

**Rebound, prebound og lock-in ved
energieffektivisering i boliger:
Kunnskapsstatus og virkemiddelanalyse**

På oppdrag fra Husbanken
august 2013

Om prosjektet		Om rapporten:	
Prosjektnummer:	HUB-2013-1	Rapportnavn:	Rebound, prebound og lock-in ved energieffektivisering i boliger: Kunnskapsstatus og virkemiddelanalyse
Prosjektnavn:	Kan man unngå redusert effekt av energieffektivisering i boliger?	Rapportnummer:	TE-2013-42
Oppdragsgiver:	Husbanken	ISBN-nummer	978-82-93150-44-2
Prosjektleder:	Berit Tennbakk, Thema	Tilgjengelighet:	Offentlig
Prosjektdeltakere:	Vidar Eide og Silje Elise Harsem, THEMA Consulting Group Snorre Kverndokk og Karin Ibenholt, Vista Analyse AS	Ferdigstilt:	30.11.2013

Brief summary in English

Energy efficiency measures are often found to generate less energy savings than anticipated. The report surveys the literature to find evidence of rebound, prebound and lock-in effects on the potency of measures. We find that most of the literature focuses on rebound effects and rebound related to specific measures. The report presents a number of hypotheses on the impact of different characteristics of the dwellings or the households on the magnitude of the rebound effect. However, the literature does generally not offer evidence to confirm or reject most of the hypotheses. To the extent that prebound is an issue, it can be mitigated by collecting better data and require energy measuring before measures are implemented. Rebound effects may be mitigated through energy levies, information and measuring of actual energy consumption. Lock-in to undesirable solutions should be avoided, but this is challenging in view of the significant and fundamental uncertainty about future technology options and energy market developments.

Om THEMA Consulting Group

Øvre Vollgate 6 0158 Oslo Foretaksnummer: NO 895 144 932 www.t-cg.no	THEMA Consulting Group tilbyr spesialist-kompetanse innenfor markedsanalyse, markedsdesign og strategirådgivning for energi- og kraftbransjen.
--	--



INNHold

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	4
1 INTRODUKSJON TIL PROBLEMSTILLINGEN	9
2 SENTRALE BEGREPER OG TEORI	12
2.1 Formålsdeling av energibruken til husholdningene	12
2.2 Oversikt over sentrale begreper	13
2.3 Nærmere om rebound-effekter	16
3 KUNNSKAPSSTATUS – HVA VET VI?	21
3.1 Rebound-effekter	21
3.2 Prebound-effekter	31
3.3 Lock-in-effekter og stivhengighet	37
3.4 Kunnskapsstatus: Områder som er godt versus lite studert	40
4 UTFORMING AV VIRKEMIDLER	41
4.1 Implikasjoner av rebound-, prebound- og lock-in-effekter	42
4.2 Virkemidler for energieffektivisering	43
4.3 Virkemiddelutforming i lys av rebound, prebound og lock-in	45
REFERANSELISTE	50

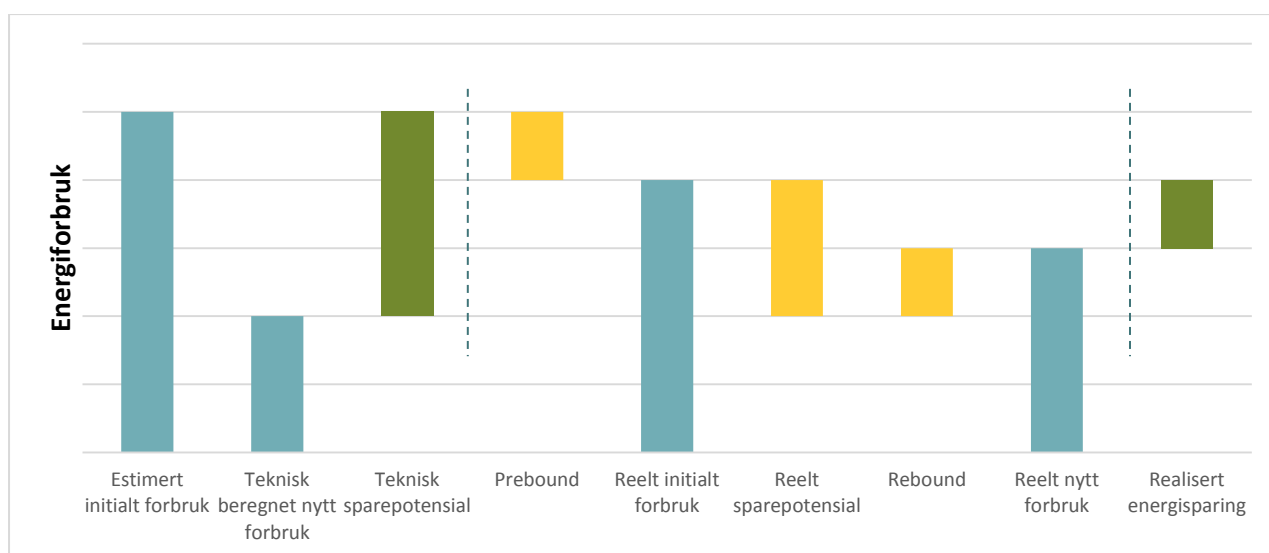
SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Innledning

Energieffektivisering i bygg kan gi betydelige bidrag til reduserte utslipp av klimagasser. For å øke energieffektiviteten er det viktig å stimulere til at samfunnsøkonomisk kostnadseffektive tiltak gjennomføres og at vi har et realistisk bilde av hvilken energisparing som oppnås i praksis. Studier viser at ulike tiltak i mange tilfeller ikke leverer den besparelsen som tiltaket teknisk sett forventes å skulle bidra med. I akademisk litteratur omtales dette ofte som en rebound-effekt som forklares med at brukerne endrer adferd etter tiltaket. Rebound-effekter kan imidlertid også skyldes at man har overestimert energibruken før tiltak (prebound). Figuren under illustrerer sammenhengen mellom teknisk anslått potensial for energisparing og realisert sparing når man tar hensyn til prebound- og rebound-effekter. Avvik kan også skyldes at man har feilberegnet det tekniske sparepotensialet knyttet til et tiltak, men dette er ikke omtalt i litteraturen.

