastlæggelse af bygningsreglementets energifaktorer.

I **2030** vil halvdelen af Danmarks energibehov være dækket af vedvarende energi. I bygningsreglementet afkobles reguleringen af energiforsyningen og bygningers energieffektivitet.

- **Lokal VE**

Lokalproduceret vedvarende energi (Lokal VE) fungerer som fleksibilitetsmekanisme til at opfylde energirammen for mindre optimalt placerede bygninger, ift. skyggeforhold, dagslys, solindfald mv. I **2020** er målet at bygningens grundlæggende kvalitet og energieffektivitet sikres uanset forsyningen. Derfor bør indflydelse af lokal VE i energirammen på de nugældende 25 kWh/m² primærenergi reduceres mest muligt for bygningstyper, hvor der ikke er behov for denne fleksibilitetsmekanisme.

I **2025** reduceres indflydelse af lokal VE i energirammen yderligere og der sikres balance mellem central og lokal VE i energirammen, så kun lokal VE som anvendes direkte i bygningen kan indregnes i energirammen.

I samspil med de øvrige tiltag sikres der i **2030** afkobling mellem regulering af energiforsyningen og regulering af bygningers energieffektivitet. Investering i VE på bygninger drives af teknologiuudvikling og markedskræfter.

- **Fleksibilitet**

Som et led i den grønne omstilling skal bygningers energiforbrug og energiforsyningen integreres bedre. I **2020** udarbejdes der analyser, som skal sikre bygningers energifleksibilitet med hensyntagen til placering, bygningstype og forsyningsart med henblik på øget samspil med energinetnet herunder betydningen af lavtemperaturopvarmning i bygninger. Desuden undersøges muligheden for krav om bygningers energifleksibilitet i bygningsreglementet. Dette gøres under hensyntagen til forslaget om en smartness indikator, som er introduceret med revisionen af Bygningsdirektivet. Der arbejdes for at gøre nye bygninger i stand til at agere fleksibelt i samspil med nettet

I **2025** bør bygningernes energifleksibilitet understøttes i bygningsreglementet, så den kan udnyttes, hvor det er relevant. Der kan fx åbnes for muligheder for at energiforsyningsselskaberne kan indgå aftaler med bygningsejere om udnyttelse af fleksibiliteten i deres bygninger, eller der kan indarbejdes krav til bygningers energifleksibilitet, hvor det er rentabelt.

I **2030** bør bygningers energifleksibilitet kunne bringes i spil, hvor det er relevant under hensyntagen til placering, bygningstype og energiforsyning. Afhængigt af udviklingen kan der være behov for yderligere tiltag til at sikre at bygningernes energifleksibilitet kan udnyttes bedst muligt i samspil med energiforsyningen.

Begrundelse for anbefalingerne

Energi

For nybyggeri bør energifokus dække både det beregnede energibehov og det reelle opnåede energiforbrug.

Energikravene til nybyggeri i bygningsreglementet er baseret på energirammer, der skal dække bygningens samlede behov for tilført energi til opvarmning, ventilation, køling og varmt brugsvand samt i andre bygninger end boliger også belysning. Anvendelse af energirammer som hovedkrav i nybyggeriet er en følge af Direktiv 2010/31/EU om bygningers energimæssige ydeevne (Bygningsdirektivet), se evt. Bilag 1.

Bevarelse af BR15 kravniveauet sikrer forsat energimæssigt fokus på såvel energitabet gennem klimaskærm og installationer som på energiforbruget til bygningsdriften. Erfaringer har vist, at de nuværende komponentkrav til bygningsdele og installationer er rimelige og bør bibeholdes. Der er ikke umiddelbart behov for, at kravene skærpes, dog undtaget på områder, hvor der allerede er sket teknologiske fremskridt via innovation, hvilket fx omfatter vinduer og ventilations-systemer. På sigt kan komponentkrav blive afledt af *Eco-designdirektivet*. Tidligere erfaringer med komponentkrav viser, at de fungerer som driver for udvikling af nye innovative løsninger og produkter, hvilket understøtter, at de bibeholdes.

De nuværende energikrav i BR15 sikrer tilstrækkelig god energipformance i nye bygninger, og derfor bør disse krav videreføres i BR20 uden yderligere skærpelse. Den frivillige bygningsklasse 2020 bevares som frivilligt element også efter 2020. Det understøttes af tidligere arbejder med omkostningseffektivitet i bygninger fra rapporten *SBi 2016:13 Energikrav til nybyggeriet 2015 - Økonomisk analyse*, som konkluderer, at den privatøkonomiske returnering af investeringen for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020 er en udfordring både i små og store bygninger, selv med en forventet fremtidig reduktion af priserne i 2018. Dette sammenholdes med at den samfundsøkonomiske returnering af investeringen for at opfylde BR15 energikravene er nogenlunde neutral i de større bygninger, men ugunstig i de mindre bygninger. Dette forhold forstærkes ved opfyldelse af energikravene til Bygningsklasse 2020. Generelt kræves en betydelig indsats for at gøre Bygningsklasse 2020 gunstig med hensyn til både privatøkonomi og samfundsøkonomi med de nuværende forventninger til energipriserne.

Afvejningen mellem energieffektiviseringer og forsyning af bygninger er afgørende for bygningers bidrag til en omkostningseffektiv grøn omstilling, som skal sikre, at den samfundsøkonomiske omkostning ved at effektivisere den sidste kWh i en bygning ikke overstiger omkostningen ved at forsyne bygningen med en ekstra kWh. Der henvises til Bilag 1, afsnit, *Økonomisk optimering af energieffektivitet i nybyggeri*, som viser beregninger af skæringen mellem forsyningsomkostninger kontra energioptimeringer i nybyggeri, som ligeledes understøtter, at niveauet for de nuværende energikrav i BR15 videreføres.

Erfaringer fra praksis viser, at højt energiforbrug i nye bygninger ofte skyldes uhensigtsmæssig drift af de tekniske installationer. Derfor er der behov for løbende opfølgning på bygningers energimæssige performance, da det kan sætte fokus på nedbringelse af det reelle energiforbrug i nybyggeri.

På længere sigt forventes et mere helhedsorienteret fokus i byggeriet, som vil inkludere livscyklusvurderinger, LCA for bygninger (se uddybende beskrivelse under afsnittet miljø). Derfor

kan der stilles krav til den indlejrede energi i et livscyklusperspektiv med brug af miljøvaredeklarationer (EPD'er) og LCA, så man ikke kun ser på produktionsenergien, men også drift, vedligehold og udskiftning samt bortskaffelse.

Dette giver en reel energibesparelse, som er uafhængig af brugeradfærd, og sikrer, at materialernes levetid medtages. Med stigende effektivitet i bygninger vil den indlejrede energi spille en større rolle, hvilket tidligere er vist i rapporten *SBI 2015:09 Bygningens livscyklus*. Med udgangspunkt i rapporten er der i dette arbejde gennemført en indledende LCA beregning, som et eksempel, for et etagehus, der viser en indlejret primærenergi i konstruktionerne på 1.045 kWh/m², hvilket svarer til 23 års energiforbrug til drift af bygningen.

Indeklima

Helt grundlæggende opføres de fleste bygninger for at skabe et godt indeklima for mennesker, og vi tilbringer op til 90 pct. af tiden i bygninger. Derfor opleves stigende efterspørgsel på komfort og godt indeklima i bygninger. Forskning viser, at et godt indeklima kan mindske antallet af sygedage og desuden give bedre produktivitet eller bedre indlæring, og derfor kan der være store gevinster også samfundsøkonomisk ved at forbedre indeklimaet i danske bygninger.

I bygningsreglementets kapitel 6. om indeklima dækkes emnerne termisk indeklima, luftkvalitet, akustik og lysforhold. For det termiske indeklima stilles der kun specifikke temperaturkrav for sommerforhold i boliger i bygningsreglementet. Herudover skal det termiske indeklima i sommerperioden i institutioner og kontorer dokumenteres ved beregning. I forhold til luftkvalitet er der krav om ventilation og tilførsel af udeluft, og der er krav til afgang af byggematerialer, kap. 6.3.2. Der stilles specifikke krav til ventilation og CO₂-indhold i indeluften i institutioner og på skoler. CO₂-indholdet i indeluften må ikke overstige 1000 ppm i længere perioder, og for bygningsklasse 2020 er kravet til CO₂-indholdet 900 ppm, som ikke må overskrides i længere perioder for kontorer, skoler og institutioner. Kravene til bygningers akustiske forhold vedrører bl.a. støj fra tekniske installationer og i forhold til lysforhold handler kravene om vinduer og udsyn til omgivelser samt dagslys og elektrisk belysning.

I kontorbygninger er der ofte fokus på indeklima, men alligevel opleves der i nye kontorbygninger alt for ofte problemer med det termiske indeklima, hvor det enten er for koldt eller for varmt og/eller problemer med træk samt manglende fokus på støj i storrumskontorer. Bygningens indeklimatekstige performance bør derfor dokumenteres i forhold til fx luftkvalitet, som er meget afhængig af bygningens ventilationssystem, samt lys og lydtekstige forhold. Der kan være store gevinster ved løbende opfølgning, så der løbende sikres et godt indeklima. Det bør også tjekkes, at de lovmæssige krav i BR15 til forureninger af indeklimaet fra afgang af byggematerialer overholdes, herunder krav til formaldehyd og radon.

Bygningsejere, der stiller specificerede krav til indeklimaet i deres bygninger, har brug for metoder til at vise om deres nye bygning faktisk lever op til de indeklimatekstige forventninger. I praksis kan det dreje sig om dokumentationskontrol på tro og love, som fx viser, hvilke materialer og tekniske installationer der indgår i bygningen, og hvilket samspil der er mellem installationerne, så der sikres et optimalt indeklima. Herudover kan det kontrolleres, om der er de forventede muligheder for regulering af indeklimaet i form af enten individuel regulering eller regulering for mindre områder.

Miljø

Miljø dækker over en bred vifte af emner som natur, herunder påvirkning fra kemikalier, klimapåvirkninger, som ofte vurderes i relation til CO₂, samt ressourceforbrug, der knytter sig til materialer, energi og vand. I forhold til bygninger har det i mange år handlet om CO₂, ændrede vejrforhold og energiforbrug, men der er behov for en bæredygtig udvikling, så de miljømæssige emner dækkes bredere. Derfor er det nødvendigt at tænke cirkulært og med langsigtet perspektiv for danske bygninger.

I byggeloven fremgår det, at unødigt råstofforbrug i bebyggelser skal undgås. Ressourceforbruget i bygninger er i nogen grad reguleret via bygningsreglementet i form af fokus på energiforbruget. Herudover er der i Byggevareforordningens Bilag 1: Grundlæggende krav til bygværker et 7. punkt om bæredygtig udnyttelse af naturressourcer, som fokuserer på genanvendelse, holdbarhed og anvendelse af naturressourcer, hvilket kan lede i retning mod fokus på livscyklusvurderinger for bygninger.

Livscyklusvurdering (LCA) er en metode, som i stigende grad bruges til at vurdere miljøpåvirkninger og ressourceforbrug for produkter. Det gælder også for byggeri, hvor LCA baseret på internationalt standardiserede EPD'er vil blive brugt til vurderingen af bygningers miljømæssige bæredygtighed, hvor materialer, komponenter, bygningsdele eller hele bygninger kan vurderes. Livscyklustankegangen udvider fokus fra forholdene omkring det færdige byggeri til at omfatte hele bygningens livscyklus. LCA indgår i de europæiske standarder for bæredygtigt byggeri, i byggevareforordningen og i certificeringsordninger for bæredygtigt byggeri. Ved at inddrage LCA, som et værktøj i byggeriers designfase, kan byggevarernes og de forskellige bygningsdeles betydning ses i sammenhæng med fx energiforbrug på byggepladsen og driftsenergiforbruget. LCA kan derved bruges som et led i miljørigtig design af bygninger og til at dokumentere resultaterne.

I Danmark er der i dag kun ganske få miljøvaredeklarationer tilgængelige eller som på de kaldes på engelsk Environmental Product Declarations, EPD. EPD'er udarbejdes efter fælles europæiske standarder og giver information om produkternes miljøpåvirkning, og information om det brugte energiforbrug til produktion af produktet. Der er i 2015 udviklet et fælles nationalt værktøj til livscyklusvurderinger baseret på internationale standarder, LCAbyg, som kan beregne miljøpåvirkningen fra en bygning eller fra bygningsdele og komponenter. I værktøjet er det muligt at benytte enten produktspecifikke EPD'er eller generiske data. I fremtiden forventes det, at EPD'er vil blive benyttet ved design af bygninger til at vælge de produkter, som har mindst miljøpåvirkning. For at vurdere de specifikke produkter er der behov for, at der udarbejdes flere produktspecifikke EPD'er.

Der bruges store mængder kemi i byggeriet, og derfor er der behov for skærpet fokus på brugen, så brug af kemi og særligt problematiske stoffer reduceres til et minimum. Det er vigtigt, at begrænse brugen af kemi i byggeriet for at sikre, at der ikke spredes kemi ved afgasning og genanvendelse af materialer.

