



Analyse af det samfundsøkonomiske potentiale for energibesparelser



Oktober 2019

Udarbejdet for SYNERGI og Renovering på dagsordenen af:

Ea Energianalyse
Gammeltorv 8, 6. tv.
1457 København K
T: 60 39 17 16
E-mail: info@eaea.dk
Web: www.eaea.dk

Indhold

1	Sammenfatning	4
1.1	Metode	4
1.2	Hovedresultater.....	7
2	Metode og datagrundlag	12
2.1	Datagrundlag og litteraturvalg	13
2.2	Samfundsøkonomiske omkostninger til forsyning af energi.....	19
2.3	Multiple benefits	22
3	Resultater	26
3.1	Indregning af varmepumper som energibesparelser	32
3.2	Betydning af rebound effekten	33
3.3	CO ₂ -reduktionspotentiale.....	34
4	Barrierer og virkemidler.....	36
4.1	De væsentligste overordnede virkemidler	36
4.2	Barrierer for implementering af energisparetiltag.....	38
4.3	Virkemidler til at fremme energibesparelser	39
5	Udvalgte referencer.....	42
	Bilag A: Endelig energiforbrug, 2017, ekskl. transport	43
	Bilag B: Omregningstabeller mellem energienheder.....	44

1 Sammenfatning

Indledning

Et enigt folketing har i energiaftalen fra juni 2018 aftalt, at Danmark vil arbejde mod netto-nuludledning i overensstemmelse med Paris-aftalen og for et mål om netto-nuludledning i EU og i Danmark senest i 2050.

Analyser fra bl.a. Klimarådet, Energikommissionen og tidligere Klimakommissionen peger på, at både vedvarende energi og energieffektiviseringstiltag er vigtige virkemidler for at nå de langsigtede målsætninger så billigt som muligt.

På foranledning af SYNERGI og Renovering på dagsordenen har Ea Energianalyse foretaget en analyse af det samfundsøkonomiske potentiale for energibesparelser frem mod 2050. Genstandsfeltet for analysen er det endelige energiforbrug inden for produktionserhverv, handel og service og husholdninger. På grund af utilstrækkeligt datagrundlag er visse anvendelsesområder dog ikke medtaget i analysen, det drejer sig om ikke-opvarmningsrelateret elforbrug i husholdninger samt anvendelse af el i apparater indenfor handel og service.

Nærværende rapport giver først en kortfattet opsummering af hovedresultater og metode efterfulgt af en mere detaljeret gennemgang af fremgangsmåde, litteratur og resultater. Afslutningsvis præsenteres en indledende kortlægning af barrierer for at implementere energibesparelser og virkemidler til at fremme energisparetiltag.

1.1 Metode

Energiforbruget inden for de områder, som analysen omfatter, udgjorde i alt ca. 350 PJ i 2017. Heraf knap 300 PJ brændsler og varme og godt 50 PJ el. I 2005 blev der til sammenligning brugt skønsmæssigt 377 PJ inden for de samme områder. Reduktionen i energiforbrug fra 2017 i forhold til 2005 er sket inden for produktionserhvervene, mens energiforbruget i husholdninger og handel og service har været omtrent uændret.

Metodisk er analysen af det samfundsøkonomiske energisparepotentiale grebet an via tre delanalyser af dels:

- **Direkte omkostninger til energibesparelser**, dvs. meromkostninger til køb af mere energieffektive apparater eller omkostninger til drift af mere energieffektive processer og praksisser.
- **Gevinsten for energisystemet** forbundet med et lavere energiforbrug, herunder omkostninger til nettilslutning, udbygning af elnettet og lagring. Gevinsterne er opgjort for 2030 og 2050. I 2050 er

energisystemet forudsat omstillet til 100 procent VE-baseret forsyning. Omkostninger til sparet CO₂ og øvrige emissioner (SO₂, NO_x, partikler mv) er indregnet som en del af forsyningsomkostningen.

- **Øvrige gevinster – såkaldte multiple benefits - forbundet med energibesparelser.** Fokus har været på værdisætning af sundhedsgevinster forbundet med energirenovering i form af bedre indeklime.

Det samfundsøkonomisk rentable niveau af energibesparelser er herefter bestemt ved at holde omkostninger til at gennemføre energibesparelser op imod de marginale samfundsøkonomiske omkostninger til forsyning af energi. Det skal understreges, at virkemiddelomkostninger til realisering af besparelserne ikke er kvantificeret.

Omkostninger til energibesparelser

Analysen af de direkte omkostninger til energibesparelser er så vidt muligt baseret på dansk litteratur og data, suppleret med internationale kilder og egne beregninger. De vigtigste kilder er:

- "Varmebesparelser i eksisterende bygninger", SBI, 2017: Danner grundlag for vurdering af energisparepotentialer i klimaskærmen.
- "Gevinster ved øget brug af data og digitalisering i bygninger", V&M, 2018: Input til besparelsepotentialer i bygningsinstallationer.
- "Optimizing the energy usage of Technical Building Systems", Ecofys, 2017: Input til besparelsepotentialer i bygningsinstallationer.
- "Kortlægning af energisparepotentialer i erhvervslivet", COWI, 2015: Danner grundlag for vurdering af energisparepotentialer i erhvervslivet.

Litteraturkortlægningen har vist, at datagrundlaget til at bestemme besparelsepotentialer og omkostninger inden for erhvervslivet og bygningsinstallationer er forholdsvis svagt. Kilderne er enten af ældre dato eller bygger i betydeligt omfang på udenlandske data, og der vurderes at være et potentiale for både metodiske og faglige forbedringer af potentialevurderingerne. Endelig fokuserer de fleste kilder alene på dagens teknologier og priser, hvilket står i modsætning til teknologikatalogerne inden for energiforsyning, som indeholder fremskrivninger helt frem til 2050.

Vi opfordrer derfor til, at der gennemføres opdaterede og mere grundige analyser af energisparepotentialer, særligt inden for erhvervslivet.

Gevinster ved energibesparelser

Gevinsterne ved energibesparelser består hovedsageligt i et mindre behov for produktion og indkøb af energi og besparelser i energiinfrastrukturen. Frem mod 2030 er det både fossil og grøn energi, der spares, og i 2050 er det alene grøn energi – primært el – der enten anvendes direkte i varmepumper i den individuelle og kollektive varmeforsyning eller til produktion af

biobrændstoffer og elektrofuels, som erstatning for gas og olie, der spares. Brændsels- og CO₂-prisforudsætninger for 2030 er baseret på Energistyrelsens samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger. Brændselspriserne i 2050 er forlænget ud fra de samfundsøkonomiske forudsætninger, da disse kun går til 2040.

I 2030 antages en CO₂-kvotepris på 189 kr./ton og en samfundsøkonomisk omkostning til reduktion af CO₂ i det ikke-kvotefattede område på 329 kr./ton.

Elprisen for 2030 og 2050 er beregnet med elmarkedsmodellen Balmorel og udtrykker en markedspris på el i et elsystem under omstilling til vedvarende energi. I 2030 udgør elmarkedsprisen 36 øre/kWh og i 2050, hvor CO₂-udledningen fra det samlede europæiske elsystem er reduceret med mere end 95 procent, er den beregnet til 38,5 øre/kWh. Fremskrivningen af elpriser på så lang sigt er selvsagt behæftet med en ikke ubetydelig usikkerhed relateret til blandt andet prisudviklingen for vedvarende energi, prisen på energilagring og udviklingen i elforbruget. Forudsættes eksempelvis en kraftig stigning i efterspørgslen på el til produktion af syntetiske brændstoffer, peger modelanalyserne på, at elprisen kan stige til omkring 44 øre/kWh i 2050.

Til elkundernes pris er dertil lagt omkostninger til forstærkning af det overordnede elnet og udbygning/forstærkning af lokale elnet.

For klassisk elforbrug i husholdningerne udgør den samfundsøkonomiske elpris 579 kr./MWh i 2030 stigende til 665 kr./MWh 2050. Netomkostningerne er lidt lavere end i Energistyrelsens beregningsforudsætninger, fordi de marginale omkostninger til håndtering af et ekstra elforbrug vurderes at være lavere end de gennemsnitlige netomkostninger.

Oveni de marginale energiforsyningsomkostninger er tillagt beregnede miljøskadeomkostninger baseret på emissionsfaktorer og miljøpriser oplyst i Energistyrelsens samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger. Generelt er miljøomkostningerne dog små, ca. 0-6 kr./GJ (0-2 øre/kWh), med undtagelse af biomasse anvendt i husholdninger.

Multiple benefits

Mange studier peger på, at der er en række afledte effekter ved energieffektiviseringer, her kaldet multiple benefits, som oftest ikke medregnes i vurderingen af energispareprojekter. Multiple benefits kan for eksempel omfatte forbedret forsyningsikkerhed, lavere ressourceforbrug, øget beskæftigelse, bedre komfort, øget produktivitet og indlæring og bedre indeklima. Mange af disse gevinster er vanskelige at værdisætte, og vi har

derfor afgrænset os til at se på gevinsterne forbundet med et bedre indeklima. I husholdninger inkluderes følgende effekter: mindre risiko for kondensdannelse på vægge og dermed lavere risici for dannelse af skimmelsvamp, mindre indendørsluftforurening som er relateret til øget forekomst af allergi, hjerte-lungesygdomme og kræft og reduceret vinterdødelighed pga. forbedret varmekomfort i fyringssæsonen. I erhvervsbyggeri inkluderes produktivetsgevinster, som er relateret til at isolering og optimering af ventilationssystemer kan give forbedret komfort og forbedret luftkvalitet.

Vi baserer os på resultater fra det EU-finansierede COMBI-projekt, ledet af det tyske Wuppertal institut, som peger på, at de sundhedsrelaterede multiple benefit gevinster i gennemsnit udgør godt 15 kr. per GJ sparet energi (~5 øre/kWh) – både i husholdninger og bygninger indenfor handel og service. Det svarer til i størrelsesordenen 15-20 procent af de sparede energiomkostninger i bygninger. De største sundhedsudfordringer ligger hos lavindkomstgrupperne, de såkaldt ”energi-fattige” og socialt sårbare, så hvis gevinsten på ca. 15 kr./GJ skal indfris, vil det formentligt kræve specifikke virkemidler målrettet de ”energi-fattige” og socialt sårbare, da disse grupper vil have vanskeligt ved selv at finansiere energibesparelser.

1.2 Hovedresultater

Det samfundsøkonomisk rentable niveau af energibesparelser findes ved at sammenholde de samfundsøkonomiske gevinster ved energibesparelser med omkostningerne til at realisere dem. Resultaterne opstilles herefter i en Marginal Abatement Cost (MAC) kurve, som rangerer tiltagene fra de mest kosteffektive energieffektiviseringsstiltag til de mindst kosteffektive. Tiltag, som har en negativ marginal netto-omkostning, er samfundsøkonomisk rentable at gennemføre.

Der er som nævnt betydelig usikkerhed forbundet med kvantificering af multiple benefits, ligesom opgørelsen af besparelsepotentialet i produktionserhverv er behæftet med en væsentlig usikkerhed, som bl.a. skyldes, at nogle tiltag kan have overlappende effekter. Derfor er der vist to MAC-kurver i figuren, en minimumvurdering hhv. en maksimumvurdering – som adskiller sig ved, om multiple benefits er indregnet og hvor mange af industripotentialerne, der indgår. Potentialerne er opgjort for 2030 hhv. 2050.

Energirenoveringer af bygninger er som hovedregel mest rentable at gennemføre, når bygningsejeren alligevel står over for at renovere bygningens klimaskærm. Det antages at ske med en 30 års cyklus, hvilket betyder, at det samfundsøkonomiske renoveringspotentiale nødvendigvis må indfris gradvist

frem mod 2050. I 2030 indregnes derfor kun en 1/3 af det samlede langsigtede økonomiske potentiale inden for energioptimering af bygningernes klimaskærm, mens det fulde potentiale indgår i 2050. Desuden forudsættes det, at 20 procent af den eksisterende bygningsmasse er udfaset og erstattet af nyt lavenergi-byggeri frem mod 2050.