Mens rebound-effekter er knyttet til individuelle adferdsendringer etter tiltak, opptrer prebound gjerne som resultat av at man legger gjennomsnittsverdier til grunn for beregning av potensialer. Både når det gjelder rebound og prebound kan det være store variasjoner mellom ulike forbrukere og grupper av forbrukere.

Prinsippskisse: Hvordan rebound og rebound-effektene påvirker realisert energisparing.



Klimaproblemet må løses i et langsiktig perspektiv. Det er derfor også viktig å forstå hvordan tiltak i dag påvirker mulighetene for videre energieffektivisering i framtiden. Dette omtales ofte som lock-in eller energiinnlåsing. Lock-in som følge av tidligere gjennomførte tiltak eller endringer i en bygning kan være en årsak til prebound.

Målet med prosjektet er å

- Beskrive kunnskapsstatus om rebound-, prebound- og lock-in-effekter i boliger
- Vurdere om forekomsten av nevnte effekter varierer avhengig av husholdningens sosioøkonomiske status, boligstandarden, eller egenskaper ved energieffektiviseringstiltaket.
- Drøfte hvordan kunnskap om disse effektene kan bedre utformingen av virkemidler for å utløse energieffektivisering

Rapporten bygger på en litteraturgjennomgang og analyser basert på samfunnsøkonomisk teori. På grunnlag av de resultatene og analysene som finnes i litteraturen vi har studert, omhandler rapporten først og fremst energieffektivisering i eksisterende boliger. Analysen fokuserer videre

på effekter og faktorer som kan forklare hvorfor realisert energisparing ved gjennomføring av ulike effektiviseringstiltak blir mindre enn forventet.

Hva er målet?

For å vurdere den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av virkemidler for økt energieffektivisering, er det for det første viktig å konkretisere hvilket mål man ønsker å oppnå med energieffektiviseringen:

- Mer effektiv energibruk i form av redusert energibehov for å oppnå de samme energitjenestene
- Redusert energibruk i form av et antall TWh (energisparing)

I begge tilfeller er det relevant å redusere graden av prebound fordi prebound innebærer at man feilvurderer utgangssituasjonen, og dermed også effektene av et gitt virkemiddel.

Lock-in-effekter er relevante når det gjelder begge typer målsettinger, men dreier seg først og fremst om sammenhengen mellom hvilke effekter som oppnås på kort sikt og hva som kan realiseres på lang sikt.

Rebound medfører ikke nødvendigvis at energieffektiviteten av et tiltak reduseres, men snarere at en del av effektiviseringsgevinsten tas ut i økt komfort eller økt forbruk av andre energitjenester som representerer en nytteverdi for husholdningene. Rebound representerer derfor ikke nødvendigvis et samfunnsøkonomisk tap, men er først og fremst et problem dersom man har et absolutt mål for energisparingen. Da er kriteriet for å iverksette virkemidler hvor mye energisparing man får igjen pr. krone. Rebound kan også skyldes det som i adferdsøkonomien betegnes som begrenset rasjonalitet, begrenset viljestyrke eller begrenset egeninteresse, noe som fører til at husholdningene ikke gjennomfører lønnsomme tiltak eller adferdsendringer.

Rebound-effekter gir imidlertid et samfunnsøkonomisk tap dersom de skyldes, eller påvirkes av, at prisene på energi ikke gjenspeiler de reelle samfunnsøkonomiske kostnadene ved energibruken. De langsiktige klimakostnadene reflekteres ikke fullt ut i dagens energipriser, noe som medfører at energiforbruket, inkludert rebound-effektene, blir høyere enn det burde være fra et samfunnsøkonomisk perspektiv, med mindre husholdningenes energibruk reguleres på andre måter. Økte avgifter på energi, lån som tilbakebetales over tid, og støtteutbetaling knyttet til målt effekt, er eksempler på virkemidler som kan motvirke rebound.

Effektiv energibruk fordrer med andre ord at konsumentene stilles overfor de reelle kostnadene og gevinstene, både når det gjelder tiltaket og bruken av energi etter at tiltaket er satt i verk, og at konsumentene er i stand til å gjennomføre lønnsomme tiltak.

Kunnskap om faktisk rebound

Prosjektet har undersøkt om det finnes dokumentasjon på om omfanget av rebound varierer mellom husholdninger, boligtyper og hvilke virkemiddel som brukes til å utløse tiltak. Analysen bygger på en litteraturgjennomgang.

Litteraturgjennomgangen viser at vi vet ganske lite om omfanget av rebound-effekter generelt, selv om de fleste studiene konkluderer med en betydelig rebound-effekt. Analysene måler rebound som prosentvis avvik fra beregnet energibesparelse ved ulike tiltak.

Vi finner noe støtte for følgende hypoteser om i hvilken grad rebound-effekter henger sammen med tiltaket, boligen eller husholdningstypen:

- Rebound-effekten er større ved tiltak rettet mot oppvarming enn mot elektriske apparater. Det kommer antagelig av at energikostnaden knyttet til elektriske apparater utgjør en mindre del av kostnaden ved bruk av apparater og at inntektseffekten er relativt liten. I tillegg er det vanskeligere å regulere energibruken i elektriske apparater.