I den danske ressourcestrategi, *Danmark uden affald*, peges desuden på et behov for at øge genanvendelse i relation til affaldshierarkiet, med forebyggelse af affald, øget genbrug og genanvendelse og ressourceeffektivitet. Bygninger indeholder store mængder materialer, og derfor er det naturligt med stort fokus på genbrug og genanvendelse af byggevarer. I den forbindelse er det dog vigtigt, at der også ses på indhold af kemi og eventuelt farlige stoffer, samt kvaliteten af materialer til genanvendelse.

Bæredygtighed

Bæredygtighed er kendetegnet ved, at der stræbes mod at opnå en god balance mellem de miljømæssige, sociale og økonomiske aspekter. Bæredygtighed skal ses i et langtidsperspektiv, så der opnås en livscyklustilgang, som inkluderer alle bygningens faser.

I Danmark har der gennem årene været fokus på enkelte emner inden for bæredygtigheden med bl.a. system for miljørigtig projektering, energiforbrug i driftsfasen og indeklima. Men bæredygtighed skal ses bredere og må baseres på en helhedstankegang med balance mellem de miljømæssige, sociale og økonomiske aspekter. Der kom stort fokus på bæredygtigt byggeri i november 2014, hvor netop bæredygtigt byggeri udgjorde et af de fem hovedemner i den *byggepolitiske strategi*. Der blev henvist til, at bygningers energi- og ressourceforbrug har stor betydning for samfundet, ikke blot ved fremstilling af byggevarer og opførelse af byggeri, men også i en længere årrække efter opførelsen.

I forlængelse heraf var der politiske udmeldinger om, at der skulle indføres en frivillig bæredygtighedsklasse i BR. Det er en naturlig forsættelse mod en bæredygtig udvikling i dansk byggeri, hvor der skal sikres et langsigtet perspektiv ved inddragelse af miljømæssige, sociale og økonomiske aspekter i et livscyklusperspektiv for bygninger.

De miljømæssige aspekter i bæredygtighed er fx miljøpåvirkninger, LCA, herunder CO₂-udledning, ressourceforbrug af materialer, energi og vand og genbrug/genanvendelse, klimaændringer og kemi.

De sociale aspekter handler fx om tilgængelighed, sundhed og komfort, herunder dagslys, akustik, termisk komfort og luftkvalitet, brandsikkerhed, statiske forhold, sporbarhed, nærområde, interessentinddragelse, kunst og kultur.

De økonomiske aspekter er fx levetidsomkostninger, værdistabilitet, fleksibilitet og robusthed. For nærmere beskrivelse af bæredygtigt byggeri og de emner der indgår henvises til publikationerne *SBi 2013:09 Kortlægning af bæredygtigt byggeri*, og *Bæredygtigt byggeri, ENS 2015*.

Renovering

Eksisterende bygninger repræsenterer en stor værdi, og da der kun bygges omtrent en procent nybyggeri hvert år, vil den eksisterende bygningsmasse, også på længere sigt, udgøre en stor del af potentialet for bygningernes rolle i den grønne omstilling.

I rapporten *Future Green Buildings, AAU 2016* peges der på, at løbende energibesparelser i den eksisterende bygningsmasse er en nødvendig forudsætning for at opnå et omkostnings-effektivt energisystem. Rapporten anslår, at eksisterende bygninger skal reducere deres totale varmeenergiforbrug med ca. 40 pct. fra i dag og frem til 2050.

Der er behov for, at der sættes langsigtede mål for renovering af bygninger, med en tidshorizont som vil gælde frem til 2050. Formålet er at give bygningsejere sikkerhed for, at hvis de vælger at renovere til det langsigtede mål allerede nu, vil de ikke op mod 2050 blive mødt af supplerende mål. De enkelte bygningers renoveringsmål kan dermed blive en del af værdisætningen, således at bygninger, som lever op til renoveringsmålet, vil kunne handles til en højere værdi end bygninger, som ikke er i mål på samme måde. Det svarer til, at et godt energimærke i dag påvirker salgsprisen for bygningen gunstigt, som Copenhagen Economics har fundet i analysen *Giver en god energistandard en højere boligpris* fra 2015. Det vil formodentligt være nødvendigt at have differentierede mål afhængigt af bygningstype og opførelsestidspunkt.

Der kan opnås mange ekstra fordele ved renoveringen, som rækker ud over det energimæssige og fx også støtter bygningens funktionalitet, samt sikrer bedre sundhed og komfort i bygningen, hvilket er afgørende for trivsel hos brugere. Denne trivsel forudsætter, at den fysiske komfort er til stede. Brugernes komfort afhænger i høj grad af indeklimaforhold som temperatur, træk, luftkvalitet, akustik og støj, samt visuelt miljø i form af bl.a. udsyn, belysning og dagslys. Alle disse parametre er målbare, og der kan opstilles konkrete krav til dem. Brugernes oplevelse af komfort er desuden tæt forbundet med mulighederne for selv at styre indeklimaet, og dette er derfor ligeledes et vigtigt element. Indeklima i bygninger har således stor indflydelse på menneskers generelle velvære - i nogle tilfælde kan et dårligt indeklima være direkte sygdoms-fremkaldende.

I bygningsreglementet er kravet til de eksisterende bygninger ved renovering begrænset til komponentkrav og frivillige renoveringsklasser i form af energirammer. Ligesom for nybyggeriet, er det vigtigt, at komponentkravene bevares og evt. strammes i takt med innovationen for bygningskomponenterne, så det sikres, at de fortsat kan agere, som driver for innovationen. For eksisterende bygninger er der flere gradbøjninger af bygningsreglementets krav, hvor der ved ombygning og andre forandringer kun skal gennemføres krav til varmeisolering, hvis der er tale om rentable energiforbedringer.

I BR15 er der indført frivillige renoveringsklasser, som reelt er energirammer for eksisterende bygninger, hvor bindinger på hver bygningsdel for sig tilsidesættes og erstattes af en fælles ramme. Det giver frihed til for eksempel at vælge bedre isolerende vinduer og øget loftisolering for derigennem at mindske tykkelsen af facadeisoleringen. Formålet med renoveringsklasserne er dermed, at ambitiøse bygherrer og bygningsdesignere opnår en større metodefrihed, hvilket giver rum til nytænkning og innovation.

Den offentlige sektor har en stor rolle i at gå forrest med energirenovering af den offentlige bygningsmasse, fordi den repræsenterer en meget stor efterspørgsel i samfundet. Med implementering af Bygningsdirektivet om bygningers energimæssige ydeevne (Direktiv 2010/31/EU) skal der i 2018 udarbejdes politikker med den offentlige sektor som eksempel og træffes foranstaltninger, såsom fastsættelsen af mål, med henblik på at stimulere omdannelsen af bygninger, der moderniseres, til næsten energineutrale bygninger.

Den største udfordring i forhold til den eksisterende bygningsmasse er at sætte gang i renoveringerne, og gerne de større og mere omfattende renoveringer, hvor der er størst potentiale for at spare energi ved at få mange deltiltag med. Ved energirenovering af bygninger opnås ofte, udover energibesparelser, andre fordele for brugerne/ejer af bygningen, fx bedre indeklima og komfort, øget værdi af bygningen, øget anvendelighed af bygningen, at bygningens drift bliver mindre påvirkelig af prisen på energi, og at der er færre udgifter til vedligehold mv. I praksis er det ofte en bygnings funktionalitet eller mangel på samme, der fører til renovering.

Nettet

Nettet forstås generelt i forhold til energiforsyningen, og kan være både el-, fjernvarme- og gasnettet til den centrale energiforsyning af bygninger.

Bygningsreglementets nuværende energikrav er udsprunget af de første krav til bygningens samlede energiramme, der blev introduceret i BR i april 2006, og med BR10, hvor retningen blev lagt frem til og med 2020 med markante stramninger i energiramme samt komponentkrav og frivillige energiklasser, der viste vejen. Energiforsyningen har i samme periode taget et stort skridt i den grønne omstilling og andelen af vedvarende energi er stadig stigende. I langt perspektiv ser vi ind i en energiforsyning baseret på 100 pct. vedvarende energi. Der er derfor

behov for, at vi ser på samspillet mellem bygningens forbrug og energiforsyningen. Ydermere ser vi i Direktiv 2010/31/EU om bygningers energimæssige ydeevne (Bygningsdirektivet) et markant ønske om at fremme lokalt produceret vedvarende energi ved hjælp af national lovgivning herunder bygningsreglementet uden hensyntagen til energiforsyning. Der er således behov for at gentænke bygningsreglementets krav og udformning i en kontekst med tættere samspil mellem bygning og forsyning, der også tager højde for den stadige VE udvikling af energiforsyningen.

For at sikre en effektiv regulering og mindske overlap i lovgivning bør der arbejdes for at adskille regulering af forsyningssiden og bygningsreglements krav til bygningernes energimæssige ydeevne. Bygningsreglementet skal sikre bedst mulige rammer for en effektiv udnyttelse af energi til opvarmning, køling, ventilation mv. med henblik på at sikre omkostnings-effektiv grøn omstilling. En af hjørnestenene i den grønne omstilling er omkostningseffektivitet. Virkemidler skal således indrettes til at sikre, at den grønne omstilling finder sted med færrest mulige omkostninger.

I bygningsreglementet sker sammenkobling af energiramme krav og energiforsyning ved brug af *energifaktorer*. Med energifaktorerne afhænger reguleringen af bygningers energieffektivitet ikke blot af krav til de enkelte komponenter, men også af bygningens energiforsyning. Energifaktorer tager i dag ikke højde for energiforsyningens langsigtede udvikling.

Anbefalinger i relation til energiforsyningens rolle i bygningsreglementets krav tager udgangspunkt i ovenstående problemstillinger velvidende, at store dele af lovgivningen netop er afhængig af udfaldet af den forestående revision af Bygningsdirektivet.

Lokal VE

I det gældende bygningsreglement kan der modregnes op til 25 kWh/m² primærenergi med vedvarende energi produceret på eller nær ved bygningen. Denne mulighed for at modregne energiproduktion bunder i et ønske om at indarbejde fleksibilitetsmekanismer for de tilfælde, hvor bygninger ikke kan leve op til energiramme krav på omkostningseffektiv vis alene med passive byggetekniske tiltag (øget isolering mv.). Dog har man med de drastisk faldende priser på solceller og produktionsstøtteordninger herunder nettomålerordningen set, at solceller på bygninger er blevet reglen mere end undtagelsen til fordel for investeringer i passive tiltag, der sikrer bygningen et faktisk lavere energibehov. Specielt for store bygninger ser man, at solceller er blevet en integreret del af projekteringen af bygninger og efterlevelse af bygningsreglementets energiramme krav. Denne problematik er bl.a. behandlet af Det Økologiske Råd i publikationen *Vedvarende energi i Bygningsreglementets energirammer*, hvor det konkluderes, at et kommende bygningsreglement bør fjerne eller som minimum reducere muligheden for at indregne vedvarende energi i energirammen og lade udbygningen af decentral vedvarende energi reguleres alene ved de økonomiske rammebetingelser. Disse konklusioner er ligeledes underbygget af analysearbejdet *Future Green Buildings* udarbejdet af Aalborg Universitet i 2016.

Med ønsket om, at bygningsreglementet fortsat skal sikre opførelse og renovering af energieffektive bygninger, tager anbefalingerne udgangspunkt i en afregulering af vedvarende energiproduktion i bygningsreglementet. Dog under hensyn til, at dette område også er reguleret fra EU og, at der for enkelte bygninger stadig vil være behov for fleksibilitetsmekanismer til at efterleve energiramme krav på omkostningseffektiv vis.

Der sker for tiden en betydelig teknologisk udvikling med billigere og mere effektive solceller og lagringsteknologier samt udvikling af produkter med integrerede solceller, så det kan forventes, at markeds kræfter på forholdsvis kort sigt vil have dominerende indflydelse på området.

Bygningers energifleksibilitet

I gældende bygningsreglement stilles der i dag ikke krav til bygningers fleksibilitet over for energiforsyningen. Samtidigt er der i den forestående revision af Bygningsdirektivet et markant fokus på bygningers mulighed for at agere fleksibelt i samspil med en energiforsyning hovedsageligt baseret på vedvarende energi. Der er i dag et øget fokus på afbrydelighed, der kan medvirke til reduktion af energiforbrug i spidslastsituationer.

Analysen har påvist, at der er et samfunds- og privatøkonomisk potentiale ved øget fleksibelt og afbrydeligt elforbrug, blandt andet analyser fra Energinet og Dansk Energi. Det er også belyst yderligere i *Dansk Energis analyse 19: Smart Energy*. Det fremgår dog af analysen, at gevinsten for de helt små forbrugere med hhv. elbiler og individuelle varmepumper er begrænset. Det er derfor vigtigt at skelne mellem bygninger ud fra anvendelse, størrelse og forsyningssort. Ofte vil det i fjernvarmeområder være mere fornuftigt, at fremme energifleksibilitet på systemniveau fremfor på bygningsniveau, eksempelvis ved brug af store varmepumper i fjernvarmeproduktionen.