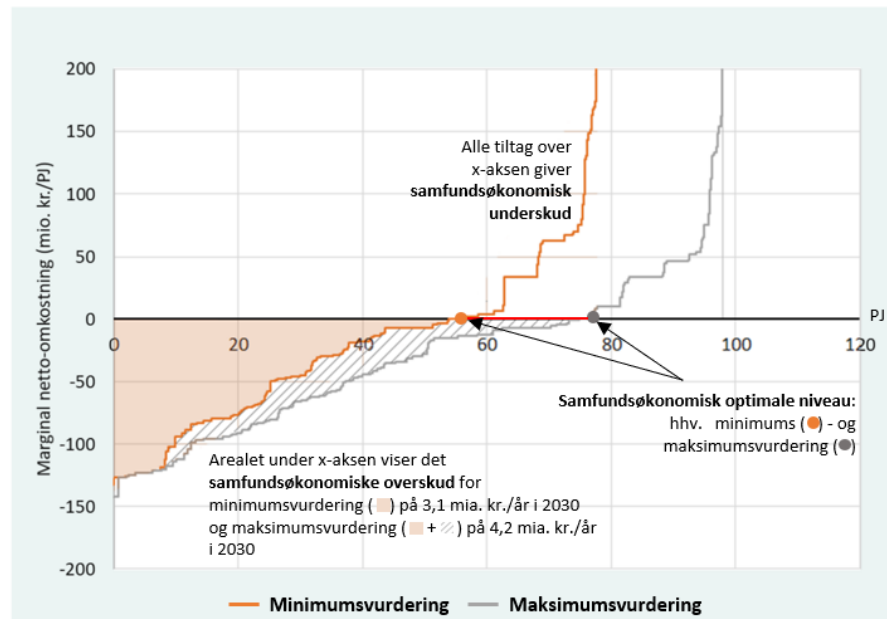
Det samlede
samfundsøkonomiske
besparelsepotentiale

I 2030 vurderes det samlede samfundsøkonomiske besparelsepotentiale på ovenstående baggrund at udgøre en reduktion på 15-21 procent sammenholdt med 2017. Tillægges den reduktion i energiforbruget, som er sket i perioden 2005 til 2017 inden for de samme forbrugsområder, bliver den totale reduktion i energiforbruget på 22-27 procent sammenholdt med 2005.

I 2050 øges det samfundsøkonomiske potentiale til mellem ca. 87 og 110 PJ. Det skal dog understreges, at potentialet i 2050 naturligvis er forbundet med større usikkerhed, bl.a. fordi analyserne af sparetiltag alene ser på de teknologier og priser, vi kender i dag.

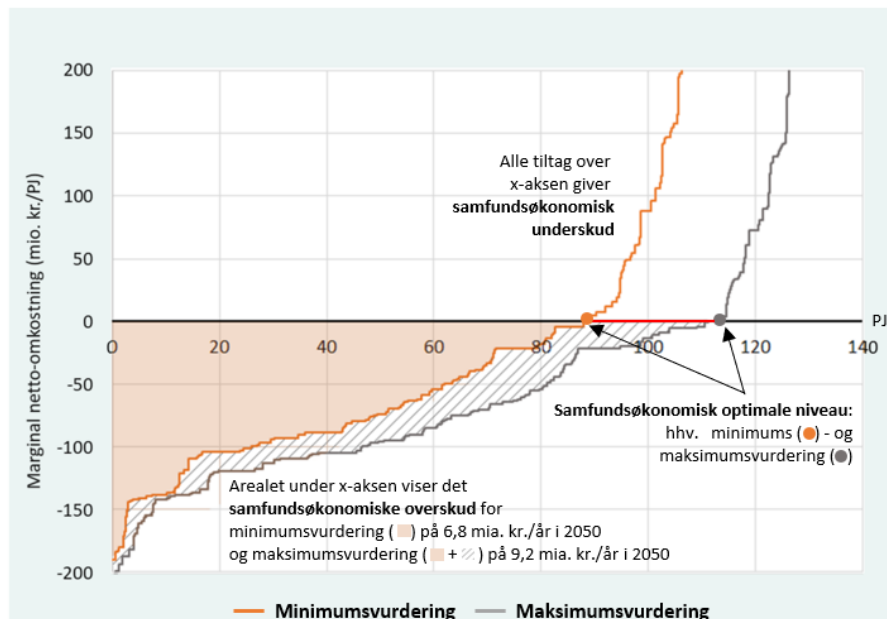
Uden multiple benefits og med minimumsvurderingen af potentialer i produktionserhvervene vurderes det årlige samfundsøkonomiske potentiale at udgøre ca. 3,1 mia. kr. i 2030 (arealet under x-aksen). Inklusive multiple benefits og med maksimumsvurdering af potentialer i produktionserhvervene vurderes det, at det årlige samfundsøkonomiske potentiale udgør ca. 4,2 mia. kr. i 2030. De tilsvarende årlige værdier frem mod 2050 er henholdsvis ca. 6,8 og 9,2 mia. kr.

MAC-kurve 2030



Figuren viser det samfundsøkonomisk optimale niveau af energibesparelser i 2030. Hver kurve rangerer energieffektiviseringstiltagene fra de mest kosteffektive til de mindst kosteffektive. Orange kurve: minimumsvurdering af potentiale, uden inklusion af multiple benefits (MB) og med lav vurdering af potentiale i industrien. Grå kurve: maksimumsvurdering af potentiale, med inklusion af multiple benefits (MB) og med høj vurdering af potentiale i industrien. Det samfundsøkonomiske overskud er illustreret ved det orange felt som et minimum plus det grå felt som maksimum. Det kan ikke samfundsøkonomisk betale sig at gennemføre de energibesparelser, der ligger efter ligevægtpunktet (over x-aksen).

MAC-kurve 2050

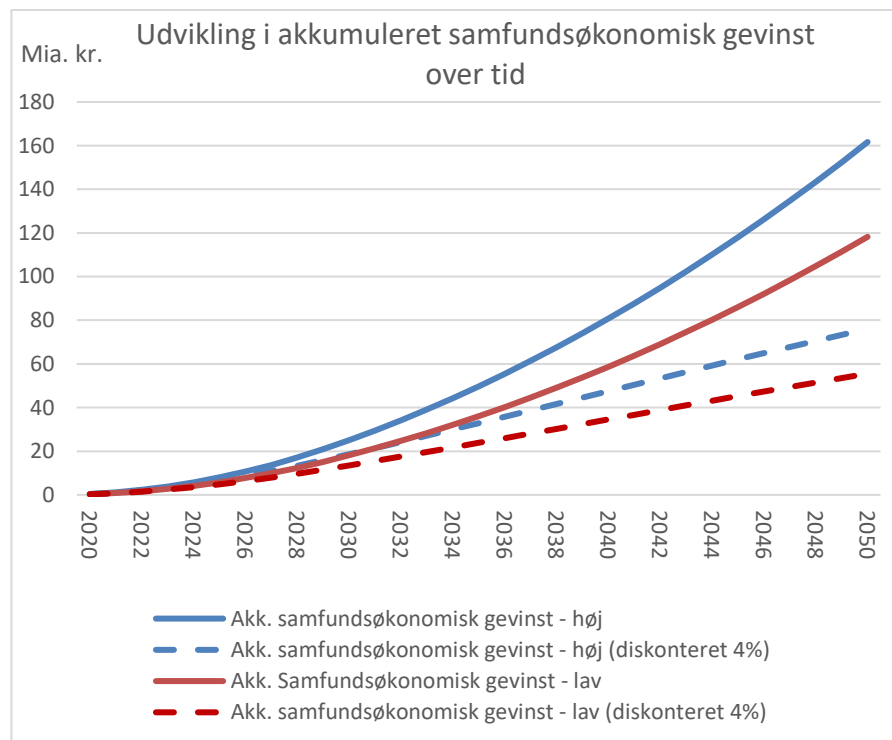


Figuren viser det samfundsøkonomisk optimale niveau af energibesparelser i 2050. Hver kurve rangerer energieffektiviseringstiltagene fra de mest kosteffektive til de mindst kosteffektive. Orange kurve: minimumsvurdering af potentiale, uden inklusion af multiple benefits (MB) og med lav vurdering af potentiale i industrien. Grå kurve: maksimumsvurdering af potentiale, med inklusion af multiple benefits (MB) og med høj vurdering af potentiale i industrien. Det samfundsøkonomiske overskud er illustreret ved det orange felt som et minimum plus det grå felt som maksimum. Det kan ikke samfundsøkonomisk betale sig at gennemføre de energibesparelser, der ligger efter ligevægtpunktet (over x-aksen).

Figur 1. MAC-kurver for energibesparelser i 2030 og 2050.

Akkumulerede gevinster frem mod 2050

De akkumulerede samfundsøkonomiske gevinster frem mod 2050 ses i figur 3. I grafen vises både det høje og det lave estimat af den samfundsøkonomiske gevinst (altså med og uden multiple benefits og de tværgående potentialer). Den akkumulerede samfundsøkonomiske gevinst er i det høje scenarie ca. 162 milliarder kroner uden diskontering i 2050. Med en diskonteringsrente på 4 procentprocent, som er Finansministeriets anbefalede diskonteringsrente til samfundsøkonomiske analyser på tværs af sektorer, er den akkumulerede værdi i 2050 ca. 76 milliarder kroner. Hvis multiple benefits og de tværgående potentialer ikke medtages, bliver værdien af de samfundsøkonomiske energibesparelser ca. 118 milliarder kroner i 2050 og ca. 56 milliarder kroner, hvis værdien diskonteres med 4 procent årligt.



Figur 2: Akkumuleret samfundsøkonomisk potentiale med og uden multiple benefits og Tværgående Potentialer frem mod 2050 med og med og uden diskontering af fremtidig værdi med 4 procent årligt.

Effekt af mere energieffektive opvarmningsinstallationer

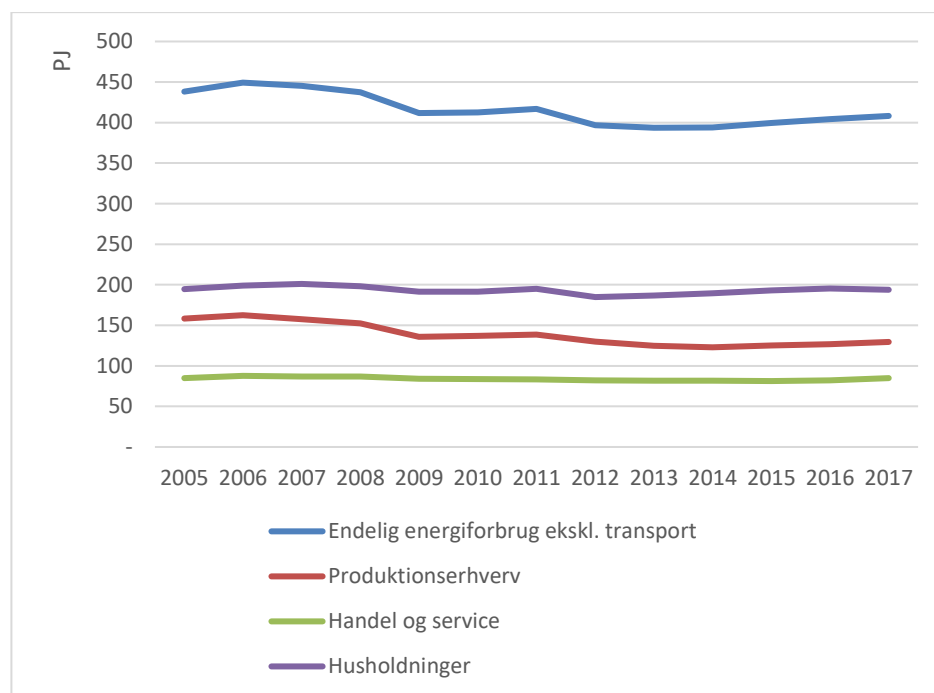
Det er ikke entydigt hvilke energimæssige tiltag, der bør betragtes som besparelser. Bedre isolering og mere energieffektive belysningskilder er åbenlyst energibesparelser, derimod er det ikke entydigt, om udskiftning af et oliefyr med en varmepumpe er en energibesparelse, eller om det snarere bør betragtes som et skift i forsyningsform. De økonomiske analyser præsenteret ovenfor omfatter ikke energieffektivisering opnået ved skift i forsyningsform eller skift til mere energieffektive opvarmningsteknologier. Fx er mere effektive fyr ikke medtaget inden for opvarmning af boliger og handel og

service. Inden for produktionserhverv, hvor anvendelsen af brændsler primært går til produktion af procesvarme, er den type tiltag dog inkluderet.

Særligt udbredelsen af flere individuelle varmepumper på bekostning af oliefyr og biomassefyr vurderes at medføre en væsentlig samfundsøkonomisk rentabel reduktion i energiforbruget, idet en varmepumpe typisk kun bruger 1/3 så meget el som den varme, den leverer. Indregnes denne effekt som en energibesparelse er vurderingen, at energireduktionen i 2030 vil ligge på mellem 27 og 33 procent, hvis 2005 anvendes som udgangspunkt.