- Rebound-effekten er mindre for velstående husholdninger enn for mindre velstående husholdninger. Det henger antagelig sammen med flere forhold. For det første er det sannsynlig at velstående husholdninger i utgangspunktet har et "mettet" energiforbruk til oppvarming, dvs. et komfortnivå som er nær et ønsket (optimalt) nivå, inkludert oppvarming av hele boarealet. Mindre velstående husholdninger kan ha en innetemperatur som ligger lavere og varme opp mindre deler av arealet om vinteren. Når energitjenesten blir billigere, vil de derfor ta ut en større del av inntektseffekten gjennom høyere innetemperatur og oppvarming av en større del av arealet. I tillegg er det funnet en sammenheng mellom husholdningens inntekt og graden av miljøbevissthet.
- Sentraliserte styringssystemer gir mindre rebound, ettersom det gir mindre mulighet for påvirkning av bruker og feil bruk
- Automatisk energimåling kan redusere rebound fordi husholdningen blir mindre bevisst sammenhengen mellom strømforbruk og utgifter til strøm. Reduserte energikostnader gir derfor ikke like stor forbruksøkning. Med andre ord kan automatisk måling gi lavere nivå på energibruken, men samtidig mindre prisrespons.
- Forbrukere som får tilgang til økt informasjon later til å bli mer prisfølsomme. Det betyr at man – *alt annet like* – kan forvente større rebound-effekt når kostnaden knyttet til f.eks. oppvarming går ned. Informasjon om eget forbruk og særlig om eget forbruk relativt til andres forbruk, har imidlertid vist seg å redusere rebound-effekter.

Hypoteser om sammenheng mellom rebound og andre sosioøkonomiske aspekter som aldersnivå, størrelse på husholdningen og hvorvidt husholdningen bor i byen eller på landet, har vi ikke funnet empiriske analyser av. Videre finner vi ikke empiriske analyser av betydningen av størrelse på boligen eller alder på boligen. Når det gjelder tiltak, finner vi heller ikke studier av forskjeller i rebound-effekter mellom passive tiltak (tiltak i bygningskroppen) og tiltak som påvirkes av husholdningens bruk (styringssystemer, varmepumper, o.l.).

Vi har ikke funnet analyser av rebound-effekter knyttet til eie-leie-problematikk eller felles versus individuell avregning. Det er likevel grunn til å tro at individuell avregning, der bruker betaler, gir mindre rebound-effekt.

En hypotese om at store energibesparelser gir større prosentvis rebound diskuteres i litteraturen, og forklares med at husholdningene "unner seg" et høyere energiforbruk fordi de allerede føler de har gjort en betydelig innsats i form av omfattende tiltak. Hypotesen støttes av adferdsstudier i forbindelse med andre "grønne" handlinger. Det er imidlertid vanskelig å skille en slik rebound-effekt fra en tradisjonell økonomisk rebound-effekt. En stor energibesparelse gir jo gjerne også reduserte energikostnader, noe som både frigjør inntekt (inntektseffekt) og gjør energibruken pr. enhet relativt billigere i forhold til andre varer og tjenester (substitusjonseffekt).

Kunnskap om prebound

Potensialstudier baserer seg ofte på energi-rater og estimerte verdier for energibruken før tiltak. Studier viser imidlertid at det kan være store avvik mellom estimert og målt energibruk. Data fra den norske energimerkeordningen viser at data rapportert på standardformat gir mye høyere estimer for energibruk i boliger enn det som faktisk er målt, for alle energiklasser. Avviket er imidlertid størst for energiklasser med lav energieffektivitet, der energieffektiviseringspotensialet gjerne antas å være høyere. Korrigering av data for å ta hensyn til spesifikke kjennetegn ved den enkelte bolig, gir langt bedre samsvar mellom estimert og målt energibruk.

Det tilsier at måloppnåelsen og målrettingen av tiltak kan bli bedre ved bedre måling av faktisk energibruk før tiltak iverksettes. Jo større omfang av prebound-effekter, desto mindre lønnsomme vil imidlertid virkemidler knyttet til energieffektivisering være.

Data fra energimerkeordningen tyder på at estimer av energibruken basert på mer detaljerte og realistiske data om standarden for boligmassen, potensielt kan fjerne en stor del av prebound-effekten. Etter hvert som en større del av boligmassen registreres, og særlig gjennom mer

detaljert rapportering, bør dermed også grunnlaget for å estimere faktisk energisparepotensial i eksisterende boliger bli bedre.

Kunnskap om lock-in

Lock-in i sammenheng med energieffektivisering er ikke eksplisitt analysert i litteraturen, men handler generelt om at løsninger som velges på ett tidspunkt har betydning for hvilke tiltak som kan eller vil bli gjennomført senere. Det begrenser f.eks. mulighetene for endring av energiforsyningen i et bygg dersom det er bygd for oppvarming med panelovner. Økonomisk lock-in kan imidlertid være like viktig. Økonomisk lock-in skyldes at energibesparelsen og lønnsomheten av å gjennomføre ett tiltak reduseres dersom et annet tiltak er gjennomført først. Samtidig kan det være lønnsomt å gjennomføre begge tiltakene samtidig, fordi det er billigere, selv om de ikke er lønnsomme dersom de gjennomføres trinnvis. Rekkefølgen av tiltak blir dermed viktig for hvilket energieffektiviseringspotensiale som realiseres.

Virkemidler og rebound

Virkemidlene for økt energieffektivisering er først og fremst innrettet mot å stimulere husholdningene til å gjennomføre *investeringer* i energieffektiviseringstiltak, og ikke eksplisitt mot deres energibruksadferd. Ulike typer virkemidler vil imidlertid påvirke graden av rebound eller adferdsendringer:

- Forskrifter og krav: Reduserer søkekostnader og informasjonskostnader, og kan også redusere risiko for feil (lettere for bransjen og forbrukerne å forholde seg til standardløsninger). Slike reguleringer kan utformes som minimumskrav for typer av tiltak (tiltaksmetoden) eller som rammekrav (f.eks. maksimum energibruk per m²). I det siste tilfellet vil det være større frihet mht. sammensetningen av tiltak. Krav og forskrifter kan gi høyere bygge- og rehabiliteringskostnader, noe som gir en negativ inntektseffekt, og dermed redusert rebound. Det kommer imidlertid an på om kravene settes ut fra privatøkonomisk lønnsomhet eller strammere.
- Støtteordninger: Avhengig av innretningen på støtteordningene vris prisforholdet mellom ulike tiltak og energibærere. I forhold til forskrifter og krav, gir støtteordninger en større inntektseffekt og dermed økt rebound.
- Informasjonstiltak: Det er først og fremst informasjon om energibruken etter at et tiltak er iverksatt som vil påvirke rebound, mens informasjon om mulige tiltak påvirker gjennomføringen av tiltak. Informasjon om energibruken gjennom måling og fakturering reduserer kostnadene ved informasjonsinnhenting, og kan redusere utslagene av begrenset rasjonalitet gjennom å øke viljestyrken og stimulere altruisme.
- Avgifter: Avgifter korrigerer prisforhold ved å gjøre det dyrere å bruke energi. Det fører både til at det blir mer lønnsomt å gjennomføre tiltak og at energibruken etter at tiltaket er gjennomført blir dyrere enn ellers. *Riktige* avgifter korrigerer for eksempel for manglende prising av CO₂-utslipp og skadekostnaden knyttet til klimaendringer. Avgifter gir økte energikostnader, slik at kjøpekraften reduseres, og motvirker dermed rebound.