Centrale udfordringer

Den danske byggebranche har en førerposition inden for energieffektivt byggeri i EU og i verden, som skal bevares. Samtidigt kan der være et stort erhvervs- og samfundsmæssigt potentiale for at udbygge den danske førerposition og fremadrettet ændre fokus mod bæredygtigt byggeri som en kommende dansk styrkeposition. Herunder forventes forskning, udvikling og innovation at spille en afgørende rolle.

I forhold til implementering af de anbefalede indsatser i dette Roadmap viser der sig flere centrale udfordringer, som omhandler:

- Energieffektivitet i den eksisterende bygningsmasse
- Globale udfordringer
- Nye byggeprodukter og dokumentation
- Teknologisk udvikling af byggeprodukter
- Produktivitet

Energieffektivitet i den eksisterende bygningsmasse

Eksisterende bygninger vil også på længere sigt udgøre en stor del af potentialet for bygningernes rolle i den grønne omstilling ved renovering. Set med danske øjne er vores største udfordring at sætte gang i renoveringerne af den eksisterende bygningsmasse, og sikre, at der sker en energioptimering i forbindelse med renovering.

Globale udfordringer

Samhandel spiller for mange aktører en stor rolle og for byggeriet drejer dette sig både om eksportmuligheder, men også om at værne vores nationale marked mod produkter, som ikke lever op til vores nationale krav, så der sikres en fair konkurrence. Der skal derfor navigeres mellem nationale og fælles europæiske regler, som ligeledes holdes op mod global samhandel.

Europæiske initiativer og lovgivning

Danske initiativer og lovgivning sker i stigende grad i samspil med europæiske initiativer og lovgivning og inden for de rammer, som sættes i EU's regler og lovgivning. Det er derfor væsentligt, at ideerne i de fremtidige danske indsatser også vinder indpas i de fremtidige europæiske initiativer og lovgivning. Det vil være med til at skabe synergi og markeder for danske virksomheder, men vil også være en nødvendighed for at undgå barrierer i EU. I forhold til Vinterpakken fra EU, som blev udsendt i november 2016 og indeholdt oplæg til revision af bl.a. Bygningsdirektivet og VE-direktivet, har der været gode erfaringer med effekten af at samle byggebranchen om fælles kommentarer til oplæggene. Tilsvarende vil være nødvendigt for implementering af de fremtidige indsatser anbefalet i dette Roadmap.

Samhandel

Der er mange muligheder for udvikling af nye innovative produkter og løsninger til byggeriet, men når et produkt er udviklet til et marked kan det ikke nødvendigvis eksporteres til andre markeder uden problemer, som fx MgO-pladerne, som ikke var tænkt, som vindspærre i et fugtigt klima som det danske, og dermed førte til en stor sag om byggeskader. Det leder naturligt til behov for bedre dokumentation af nye byggeprodukter.

Nye byggeprodukter og dokumentation

Der er et stort marked for byggeprodukter, og derfor vil innovation og udvikling betyde, at der til stadighed vil blive introduceret nye produkter og materialer. Det er nødvendigt at forsøge at sikre ens retningslinjer, om hvilke typer af dokumentation, der skal følge produkterne. I forhold til tankerne bag anbefalingerne i dette Roadmap anbefales et livscyklusperspektiv for produkterne, således, at der fokuseres på information om anvendelse, levetid, bortskaffelse/genanvendelse og indhold i produkterne, samt dokumentation af dette. Dermed kan det vurderes om nye materialer kan bidrage til mindre belastning af miljøpåvirkninger.

Teknologisk udvikling af byggeprodukter

Producenter af byggeprodukter har interesse i til stadighed at forbedre performance af deres produkter, og her har bl.a. de energimæssige komponentkrav fungeret som driver for udvikling af nye innovative løsninger og produkter. Den teknologiske udvikling kan understøtte, at energi-effektiviteten i bygninger bliver endnu bedre i fremtiden.

Der er allerede sket meget i forhold til energieffektiviteten af produkterne, men i fremtiden kan anbefalingerne i dette Roadmap måske være med til at sikre, at der ud over den energimæssige del også fokuseres på andre muligheder for begrænsning af ressourceforbrug fx i form af kemikalier, råstoffer og genbrug og genanvendelse. Generelt ligger byggeri i den nederste halvdel af de forsknings – og udviklingsaktive brancher, når det drejer sig om at investere i forskning- og udvikling. Så for at sikre fortsat teknologisk udvikling af byggeprodukter, bør innovation, forskning og udvikling styrkes, og der bør være forståelse for nødvendigheden af dokumentation af alle de nødvendige egenskaber, herunder holdbarheden i det klima, som produkterne udsættes for i anvendelsen.

Produktivitet

Der er behov for veluddannet arbejdskraft og investeringer i innovation, forskning og udvikling og fokus på digitalisering, som kan støtte øget produktivitet. Det overordnede mål for styrket produktivitet er, at energibesparelser ved renovering bliver konkurrencedygtige. Det er velkendte rammevilkår, som er afgørende for hele byggebranchens udvikling. Der bør arbejdes strategisk med byggeriets produktivetsudfordringer og muligheder i virksomhederne inden for både nybyggeri og renoveringer.

Processen bag anbefalingerne

I foråret 2016 blev der igangsat en proces, hvor den danske energi- og byggebranche sammen skulle arbejde mod at finde en fælles vej mod den grønne omstilling af bygninger i Danmark. En fælles vej der skal sikre, at der findes den rette skæring mellem omstilling af forsyningen med udbygning af vedvarende energi og energieffektivisering af bygningsmassen. Indledningsvis blev der samlet eksisterende viden og udarbejdet en række økonomiske beregninger inden for følgende områder:

- Samfundsøkonomiske omkostninger ved forsyning
- Omkostning ved forsyning af individuelle bygninger
- Omkostningsbaseret energioptimering af nybyggeri
- Optimering af forsyning kontra energieffektivitet i nybyggeri
- Omkostningsbaseret energioptimering af eksisterende byggeri
- Optimering af forsyning kontra energieffektivitet ved renovering

Disse beregninger fungerede som oplæg til workshop #1 i maj 2016 om bygningers rolle i den grønne omstilling med fokus på tidshorisonterne 2020, 2025 og 2030. Til workshoppen deltog aktører fra både energi- og byggebranchen. Resultat af workshoppen blev, at der var stor og bred opbakning fra branchen om behovet for en samlet indsats. Desuden gav workshoppen input til de første bud på forskellige forslag til anbefalinger for bygningers rolle i den grønne omstilling.

Frem mod 2020 er anbefalingerne til indsatser tæt knyttede til muligheder og udfordringer relateret til forsyningsomkostninger kontra energioptimering for henholdsvis nybyggeri og renovering af den eksisterende bygningsmasse. Dermed er der stort fokus på de energirelaterede indsatser i bygninger. Den grønne omstilling skal dog ses i et bredere perspektiv, og derfor beskrives der i dette Roadmap ligeledes andre indsatser.

Af bevillingsmæssige årsager blev processen sat i stå i sommeren 2016 og først genstartet primo 2017. Herefter fulgte en proces med gennearbejdning af samtlige forslag til indsatser, og der blev udarbejdet et revideret oplæg til indsatser og anbefalinger for tidshorisonterne 2020, 2025 og 2030. Dette oplæg blev herefter diskuteret på workshop #2, som blev gennemført i marts 2017. Igen deltog aktører fra både energi og byggebranchen. Resultatet efter denne workshop blev, at der stadig var opbakning til en samlet indsats, men at der er forskellige ønsker i brancherne. Dette har betydet, at de fælles anbefalinger i Roadmap er et kompromis, som viser den overordnede retning for indsatser for bygningers grønne omstilling i Danmark frem mod 2030

Nedenfor følger en oversigt, i alfabetisk rækkefølge, over de tværfaglige aktører, der på forskellig vis har bidraget til udvikling af Roadmap med deres viden og erfaringer gennem styregruppe-, og følgegrupperarbejde, sekretariats- og projektdeltagelse samt deltagelse i workshops. For at sikre kontinuitet i diskussionerne blev det tilstræbt at fastholde deltagergruppen i begge workshops.

Styregruppe

Mette Glavind, Teknologisk Institut
Michael H. Nielsen, Dansk Byggeri
Nikolaj Nørregård Rasmussen, Dansk Energi
Søren Aggerholm, SBi/AAU

Sekretariat/projektdeltagelse

Christine V. Larsen, InnoBYG
Grith Bech-Nielsen, InnoBYG (Projektleder)
Lone Mortensen, SBi/AAU
Nikolaj Nørregård Rasmussen, Dansk Energi
Søren Aggerholm, SBi/AAU

Deltagere i følgegruppen

Chris Agerfeld Svenning, Klimarådets sekretariat
Henrik Andersen, Energistyrelsen (observatør)
Henrik Bang/Graves Simonsen, Bygherreforeningen
Majbritt Juul, Foreningen for Rådgivende Ingeniører
Niels Varming, Trafik- Bygge- og Boligstyrelsen (observatør)
Peter Andreas Sattrup, Danske Arkitektvirksomheder
Rasmus Bundegaard Eriksen, Dansk Fjernvarme
Søren Dyck-Madsen, Det Økologiske Råd

Workshopdeltagere

Workshop #1 – gennemført den 26. maj 2016 kl. 10-16 (41 deltagere)

Amdi Schjødt Worm, Teknologisk Institut
Anders Dyrelund, Rambøll
Bjarne Dalgaard, BYGST
Brian Hansen, Nilas A/S
Christian Jarby, Det Økologiske Råd
Frederik Krogsøe, Dansk Industri
Geo Clausen, DTU
Henrik Søgaard Pedersen, Inwido Denmark A/S
Holger Jensen, Klimarådet
Inge Ebbensgaard, FRI
Jørgen Søndermark, Realdania Byg
Kasper Lyngje Jensen, InnoBYG
Katrine Bjerre Milling Eriksen, Velux A/S
Kenneth Jørgensen, Jeudan ServicePartner A/S
Lone Mortensen, SBI
Majbritt Juul, FRI
Marie Kring, Trafik- og Byggestyrelsen
Michael Petersen, Saint Gobain
Mikael Koch, Træinformation
Morten Buus, Trafik- og Byggestyrelsen
Morten Werner, Dansk Energi
Morten Zimmermann, EKJ
Niels Strange, Dansk Byggeri
Niels Varming, Trafik- og Byggestyrelsen
Nikolaj Nørregård Rasmussen, Dansk Energi
Peter Andreas Sattrup, Danske Arkitektvirksomheder
Peter Foldbjerg, Velux A/S
Peter Noyé, Niras
Rasmus Bundegaard Eriksen, Dansk Fjernvarme
Renato Ezban, Energistyrelsen
Richard Schalburg, Branchefælleskab for Intelligent Energi
Steffen E. Maagaard, MOE
Susanne Kuehn, Rockwool
Søren Aggerholm, SBI
Søren Rise, Tekniq
Thomas Uhd, Dansk Byggeri
Tommy Henriksen, Danfoss Heat Pumps A/S
Vagn Holk, Videncenter for energibesparelser i bygninger
Vibeke Grupe Larsen, NCC Building

Workshop #2 gennemført den 6. marts 2017 kl. 10-16 (36 deltagere)

Amdi Schjødt Worm, Arkitema
Anders Dyrelund, Rambøll
Bjarne Dalgaard, BYGST
Camilla Damsø Pedersen, Dansk Byggeri
Chris Agerfeld Svenning, Klimarådets sekretariat
Christian Jarby, Det Økologiske Råd
Daniel Reinert, NCC Building
Graves Simonsen, Bygherreforeningen
Grith Bech-Nielsen, InnoBYG
Henrik L. Bang, Bygherreforeningen
Henrik Søgaard Pedersen, Inwido Denmark A/S
Katrine Bjerre Milling Eriksen, Velux A/S
Kenneth Jørgensen, Jeudan ServicePartner A/S
Klaus Birk, Saint Gobain
Kurt Emil Eriksen, Velux A/S
Lone Mortensen, SBI
Mariann Andersen, Københavns Kommune
Michael Minter, Concito
Michael H. Nielsen, Dansk Byggeri
Mikael Koch, Træinformation
Morten Zimmermann, EKJ
Niels Strange, Dansk Byggeri
Niels Varming, Trafik- Bygge og Boligstyrelsen
Nikolaj Nørregård Rasmussen, Dansk Energi
Peter Andreas Sattrup, Danske Arkitektvirksomheder
Peter Noyé, Niras
Renato Ezban, Energistyrelsen
Richard Schalburg, Branchefælleskab for Intelligent Energi
Steffen E. Maagaard, MOE
Søren Aggerholm, SBI
Søren Dyck-Madsen, Det Økologiske Råd
Søren Rise, Tekniq
Thomas Uhd, Dansk Byggeri
Tommy Henriksen, Danfoss Heat Pumps A/S
Vagn Holk, Videncenter for energibesparelser i bygninger

Referencer

BR15. Bekendtgørelse nr. 1601 af 14/12/2015. Bekendtgørelse af offentliggørelse af bygningsreglement 2015 (BR15). København: Trafik og Byggestyrelsen.