2 Metode og datagrundlag

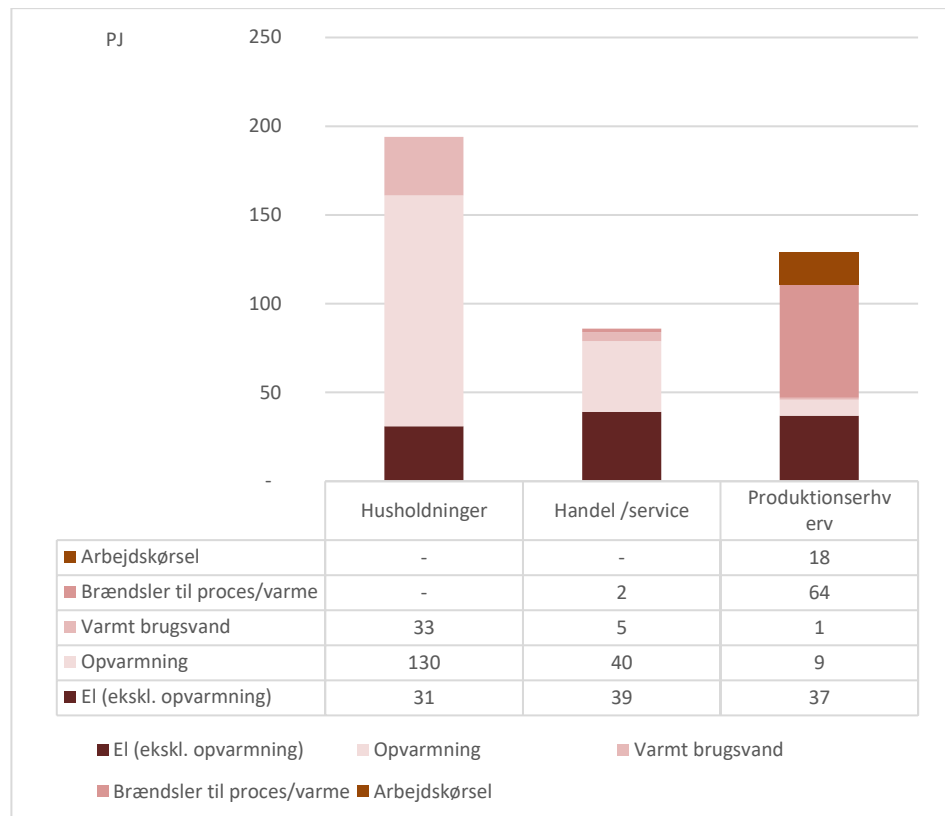
Siden 2005 er det klimakorrigerede endelige energiforbrug i Danmark, eksklusiv transport, faldet med syv procent fra 438 PJ til 408 PJ i 2017. Går man bag om tallene ses det, at faldet i forbrug alene er sket i produktionserhvervene, hvor energianvendelsen er faldet med 18 procent over perioden, mens energiforbruget i husholdninger og handel og service ligger ret præcist på samme niveau som i 2005.



Figur 3: Udvikling i det endelige klimakorrigerede energiforbrug i Danmark for perioden 2005-2017. Kilde: Energistyrelsens Energistatistik.

Energiforbrugets
fordeling på sektorer og
anvendelser

Figur 2 viser fordelingen af det endelige energiforbrug i 2017, eksklusiv transport på sektorer og primære anvendelsesområder. Den største andel af det endelige energiforbrug ligger hos husholdningerne, hvor opvarmning står for ca. 75 procent af energiforbruget. Den næststørste sektor er produktionserhvervene, hvor særligt brændsler til proces/varme udgør en stor del af energiforbruget. Inden for handel/service er energiforbruget til rumvarme og elektricitet omtrent lige store.



Figur 4: Fordeling af det endelige energiforbrug fordelt på sektorer og anvendelser i 2017. Egen opdeling på baggrund af Energistyrelsens Energistatistik og opgørelser i rapporten "Gevinster ved øget brug af data og digitalisering i bygninger", V&M, 2018

2.1 Datagrundlag og litteraturvalg

Som udgangspunkt har analysen søgt at afdække det samlede energibesparelspotentiale, eksklusive transportsektoren. Imidlertid har manglende datagrundlag på bestemte områder nødvendiggjort, at visse områder ikke er blevet medtaget. Det drejer sig særligt elforbrug, der ikke er relateret til opvarmning, i husholdninger samt anvendelse af apparater i handel og service. Genstandsfeltet for analysen er derfor i alt godt 350 PJ. Heraf knap 300 PJ brændsler og varme og godt 50 PJ el. I 2005 blev der til sammenligning brugt skønsmæssigt 381 PJ inden for de samme områder.

Hvilke typer besparelser indregnes?

Det er ikke entydigt hvilke energimæssige tiltag, der bør betragtes som besparelser. Bedre isolering og mere energieffektive belysningskilder er åbenlyse energibesparelser, mens det derimod ikke er entydigt om udskiftning af et oliefyr med en varmepumpe er en energibesparelse, eller om det snarere bør betragtes som et skift i forsyningsform. Ved opgørelsen af det økonomiske besparelspotentiale i dette projekt er skift i forsyningsform eller skift til mere energieffektive opvarmningsteknologier (fx mere effektive fyr) ikke medtaget inden for opvarmning af boliger og handel- og service. Inden for produktionserhverv, hvor anvendelsen af brændsler primært går til produktion af procesvarme, er den type tiltag dog inkluderet.

Afslutningsvis er der desuden foretaget en overordnet vurdering af, hvor meget det samlede besparelspotentiale i 2030 og 2050 forøges, såfremt skift til varmepumper inden for opvarmning af boliger og handel- og service betragtes som en energieffektivisering.

Tre delanalyser

Metodisk er analysen af det samfundsøkonomiske energisparepotentiale grebet an via tre delanalyser af dels:

- **Direkte omkostninger til energibesparelser**, dvs. meromkostninger til køb af mere energieffektive apparater eller omkostninger til drift af mere energieffektive processer og praksisser. Virkemiddelomkostninger til realisering af besparelserne er ikke kvantificeret.
- **Gevinsten for energisystemet** forbundet med et lavere energiforbrug, herunder omkostninger til nettilslutning, udbygning af elnettet og lagring. Gevinsterne er opgjort for 2030 og 2050. I 2050 er energisystemet forudsat omstillet til 100 procent VE-baseret forsyning. Omkostninger til sparet CO₂ og øvrige emissioner (SO₂, NO_x, partikler mv.) er indregnet som en del af forsyningsomkostningen.
- **Øvrige gevinster – såkaldte multiple benefits - forbundet med energibesparelser**. Fokus har været på værdisætning af sundhedsgevinsterne forbundet med energirenovering i form af bedre indeklimate.

Litteratur

På baggrund af ovenstående opgøres det samlede økonomiske potentiale for energibesparelser frem mod hhv. 2030 og 2050. De direkte omkostninger til energibesparelser er så vidt muligt baseret på dansk litteratur og data, da det kan være vanskeligt at overføre udenlandske erfaringer til en dansk kontekst. Inden for enkelte områder er der dog suppleret med internationale kilder. De vigtigste kilder for datagrundlaget er:

- "Varmebesparelser i eksisterende bygninger", SBI, 2017: Danner grundlag for vurdering af energisparepotentialer i klimaskærmen.
- "Samfundsøkonomisk værdi af varmesbesparelser", Ea Energianalyse, 2018: Delvist baseret på SBI rapporten fra 2017. Leverer blandt andet varmforsyningsomkostninger for enfamiliehuse og større bygninger.
- "Gevinster ved øget brug af data og digitalisering i bygninger", V&M, 2018: Danner grundlaget for vurdering af varmfordeling i husholdninger og handels- og serviceerhverv.
- "Optimizing the energy usage of Technical Building Systems", Ecofys, 2017: Danner grundlaget for vurdering af rumvarme og ventilation i husholdninger og handels- og serviceerhverv.
- "Kortlægning af energisparepotentialer i erhvervslivet", COWI, 2015

Analysen af det samlede sparepotentiale i Danmark er foretaget på tre hovedområder:

- 1) En analyse af besparelspotentialet i klimaskærmen – altså den ydre del af en bygning, der skærmer det indre. Analysen omhandler bygninger indenfor sektorerne husholdninger og handel og service, men ikke bygninger i produktionserhvervene
- 2) En analyse af bygningsinstallationer såsom termostater, isolering af rør og intelligent styring af varmeinstallationer. Analysen omfatter bygninger indenfor sektorerne husholdninger og handel og service, men ikke bygninger i produktionserhvervene
- 3) En analyse af besparelser i erhvervslivet, som hovedsageligt vedrører produktionserhvervene.

Optimering af klimaskærm

Ea Energianalyse udarbejdede i 2018 rapporten *”Samfundsøkonomisk værdi af varmebesparelser”* for Renovering På Dagsordenen. Fra rapporten anvendes energisparepotentialer for forskellige kategorier af enfamiliehuse og større bygninger og varmforsyninger. Modellen er bygget op omkring syv scenarier, hvor tiltag i hvert scenarie er additive til de forudgående. Tabel 1 neden for viser de syv scenarier produceret af SBi, som den oprindelige rapport var baseret på. Typisk var scenarierne op til 4, og i nogen tilfælde 5, samfundsøkonomisk rentable. Den oprindelige rapport regnede frem til 2050 og er blevet opdateret med energiforbrug og forsyningsomkostninger til 2030.

Scenarie #	Simpelt overblik over scenarieindhold
0	Udgangspunkt uden tiltag
1	Minimum ved basal renovering af bygningsdele til byggeteknisk acceptabel standard
2	Scenarie 1 + Isolering af tomme hulmure
3	Scenarie 2 + Vinduer med energimærke A
4	Scenarie 3 + Nogen isolering på tag og loft
5	Sædvanlig god praksis for isolering ved renovering (heri indeholdt scenarie 4)
6	Energifokus ved isolering af renoverede bygningsdele (heri indeholdt scenarie 5)
7	Scenarie 6 + efterisolering af loft og tag som er isoleret svarende til scenarie 6

Tabel 1. Oversigt over energieffektiviseringsscenarierne i *”Samfundsøkonomisk værdi af varmebesparelser”*.

Optimering af bygningsinstallationer

Analysen *”Gevinster ved øget brug af data og digitalisering i bygninger”* (Viegaand og Maagøe, 2018) anvendes til at beskrive mulighederne for at optimere bygningsinstallationer inden for opvarmning, belysning og ventilation i private og offentlige bygninger. Tiltagene beskrevet i Viegaand og Maagøe rapporten dækker primært over termostater i boliger, sensorer og

intelligent styring af belysning, ventilation og køling i kontorbygninger. Omkostningerne forbundet med disse tiltag er baseret på en amerikansk rapport *"Smart Buildings: Using Smart Technology to Save Energy in Existing Buildings"* produceret af American Council for an Energy-Efficient Economy. Rapporten gennemgår en række sparetiltag og angiver tilbagebetalingstider for tiltagene, som er blevet konverteret til en dansk kontekst. Visse af priserne er dog markant højere, end hvad der indikeres hos flere installatører og sælgere af løsningerne i Danmark, og i disse tilfælde er priserne derfor blevet justeret.

Viegand og Maagøe rapporten suppleres med tiltag fra en Europæisk analyse, *"Optimizing the energy usage of Technical Building Systems"*, udarbejdet af Ecofys. I rapporten analyseres en lang række tiltag til optimering af varmeinstallationer i enfamiliehuse, flerfamilie bygninger og kontorbygninger. En række af tiltagene overlapper med tiltag i ovennævnte rapport fra Viegand og Maagøe rapporten og er derfor ikke medtaget. De tiltag, der er medtaget, omhandler primært bedre isolering af vandførende rør og dimensionering af pumper mm. De opgjorte energibesparelser er reduceret med 15 procent for at reflektere en højere bygningsstandard i Danmark i forhold til Tyskland. I rapporten er de samlede investeringsomkostninger og den økonomiske levetid for tiltagene angivet, og netto-marginalomkostningerne udregnes.

Energibesparelspotentialerne inden for optimering af bygningsinstallationer korrigeres, fordi en del af klimaskærmen på bygningsmassen løbende forbedres (optimering af klimaskærm antages således beregningsmæssigt at ske før optimeringsbygninginstallationer), og sparepotentialerne derfor mindskes over tid. I 2030 antages en tredjedel af bygningsmassen at være effektiviseret med ca. 30 procent, svarende til ca. 10 procent reduktion af opvarmningspotentialet, mens tallet i 2050 dækker over hele bygningsmassen og svarer til ca. 30 procent. Det lavere energiforbrug medfører både et lavere besparelspotentiale og relativt højere investeringsomkostninger forbundet med sparetiltagene.

Datagrundlag for energibesparelser i erhverv

Energisparepotentialerne i erhvervslivet er som nævnt oven for baseret på rapporten *"Kortlægning af energisparepotentialer i erhvervslivet"* udarbejdet af COWI i 2015 for Energistyrelsen. De bagvedliggende regneark har været stillet til rådighed i forbindelse med denne analyse. Analysen beror grundlæggende på to delanalyser: En forudgående analyse foretaget af Viegand og Maagøe i 2010 af energisparepotentialerne, som er opdateret til 2015-tal og en række analyser af konkrete energispareprojekter baseret på konkrete teknologier. På baggrund af ekspertudsagn, 2015-cases samt den

tidligere vurdering af potentialerne fra 2010 er der foretaget en samlet vurdering af besparelspotentialerne i 2015.