Dersom man er opptatt av å redusere rebound så *mye som mulig*, tilsier resonnementene over at man bør fastsette strenge krav og forskrifter, øke avgiftene og informere om energibruken gjennom måling og fakturering. I en samfunnsøkonomisk sammenheng bør man imidlertid se slike tiltak i sammenheng med kostnadene ved å gjennomføre dem, som f.eks. kostnader knyttet til måling og fakturering, tidskostnader hos husholdningene, lavere nytte for husholdningene som følge av redusert komfort, og ikke minst fordelingsvirkninger.

Kostnadene må sammenholdes med hva som er det underliggende målet med energieffektiviseringstiltakene. Dersom bakgrunnen for et TWh-mål f.eks. er reduserte utslipp fra energiproduksjon, kan det hende at det finnes andre tiltak enn energieffektivisering som har en høyere samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

Konklusjoner

Prebound henger sammen med at man overestimerer energibruken før tiltak settes i verk og dermed også energieffektiviseringspotensialet. Bedre kartlegging av egenskapene til eksisterende boliger kan redusere prebound-effektene betydelig. Krav om måling av faktisk energibruk for å få støtte til tiltak kan redusere prebound, men medfører økte kostnader. Markedsutvikling knyttet til Energimerkeordningen kan bidra til at kostnadene reduseres.

Rebound-effekter medfører at den realiserte energisparingen som følge av energieffektivisering blir lavere enn beregnet. Rebound-effekter forklares delvis av at husholdningene som følge av energieffektiviseringen får økt kjøpekraft, og at den økte kjøpekraften delvis brukes til å øke innetemperaturen og/eller bruken av elektriske apparater. Økt innetemperatur og bruk av andre energitjenester representerer en verdi for husholdningene, og innebærer ikke lavere energieffektivitet.

Rebound knyttet til effektivisering av energibruken til romoppvarming er trolig avhengig av potensialet for økt varmekomfort gjennom økt innetemperatur eller oppvarming av større deler av boarealet. Det innebærer at rebound-effekten blir lavere dersom komforten bringes opp på et høyt nivå etter tiltaket (metning).

Dersom målet er å redusere energibruken med et visst antall TWh, representerer rebound imidlertid redusert måleffektivitet.

Rebound kan motvirkes gjennom forskrifter og krav og progressivt differensierte avgifter som reduserer inntektseffekten. Tabellen under oppsummerer sammenhengen mellom virkemidler og rebound, og hvilke tilleggsvirkemidler som kan motvirke rebound.

Virkemiddel	Effekt på rebound	Mulige korrigerende tiltak
El-avgifter	Reduserer rebound	
Investeringsstøtte	Øker rebound	Avgifter, informasjon om faktisk forbruk og/eller krav for å få støtte.
Subsidierte lån	Øker rebound noe	Avgifter og informasjon om faktisk forbruk og/eller krav for å få støtte. Knytte subsidien eller lånets lengde til måloppnåelse for energieffektivisering.
Informasjon	Kan redusere rebound	
Byggetekniske krav/standards	Kan gi både økt og redusert rebound	Avgifter og informasjon om faktisk forbruk.

Når det gjelder lock-in er det vanskelig å komme med forslag til generelle grep som kan redusere risikoen for dette. Grunnen til det er at det er genuin usikkerhet om hvilke løsninger som vil være optimale på lang sikt.

Lock-in-effekter kan være både positive og negative, og man bør fortrinnsvis gjennomføre tiltak som gir en positiv lock-in-effekt. Passive tiltak som reduserer energibehovet i et bygg uavhengig av energiforsyning, framstår f.eks. som "robuste". På den annen side er det ønskelig med fleksibilitet for å kunne ta i bruk ny løsninger og teknologier i fremtiden, men det kan også bli (for) dyrt å legge til rette for stor fleksibilitet. Dilemmaet er at både myndigheter og aktører vil stå overfor betydelig usikkerhet om hva "fremtidens løsninger" vil være. Motvirkning av lock-in-effekter bør derfor i hovedsak bare tas hensyn til i tilfeller der aktuelle tiltak har liten energieffektiviseringsgevinst på kort sikt, og der det er stor sannsynlighet for at investeringen begrenser valgmulighetene og dermed energieffektiviseringspotensialet i neste omgang.

1 INTRODUKSJON TIL PROBLEMSTILLINGEN

Bakgrunn for studien

Energieffektivisering trekkes fram som et av hovedtiltakene for å endre energisystemet i en mer klimavennlig retning. Flere internasjonale studier viser at energieffektivisering er det enkleste og billigste klimatiltaket, og det er bred internasjonal enighet om at tiltak innen energieffektivisering må prioriteres (KRD, 2010). Energiforbruket i bygninger utgjør mer enn en tredjedel av verdens samlede energiforbruk og er slik sett også en betydelig kilde til klimagassutslipp.

I henhold til IEA (2013) kan økt energieffektivitet i alle sluttbrugerledd, sammen med en avkarbonisert kraftsektor, redusere utslippene i bygningssektoren til en tredjedel av dagens nivå. EUs bygningsenergidirektiv og energieffektiviseringsdirektiv, som mest sannsynlig vil få innflytelse på norsk politikk, peker på komponentbytte, ambisiøs energirehabilitering (deep renovation) og økt rehabiliteringsrate (renovation rate) som viktige elementer for å redusere energibruken i den eksisterende boligmassen. IEA (2013) omtaler redusert behov for oppvarming og kjøling gjennom optimering av bygningskroppen som et av de viktigste energieffektiviseringstiltakene på verdensbasis. I tillegg beskrives spesifikke tiltak som bør prioriteres i de enkelte regionene. I Europa fremheves for eksempel tiltak som installering av varmepumper og omfattende renovering av eksisterende bygningsmasse, mens Sør-Afrika anbefales å fokusere på solvarme og standarder for apparater og utstyr.