Byggeloven, Bekendtgørelse af byggeloven, LBK nr 1178 af 23/09/2016 – Retsinformation

Byggepolitisk strategi. Vejen til et styrket byggeri i Danmark – regeringens byggepolitiske strategi, november 2014, Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, ISBN 978-87-93214-42-2.

Byggevarerforordningen, Construction Product Regulation 305/2011/EF. Om fastlæggelse af harmoniserede betingelser for markedsføring af byggevarer og om ophævelse af Rådets direktiv 89/106/EØF. EU Forordning af 9. marts 2011.

Bygningsdirektivet, Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2010/31/EU af 19. maj 2010 om bygningers energimæssige ydeevne

Bæredygtigt byggeri. Birgisdottir, Harpa; Energistyrelsen, 2015. 30 s. ISBN: 978-87-93071-94-0

Copenhagen Economics, Giver en god energistandard en højere boligpris, Energistyrelsen, 2015

Eco-designdirektivet. Direktiv om rammerne for fastlæggelse af krav til miljøvenligt design af energirelaterede produkter (Direktiv 2009/125/EF). Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2009/125/EF af 21. oktober 2009 om rammerne for fastlæggelse af krav til miljøvenligt design af energirelaterede produkter

Danmark uden affald, Genanvend mere – forbrænd mindre. Regeringen oktober 2013.

Dansk Energis analyse 19: Smart Energy

Dansk Energis analyse nr. 21: Solcelleanlæg, samfundsøkonomi og offentlig økonomi

Future Green Buildings, A Key to Cost-Effective Sustainable Energy Systems, Mathiesen, B. V., Drysdale, D., Lund, H., Paardekooper, S., Ridjan, I., Connolly, D., Zinck, J. & Jensen, J. S. (2016). Department of Development and Planning, Aalborg University

SBI 2013:09 Kortlægning af bæredygtigt byggeri. Birgisdottir, Harpa; Mortensen, Lone Hedegaard; Hansen, Klaus; Aggerholm, Søren. SBI forlag, 2013, 91 s.

SBI 2015:09 Bygningens Livscyklus: Identifikation af væsentlige bygningsdele, materialegrupper og faser i en miljømæssig vurdering. Rasmussen, F. N., & Birgisdottir, H. SBI forlag.

SBI 2016:13 Energikrav til nybyggeriet 2015 - Økonomisk analyse, Aggerholm, S. SBI Forlag.

VE-direktivet, (Direktiv 2009/28/EF) Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2009/28/EF af 23. april 2009 om fremme af anvendelsen af energi fra vedvarende energikilder og om ændring og senere ophævelse af direktiv 2001/77/EF og 2003/30/EF

Vedvarende energi i Bygningsreglementets energirammer, Fordele og ulemper ved Bygningsreglementets bestemmelser om medregning af VE-el-produktion i energirammen i forbindelse med nybyggeri og ved bygningsrenoveringer. Søren Dyck-Madsen og Chr. Jarby, Udredningsrapport udarbejdet af Det Økologiske Råd januar 2015, ISBN: 978-87-92044-86-0

Bilag til Roadmap 2030: Bygningernes rolle i den grønne omstilling

Energibesparelser og potentiale i danske bygninger

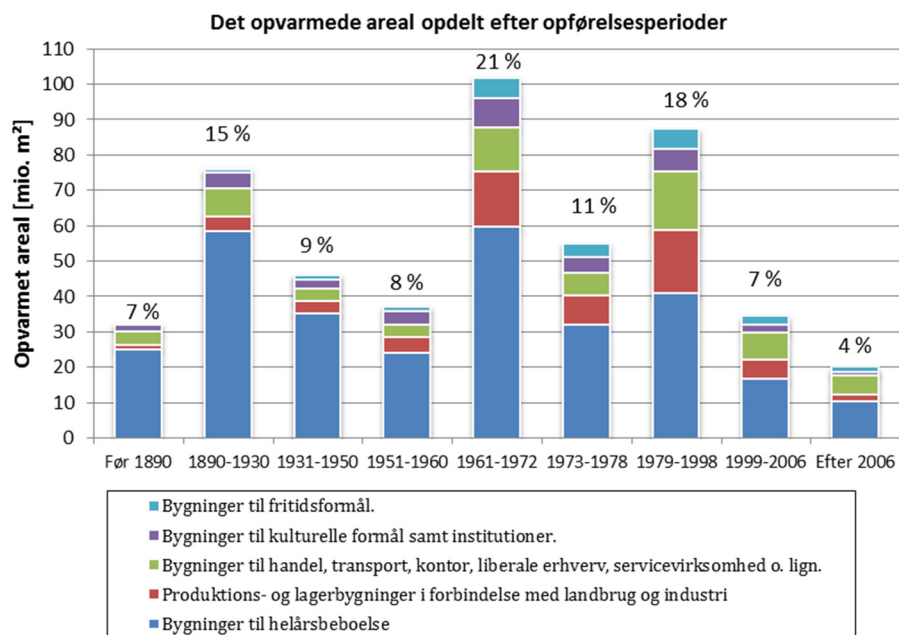
Energikravene til nybyggeri i bygningsreglementet er baseret på energirammer, der skal dække bygningens samlede behov for tilført energi til opvarmning, ventilation, køling og varmt brugsvand samt i andre bygninger end boliger også belysning.

Ved beregning af energibehovet tages hensyn til bygningens klimaskærm, bygningens placering og orientering, herunder dagslys og udeklima, varmeanlæg og varmtvandsforsyning, bygningens varmeakkumulerende egenskaber, eventuelt ventilationsanlæg og klimakøling, solindfald og solafskærmning, naturlig ventilation og det planlagte indeklima. Ved bestemmelse af energibehovet kan der også tages hensyn til fx anvendelse af solvarme, solceller, varmepumper, kondenserende kedler, fjernvarme, anvendelse af varmegenvinding samt køling med ventilation om natten. Anvendelse af energirammer som hovedkrav i nybyggeriet er en følge af EU-direktivet om bygningers energimæssige ydeevne (Direktiv 2010/31/EU).

Nybyggeriet er meget begrænset i forhold til den samlede bygningsbestand. Under højkonjunkturen svarede det årlige nybyggeri til ca. 1 pct. af bygningsmassen, men de sidste år har tallet været lavere. Desuden er nedrivningen af eksisterende bygninger meget begrænset. Det betyder, at langt de fleste bygninger, der eksisterer i dag, også vil være i brug i 2050. En reduktion af energiforbruget i bygninger kan derfor kun opnås gennem omfattende energibesparelser i eksisterende bygninger.

Renovering af bygninger spiller en stor rolle i forbindelse med sikringen af de store værdier, der er bundet i bygningsmassen. Værdien af bygningsmassen udgør ca. 4.000 mia. kr. eller mere end det dobbelte af et års økonomisk aktivitet (BNP) i Danmark. Renoveringerne bidrager til, at bygningerne ikke forfalder, og sikrer en udvikling af dem i forhold til den fremtidige anvendelse. Energibesparelserne opnås bedst og mest omkostningseffektivt, når de gennemføres samtidig med den almindelige bygningsrenovering.

Figur 1 viser det opvarmede areal opgjort efter opførelsesperiode fastlagt ud fra typiske perioder mht. byggeskik i de ældste perioder og efter stramninger i bygningsreglementet i de senere perioder. Det ses, at en stor andel af det opvarmede areal blev opført i perioden 1890-1930 (15 pct.) og kan dermed være mere end 100 år gammel. Disse bygninger kan derfor stå overfor gennemgribende renoverings- og vedligeholdelsesbehov med deraf følgende krav om opgradering af isoleringsevnen. Tilsvarende rummer perioderne 1961 til 1978 et stort antal bygninger, som nærmer sig et tidspunkt, hvor de står foran renovering eller udskiftning af bygningskomponenter. Perioden 1979 til 1998 omfatter også en større mængde bygninger, men i disse må rentabiliteten af de fleste potentielle forbedringer forventes at være begrænset, og krav om efterisolering af tage og ydervægge kommer derfor ikke i spil.



Figur 1. Det opvarmede areal opgjort efter opførelsesperiode og i hovedanvendelsesgrupper. Bygninger uden varmeinstallation og fredede bygninger er ikke medregnet. Fra *SBi 2014:01 Potentielle varmebesparelser ved løbende bygningsrenovering frem til 2050*.

Analyserne i *SBi 2014:01 Potentielle varmebesparelser ved løbende bygningsrenovering frem til 2050* viser hvor store besparelser, der kan opnås, hvis der gennemføres omkostningseffektive energirenoveringer samtidig med at bygninger alligevel skal vedligeholdes på grund af nedslidning af tage, vinduer, vægge mv. Analyserne viser, at med de energieffektiviseringskrav til komponenter, som indgår i bygningsreglement 2010, kan nettovarmeforbruget i 2050 reduceres med ca. 28 pct. i forhold til 2011. Nettovarmeforbruget er energiforbruget til opvarmning, varmt brugsvand, ventilation mv. ekskl. tab i varmeanlæg og forbrug i plug-in-apparater mv.

Samfundsøkonomisk optimering af forsyningsscenarier

Afvejningen mellem forsyning af bygninger og energibesparelser er afgørende for bygningers bidrag til en omkostningseffektiv grøn omstilling og for realisering af en samfundsøkonomisk hensigtsmæssig udvikling i almindelighed. Omkostningseffektivitet indebærer balance mellem samfundsøkonomiske forsyningsomkostninger og samfundsøkonomiske omkostninger ved yderligere besparelser i bygningerne.

Dette indebærer, at der i ikke-energieffektive bygninger vil kunne opnås samfundsøkonomiske gevinster ved energieffektiviseringer eksempelvis ved skærpede krav i bygningsreglementet til nybyggeriet og ved renovering af eksisterende bygninger. På samme vis kan et for højt krav til bygningers energieffektivitet være forbundet med samfundsøkonomiske meromkostninger, hvis den samfundsøkonomiske omkostning ved yderligere forbedringer af en bygningens energieffektivitet overstiger omkostningen ved at tilføre bygningen energi.

Den omkostningseffektive vej mod den grønne omstilling findes i princippet ved at identificere de marginale omkostninger ved energiforsyning og de marginale omkostninger ved energibesparelser i bygninger. I praksis er opgørelsen af disse marginalomkostninger selvsagt vanskelig og underlagt betydelig usikkerhed. Det er her vigtigt at holde sig for øje, at forsyningsformen (VE eller fossil) i princippet er uden betydning, når blot de samfundsøkonomiske omkostninger er fastsat korrekt, herunder at skadesomkostninger ved fossil energi er indregnet i den samfundsøkonomiske omkostning ved forsyning.

Beslutningen om opførelse af nybyggeri eller gennemførelse af renovering træffes normalt på baggrund af behov for mere plads, anden beliggenhed af bolig eller firma, bedre funktionalitet, utætte tage, rådne vinduer, nedslidte installationer eller tilsvarende. I den forbindelse er bygningsejerens egne valg om energieffektivitet imidlertid hovedsagelig baseret på privatøkonomiske overvejelser. I det omfang privatøkonomiske forsynings- og effektiviseringspriser afviger fra de samfundsøkonomiske, vil det kunne bidrage til privatøkonomisk tiltag i forhold til bygningers energieffektivitet, som er u hensigtsmæssige fra et samfundsøkonomisk perspektiv.

I en fremtidig revision af bygningsreglementet er der en række elementer, der bør tages i betragtning i samspillet med energiforsyningen herunder afvejning af energiramme krav, fastsættelse af energifaktorer, regulering af lokal VE og energiforsyningens grønne omstilling.

Samfundsøkonomiske forsyningsomkostninger

Et af hovedelementerne i dette Roadmap er forholdet mellem omkostninger til øget energieffektivisering og forsyning af bygninger med energi. For at muliggøre denne sammenligning er der anvendt en række standardiserede beregningsforudsætninger, der anvendes til såvel at fastsætte omkostningerne ved energibesparelser som ved forsyning. Beregningsforudsætningerne er så vidt muligt baseret på myndighedskilder. Herunder i særdeleshed Energistyrelsens samfundsøkonomiske brændsels- og elpriser, Teknologikataloget 2015 og Finansministeriets samfundsøkonomiske beregningsrente. Forsynings- og energieffektiviseringstiltag er regnet i en 30-årig tidshorizont med reinvestering og eventuel restværdi. For tiltag og forsynings teknologier, der skønnes at have en kortere teknisk levetid, reinvesteres ved slutningen af levetiden. Tiltag og teknologier, der skønnes at have en længere teknisk levetid, tildeles en restværdi ved udløbet af 30-års-perioden, og der anvendes lineær afskrivning over hele perioden. Både besparelser- og forsyningsomkostninger omregnes til årlige omkostninger målt i 2015-kr./kWh.