I 2015 vurderingen indgår 633 tekniske potentialer fordelt på 17 områder samt tre områder, hvor potentialerne går på tværs af de andre områder, og derfor ikke simpelt kunne indpasses deri. Energiforbruget inden for de 17 områder udgør tilsammen ca. 142 PJ, svarende til 71 procent af det anslåede energiforbrug i dansk erhvervsliv i 2015. De 17 områder inddeles i to overordnede grupper: Områder, hvor det ikke er elektricitet, der anvendes, og som står for ca. 70 procent af det opgjorte forbrug, og en anden gruppe, hvor det er elektricitet, der er den primære kilde.

I arbejdet med det bagvedliggende regneark blev der identificeret en metodisk fejl i udregningen af tilbagebetalingstiderne på casene for konkrete energispareteknologier. Fejlen medførte at nogle af de beregnede tilbagebetalingstider for tiltagene i regnearket var markant overvurderede, og derfor ikke blev anset for samfundsøkonomiske. Det er dog ikke muligt at vurdere konsekvensen for rapportens endelige vurderinger, og potentialerne fra kilden fastholdes derfor,¹ selvom de økonomiske vurderinger muligvis er for konservative.

Beregning af
sparepotentiale i
erhvervslivet

COWI's opgørelse af sparepotentialer i erhvervslivet angiver ikke direkte tiltagenes omkostningsniveau, men opgør simple privat økonomiske tilbagebetalingstider og besparelspotentialer i forbindelser med de enkelte tiltag. Ud fra data om energipriser for forskellige brancher inden for produktionserhvervene, som også findes i rapporten, kan investeringsbehovet imidlertid estimeres.

Investeringsomkostningen annualiseres derefter ud fra tiltagets økonomiske levetid, den samlede beregnede investeringsomkostning og en antaget samfundsøkonomisk realrente på 4 procent, så den kan sammenholdes med den annualiserede besparelse. Der er regnet med en økonomisk levetid på maksimalt 10 år for alle tiltag inden for produktionserhverv ud fra en betragtning om, at produktionsprocesser og konjunkturer ændrer sig over tid, så selv om et tiltag har en væsentlig længere teknisk levetid vil tiltaget som gennemsnit kun have værdi for virksomheden i 10 år. For nogle tiltag, særligt de der omhandler driftsoptimeringer, er der anvendt væsentligt kortere økonomiske levetider end de 10 år. Forskellen mellem den annualiserede investeringsomkostning og besparelse giver de marginale nettoomkostninger.

¹ Potentialerne i COWI rapporten kan dog være undervurderede

De største sparepotentialer findes inden for områderne belysning og rumvarme med samlede sparepotentialer på hhv. ca. 10,7 PJ og 5,2 PJ. svarende tilsammen til 42 procent af det samlede sparepotentiale, hvis de tværgående potentialer ikke medregnes. De næststørste områder er opvarmning/kogning med 3,8 PJ sparepotentialer, dernæst tørring, trykluft, pumpning og rumventilation med sparepotentialer på hhv. 3,4 PJ, 2,9 PJ, 1,9 PJ og 1,9 PJ. Tilsammen har de 17 områder et samlet sparepotentiale på ca. 38 PJ.

Potentielt kan der være et lille overlap mellem de rumvarmepotentialer, der identificeres i COWI analysen og de potentialer, der er opgjort i analyserne vedrørende klimaskærm og bygningsinstallationer. Langt størstedelen af COWIs besparelsepotentiale inden rumvarme vedrører imidlertid tiltag, som varmegenvinding på ventilationsanlæg og varmepumper, som ikke er behandlet i de to foregående analyser. Desuden anvendes en bredere base for erhvervslivets energiforbrug idet COWIs analyse omfatter energiforbruget til opvarmning inden for både privat handel og service og produktionserhvervene.

Der er antaget, at COWI rapportens potentialer, opgjort i 2015, også er gældende i dag. Der er givetvis blevet indfriet potentialer i den mellemliggende periode i erhvervslivet, men i historien har vist, at der over tid udvikles nye teknologier og mere effektive teknologier, som kan bringes i spil.

Tværgående potentialer i erhvervslivet

Udover de besparelser som COWI-rapporten identificerer på 17 områder, opgøres der også tre såkaldte tværgående sparepotentialer inden for områderne automation, overskudsvarme og procesintegration og elmotorer og transmission. Disse tværgående potentialer er delvist indeholdt i de andre 17 områder, og det reelle potentiale må derfor ventes at ligge mellem besparelserne på de 17 områder med og uden de tværgående potentialer inkluderet. Overskudsvarme har et samlet sparepotentiale på 10,9 PJ, elmotorer og transmission 5,7 PJ og automation 3,7 PJ. Det samlede maksimale sparepotentiale på de tværgående potentialer er 20,2 PJ.

Alle investeringsomkostningerne forbundet med energibesparelser er annualiseret ud fra diskonteringsrente på 4 procent som anbefalet af Finansministeriet.

2.2 Samfundsøkonomiske omkostninger til forsyning af energi

For at bestemme det samfundsøkonomisk optimale niveau af energibesparelser må omkostningerne til at spare energi holdes op imod de marginale samfundsøkonomiske omkostninger til forsyning af energi.

Generelle
forudsætninger

Analysen af de marginale forsyningsomkostninger er baseret på egne beregninger. I 2030 forudsættes energisystemet at være godt på vej i den grønne omstilling, og i 2050 forudsættes en næsten 100 procent VE-baseret energiforsyning. Brændsels- og CO₂- prisforudsætninger for 2030 er baseret på Energistyrelsens samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger. I 2030 antages en CO₂-kvotepris på 189 kr./ton og en samfundsøkonomisk omkostning til reduktion af CO₂ i det ikke-kvotefattede område på 329 kr./ton.

Brændselspriserne i 2050 er forlænget ud fra de samfundsøkonomiske forudsætninger, da disse kun går til 2040.

Elprisen for 2030 og 2050 er beregnet med elmarkedsmodellen Balmorel og udtrykker en markedspris på el i et elsystem under omstilling til vedvarende energi. I 2030 udgør elmarkedsprisen 36 øre/kWh og i 2050, hvor CO₂-udledningen fra det samlede europæiske elsystem er reduceret med mere end 95 procent, er den beregnet til 38,5 øre/kWh. Fremskrivningen af elpriser på så lang sigt er selvsagt behæftet med en ikke ubetydelig usikkerhed relateret til blandt andet prisudviklingen for vedvarende energiteknologi, prisen på energilagring og udviklingen i elforbruget. Forudsættes eksempelvis en kraftig stigning i efterspørgslen på el til produktion af syntetiske brændstoffer peger modelanalyserne på, at elprisen kan stige til omkring 44 øre/kWh i 2050.

Til elkundernes pris er dertil lagt omkostninger til forstærkning af det overordnede elnet og udbygning/forstærkning af lokale elnet. For klassisk elforbrug i husholdninger udgør den samfundsøkonomiske elpris 57,9 øre/kWh i 2030 stigende til 66,5 øre/kWh i 2050, mens den for elforbrug i industrien udgør 51,5 øre/kWh i 2030 og 57,0 øre/kWh i 2050.

Netomkostningerne er lidt lavere end i Energistyrelsens beregningsforudsætninger, fordi de marginale omkostninger til håndtering af et ekstra elforbrug vurderes at være lavere end de gennemsnitlige netomkostninger. I 2030 indregnes således halvdelen af den nuværende forbrugsafhængige distributionstarif, mens ¾ af den nuværende distributionstarif indregnes i 2050. Energinets nettatariffer indregnes fuldt ud både i 2030 og 2050.

Oveni de marginale energiforsyningsomkostninger er tillagt beregnede miljøskadeomkostninger baseret på emissionsfaktorer og miljøpriser oplyst i Energistyrelsens samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger. Generelt er miljøomkostningerne dog små, ca. 0-6 kr./GJ (0-2 øre/kWh), med undtagelse af biomasse anvendt i husholdninger.

Varmeforsyning frem mod 2030

De marginale varmforsyningsomkostninger er beregnet for 2030 og 2050 og er estimeret for to bygningstyper – enfamiliehuse og større bygninger. Enfamiliehuse repræsenterer parcelhuse og rækkehuse (og stuehuse), mens større bygninger repræsenterer private og almene etageboliger, offentlige bygninger og erhvervsbygninger. Der er tale om en opdatering og udvidelse af analysen for Renovering på Dagsordenen fra 2018, bl.a. er enfamiliehuse med træpillefyr inkluderet i 2030-scenariet, idet de fortsat forventes at have en vis udbredelse.

Opvarmningen i 2050 forudsættes hovedsageligt at være baseret på fjernvarme og individuelle varmepumper. Den marginale pris på grøn gas til husholdninger og industri er beregnet som prisen på at producere metan ud fra CO₂ og brint leveret fra et elektrolyseanlæg.

I praksis vil der givetvis fortsat være et mindre antal husstande med oliefyr i 2030, men beregningsmæssigt er der valgt at se bort fra dem. Endelig anvendes brændeovne som supplerende opvarmning i en række husstande, hvilket der ligeledes er set bort fra.

	2030	2050
Fjernvarme	59 %	59 %
Naturgas/grøn gas	15 %	5 %
Varmepumpe	19 %	35 %
Træpiller	7 %	2 %

Tabel 2: Forventet fordeling af energiforbruget til opvarmning på opvarmningsteknologier i hhv. 2030 og 2050.

Varmeforsyningsomkostninger

I beregningen af sparetiltag i boliger er der anvendt en række forsyningsomkostninger for standardiserede enfamiliehuse og standardiserede større bygninger i henholdsvis 2030 og 2050. De marginale forsyningsomkostninger forbundet med opvarmning af den eksisterende bygningsmasse afspejler de omkostningsbesparelser, der vil opnås, når der gennemføres varmebesparelser i bygningerne. Der er her anlagt et systemperspektiv, der går fra energiproduktion, over infrastruktur og til varmekonsumterne. Omkostningerne er opgjort samfundsøkonomisk; dvs. ekskl. afgifter, skatter og tariffer, og hvor eksternaliteter fra CO₂-udledning er medtaget i form af CO₂-omkostninger. Desuden inkluderes miljøomkostninger

(SO₂, NO_x, partikler), der dog har en meget lille betydning for alle teknologier med undtagelse af træpillefyrene.

For alle teknologier ligger den største enkeltstående besparelse i indkøb af energi, i form af el, gas, træpiller mv. men for nogle teknologier, fx varmepumper, vil energirenoveringstiltag ligeledes gøre det muligt at købe en mindre og billigere varmepumpe, ligesom der ville kunne opnås bedre virkningsgrad på anlægget, fordi fremløbstemperaturen i varmesystemet kan sænkes. Tilsvarende gevinster kan opnås i fjernvarmenet, som er forsynet med varmepumper. I rapporten *"Samfundsøkonomisk værdi af varmebesparelser"* (Ea Energianalyse, 2017) findes en mere detaljeret gennemgang af den metodiske tilgang til beregning af forsyningsomkostninger.

Tallene i tabellen neden for viser de beregnede marginale forsyningsomkostninger i kr./GJ for hhv. enfamiliehuse og større bygninger i både 2030 og 2050.

Enfamiliehuse (kr./GJ)	2030	2050
Gasfyr	77	190
Varmepumpe (luft-vand)	102	104
Fjernvarme (bio + gas)	81	102
Fjernvarme (Varmepumpe + gas)	83	94
Træpillefyr	130	148
Større bygninger (kr./GJ)	2030	2050
Gasfyr	73	184
Varmepumpe (luft-vand)	75	79
Fjernvarme (bio + gas)	80	97
Fjernvarme (Varmepumpe + gas)	80	89

Tabel 3: Beregnede marginale varmforsyningsomkostninger i kr./GJ.

Energiomkostninger i produktionserhvervene

Inden for produktionserhverv antages kul inden 2030 at blive erstattet af biobrændsler, mens den øvrige energiforsyning fastholdes på samme brændselsmix som i dag. I 2050 antages gas- og oliebaseerede brændsler erstattet af syntetiske brændstoffer i form af elektrofuels (metan eller metanol). Yderligere elektrificering af industrisektoren er kun medtaget i det omfang, de indgår i energisparepotentialerne. Det skal bemærkes, at der er betydelig usikkerhed forbundet med at estimere industriens forsyningsstruktur i 2050 – og den anvendte metode er udtryk for en forsimpning.

Anvendte
brændselspriser

De samfundsøkonomiske brændsels- og energipriser, der anvendes i vurderingen af energisparepotentialerne i produktionserhvervene, er angivet i tabellen neden for.