I norsk kontekst anslår KRD (2010) at det er mulig å halvere energibruken i den norske bygningsmassen innen 2040. De tre viktigste overordnede virkemidlene for å nå dette potensialet er:

1. Forutsigbare mål og rammebetingelser fra myndighetene
2. Harmonisering av energimerkeordningen, forskriftskrav, tilskuddsordninger og passivhusstandarder
3. Nasjonalt måleinstrument for energieffektivisering

Gitt energieffektiviseringens betydning for å nå både globale og nasjonale politiske målsetninger, er det viktig å velge de mest kostnadseffektive tiltakene. Selv om det anslås betydelige tekniske potensial, er det lite trolig at hele denne energibesparelsen er realiserbar i praksis. Mange studier viser at flere tiltak ikke leverer den besparelsen som tiltaket teknisk sett forventes å skulle bidra med. Studiene henviser blant annet til rebound-effekter eller til feilanslag (også kalt prebound-effekter) for å forklare disse avvikene.¹ En effektiv politikk på energieffektiviseringsområdet hviler på at myndighetene forstår hvorfor slike avvik oppstår, hvor store de er, samt om de bør og eventuelt hvordan de kan unngås eller motvirkes. Det er ikke nødvendigvis slik at en alltid ønsker å unngå/motvirke rebound-effekten, fordi rebound-effekten kan komme av tilpasninger som har verdi for individet eller husholdningen. Virkemidler som bidrar til å motvirke denne effekten kan derfor innebære samfunnsøkonomiske tap.

Klimaproblemet må løses i et langsiktig perspektiv. Det er derfor viktig å forstå hvordan tiltak i dag påvirker mulighetene for videre energieffektivisering i framtiden. Dette omtales ofte som lock-in eller energiinnlåsing.

En annen grunn til at endelig energiforbruk avviker fra forventet energibruk, kan være feil konstruksjon eller feil bruk av utstyr. Vi går dog ikke inn på det i denne rapporten. Dersom avvik skyldes feil konstruksjon eller feil bruk av utstyr, innebærer det at en del av rebound-effektene ikke kan motvirkes gjennom tiltak som påvirker adferden i husholdningene. Slike avvik må eventuelt motvirkes gjennom kompetanseoppbygging og bedre kontroll.

¹ Kapittel 2 forklarer begrepene rebound, prebound og lock-in nærmere

Problemstillingen

Målet med prosjektet er å:

- *Beskrive kunnskapsstatus om rebound-, prebound- og lock-in-effekter*
- *Vurdere om forekomsten av nevnte effekter er spesielt høy eller lav avhengig av husholdningens sosioøkonomiske status, boligstandard, eller tekniske aspekter ved energieffektiviseringstiltaket.*
- *Drøfte hvordan kunnskap om disse effektene kan bedre utformingen av virkemidler for å utløse energieffektivisering.*

Analysen fokuserer på direkte effekter av energieffektiviseringstiltak i eksisterende boliger, dvs. hvordan tiltakene påvirker energibruken i boligene og ikke samlet energibruk i samfunnet.

Ved vurdering av virkemidler for økt energieffektivisering, kan det videre være nyttig å skille mellom hvilke mål man ønsker å oppnå med energieffektiviseringen:

- Mer effektiv energibruk i form av redusert energibehov for å oppnå de samme energitjenestene som før (energieffektivisering)
- Redusert energibruk i form av et nivå på energibruken eller en bestemt reduksjon i energibruken i TWh (energisparing)

Vårt utgangspunkt for analysen er samfunnsøkonomisk effektivitet eller optimalitet. Samfunnsøkonomisk optimalitet innebærer at energieffektiviseringstiltak som koster mindre enn de gevinstene som oppnås, gjennomføres. Gevinstene ved et tiltak kan både komme til uttrykk som (verdien av) redusert energibruk og eventuell økt nytte i husholdningene. Både før og etter tiltak antar man at energibruken tilpasses slik at verdien av den siste kilowattimen som brukes, tilsvarer den nytteverdien kilowattimen gir husholdningen. Av ulike grunner kan det imidlertid hende at private aktører ikke gjennomfører samfunnsøkonomisk lønnsomme tiltak eller tilpasser energibruken optimalt. Faktorer som skaper avvik mellom de privatøkonomiske og samfunnsøkonomiske vurderingene, omtales med en fellesbetegnelse som *markedssvikt*.

Hvis målet er å oppnå effektiv energibruk, bør virkemidlene rettes inn mot å korrigere kilder til markedssvikt, inkludert markedssvikt som gir opphav til rebound-effekter. Dersom målet er å oppnå en bestemt besparelse, bør man sette i verk de mest kostnadseffektive virkemidlene. Da kan ulike grader av rebound ha betydning for hvilke virkemidler og tiltak som bør velges.

Videre er det nyttig å skille mellom virkemidler som myndighetene setter i verk, og tiltak, som er investeringer eller adferdsendringer i husholdningene. Virkemidler utløser tiltak.

Endelig fokuserer vi på hva som kan forklare at energibruken etter gjennomføring av energieffektiviseringstiltak blir høyere enn det man forventer før tiltaket, både for enkeltboliger og for grupper av boliger. Både nivået på energibruken og graden av avvik varierer betydelig mellom husholdninger, men det er ikke tema for denne rapporten.

Problemstillingens ulike dimensjoner

Problemstillingen etterspør forståelse av hvordan prebound-, rebound- og lock-in-effekter ved energieffektiviseringstiltak i boliger varierer med kjennetegn ved boligen eller husholdningen på den ene siden, og typen tiltak og/eller virkemidlet som utløser virkemidlet på den andre siden. Figur 1.1 forsøker å illustrere sammenhengen mellom realisert energisparing og disse fire dimensjonene.