Samfundsøkonomiske omkostninger ved varmeforsyning

De samfundsøkonomiske forsyningsomkostninger er beregnet som scenarier for samfundsøkonomiske el- og fjernvarmepriser (prisudvikling over tid). Den samfundsøkonomiske omkostning ved at forsyne en bygning udgøres af en annuitetsbetragtning for investerings- og energiomkostning i bygningens levetid. Forudsætningerne svarer til forudsætningerne benyttet til beregning af de samfundsøkonomiske omkostninger ved energieffektivisering. Centrale forudsætninger er:

1. Energistyrelsens 2016-forudsætninger om samfundsøkonomiske brændselspriser og elpriser – balancepriser i 2020
2. Energistyrelsens prisudvikling frem til 2035 og fastholdelse herefter på niveau med udvikling i 2035
3. Teknologikatalog 2015
4. 4 pct. realrente (Finansministeriet)
5. 30-årig tidshorisont med evt. reinvestering eller restværdi
6. Priserne regnes som 2015-kr./kWh leveret energiydelse
7. Fjernvarme eller varmepumpe etableres uanset bygningens energibehov
8. Der etableres vandbåret varmesystem i bygningerne uanset bygningens energibehov

Høj realrente i økonomiberegningen har tendens til at favorisere kortsigtede investeringer ift. investeringer med lang levetid. Det er dog vigtigt at bemærke, at det ikke kun er de energi-besparende løsninger i bygningerne, der har lang levetid. Forsyningsteknologier som fx vindmøller og udbygning af elnettet er også kapitalintensive og har relativt lange levetider. Økonomiberegningen håndterer forskelle i levetid ved fast tidshorisont for beregningen samt indregning af reinvestering eller restværdi.

Der er valgt alene at fokusere på kWh-priserne, selv om der også må forventes at være en vis omkostning ved at skulle sikre tilstedeværelsen af tilstrækkelig effekt, når udetemperaturen er lav og bygningernes varmebehov er størst. I beregning af de samfundsøkonomiske forsyningsomkostninger, er der taget hensyn til omkostninger til at sikre tilstedeværelsen af tilstrækkelig effekt, når bygningernes varmebehov er størst. Omkostninger til elnettet er indregnet med net-tariffen i elprisen og fjernvarmeprisen indeholder omkostninger til spidslast. Ved intelligent styring af bygningens opvarmningssystem, der udnytter bygningernes inertie fx til at slukke for varmepumpen i et par timer på tidspunkter med maksimalt effekttræk i elnettet, kan disse omkostninger reduceres yderligere. Disse muligheder er ikke belyst økonomisk i dette projekt.

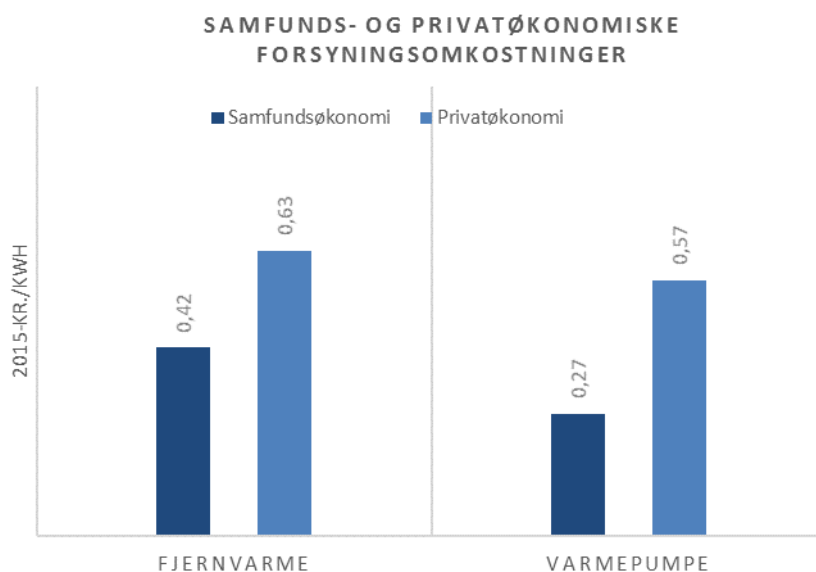
Der tages udgangspunkt i Energistyrelsens forudsætninger om samfundsøkonomiske forsyningspriser 2016 samt prisudviklingen frem til 2035, hvorefter prisudviklingen fastholdes på 2035-niveau svarende til, at relative priser efter 2035 er uændrede. På baggrund af disse og diskonteringsforudsætning regnes balancepriser, som vægtet gennemsnit af fremtidige priser med diskonteringen som vægt.

Den samfundsøkonomiske balancepris for el kan beregnes direkte på baggrund af Energistyrelsens forløb for den samfundsøkonomiske elpris. Balanceprisen er et vægtet gennemsnit af prisudviklingen over tid, hvor vægtene bestemmes af diskonteringsfaktoren.

Den samfundsøkonomiske fjernvarmepris konstrueres på baggrund af Energistyrelsens brændselsprisforløb og forudsætninger om fjernvarmeproduktionen. Forudsætninger om fjernvarmeproduktionen tager udgangspunkt i analysenotatet "Mulighederne for den fremtidige fjernvarmeproduktion i decentrale områder". Grundlastvarme forudsættes produceret på varmepumper og biomassekedler, og der medregnes et net- og konverteringstab i fjernvarmen på 22 pct. De

samfundsøkonomiske omkostninger ved fjernvarme beregnes på baggrund af kapitalomkostninger i Teknologikataloget for decentrale fliskedler, store varmepumper og solvarme i fjernvarmeforsyningen. Årlige kapitalomkostningerne pr. kWh beregnes som annuiteter over 30 år med 4 pct. realrente. Grundlastværker som fliskedler og store varmepumper dækker 70 pct. af varmebehovet og har 3900 fuldlasttimer med en omkostning på ca. 0,45 kr./kWh. Omkostning til produktion af spidslast, som antages at dække 10 pct. af varmebehovet, sættes til 1,00 kr./kWh, mens den samfundsøkonomiske pris til solvarme, som antages at dække 10 pct. af varmebehovet, udgør 0,25 kr./kWh

Fjernvarmeomkostningen er ekskl. etablering af fjernvarmenet, tilslutning af bygningen til nettet og installation af fjernvarmeunit. Tilsvarende er varmeforsyningsomkostningen for varmepumper ekskl. anskaffelses- og installationsomkostninger for varmepumpen.



Figur 2. Samfunds- og privatøkonomiske forsyningsomkostninger.
Kilde: Energistyrelsen og egne beregninger.

Disse samfundsøkonomiske varmeforsyningsomkostninger er velegnede til marginale afvejninger mellem omkostninger ved energibesparelser og forsyning af bygninger, der forsynes med fjernvarme henholdsvis varmepumper, men kan ikke benyttes til prioritering af, hvordan bygninger forsynes. Priserne benyttes således alene til fastsættelse af det samfundsøkonomiske kryds mellem energiforsyning og energieffektivisering.

Som det fremgår, er de privatøkonomiske forsyningspriser, for såvel fjernvarme som varmepumper, højere end de samfundsøkonomiske som følge af energifgifter. Der er således energieffektiviseringer, som kan betale sig privatøkonomisk, men ikke nødvendigvis er samfundsøkonomisk rentable.

Samfundsøkonomiske besparelsesomkostninger

Til beregning af de samfundsøkonomiske besparelsesomkostninger benyttes samme samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger, som beskrevet ovenfor. Og disse afspejler derfor omkostningen i 2015-kr ved at spare en yderligere kWh. Omkostningen ved besparelsetiltag tager udgangspunkt i meromkostningen ved tiltaget (eksempelvis meromkostningen ved at øge loftisoleringen med 100 mm eller isætte A- frem for B-vinduer). Meromkostningen omsættes til en årlig ydelse (annuitet) pr. sparet kWh på baggrund af rente, tidshorisont, levetid mv. Der

regnes alene på energiforbrugseffekter. Ikke-energi relaterede gevinster eller omkostninger medregnes ikke. Ej heller tages der højde for sammenhænge mellem bygningens energibehov og brugeradfærd.

Energifaktorer i bygningsreglementet

Energibehovet i bygninger vægtes efter den anvendte forsyningsart. Principielt er valget om at bruge energifaktorer i bygningsreglementet et spørgsmål om, hvorvidt man ønsker at regulere bygningers forbrug af primære energiresourcer eller bygningers endelige energibehov, forstået som afregnet energi tilført bygningen. Siden introduktion af energiramme begrebet i BR06 har bygningsreglementets energikrav været opgjort i primærenergi. Dette er også tilfældet for det gældende bygningsreglement BR15. De nuværende energifaktorer tager, i nogen grad, højde for omstillingen af energisystemet ved at introducere lavere energifaktorer for bygninger opført efter Bygningsklasse 2020. De gældende energifaktorer i bygningsreglementet fremgår nedenfor af Tabel 1.

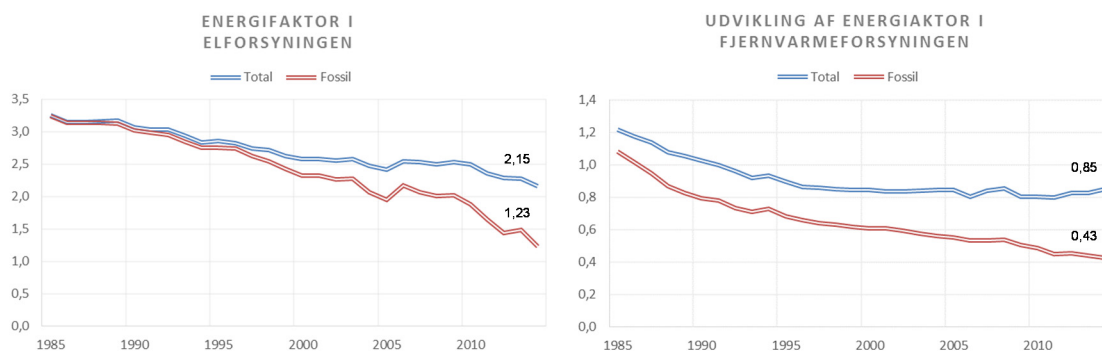
Tabel 1: Oversigt over energifaktorer i bygningsreglement 2015.

Kilde: Bygningsreglementet.

	BR15	Bygningsklasse 2020
El	2,5	1,8
Fjernvarme	0,8	0,6
Øvrig opvarmning (biobrændsel, naturgas, olie mv.)	1,0	1,0

Ser man på den historiske udvikling af energifaktorer for hhv. fjernvarme- og elforsyningen, fremgår det, at begge har været faldende i perioden 1985-2014. For fjernvarmeforsyningen skyldes dette fald i høj grad introduktion af kraftvarme, mens faldet for elforsyningen kan tilskrives omstillingen fra kulkraftværker til vedvarende energi og i særdeleshed udbygningen af vindkapacitet.

Der benyttes forskellige begreber i forbindelse med energifaktorer. I bygningsreglementet benyttes totale energifaktorer. Totale energifaktorerne opgør, hvor meget energi, både fossil og vedvarende, der indgår i en enhed endeligt energiforbrug. Tilsvarende opgør fossile energifaktorer indholdet af fossilenergi i en enhed endeligt energiforbrug.



Figur 3. Udvikling i energifaktorer i energiforsyningen, 1985-2014.

Kilde: Energistyrelsens energistatistik 2014, egne beregninger.

Anm.: Opgørelsen af energifaktorerne er baseret på Energistatistikken 2014. Det er forudsat, at importeret elektricitet har samme sammensætning som dansk produceret. Yderligere er forudsat, at forbruget af energi ved udvinding af kul, olie og naturgas samt håndtering af biomasse udgør 10 pct. af den udvundne energi. For sol-, vind- og vandkraft forudsættes en energifaktor på 1,00. Endeligt er der korrigeret for nettab.

Som det fremgår af figur 3 udvikler energifaktorerne sig over tiden i takt med energiforsynings omstilling til vedvarende energi og reduktion af primær energiforbrug til energiproduktion. Det er derfor nødvendigt at se på energifaktorer i et langsigtet perspektiv og ikke som et øjeblikbillede, som det i dag er gældende for bygningsreglementet.

Som resultat af de forskellige energifaktorer stilles der i BR15 reelt forskellige krav til bygnings energimæssige ydeevne defineret som behov for tilført energi afhængigt af valg af forsyningsart. I praksis betyder det, at en bygning forsynet med fjernvarme ikke skal leve op til samme byggetekniske krav, som en bygning forsynet med naturgas.

For at anskueliggøre denne problematik er der foretaget en modelberegning for et enfamiliehus på 150 m², jf. Tabel 2. Tabellen viser energirammekravene ved hhv. BR15 og Bygningsklasse 2020 samt bygningens faktiske behov for tilført energi (afledte krav).

Tabel 2: Energirammekrav i hhv. BR15 og Bygningsklasse 2020.