Brændsel (kr./GJ)	2030	2050
Motorbenzin	156	213
Diesel	139	201
Fuelolie	105	201
Naturgas	68	186
Kul	67	71
Halm	51	54
Skovflis	56	61
Træpiller	78	82
Biogas	69	186
Elektricitet	143	158

*Tabel 3: Samfundsøkonomiske brændsels- og energipriser for produktionserhverv i kr./GJ. Priserne er inklusive transportomkostninger og miljøomkostninger. *motorbenzin, diesel og fuelolie erstattes i 2050 beregningsmæssigt med metanol, mens naturgas og biogas erstattes med syntetisk metan.*

2.3 Multiple benefits

Værdien af energibesparelser bliver oftest opgjort som den sparede energi ganget med energiprisen, men i løbet af de seneste 10 år er fokus på forskellige sideeffekter ved energieffektiviseringsprojekter blevet mere fremtræden. Studier peger på, at der er en lang række afledte effekter ved energieffektiviseringer, her kaldet multiple benefits, som oftest ikke medregnes i vurderingen af et energispareprojekt.

Betegnelsen multiple benefits dækker over positive såvel som negative sideeffekter ved et energisparetiltag/-projekt. Med sideeffekter menes alle de resultater, som følger af et energispareprojekt i form af eksempelvis bedre komfort, øget produktivitet og indlæring og bedre helbred.

Udelades multiple benefits kan det betyde, at ellers omkostningseffektive energisparetiltag og projekter ikke udføres, fordi den fulde værdi ikke er tydelig for beslutningstagerne. For at multiple benefits kan indgå i investeringsbeslutninger er det nødvendigt både at kunne identificere og kvantificere de pågældende multiple benefits – en øvelse der historisk har vist sig meget udfordrende.

I forbindelse med udarbejdelsen af denne rapport er en række studier angående multiple benefits blevet gennemgået. På trods af de mange kilder

har det været vanskeligt at finde nogen, der var direkte anvendelige i en dansk kontekst og i forbindelse med energibesparelser. Mange af rapporterne er baseret på udenlandske studier, hvor boligstanden kun vanskeligt lader sig sammenligne med den danske eller fokuserer på andre områder end energieffektiviseringer som fx forbedring af indeklima. Blandt andet kan nævnes *"Evaluation of Warm Up New Zealand: Heat Smart"*, som undersøgte effekten af forbedringer i næsten 47.000 husstande i 2009 og rapporten, *"Weatherization Assistance Program"* der er relevant i forhold til værdisætningen af de helbredsmæssige effekter af bedre isolering og ventilation af boliger.

Vi har valgt at basere opgørelsen af multiple benefits på resultater fra det EU finansierede COMBI-projekt, ledet af det tyske Wuppertal institut. I modsætning til de øvrige analyserer COMBI-projektet effekterne af energirenoveringstiltag i en dansk kontekst. Projektets analyser og resultater er tilgængelige på følgende hjemmeside: <https://combi-project.eu/>

Multiple benefits
baseres på COMBI-
projektet

I husholdninger inkluderes følgende effekter på baggrund af COMBI-rapporten: mindre risiko for kondensdannelse på vægge og dermed lavere risici for dannelse af skimmelsvamp, mindre indendørsluftforurening som er relateret til øget forekomst af allergi, hjerte-lungesygdomme og kræft og reduceret vinterdødelighed pga. forbedret varmekomfort i fyringssæsonen. I erhvervsbyggeri kan forbedret isolering og optimering af ventilationssystemer føre til forbedret luftkvalitet og forbedret komfort, hvilket giver produktivitetsevninger.

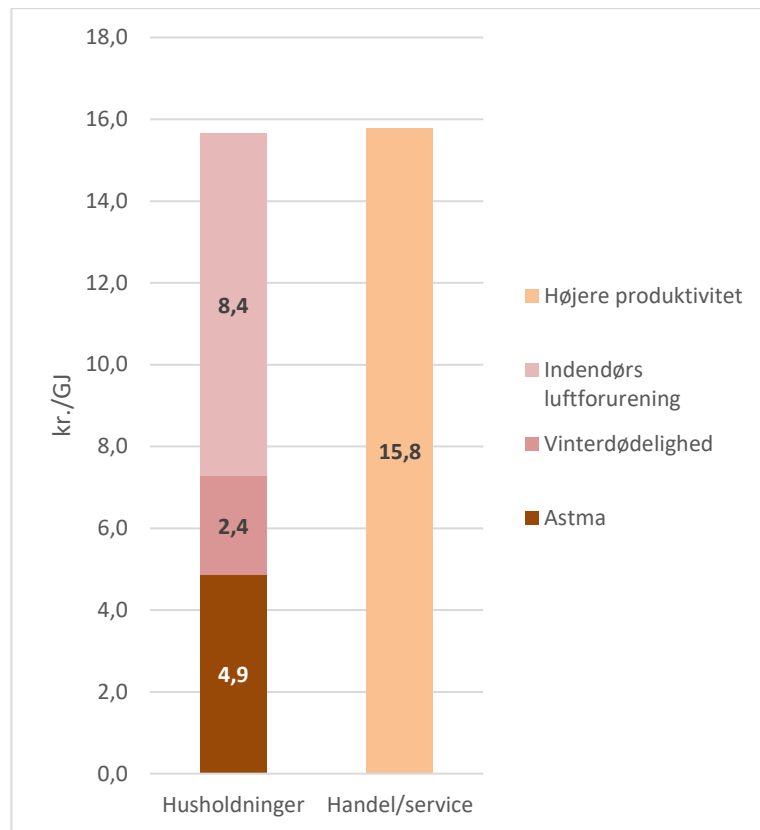
De største sundhedsudfordringer ligger hos lavindkomstgrupperne de såkaldt "energi-fattige" og socialt sårbare. I Danmark er knap 3 procent af befolkningen ifølge COMBI-projektet ikke i stand til at holde deres bygninger tilstrækkeligt varme. Der er i den forbindelse ofte et misforhold mellem, hvem der har råd til at investere i energirenoveringstiltag, og hvem der opnår de største sundhedsgevinster.

I COMBI-projektet undersøges tre scenarier, der hver især reflekterer forskellige grader af socialt fokus i implementering af energirenoveringstiltag. I det første scenarie, "No emphasis on social policy scenario" lægges der ingen vægt på socialpolitik i investeringerne. I det sidste scenarie, "Socially vulnerable first", målrettes energirenoveringerne mod de socialt udsatte, hvilket dog vurderes at være vanskeligt at realisere i praksis. I det midterste scenarie, "Prioritizing the socially vulnerable", som er det eneste, der præsenterer samlede konsekvensberegninger i projektet, lægges fokus på de

socialt sårbare imellem de to andre scenarier. I dette scenarie er de sundhedsrelaterede multiple-benefit gevinster vurderet til i gennemsnit godt 15 kr. per GJ sparet energi – både i husholdninger og bygninger indenfor handel og service - svarende i størrelsesordenen til 15-20 procent af de sparede energiomkostninger i bygninger.

Det har ikke været muligt at sammenholde COMBI-analysens forudsætninger og beregninger med forudsætningerne for det samfundsøkonomiske energirenoveringspotentiale, som er opgjort i dette studie - og dermed vurdere i hvilket omfang gennemførelsen af de samfundsøkonomisk mest rentable energibesparelser også vil komme de "energi-fattige" og socialt sårbare til gode. Man må dog antage, at et generelt løft af bygningernes energitilstand også vil komme de "energi-fattige" og socialt sårbare til gode.

I det følgende er 15 kr./GJ anvendt som estimat for de potentielle sundhedsgevinster, der er forbundet med energirenoveringerne. Formentligt vil indfrielsen af dette potentiale dog kræve specifikke virkemidler målrettet de "energi-fattige" og socialt sårbare, da disse grupper vil have vanskeligt ved selv at finansiere energisparetiltagene. Det skal endvidere understreges, at sundheds- og produktivetsgevinsterne vurderes at være behæftet med betydelig usikkerhed i forhold til kvantificering af effekter. Også koblingen mellem specifikke besparestiltag og den økonomiske værdisætning af færre dødsfald, lavere sygelighed og højere produktivitet er usikker. Derfor er resultaterne vist med og uden indregning af multiple-benefits. Der er dog ingen tvivl om, at der er en sammenhæng mellem kvaliteten af bygninger og deres energimæssige tilstand og beboernes sundhedstilstand.



Figur 5: Estimerede potentielle sundhedsrelaterede gevinster, baseret på COMBI-projektets scenarie, prioritizing the socially vulnerable.

3 Resultater

Det totale og optimale samfundsøkonomiske niveau for energibesparelser findes ved at sammenholde de samfundsøkonomiske gevinster ved energibesparelser med omkostningerne til at realisere dem. Resultaterne opstilles herefter i en Marginal Abatement Cost (MAC) kurve, som rangerer tiltagene fra de mest kosteffektive energieffektiviserings tiltag til de mindst kosteffektive. Tiltag, som har en negativ marginal netto-omkostning, er samfundsøkonomisk rentable at gennemføre.

Da der som nævnt er betydelig usikkerhed forbundet med kvantificering af multiple-benefits, er betydningen af at indregne disse vist separat i figuren. Opgørelsen af besparelspotentialet i erhvervslivet er ligeledes behæftet med en væsentlig usikkerhed, som bl.a. skyldes, at nogle tiltag kan have overlappende effekter, som er vanskelige at kvantificere. Derfor er der vist to niveauer af potentialer i figuren – som adskiller sig ved hvor mange af industripotentialerne, der er indregnet.

Energirenoveringer af bygninger er som hovedregel kun rentable at gennemføre, når bygningsejeren alligevel står overfor at renovere bygningens klimaskærm. Det antages at ske med en 30 års cyklus, hvilket betyder, at det samfundsøkonomiske renoveringspotentiale nødvendigvis må indfris gradvist frem mod 2050. I 2030 indregnes derfor kun en 1/3 af det samlede langsigtede økonomiske potentiale indenfor energioptimering af bygningernes klimaskærm, mens det fulde potentiale indgår i 2050. Desuden forudsættes det, at 20 procent af den eksisterende bygningsmasse er udfaset og erstattet af nyt lavenergi byggeri i 2050. Energibesparelspotentialet fra disse 20 procent er ikke indregnet i analysen. For øvrige energibesparelsetiltag inden for industri, erhverv og bygningsinstallationer vurderes potentialet principielt at kunne indfries mod 2030.

Samlede
besparelspotentiale

I 2030 vurderes det samlede samfundsøkonomiske besparelspotentiale på ovenstående baggrund at ligge på mellem 54 og 75 PJ. Det svarer til en reduktion på 15-21 procent sammenholdt med 2017. Tillægges den reduktion i energiforbruget, som allerede er sket mellem 2005 og 2017, inden for de samme forbrugsområder, svarer det til en samlet reduktion på 22-27 procent i forhold til 2005.

I 2050 øges det samfundsøkonomiske potentiale til mellem ca. 87 og 110 PJ. Det skal dog understreges, at potentialet i 2050 naturligvis er forbundet med større usikkerhed, bl.a. fordi analyserne af tiltag alene ser på de spareteknologier, vi kender i dag. I takt med den teknologiske udvikling er det

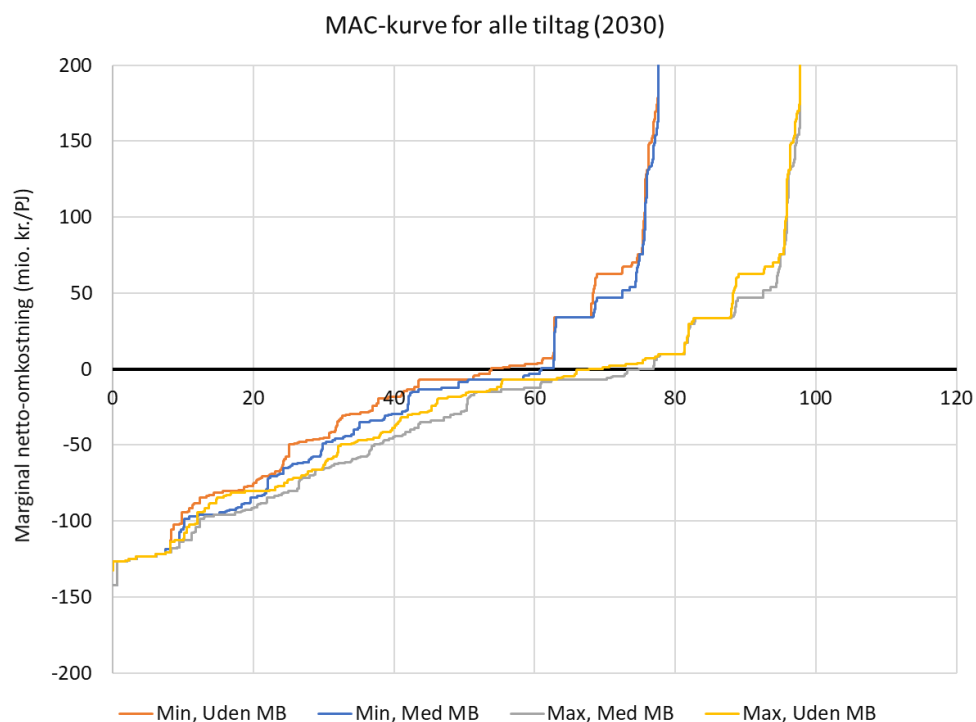
sandsynligt, at der vil komme produkter og teknologier på markedet, som vil øge besparelspotentialet med uændret reference, måske særligt inden for produktionserhvervene. Det samme må (i mindre omfang) antages at være tilfældet i 2030.