Figur 1.1: Realisert energisparing varierer langs fire dimensjoner

Hver dimensjon er preget av ulike kjennetegn eller egenskaper som i prinsippet kan påvirke realisert energisparing.

Kjennetegn ved boligen: Relevante kjennetegn ved boligen som kan påvirke realisert energisparing er størrelse, type (enebolig, leilighet, rekkehus), alder og geografisk plassering. Er det for eksempel slik at rebound-effekten er høyere for større eneboliger? Typen bolig kan også knyttes til f.eks. avregningsform, dvs. hvorvidt flere enheter avregnes felles, noe som er aktuelt for eldre borettslag og enkelte sameier.

Kjennetegn ved husholdningen: Det kan tenkes at rebound-effekten varierer med husholdningens sosioøkonomiske status som inntekts- og utdannelsesnivå, alder og antall personer i husstanden. Er det naturlig å forvente en større eller lavere rebound-effekt for høy-inntektshusholdninger? Eller vil rebound-effekten være større for leietakere enn selveiere?

Kjennetegn ved tiltaket: Er det for eksempel slik at rebound-effekten varierer med typen styringssystem eller energibæreren som tiltaket skal effektivisere bruken av?

Kjennetegn ved virkemidlet: Noen ganger er virkemidler en forutsetning for å få gjennomført energieffektiviseringstiltak. I den sammenheng ønsker vi å belyse hvordan realisert energisparing varierer med type virkemiddel.

I kapittel 3 gir vi en oversikt over hvorvidt empiri og teori dokumenterer og begrunner om nevnte effekter varierer med dimensjonene fra denne klassifiseringen.

Rapportstruktur

Rapporten er strukturert som følger:

I kapittel 2 definerer vi nevnte effekter og andre sentrale begreper, samt beskriver med basis i mikroøkonomisk teori hvorfor rebound observeres.

I kapittel 3 presenterer vi litteraturgjennomgangen som er utført for å kartlegge kunnskapen om prebound-, rebound-, og lock-in-effekter. Med utgangspunkt i litteraturstudien og teorien tester vi videre ulike hypoteser på hvordan effektene varierer med husholdningens sosioøkonomiske status, boligstandard, eller tekniske aspekter ved tiltaket. Basert på kunnskapsstatusen kan vi til slutt peke på områder der det er behov for ytterligere studier.

I kapittel 4 benytter vi den ervervede kunnskapsstatusen til å diskutere implikasjoner for virkemiddelbruken på energieffektiviseringsområdet.

Ekspertgruppe

Prosjektet har nytt godt av innspill fra en ekspertgruppe bestående av Bente Halvorsen, SSB, Christian Grorud, Lavenergiprogrammet, Håvard Solem, Enova, og Birger Bergesen, NVE, samt diskusjoner med oppdragsgiver. Prosjektteamet står imidlertid eneansvarlig for de analyser og konklusjoner som presenteres i rapporten.

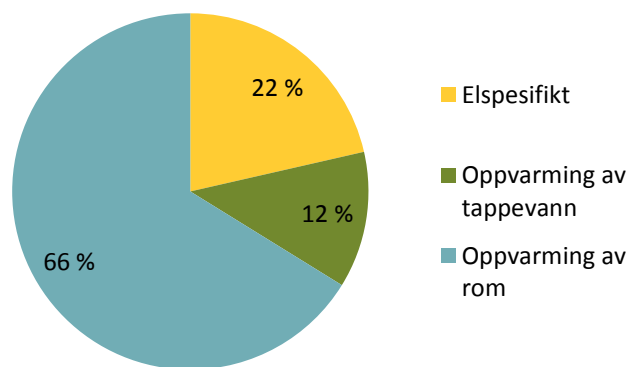
2 SENTRALE BEGREPER OG TEORI

Fra litteraturgjennomgangen ser vi at ulike begreper benyttes noe forskjellig. Samtidig er problemstillingen relativt kompleks. For å holde begrepene i problemstillingen fra hverandre, presenterer vi først en oversikt over sentrale begreper og definisjoner, slik at de neste kapitlene blir lettere tilgjengelig. Deretter diskuterer vi med basis i mikroøkonomisk teori hvorfor rebound-effekter oppstår. Det gir et bakteppe for å forklare observasjonene fra litteraturgjennomgangen teoretisk.

2.1 Formålsdeling av energibruken til husholdningene

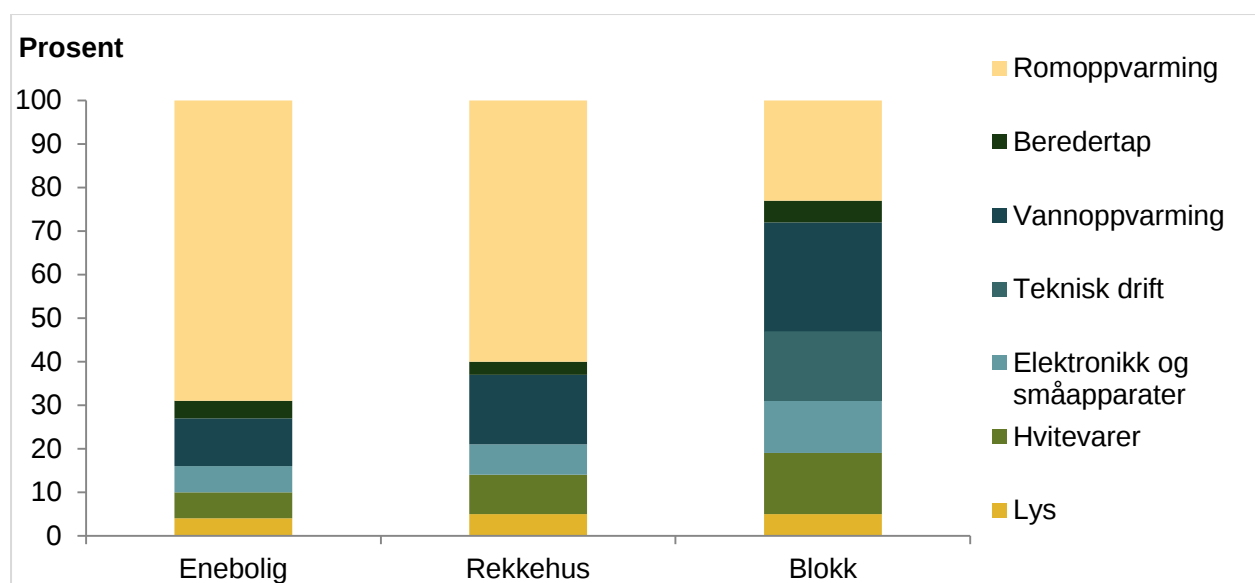
Det norske sluttforbruket av energi utgjorde 240 TWh i 2011. Private husholdninger stod for 26 prosent av dette forbruket, med et samlet energiforbruk tilsvarende 62,2 TWh (SSB, 2013). I henhold til NVEs Energibruksrapport (2012) bruker husholdningene energi til primært tre formål: romoppvarming, oppvarming av tappevann og elspesifikk energibruk (elektrisk utstyr og belysning). Hvordan energiforbruket er fordelt mellom disse formålene er forbundet med betydelig usikkerhet. Basert på en vurdering av studier fra Norge og andre land estimerer NVE at formålsfordelingen av norske husholdningers energiforbruk kan være som vist i Figur 2.1.