Kilde: Egne beregninger.

kWh/m ² , enfamiliehus (150 m ²)	BR15	Bygningsklasse 2020
Energiramme, primærenergi	36,7	20,0
<i>Afledte energirammekrav for udvalgte forsyningsformer</i>		
Fjernvarme	45,9	33,3
Varmepumpe (COP 3,0)	44,0	33,3
Øvrig opvarmning	36,7	20,0
Direkte elopvarmning (elpanel)	14,4	11,1

Anvendelse af energifaktorer kan i dag virke som en skalering af den faktiske energiramme afhængigt af forsyningsarten. Derudover fremgår det, at stramningen af energirammekravet fra BR15 til Bygningsklasse 2020 i nogen grad reduceres som følge af de ændrede energifaktorer for el og fjernvarme. Det skal bemærkes, at fjernvarmefaktoren i Bygningsklasse 2020 er fastsat med det formål, at opnå teknologineutralitet mellem varmepumpe og fjernvarmeopvarmede bygninger.

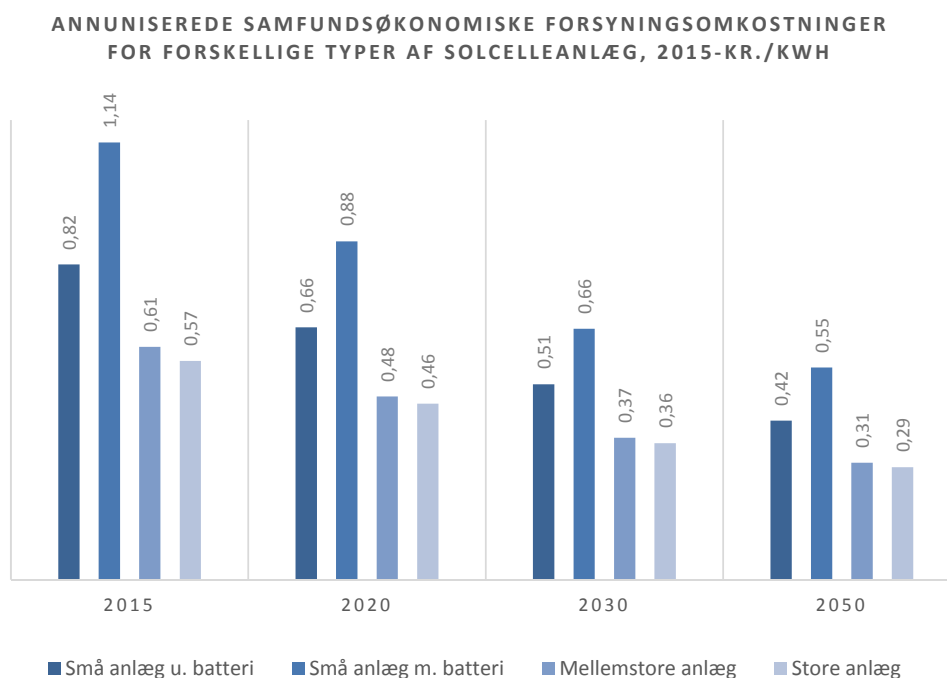
Ønsker man ensartede krav til byggeriet, skal bygningsreglementets energirammekrav udtrykkes i faktisk energibehov (rumopvarmning og køling, lys, varmt brugsvand mv). Dette er ret problemfrit, men tillader så til gengæld, at trækket på primære energiressourcer varierer fra bygning til bygning. Dette vil særligt være et problem, hvis energiressourcer er begrænset i udbud – og vil derfor være et aftagende problem i takt med omstillingen af el- og varmeforsyningen til vedvarende energi.

Regulering af lokalt produceret vedvarende energi i BR15

Siden introduktion af energirammekravene har det været muligt at modregne vedvarende energi produceret lokalt på eller i nærheden af bygningen. I dag benyttes små og mellemstore solcelleanlæg i vid udstrækning som compensation for energirammekrav. Etablering af solcelleanlæg på bygninger, er det mest anvendte håndtag til compensation, hvor energirammen, ikke kan efterleves med passive virkemidler alene. Det gælder både, når der er tale om BR15-krav eller energirammekrav til Bygningsklasse 2020 og når yderligere energibesparelser er for omkostningstunge i forhold til etablering af solceller. I energirammen kan der medregnes, hvad der svarer til 25 kWh/m² primærenergi. I praksis vil det, grundet markant faldende priser på solceller og afregningsordninger for den producerede energi, være privat- eller selskabsøkonomisk mest fordelagtigt at udnytte denne ramme i så vidt omfang som muligt.

I Energistyrelsens Teknologikatalog forudsættes, at udviklingen i solcellers pris og effektivitet fremover vil reducere omkostningerne ved at producere elektricitet på solceller betydeligt. Hertil kommer, at solcelleejeren med et batterilager har mulighed for at øge egetforbruget af den producerede el. Dette har primært til formål at udnytte afregningsregler og beskatningsforhold og er ikke nødvendigvis hensigtsmæssigt i forhold til nettet. El, produceret og forbrugt "bag måleren", opnår, under de gældende regler, et indirekte offentligt tilskud i form af sparet elafgift, PSO og moms på ca. 1,50 kr./kWh.

Den forventede udvikling i forsyningsomkostningerne ved forskellige typer af solcelleanlæg er vist i figur 4.



Figur 4: Annuerede samfundsøkonomiske forsyningsomkostninger for solceller.

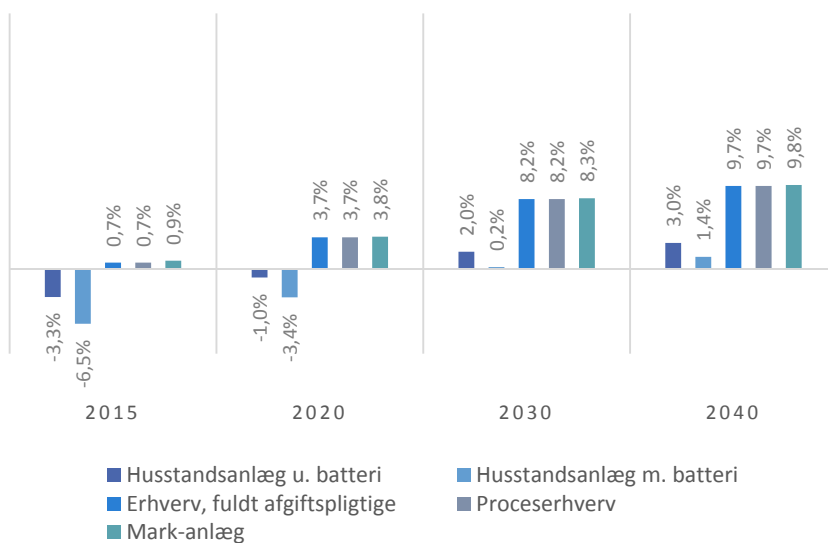
1) I annuitetsberegningen er anvendt en realrente på 4 pct. årligt. Den økonomiske levetid er 30 år. Batteripriserne forudsættes at falde ca. 25 pct. henholdsvis 50 pct. frem mod 2020 og 2030. Ved beregningen af store anlæg er der ikke taget højde for alternativomkostninger ved jord.

Kilde: Teknologikatalog 2012 og 2015, egne beregninger.

Det fremgår, at de samfundsøkonomiske forsyningsomkostninger er størst ved de mindre anlæg og i særdeleshed, hvor der anvendes batterier i kombination med solcelleanlægget. Omkostningerne ved at producere på solcelleanlæg med tilsluttet batteri er højere end for solcelleanlæg uden batteri, jf. Figur 4. Det skyldes, at solcelleanlægget suppleres med et batterilager, der ikke umiddelbart bidrager til elproduktionen, men øger investeringsomkostningen.

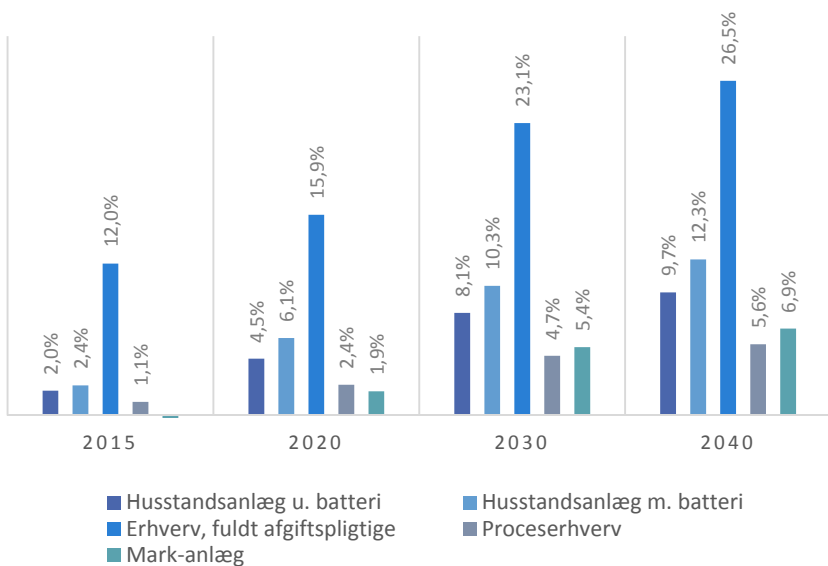
Den privatøkonomiske værdi af batterilageret opstår, fordi batteriet øger muligheden for at forbruge egenproduktion, der givet afregningsreglerne har den største værdi for solcelleejeren. Samtidigt er det disse mindre og mellemstore anlæg med mulighed for afgiftsfritagelse, der op sættes og modregnes i bygningens energiramme.

SAMFUNDSØKONOMISK AFKAST TIL SOLCELLENLÆG, INTERN REALRENTE



Figur 5: Samfundsøkonomisk intern rente for udvalgte typer solcelleanlæg.
Kilde: Egne beregninger (Teknologikatalog 2015 og Energistyrelsens beregningsforudsætninger 2016).

PRIVATØKONOMISK AFKAST TIL SOLCELLENLÆG, INTERN REALRENTE



Figur 6: Privatøkonomisk intern rente ved udvalgte typer solcelleanlæg.
Kilde: Egne beregninger (Teknologikatalog 2015 og Energistyrelsens beregningsforudsætninger 2016).

Af Figur 5 og Figur 6 fremgår det, at der trods teknologisk udvikling stadig er forskelle mellem den private og samfundsøkonomiske gevinst af de forskellige typer af solcelleanlæg. Forskelle ses også mellem de forskellige typer af anlæg og aftagere af energien grundet afregningsregler og energiafgifter.

Økonomisk optimering af energieffektivitet i nybyggeri

Omkostningsbaseret energioptimering af nybyggeri

En lang række byggerier har allerede vist, at det i praksis er muligt med kendte og almindeligt anvendte bygge- og installationsløsninger at opføre byggerier, som opfylder kravene i BR15 til nybyggeri. Desuden er der i de senere år blevet opført en række byggerier, som opfylder den frivillige Bygningsklasse 2020.

I rapporten *SBI 2016:13 Energikrav til nybyggeriet 2015 - Økonomisk analyse* vurderes den privatøkonomiske rentabilitet for bygningssejerne og de samfundsøkonomiske konsekvenser ved stramning af bygningsreglementets energirammekrav fra BR10 kravene til de nuværende BR15 energikrav. Vurderingen baseres på energimæssig og økonomisk beregning for fire eksempelbygninger; enfamiliehus, dobbelthus, etagehus og kontorhus.

Rapporten konkluderer, at den privatøkonomiske returnering af investeringen generelt er tilfredsstillende, men dog lidt dårligere i små bygninger end i store bygninger, hvilket primært skyldes det større investeringsbehov pr. m²-etageareal. I de store bygninger er den privatøkonomiske returnering af investeringen for at opfylde BR15 energikravene meget gunstig, hvilket nok primært skyldes, at en væsentlig del af energireduktionen kan opnås med installationstekniske tiltag og bedre vinduer. Den privatøkonomiske returnering af investeringen for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020 er en udfordring selv i de større bygninger, og også med den forventelige fremtidige reduktion af priserne i 2018.

Den samfundsøkonomiske returnering af investeringen for at opfylde BR15 energikravene er nogenlunde neutral i de større bygninger, men ugunstig i de mindre bygninger. Dette forhold forstærkes ved opfyldelse af energikravene til Bygningsklasse 2020. Generelt kræves en betydelig indsats for at gøre Bygningsklasse 2020 gunstig med hensyn til både privatøkonomi og samfundsøkonomi.