Uden multiple benefits og med minimumsvurderingen af potentialer i erhvervslivet vurderes det samlede årlige samfundsøkonomiske gevinst at udgøre ca. 3,1 mia. kr. i 2030 (arealet under x-aksen).

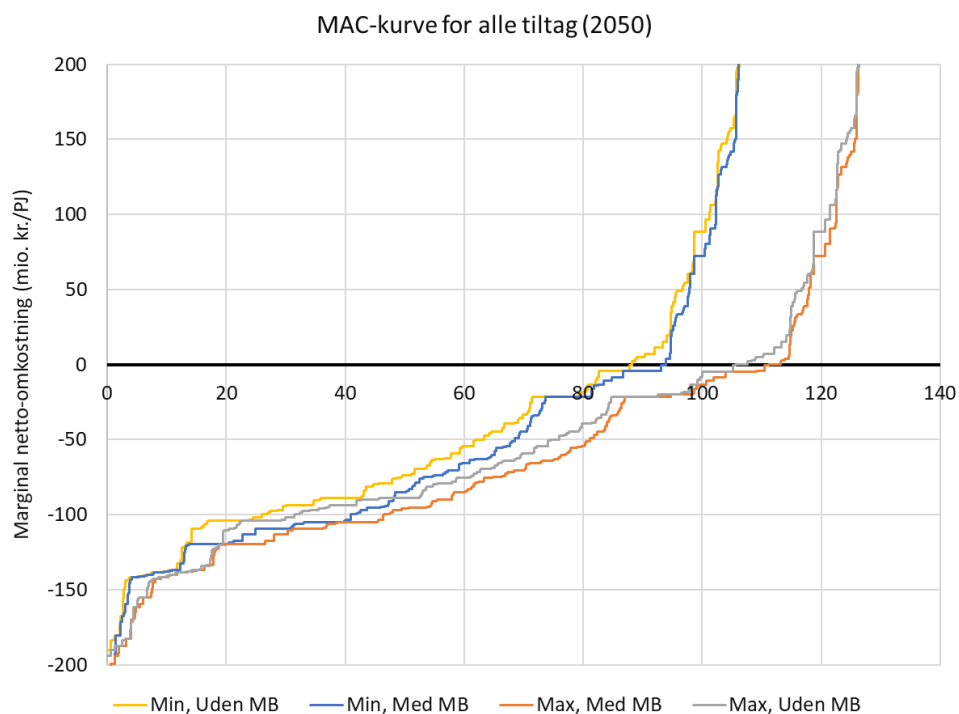
Gevinsterne ved besparelserne består i mindre behov for produktion og indkøb af energi og besparelser i energiinfrastrukturen. Frem mod 2030 er det både sort og grøn energi, der spares – og i 2050 er det alene grøn energi – primært el – enten anvendt direkte, i varmepumper i den individuelle opvarmning og kollektive opvarmning eller til produktion af biobrændstoffer og electrofuels som erstatning for gas og olie. Derudover er der besparelser til elinfrastruktur i form af et reduceret behov for netforstærkninger.

Inklusive multiple benefits og med maksimumvurdering af potentialer i erhvervslivet vurderes den samlede årlige samfundsøkonomiske gevinst på tværs af sektorer at udgøre ca. 4,2 mia. kr. i 2030.

I 2050 udgør den samlede samfundsøkonomiske gevinst ca. 6,8 mia. kr. årligt uden multiple benefits og med minimumsvurderingen af potentialer i erhvervslivet. Inklusive multiple benefits og med maksimumvurdering af potentialet i erhvervslivet øges gevinsten til 9,2 mia. kr. årligt i 2050.

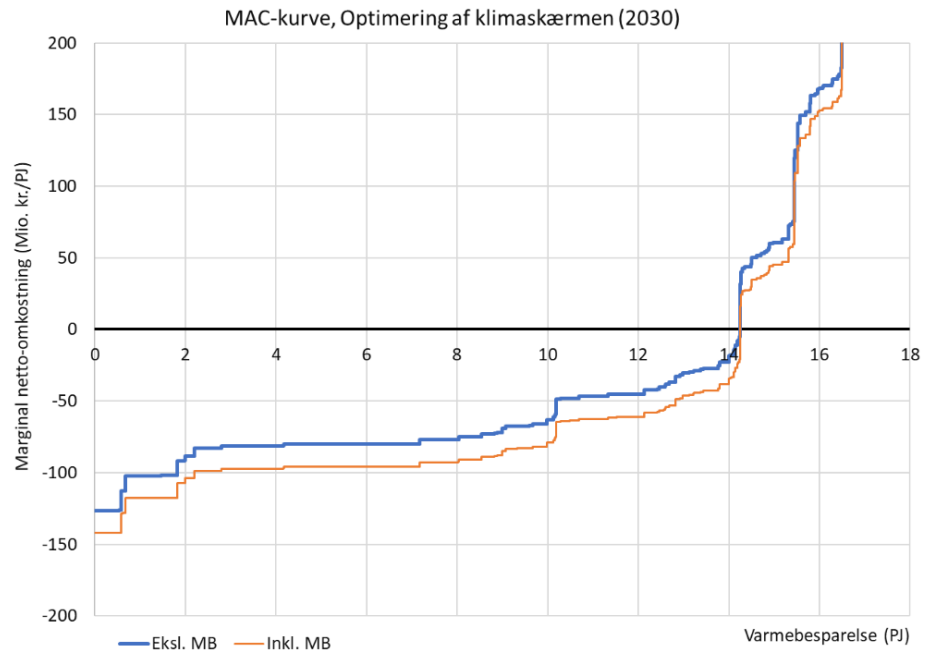


Figur 6. Samfundsøkonomisk optimale niveau af energibesparelser i 2030 ved rangering af de samfundsøkonomiske gevinster fra de mest kosteffektive energieffektiviserings tiltag til de mindst kosteffektive. Det kan ikke samfundsøkonomisk betale sig at gennemføre de energibesparelser der ligger over x-aksen. MB: multiple benefits.

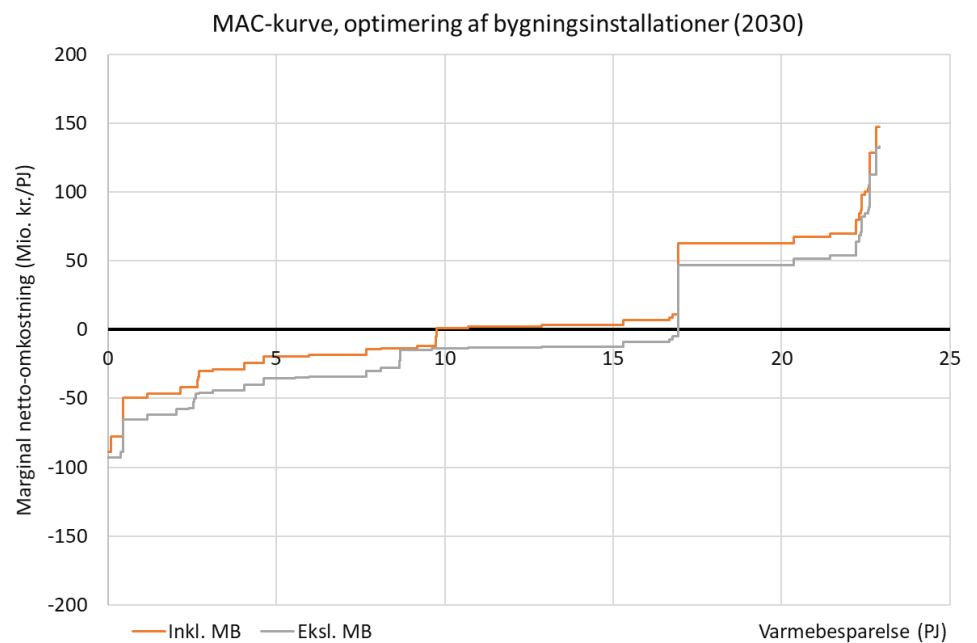


Figur 7. Samfundsøkonomisk optimale niveau af energibesparelser i 2050 ved rangering af de samfundsøkonomiske gevinster fra de mest kosteffektive energieffektiviserings tiltag til de mindst kosteffektive. Det kan ikke samfundsøkonomisk betale sig at gennemføre de energibesparelser, der ligger over x-aksen. MB: multiple benefits.

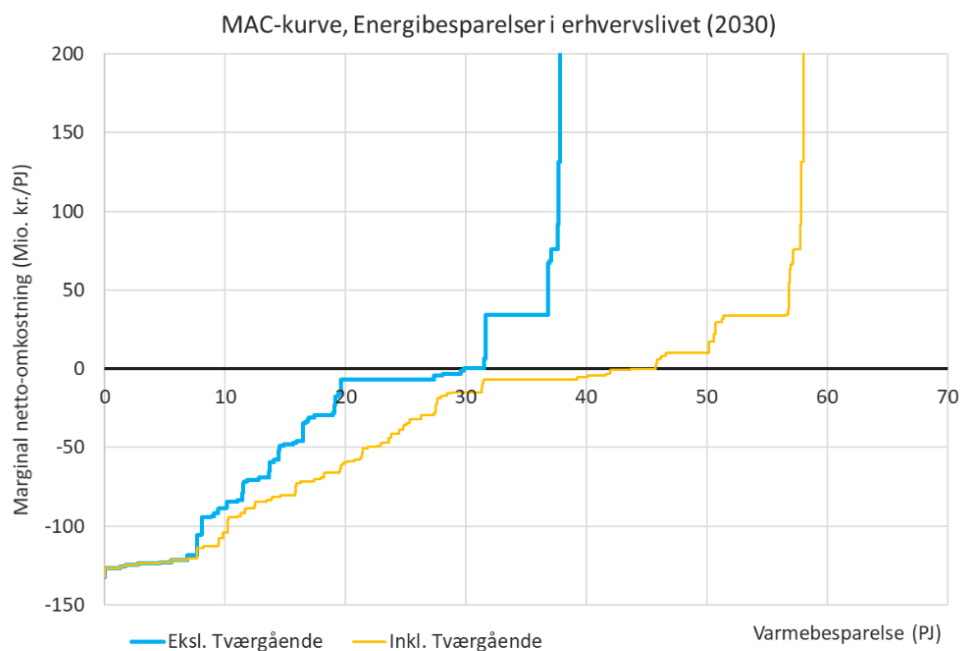
De efterfølgende figurer viser, hvordan energibesparelspotentialerne fordeler sig inden for forskellige hovedområder i 2030.



Figur 8. Samfundsøkonomisk optimale niveau af energibesparelser i 2030 inden for området **optimering af klimaskærm**, ved rangering af de samfundsøkonomiske gevinster fra de mest kosteffektive energieffektiviseringsstiltag til de mindst kosteffektive. Det kan ikke samfundsøkonomisk betale sig at gennemføre de energibesparelser, der ligger over x-aksen. MB: multiple benefits.



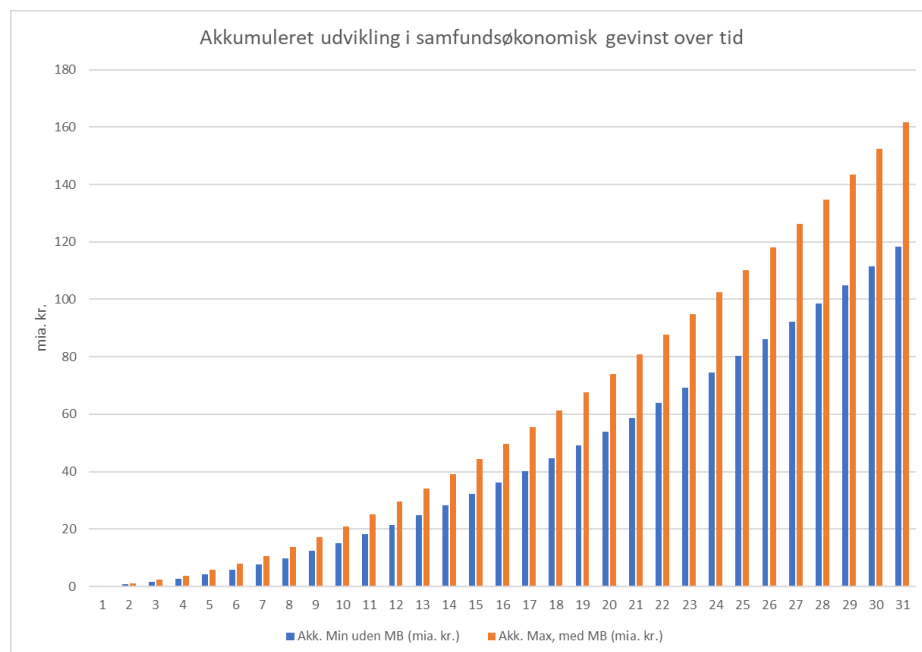
Figur 9. Samfundsøkonomisk optimale niveau af energibesparelser i 2030 inden for området **optimering af bygningsinstallationer**, ved rangering af de samfundsøkonomiske gevinster fra de mest kosteffektive energieffektiviserings tiltag til de mindst kosteffektive. Det kan ikke samfundsøkonomisk betale sig at gennemføre de energibesparelser, der ligger over x-aksen. MB: multiple benefits.