Figur 2.1: Formålsfordeling av energibruk i husholdningene



Kilde: Energibruksrapporten 2012 – Energibruk i husholdningene (NVE, 2012)

Vestlandsforskning (2011) har utarbeidet en oversikt over hvordan den samlede energibruken i boliger fordeler seg mellom ulike formål, samt hvordan formålsfordelingen varierer mellom ulike typer boliger, se Figur 2.2. Som figuren viser, går mesteparten av energibruken i eneboliger og rekkehus til romoppvarming. Eksempelvis utgjør energi til romoppvarming 70 prosent av samlet energibruk for eneboliger.

Figur 2.2: Formålsfordeling av energibruken for ulike boligtyper

Kilde: Vestlandsforskning (2011)

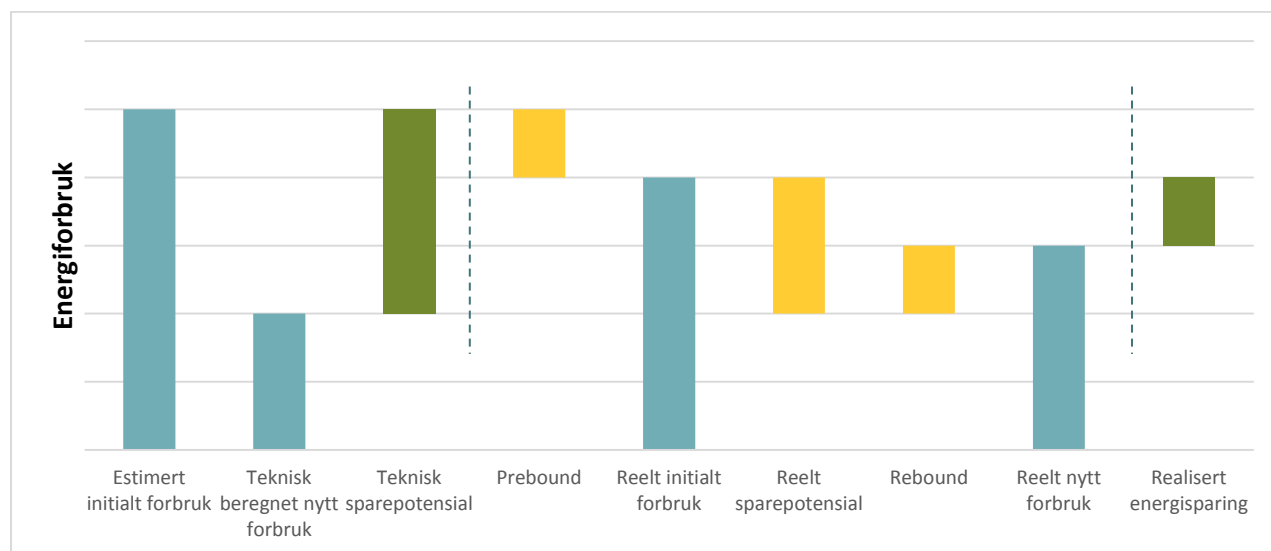
Oppvarming og kjøling av rom er sammen med oppvarming av varmtvann estimert å utgjøre tilnærmet 60 prosent av det globale energiforbruket i bygninger (IEA, 2013). Disse energitjenestene representerer følgelig også det største potensialet for reduksjon av energiforbruket og de tilhørende klimagassutslippene. Romoppvarmingens dominerende andel av boligens samlede energiforbruk og denne energitjenestens betydning for å redusere sektorens utslipp, bidrar naturlig nok til at dette også er den av husholdningenes energitjenester som er best studert. Vi har også videre i rapporten i hovedsak fokusert på energibruken knyttet til oppvarming i husholdninger.

2.2 Oversikt over sentrale begreper

De to begrepene rebound og prebound er, som språkbruken indikerer, relaterte begreper. Sammenhengen mellom rebound og prebound-effekten og realisert energisparing er vist i Figur 2.3 og forklart i de to etterfølgende avsnittene. Figuren viser hvordan den realiserede besparelsen blir mindre enn det forventede (tekniske) sparepotensialet pga. prebound og rebound-effekter. Begrepet lock-in er et separat fenomen og definert i siste avsnitt.

Med teknisk sparepotensial mener vi den beregnede besparelsen av et tiltak *alt annet like*, dvs. reduksjon i energibehov for å yte samme energitjeneste som uten tiltaket. Det tekniske potensialet avhenger både av at man har korrekte beregninger av energibruken til en tjeneste før tiltaket, og at bruken etter tiltaket blir som forventet.

Figur 2.3: Forenklet framstilling av prebound og rebound-effekten på realisert energisparing. Prinsippskisse.