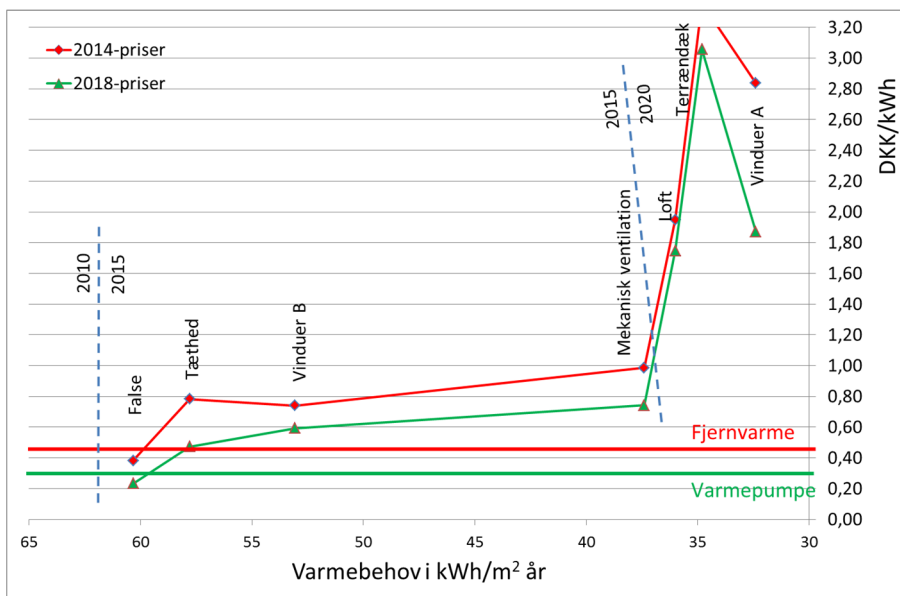
Samme rapport vurderer ligeledes installation af solceller. BR15 energikrav vil formodentlig kunne nås uden brug af solceller, men det vil formodentlig kræve re-design af boligerne for helt at undgå solceller ved opfyldelse af energikravene i Bygningsklasse 2020. Omvendt er der for kontorhuset en bedre samtidighed mellem solcellernes produktion og behovet i kontorerne, end der er i boligerne, som gør solceller mere relevante. Det er vanskeligt at vurdere, om solcellerne i kontorhuset kan erstattes af andre tiltag. For BR15 energikravene vil det sandsynligvis kunne lade sig gøre, men det vil øge merprisen. Overholdelsen af energikravene til Bygningsklasse 2020 vil være vanskeligt uden brug af solceller.

Anvendelsen af solceller i nybyggeriet er følsom over for både prisen på solceller og afregningsbetingelserne, som har ændret sig betydeligt over årene. Det anbefales, at behovet for anvendelse af solceller i nybyggeriet analyseres nærmere inden den næste stramning af energikravene til nybyggeriet i bygningsreglementet. Dette skal også ses i forhold til EU's regelsæt på området.

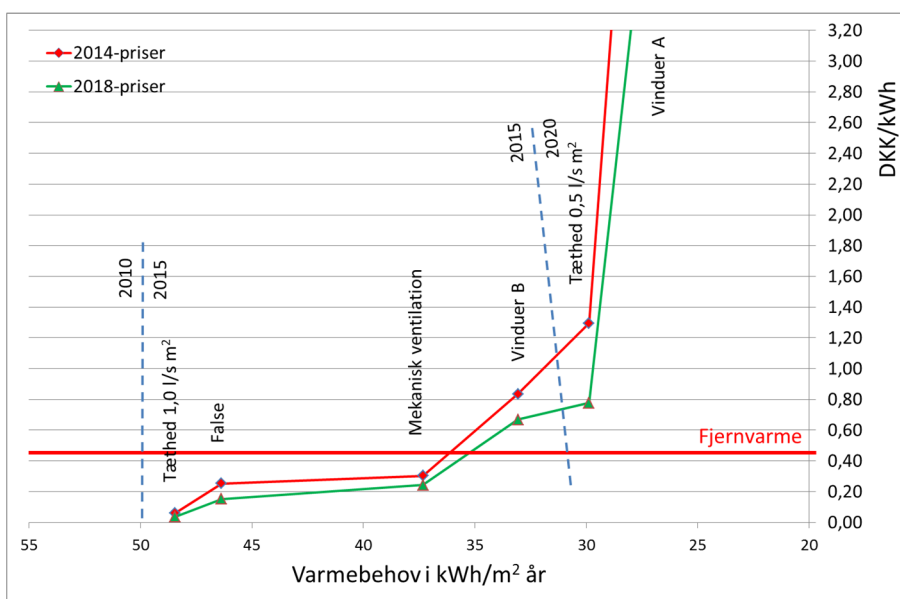
Forsyningsomkostning kontra energioptimering i nybyggeri

I det følgende sammenlignes omkostningsniveau ved energioptimering i bygningerne ved nybyggeri med de samfundsøkonomiske forsyningsomkostninger. Omkostningerne ved energioptimering af bygningerne er trukket fra *SBI 2016:13 Energikrav til nybyggeriet 2015 - Økonomisk analyse* og de samfundsøkonomiske forsyningsomkostninger er beregnet under afsnittet; Samfundsøkonomiske omkostninger ved forsyning. Samfundsøkonomien ved energioptimering i

bygningerne og forsyningsomkostningerne er alle opgjort over en 30-årig periode med en diskonteringsrente på 4 pct. p.a.



Figur 7. Enfamiliehuset. Samfundsøkonomien ved energioptimering i bygningen og de tilsvarende forsyningsomkostninger.



Figur 8. Etagehuset. Samfundsøkonomien ved energioptimering i bygningen og de tilsvarende forsyningsomkostninger.

For enfamiliehuset er samfundsøkonomien ved energioptimering i bygningen for at opfylde bygningsreglement 2015 lidt dårligere end de tilsvarende forsyningsalternativer. For etagehuset er samfundsøkonomien ved energioptimering i bygningen for at opfylde bygningsreglement 2015 til gengæld lidt gunstigere end det tilsvarende forsyningsalternativ. For begge bygninger er samfundsøkonomien ved at opfylde kravene til Byggeri 2020 ved tiltag i bygningen væsentligt dårligere end de tilsvarende forsyningsalternativer. Det ses af figurene, at mindre udsving i forsyningsomkostningerne ikke vil ændre konklusionerne ovenfor.

Effekt af energieffektivitet i nybyggeri

I rapporten *SBi 2016:08 Varmeforbrug i nye bygninger opført i perioden 2010-2013* ses der på enfamiliehuse, rækkehuse og etageboligbygninger opført i perioden som forsynes med fjernvarme eller naturgas, men ikke bygninger opvarmet med varmepumpe. Varmeforbrugsdata er udtrukket fra BBR. Forbrugene er graddøgnskorrigeret under hensyn til at opvarmning af brugsvand udgør en stigende andel af det samlede varmebehov i nybyggeri i takt med, at bygningerne bliver mere velisolerende og anvender mere energieffektive installationer.

Tabel 3. Gennemsnitlige graddøgnskorrigeret forbrug til varme og varmt brugsvand for bygninger opført i perioden 2010-2013.

Energimærke	Enfamiliehuse		Rækkehuse		Etageboligbygninger	
	Antal	Gennemsnitligt forbrug [kWh/m ²]	Antal	Gennemsnitligt forbrug [kWh/m ²]	Antal	Gennemsnitligt forbrug [kWh/m ²]
B	2120	83,5	664	77,6	41	73,4
A2010	733	75,2	156	65,9	27	54,8
A2015	52	71,8	123	48,7	4	52,4
A2020	26	68,7	1	19,8	-	-
Total	2931		944		72	

Analysen viser, at lavenergihuses faktiske varmeforbrug falder, når de opgøres efter energimærkningsklasserne B, A2010, A2015 og A2020. Faldet er dog ikke så stort, som det kunne forventes ved en direkte sammenligning med det teoretisk beregnede varmebehov angivet ved energimærkningskalaen.

En del af forklaringen på forskellen mellem det teoretiske og det faktiske varmeforbrug kan henføres til, at det teoretiske varmebehov er beregnet ved en rumtemperatur på 20 °C, hvilket normalt er noget lavere end den, man i praksis har som gennemsnit i et nyt hus. I nye huse med et lavt varmebehov har ændringen af rumtemperaturen en relativ større betydning end i ældre huse med et højt varmebehov. I nye huse vil det teoretiske varmebehov stige med 8-12 pct. pr. grad rumtemperaturen hæves, svarende til samlet ca. 20-30 pct. højere varmebehov ved en rumtemperatur på 22-23 °C.

Økonomisk optimering af energieffektivitet ved renovering

Omkostningsbaseret energioptimering ved renovering

I vurderingen af omkostningseffektiviteten for eksisterende bygninger anvendes der fire bygningseksempler:

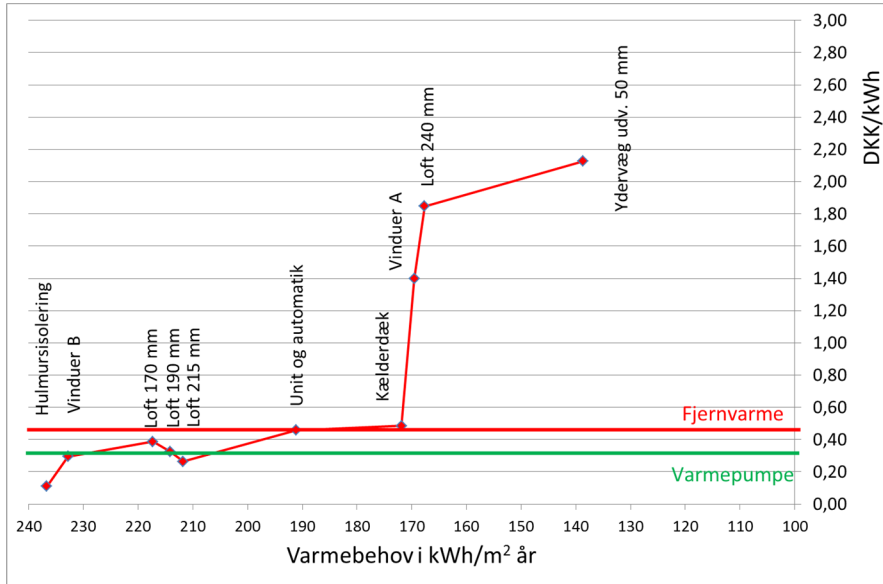
- Enfamiliehus fra 1930'erne
- Enfamiliehus fra 1960'erne
- Etagehus fra 1930'erne
- Etagehus fra 1960'erne

Bygningseksemplerne er fra *SBi 2013:25 Cost-optimal levels of minimum energy performance requirements in the Danish Building Regulations*.

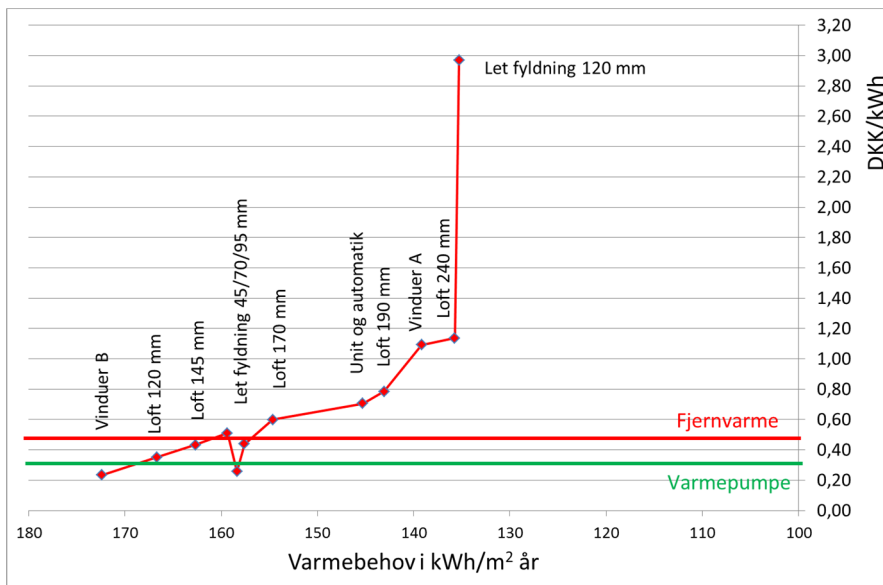
Forsyningsomkostning kontra energioptimering ved renovering

I det følgende sammenlignes omkostningsniveau ved energioptimering i eksisterende bygninger i forbindelse med renovering af andre årsager med de samfundsøkonomiske forsyningsomkostninger. Omkostningerne ved energioptimering af bygningerne er trukket fra *SBi 2013:25 Cost-*

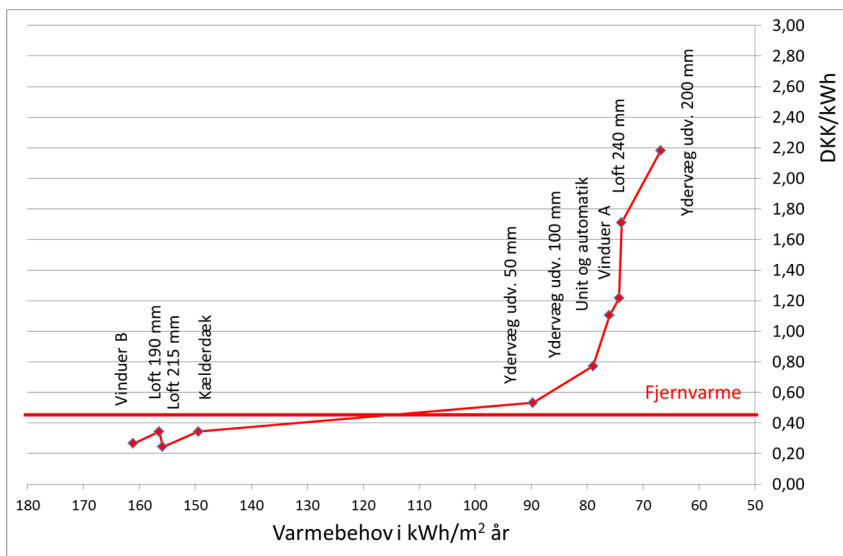
optimal levels of minimum energy performance requirements in the Danish Building Regulations, og de samfundsøkonomiske forsyningsomkostninger er beregnet under afsnittet; Samfundsøkonomiske omkostninger ved forsyning. Samfundsøkonomien ved energioptimering i bygningerne og forsyningsomkostningerne er alle opgjort over en 30-årig periode med en diskonteringsrente på 4 pct. p.a., se Figur 9 - Figur 12.