Figur 10. Samfundsøkonomisk optimale niveau af energibesparelser i 2030 inden for området **energibesparelser i erhvervslivet**, ved rangering af de samfundsøkonomiske gevinster fra de mest kosteffektive energieffektiviserings tiltag til de mindst kosteffektive. Det kan ikke samfundsøkonomisk betale sig at gennemføre de energibesparelser, der ligger over x-aksen. MB: multiple benefits.

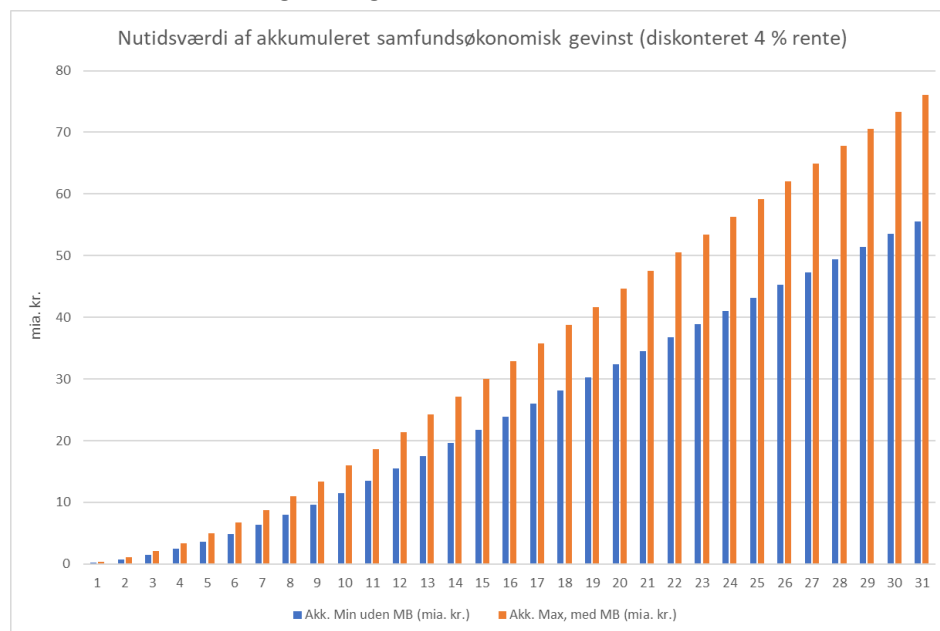
Akkumulerede samfundsøkonomiske gevinster

De akkumulerede samfundsøkonomiske gevinster vil stige over perioden frem mod 2050 i takt med, at tiltagene implementeres. Frem mod 2050 er den akkumulerede værdi af tiltagene eksklusiv multiple benefits og uden tværgående tiltag ca. 118 milliarder kroner, mens den akkumulerede værdi inklusive multiple benefits og tværgående tiltag er ca. 162 milliarder kroner, som det fremgår af nedenstående figur 12.



Figur 11. Akkumuleret samfundsøkonomisk gevinst (mia. kr.) over tid med og uden tværgående potentialer og multiple benefits.

Hvis disse gevinster diskonteres med 4 procent om året, bliver den akkumulerede værdi ca. 56 milliarder kroner uden multiple benefits og tværgående potentialer i erhvervslivet og ca. 76 milliarder kroner med dem inkluderet. Dette fremgår af figur 13 nedenfor.



Figur 12. Akkumuleret samfundsøkonomisk gevinst (mia. kr.) over tid med og uden tværgående potentialer og multiple benefits diskonteret med 4 procent per år.

Nøgletal

	2030	2050
Samfundsøkonomisk gevinst	3,0-4,2 mia. kr. årligt	6,8- 9,2 mia. kr. årligt
Besparelsespotentialer i forhold til 2017 (baseline 352 PJ)	15-21 %	25-31 %
Besparelsespotentialer inkl. reduktion fra 2005 til 2017 (baseline 381 PJ)	22-27 %	30-36 %

*Baseline omfatter følgende. Produktionserhverv: al energiforbrug. Husholdninger: al anvendelse af brændsler, fjernvarme og vedvarende energi samt el til opvarmning. Handel og service: al anvendelse af brændsler, fjernvarme og vedvarende energi samt el til lys, ventilation og køl.

3.1 Indregning af varmepumper som energibesparelser

Som nævnt er udbredelsen af mere energieffektive opvarmningsinstallationer ikke indregnet som energibesparelser i denne analyse. Særligt udbredelsen af flere individuelle varmepumper kan forventes at medføre en væsentlig reduktion i energiforbruget, idet en varmepumpe typisk kun bruger 1/3 så meget el som den varme, den leverer. Den resterende energi trækkes fra en udendørs varmekilde, som typisk er luft (for luft-vand eller luft-luft varmepumper) eller jorden (for jordslangeanlæg). Fortrængningseffekten af olie, biomasse eller naturgas vil være endnu højere, fordi energien omsættes i en kedel, der normalt har en virkningsgrad lavere end 100 procent. Biomassefyr, ældre oliekedler – og særligt brændeovne – har relativt lave virkningsgrader. Indregnes dette som en energibesparelse kan der forventes en ikke ubetydelig forøgelse af besparelsespotentialerne.

Tabellen neden for viser besparelsespotentialerne for 2030 og 2050 ved indregning af individuelle varmepumper som en energibesparelse.

Det er forudsat, at 1 enhed el til varmepumpen fortrænger 3,9 enheder brændsel (i 2030 fortrænger varmepumperne primært olieforbrændsel og biomassefyr). Effekten er korrigeret for, at bygningerne i 2030 vil have et lavere energiforbrug end i dag.

Resultatet er både vist med forudsætningerne om varmeforsyning i denne analyse samt med forudsætninger om udbredelse af varmepumper i 2030 i Energistyrelsens basisfremskrivning fra 2018.

Indregnes varmepumperne som en energibesparelse i tillæg til ovenstående besparelser er vurderingen, at det samlede energibesparelsespotentialer i 2030 vil ligge på mellem 20 og 26 procent sammenlignet med 2017 forbruget.

Beregnes det ud fra energiforbruget i 2005 vil der være tale om en reduktion på mellem 27 og 33 procent i 2030 sammenlignet med 2005.

Det skal bemærkes, at der ikke er foretaget en fremskrivning af efterspørgslen på energi frem til 2030. Efterspørgslen på energi vil bl.a. afhænge af befolkningsudviklingen og af udviklingen i den økonomiske vækst indenfor forskellige brancher. Man kan derfor ikke udlede, at energiforbruget i 2030 kan reduceres med ca. 30 procent sammenholdt med 2005, selvom alle de samfundsøkonomisk rentable besparelser gennemføres.

	2030 Varmepumpe udbredelse i denne analyse	2050 Varmepumpe udbredelse i denne analyse	2030 Varmepumpe udbredelse i Basisfremskrivning 2018
Besparelsespotentiale i forhold til 2017 (baseline 346 PJ)	20-26 %	33-40%	19-25 %
Besparelsespotentiale inkl. reduktion fra 2005 til 2017 (baseline 378 PJ)	27-33 %	39-45%	26-32%

Tabel 4: Besparelsesbesparelser såfremt udbredelse af individuelle varmepumper indregnes som en energibesparelse.

3.2 Betydning af rebound effekten

Erfaringer med energireoveringsprojekter viser, at bygningernes brugere ofte vælger at omsætte en del af energispareindsatsen til øget komfort i boligen i stedet for et lavere varmeforbrug. Dette kaldes rebound effekten. Der er betydelig usikkerhed forbundet med at bestemme omfanget af rebound effekten, men i gennemsnit vurderes den at ligge på omkring 30 procent for varmebesparelser (Energistyrelsen, 2016, "Rebound effekten for opvarmning af boliger"). Nyere analyser peger på, at rebound effekten formentligt er højere i enfamiliehuse end i etageboliger.

I forbindelse med opgørelsen af det samfundsøkonomiske besparelsespotentiale er der ikke korrigeret for rebound effekt, fordi det kan antages, at øget komfort vælges, når det har mindst lige så høj nytteværdi som et lavere varmeforbrug. Derfor påvirker rebound effekten ikke det samfundsøkonomisk optimale niveau af energieffektiviseringer.

Når man skal bestemme effekten af energireoveringstiltag på det faktiske energiforbrug, som kan aflæses i Energistyrelsens energistatikker, bør der dog justeres for rebound effekten.

3.3 CO₂-reduktionspotentiale

CO₂-reduktionspotentialet forbundet med at gennemføre det samfundsøkonomiske energibesparelsespotentiale afhænger af, hvordan forsyningen af energiforbruget i industrien, husholdninger og serviceerhvervene udvikler sig over de kommende årtier. Særligt i hvilket omfang, det vil lykkes at erstatte oliefyr og naturgasfyr med varmepumper og fjernvarme, og hvor hurtigt kul, olie og gas kan udfases af industrien.

Inden for produktionserhvervene vurderes CO₂-reduktionspotentialet forbundet med at gennemføre de samfundsøkonomiske energibesparelser at ligge på ca. 0,5 Mt i 2030 under forudsætning af, at kul er udfaset som brændsel. Fremskrivningen af det øvrige energiforbrug i industrien baseres på basisfremskrivning 2018. Uden forudsætningen om kuludfasning i industrien vurderes CO₂-reduktionseffekten at ligge på knap 0,6 Mt.

Tilsvarende vurderes de samfundsøkonomiske tiltag til optimering af klimaskærm og bygningsinstallationer at medføre en CO₂-reduktion på ca. 0,18 Mt i 2030. Beregningen er baseret på den sammensætning af varmforsyningen, som fremgår af Tabel 2 på side 20, det vil blandt andet sige, at oliefyr antages at være totalt udfaset i 2030. Der er desuden taget højde for en rebound effekt på 30 procent.

Derudover vil gennemførelsen af de samfundsøkonomisk rentable energieffektiviseringstiltag føre til et lavere forbrug af fjernvarme og el. På kort og mellemlang sigt vil energibesparelser her også medføre en CO₂-reduktion. Størrelsen af CO₂-reduktionen vil afhænge af, hvor hurtigt den grønne omstilling af el- og fjernvarmesektorerne gennemføres, og hvordan et reduceret el- og fjernvarmeforbrug vil påvirke investeringer i ny VE-kapacitet. Dette forhold er ikke kvantificeret inden for rammerne af analysen.

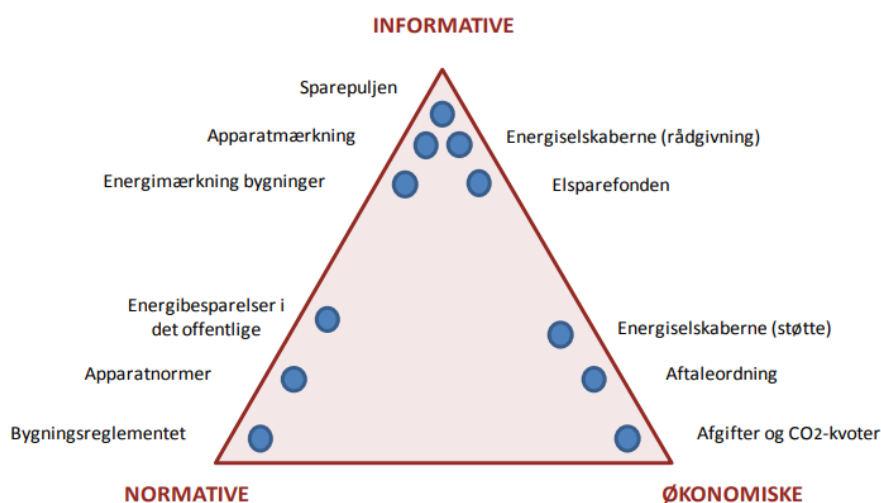
4 Barrierer og virkemidler

I forbindelse med analysen er der foretaget en indledende kortlægning af barrierer for at implementere energibesparelser og idéer til at fremme energisparetiltag ud fra de erfaringer, der bliver beskrevet i rapporterne.

I det efterfølgende gives først en gennemgang af de vigtigste virkemidler, som anvendes i dag.

4.1 De væsentligste overordnede virkemidler

Virkemidler kan overordnet grupperes efter, om de er økonomiske, normative eller informative. Økonomiske virkemidler påvirker primært prisen og omkostningsniveauerne for forskellige typer forbrug og investeringer. Informative virkemidler omhandler primært oplysning og rådgivning, mens normative virkemidler sætter lovgivningsmæssige rammer og standarder for fx produkter. Mange konkrete virkemidler vil dog rumme elementer af mere end blot en af kategorierne. Nedenstående figur er en illustration af de tre overordnede virkemiddelskategorier, og hvor forskellige tiltag kan siges at befinde sig i forhold til dem.



Figur 14: Figur til illustration af forskellige kategorier af virkemidler (Ea Energianalyse mf, 2008: En vej til flere og billigere energibesparelser Evaluering af samtlige danske energispareaktiviteter). Bemærk at enkelte af de angivne virkemidler ikke længere er i brug.

Oversigt over de væsentligste virkemidler	Beskrivelse
Normer	<p>Normer for udstyrs energiforbrug anvendes til at fastlægge mindstekrav for energieffektivitet. Dermed er tiltaget primært normativt, men kan også rumme elementer af det informative, da sådanne ordninger ofte er forbundet med en mærkeordning, der kan give forbrugere information om et produkts energiforbrug. Et eksempel på en norm-ordning kan være EcoDesign, der sætter mindstekrav til en lang række produkters energieffektivitet.</p> <p>Bygningsreglementets energikrav er et eksempel på et andet vigtigt normativt virkemiddel. Bygningsreglementet stiller krav til både nye bygninger og bygninger, der gennemgår en større renovering.</p>
Afgifter	<p>Afgifter er et økonomisk virkemiddel, der kan anvendes til at påvirke adfærd og fremskynde beslutninger. Husholdninger og liberale erhverv er pålagt CO₂-afgifter og betydelige energiafgifter, mens procesindustri stort set er undtaget for energiafgifter. Industrivirksomheder er dog pålagt CO₂-afgifter eller er omfattet af EU's kvotesystem.</p>
Tilskud	<p>Direkte tilskud til udskiftning og renovering af teknologi, bygninger osv. er et økonomisk virkemiddel med en meget direkte virkning og kan have en klar effekt i forhold til energibesparelser. Udfordringer kan være problemstillinger omkring hvorvidt tilskudsprojekter opnår tilstrækkelig additionalitet og støttens statsfinansielle omkostninger.</p>
Energiselskabernes energispareindsats	<p>Denne ordning er en blanding af økonomisk og normative virkemidler, som påbyder energiselskaberne at foretage energibesparelser. Omkostningerne hertil opkræves hos forbrugerne. Ordningen har været evalueret flere gange, senest med Deloitte's evaluering i 2015, der indikerede, at energiselskaberne i betydeligt omfang havde formået at opnå omkostningseffektive energibesparelser og en samlet reduktion i energiforbruget. Der har imidlertid også været rejst spørgsmålstejn ved ordningens additionalitet.</p>

Rådgivning og information

Rådgivning og informationskampagner rummer ofte elementer af særligt informative virkemidler, men kan også have elementer fra de to andre kategorier. I mange rapporter fremstilles en målrettet oplysnings- og støtteindsats som et væsentligt element i energispareprojekters gennemførelse.

Eksempler på virkemidler der anvendes i dag:

- Videntcenter for energibesparelser i bygninger (videntcenter primært rettet mod håndværkere).
- Energivejlederuddannelse
- Energitjenesten
- Tilskud til etablering af databaseret energiledelse i kommuner og regioner

Mærkningsordning

Mærkningsordninger rummer klare elementer af både normative og informative virkemidler, og kan også have en økonomisk og konkurrencemæssig effekt. Mærkningsordninger kan give forbrugere information om energiforbrug og dermed understøtte mere energieffektive løsninger og give producenter yderligere tilskyndelse til at fremstille energieffektive produkter.

4.2 Barrierer for implementering af energisparetiltag

Fra "Kortlægning af energisparepotentialer i erhvervslivet"

I COWI rapporten (2015) finder vi følgende barrierer beskrevet:

- **Udfordringer for produktionen ved implementering:** Beslutninger om implementering af energisparetiltag kan blive forsinket eller endda forhindret, hvis implementeringen betyder, at der vil være begrænsninger eller stop i produktionen i virksomheder. Hvis ikke tiltagene kan koordineres med øvrig periodisk vedligeholdelse e.l., så kan det forhindre virksomheden i at gennemføre implementeringen. Det er således ikke kun økonomi, men også den lokale kontekst og virksomhedsforhold, som har betydning for implementering.
- **Ufuldstændige kapitalmarkeder:** Problemer med manglende finansiering og økonomisk råderum kan hindre eller forsinke beslutningstagen og implementering af tiltag. Cash-flow betyder mere for de fleste virksomheder end positiv nutidsværdi af tiltag, og det er derfor vigtigt, at tiltag har endog meget kort tilbagebetalingstid.
- **Ufuldstændig information:** Virksomheder kan også have problemer med manglende information om tiltagene og opleve, at det kræver for meget tid at skaffe sig tilstrækkelig information om energisparemuligheder.

Fra "Energirenovering af den private boligmasse"

I Concito (2017) rapporten finder vi følgende barrierer beskrevet:

- **Manglende effekt af regulering:** Rapporten indikerer, at forsøg med reguleringstiltag kun i begrænset omfang har haft effekt. Det vurderes, at det primært skyldes manglende viden hos forbrugerne.
- **Energirenovering af lejelejligheder er vanskelig:** Energirenoveringstiltag i forhold til lejeboliger vanskeliggøres af en kompliceret lejelov, der kan gøre det vanskeligt at skaffe økonomisk rationale for investeringen.
- **Udfordringer med værdiansættelse af investeringer:** Investeringer i energibesparende tiltag kan være vanskelig at få indregnet i boligens værdi. Rapporten anbefaler derfor, at boligernes energitilstand bør indgå eksplicit i vurderingen.

Fra "Gevinster ved øget brug af data og digitalisering i bygningsdrift"

I V&M (2018) rapporten finder vi følgende barrierer beskrevet:

- **Kompatible systemer:** Mange nyere energibesparelssystemer og løsninger fungerer ofte som styringsenheder på eksisterende anlæg. Hvis disse anlæg ikke er kompatible, kan det derfor være en barriere for udbredelsen af energispareløsninger. Kompatibilitet med eksisterende løsninger er derfor et vigtigt parameter.
- **Kompetencer hos relevant personale:** Moderne energisparessystemer i store bygninger kan godt kræve nogle kompetencer af driftspersonalet for at opnå den fulde udnyttelse af potentialet, som ikke nødvendigvis er tilstede. Den samme udfordring kan også gøre sig gældende for slutbrugernes evne til at udnytte nye systemer fuldt ud.
- **Udfordringer med håndtering af datamængder:** Moderne systemer kan ofte generere store datamængder, som kan hjælpe til at optimere systemer. Da bygninger kan være meget forskellige fra hinanden, kan det være en udfordring at lave generelle algoritmer, der effektivt kan håndtere forskelligheden i bygninger. Hvis effektive analyser ikke kan automatiseres og nødvendiggør menneskelig inddragen, kan det gå ud over det økonomiske sparepotentiale.

4.3 Virkemidler til at fremme energibesparelser

Fra "Kortlægning af energisparepotentialer i erhvervslivet"

I COWI (2015) rapporten finder vi følgende virkemidler beskrevet:

- **Gennemfør projekter i forbindelse med andre tiltag:** Energispareprojekter realiseres ofte som led i andre mål for virksomheder, som fx udskiftning af eksisterende maskineri, forbedring af indeklima, renovation af bygninger og lignende. Projekter der kan lægges sammen med sådanne tiltag vil have bedre chancer for at blive gennemført.

- **Økonomisk tilbagebetalingstid er ikke det eneste parameter:** Tilbagebetalingstiden tyder på at spille en mindre rolle i virksomhedernes beslutningsprocesser, end der ofte umiddelbart antages. Det er vigtigt for virksomheder, at de udover økonomi også har tid og overskud til projektet. Energispareprojekter for virksomheder bør derfor sigte mod at have meget klare og tydelige handlingsplaner, som gør dem nemme at tage stilling til og implementere.
- **Oplysning gennem tredjeparter:** Mange virksomheder og folk bruger tid på at lade ideer om renoveringer og energieffektiviseringer modnes, og udvikler dem fx i dialog med leverandører og installatører. At viderebringe information og oplysninger om standardløsninger til leverandører og installatører kan derfor være en anden vej at opnå energibesparelser på.

Fra "Energirenovering af den private boligmasse"

I Concito (2017) rapporten finder vi følgende virkemidler beskrevet:

- **Stærke økonomiske incitamenter eller politiske krav:** Rapporten vurderer, at det vil kræve stærke økonomiske incitamenter eller deciderede politiske krav, hvis der for alvor skal sættes gang i renovering af lejligheder.
- **God rådgivning er vigtig:** Det er afgørende, at der findes et godt rådgivningssystem, som både udlejer og lejer kan have tillid til. Det vurderes, at et højere vidensniveau for både lejer og udlejer er nødvendige, for at aftaler indgås og renoveringer kan gennemføres.
- **Institutionelle investorer kan inddrages:** Der kan være potentialer i at forsøge at koble institutionelle investorer med investeringer i energiforbedringer af private lejligheder, særligt i større ejendomme. Hvis en garantiordning for energibesparelser kan oprettes, kan det hjælpe betragteligt på mulighederne for at rejse kapital.

Fra "Gevinster ved øget brug af data og digitalisering i bygningsdrift"

I V&M (2018) rapporten finder vi følgende virkemidler beskrevet:

- **Bedre standarder kan sikre kompatibilitet:** Der bør arbejdes på at etablere standarder for anvendelse af digitalisering i bygningsdrift, så der kan sikres kompatibilitet mellem løsninger og eksisterende systemer. På DTU arbejder man på det i samarbejde med bygherrer og leverandører.

Fra "Optimizing the energy use of Technical Building Systems"

I Ecofys (2017) finder vi følgende virkemidler beskrevet:

- **Push-tiltag:** Man kan overveje at stramme kravene for bygningers energistandarder i forhold til systemeffektivitet. Tiltag, der burde være "no-brainer" at indføre, kunne gøres påkrævede.

- **Pull-tiltag:** Ved at indføre et certificeringssystem for bygninger i forhold til systemeffektivitet kan man styrke informationsniveauet omkring omstillingsmuligheder og villigheden til at gennemføre energisparetiltag, skriver Ecofys.

5 Udvalgte referencer

- ACEEE, 2017: *"Smart Buildings: Using Smart Technology to Save Energy in Existing Buildings"*
- Barnard et al, 2011: *"Evaluation of Warm Up New Zealand: Heat Smart"*
- Concito, 2017: *"Energirenovering af den private boligmasse"*
- COMBI, 2018: *"Final Report: Quantifying energy poverty-related health impacts of energy efficiency"*
- COWI, 2015: *"Kortlægning af energisparepotentialer i erhvervslivet"*
- Deloitte, 2015: *"Evaluering af energiselskabernes energispareindsats"*
- Ea Energianalyse mf, 2008: En vej til flere og billigere energibesparelser Evaluering af samtlige danske energispareaktiviteter.
- Ea Energianalyse, 2017: *"Samfundsøkonomisk værdi af varmebesparelser"*
- Energistyrelsen, 2016, *"Reboundeffekten for opvarmning af boliger"*
- Energistyrelsen, 2018: *"Energistatistik 2017"*
- Ecofys, 2017: *"Optimizing the energy usage of Technical Building Systems"*
- Klima-, Energi- og Bygningsudvalget, 2012: *"KEB alm. Del Bilag 280: Solcelleboom i Danmark"*
- SBI, 2017: *"Varmebesparelser i eksisterende bygninger"*
- Tonn et al, 2014: *"Health and Household-Related Benefits Attributable to the Weatherization Assistance Program"*
- Viegaand & Maagøe, 2018: *"Gevinster ved øget brug af data og digitalisering i bygninger"*

Bilag A: Endelig energiforbrug, 2017, ekskl. transport

	Energiforbrug i TJ
Produktionserhverv	129 554
Landbrug og skovbrug	26 126
Fiskeri	4 890
Fremstillingsvirksomhed	91 307
Bygge- og anlægsvirksomhed	7 231
Handels- og serviceerhverv	84 764
Engroshandel	11 151
Detailhandel	10 314
Privat service	37 981
Offentlig service	25 317
Husholdninger	193 912
Enfamiliehuse	142 968
Etageboliger	50 945
I alt	408 230

Kilde: Energistatistik 2017.

Bilag B: Omregningstabeller mellem energienheder

Alle energiforbrug er som udgangspunkt opgjort i Tera Joule (TJ) eller Peta Joule (PJ). Nedenstående tabel viser omregninger mellem relevante energienheder.

1 kilo Joule	=	1000 J
1 Mega Joule	=	1000 kJ
1 Giga Joule	=	1000 MJ
1 Tera Joule	=	1000 GJ
1 Peta Joule	=	1000 TJ
1 kWh	=	3,6 MJ
1 MWh	=	3,6 GJ
1 GWh	=	3,6 TJ

Kilde: Energistatistik 2017