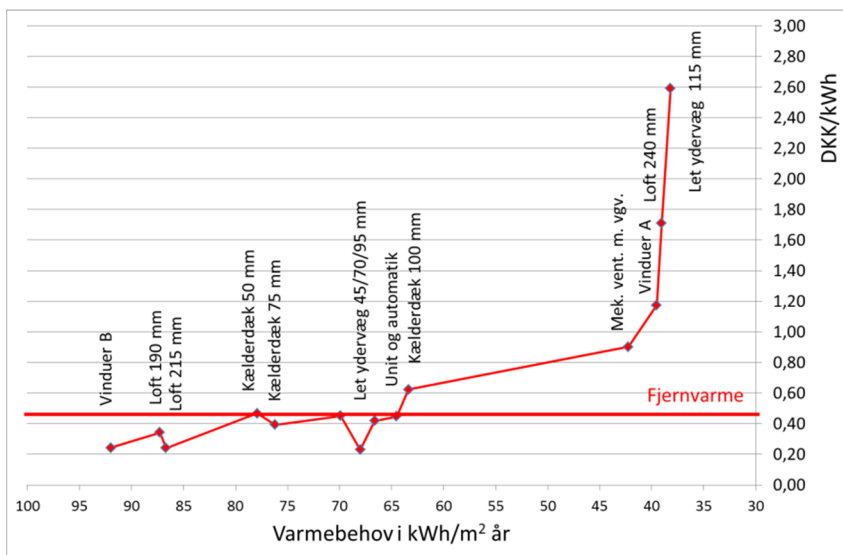
Figur 9. Enfamiliehus 1930. Samfundsøkonomien ved energioptimering i bygningen og de tilsvarende forsyningsomkostninger.



Figur 10. Enfamiliehus 1960. Samfundsøkonomien ved energioptimering i bygningen og de tilsvarende forsyningsomkostninger.



Figur 11. Etagehus 1930. Samfundsøkonomien ved energioptimering i bygningen og de tilsvarende forsyningsomkostninger.



Figur 12. Etagehuset 1960. Samfundsøkonomien ved energioptimering i bygningen og de tilsvarende forsyningsomkostninger.

De fleste tiltag i bygningerne er samfundsøkonomisk mere gunstige end de alternative forsyningsomkostninger. A-mærkede vinduer, store isoleringstykkelser og udvendig efterisolering er dog samfundsøkonomisk dyrere end de tilsvarende forsyningsalternativer. Med de nuværende regler i BR 15, herunder reglerne om rentabilitet i forbindelse med ombygning og vedligeholdelse af bygningsdele, er disse tiltag normalt ikke påkrævet.

Generelt kan etageejendommene komme ned på et forholdsvist lavt varmebehov ved at gennemføre samfundsøkonomisk rentable energibesparelser i forbindelse med renovering af andre årsager. Til gengæld ser det ud til at de to eksempler på enfamiliehuse ligger noget højt i varmebehov - også efter renovering.

I Tabel 4 vises det forventede varmebehov efter renovering, når der gennemføres samfundsøkonomisk rentable energibesparelser i forbindelse med renovering af husene af anden årsag.

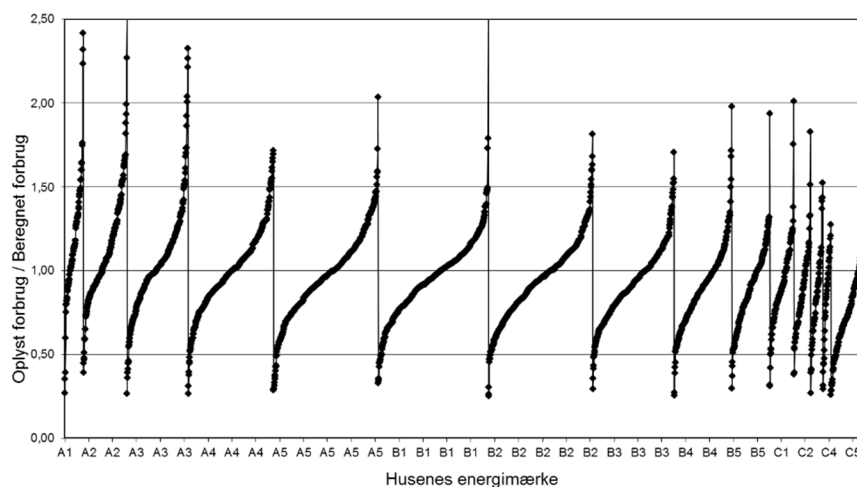
Tabel 4. Forventede varmebehov i gennemrenoverede enfamiliehus. Udgangspunkt er med 100 mm loftisolering og termoruder og ellers som oprindeligt bygget.

	Areal m ²	Udgangspunkt kWh/m ² år	Renoveret kWh/m ² år	Besparelse pct.
Enfamiliehus 1930 i ét-plan	100	252,2	152,3	40
	120	240,4	136,5	43
	150	233,5	130,9	44
	180	224,8	123,0	45
Enfamiliehus 1930 i 1½-plan	120	203,8	121,7	40
	150	193,1	112,1	42
	180	181,3	101,2	44
Fuldmuret enfamiliehus 1930 i ét-plan	100	344,4	102,0	70
Enfamiliehus 1960 i ét-plan	100	188,2	130,6	31
	120	177,1	121,3	32
	150	171,4	117,2	32
	180	163,4	112,6	31
Enfamiliehus 1960 i 1½-plan	150	150,0	100,2	33
	180	139,7	90,9	35
Gasbeton enfamiliehus 1960 i ét-plan	120	199,4	96,0	52

Generelt er det muligt at komme lidt længere ned i varmebehov i enfamiliehuset fra 1960'erne end det er i enfamiliehusene fra 1930'erne. Til gengæld er besparelsen størst i enfamiliehusene fra 1930'erne både i procent og i absolut værdi. Kun i det fuldmurede enfamiliehus fra 1930'erne og i gasbetonhuset fra 1960'erne er der inkluderet udvendig efterisolering af ydervæggene i renoveringen.

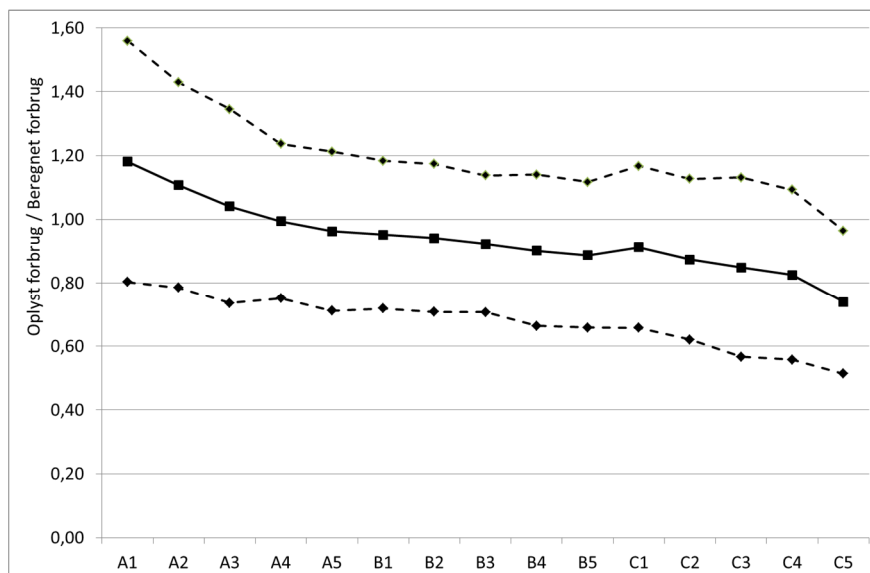
De forventede varmebesparelser i eksemplerne ovenfor stemmer tilnærmelsesvist overens med resultaterne fra rapporten *SBi 2014:01 Potentielle varmebesparelser ved løbende bygningsrenovering frem til 2050*.

Effekt af energifokus for faktiske varmeforbrug i eksisterende bygninger



Figur 13. Oplyst og beregnet varmeforbrug i 3345 naturgasopvarmede enfamiliehuse fordelt efter energimærke i den gamle energimærkningsordning fra før 2006. Alle mærker sorteret.

I Figur 13 er vist forholdet mellem oplyst og beregnet forbrug i 3345 naturgasopvarmede enfamiliehuse fordelt efter energimærke i den gamle energimærkningsordning fra før 2006. Huse med brændeovne, elradiatorer, varmepumper og lignende er frasorteret. I Figur 14 er vist gennemsnit og spredning for hvert mærke. I de A-mærkede huse er det oplyste varmeforbrug typisk større end det beregnede varmeforbrug, mens det oplyste varmeforbrug typisk er mindre end det beregnede forbrug i de C-mærkede huse.



Figur 14. Oplyst og beregnet varmeforbrug i 3345 naturgasopvarmede enfamiliehuse fordelt efter energimærke i den gamle energimærkningsordning fra før 2006. Gennemsnit og spredning for hvert mærke.

Energistyrelsen har i en rapport fra juli 2016 til BedreBolig-ordningen undersøgt den såkaldte "reboundeffekt" for opvarmning af boliger. Når en bolig isoleres bedre, medfører det mindre behov for varme. Imidlertid vælger beboerne ofte i større eller mindre grad at udnytte en del af gevinsten ved den bedre bygning til at øge komforten. For eksempel kan de vælge en højere

indendørstemperatur eller at opvarme en større del af bygningen. I rapporten undersøges sammenhængen mellem parcelhuses teknisk beregnede energibehov og det faktiske varmeforbrug af fjernvarme, naturgas og olie. Rapporten benytter energimærkers oplysninger om energibehovet og BBR-oplysninger om det faktiske varmeforbrug for individuelle parcelhuse.

Det er forsøgt at korrigere resultatet for forbruget af el til bygningsdrift og for supplerende varmekilder, særligt brænde i brændeovne. Forbruget af brænde til opvarmning er relativt stort. Hvis det antages, at al brændeforbruget bruges i parcelhuse, svarer brændeforbruget til 31 kWh pr. m² pr. år. Supplerende opvarmning bruges mest i ældre boliger. Derfor forventes det, at supplerende opvarmning også bruges mest i huse med ringe energistandard. Det er antaget, at der i gennemsnit bruges fire gange så meget supplerende opvarmningsenergi i bygninger med energimærke G som D, og at der ikke bruges brænde i huse med energimærke A, B og C.

Tabel 5. Teknisk beregnet behov for og faktisk forbrug af energi til opvarmning, inkl. supplerende opvarmningskilder.

Energimærke	Korrigeret behov kWh/m ² /år	Korrigeret forudsagt forbrug kWh/m ² /år
B	81	88
C	128	115
D	175	157
E	224	195
F	286	229
Ændring B til F	205	141
Ændringer sat i forhold til hinanden		141/205 = 69 procent
Reboundeffekt		31 procent

I Tabel 1 er sammenhængen mellem behov og forbrug, og dermed "reboundeffekten" vist. Med korrektionerne bliver "reboundeffekten" 31 pct.

- Reboundeffekten er større, desto større huset er. Det kan forklares ved, at der i store boliger er bedre muligheder for at vælge, hvor stort areal, der skal opvarmes.
- Reboundeffekten er også større, hvis der er kælder i boligen. Det kan tolkes på samme måde som for arealet. Der er ikke fundet samme effekt for tagetager.
- Reboundeffekten er større, hvis huset er opvarmet med olie.



OM RAPPORTEN

Energiforbrug i bygninger udgør næsten 40 pct. af det samlede energiforbrug i Danmark. I bygninger bruges energien primært til opvarmning, køling og drift. Dermed er der dels et væsentligt potentiale for energieffektivisering, men også muligheder for et samspil mellem energiforsyning og bygninger, når det gælder håndtering af mere fluktuerende energikilder, som karakteriserer fremtidens energiforsyning.

Energifonden vil med dette "Roadmap for bygningers rolle i den grønne omstilling" bidrage med input og sigtelinjer, der gerne skal understøtte den danske og internationale vej frem mod et samfund fri af fossile energikilder, og dermed bidrage til realiseringen af FN's mål for reduktion af den globale opvarmning.

ENERGIFONDEN

www.energifonden.net

ROADMAP

2030

- Bygningers rolle i den grønne omstilling