2.2.1 Prebound

Prebound er som navnet antyder en effekt som henger sammen med tilstanden *før* tiltak gjennomføres. Prebound-effekten oppstår når energibruken før tiltak er lavere enn det som er estimert eller forutsatt. Prebound ble først lansert som et eget begrep i Sunnika-Blank og Galvin (2012). De argumenterer for at en del av det som identifiseres som rebound-effekter, dvs. tilskrives økt energibruk som følge av adferdsendringer, faktisk skyldes at den initiale energibruken er overvurdert. Prebound-effekten innebærer med andre ord at man overvurderer hvor mye energi som kan spares fordi man antar at energieffektiviteten er dårligere i utgangspunktet enn den er i virkeligheten. I prinsippet kan prebound-effekten også føre til at man *undervurderer* sparepotensialene, dersom man undervurderer energibruken før et tiltak.

Prebound oppstår når man ikke har presise målinger av energiforbruket pr. bolig, husholdning, energislag eller formål på forhånd. For eksempel kan det skyldes at man legger til grunn estimerte gjennomsnittsverdier for en kategori av boliger (f.eks. ut fra byggeår og plassering) eller husholdninger (barnefamilier), eller at man over- eller undervurderer hvor stor andel av energiforbruket som går til oppvarming. Mikro-studier viser at det kan være svært store variasjoner i energibruk i ellers sammenlignbare boliger, f.eks. avhengig av hvem som bor der, og hvilke endringer boligen har gjennomgått opp gjennom årene. I prinsippet burde avvikene kunne gå i begge retninger, men flere analyser tyder på at man typisk overvurderer energibruken.

Dersom man på forhånd antar at forbruket er høyere enn det faktisk er, vil man overvurdere energibesparelsen som tiltaket vil gi. I figuren oppstår prebound-effekten som følge av at det initiale energiforbruket estimeres høyere enn det reelle forbruket. Et lavere initialt forbruk fører til at det reelle sparepotensialet er mindre enn det forventede sparepotensialet.

2.2.2 Rebound

Rebound-effekten beskriver en forbruksøkning som opptrer i etterkant av et energieffektiviserings-tiltak, målt mot den energibesparelsen man forventet å oppnå gjennom tiltaket. Forbruksøkningen forårsakes av at forbrukeren endrer adferd som følge av at effektiviseringen reduserer energikostnadene. Energieffektiviseringen innebærer at forbrukeren kan oppnå samme komfort (innetemperatur) som før med lavere energiinnsats. Imidlertid observerer man i mange tilfeller at forbrukeren øker komfort-nivået etter at tiltaket er gjennomført. Rebound innebærer derfor at det reelle energiforbruket til en husholdning etter et energieffektiviseringstiltak er høyere enn det som hadde vært tilfelle uten adferdsendringer, dvs. ved uendret komfortnivå. I figuren utgjør rebound-

effekten differansen mellom teknisk beregnet nytt forbruk (ved at det faktiske sparepotensialet realiseres) og reelt nytt forbruk.

Begrepet "backfire" blir brukt i noen studier for å beskrive tilfeller der rebound-effekten er høyere enn forventet energibesparelse. Det er åpenbart et paradoks om det skulle inntreffe, og som litteraturgjennomgangen i kapittel 3 viser, finner vi også få dokumenterte tilfeller av dette i litteraturen. Jf. forrige avsnitt, kan tilfeller av tilsynelatende back-fire-effekter like gjerne skyldes at rebound-effekten overvurderes pga. prebound.

Rebound-effekten uttrykkes som en prosentandel av forventet energibesparelse ved energieffektiviseringstiltak. Eksempelvis vil en rebound-effekt på 20 prosent innebære at en oppnår 80 prosent av forventet energibesparelse.

En skiller gjerne mellom tre typer rebound-effekter: Direkte, indirekte og makroøkonomiske.

Direkte rebound-effekt

Den direkte rebound-effekten medfører at reduksjonen i energiforbruket til f.eks. oppvarming (dersom tiltaket er rettet mot oppvarming) ikke tilsvarer den potensielle effektiviseringsgevinsten ved tiltaket. Den direkte rebound-effekten bidrar på denne måten til at energibruken blir høyere enn det som forventes basert på det tekniske sparepotensialet til tiltaket. Energieffektiviserings-tiltak reduserer den energirelaterte kostnaden (f.eks. oppvarming pr. m²), og dermed også den samlede kostnaden, ved bruk av en tjeneste. Lavere pris leder til at husholdningen øker sin etterspørsel etter den nå billigere tjenesten enten ved å øke antall enheter, størrelsen på enheten eller bruken av enheten.

Denne forbruksøkningen defineres som den direkte rebound-effekten og kan dekomponeres i to effekter; substitusjons- og inntektseffekten (se tekstboks). Substitusjonseffekten innebærer at forbrukeren øker forbruket av den relativt billigere varen/tjenesten på bekostning av andre varer. Inntektseffekten innebærer at forbruket av produktet/tjenesten øker som følge av økt kjøpekraft. Et eksempel på direkte rebound er at en husholdning i etterkant av installering av varmepumpe, velger å øke innnetemperaturen, og dermed ender opp med økt komfort men begrenset energibesparelse. Høyere energiforbruk enn forventet etter tiltak kan også skyldes at husholdningen varmer opp et større areal enn før, eller varmer opp arealet i større deler av døgnet enn før. Hvorvidt slike tilpasninger skyldes bevisste valg eller forhold knyttet til begrenset rasjonalitet (se avsnitt 2.3.4), er vanskelig å avgjøre empirisk.

Indirekte rebound-effekt

Den indirekte rebound-effekten kommer til uttrykk i økt energiforbruk som følge av økt forbruk av andre varer og tjenester. Etter implementering av et energieffektiviseringstiltak kan forbruket av andre energikrevende tjenester øke, dersom kostnadsreduksjonen bidrar til at husholdningen får økt kjøpekraft (se forklaring av inntektseffekten i tekstboks). Den økte kjøpekraften kan for eksempel føre til at husholdningene øker sitt strømforbruk ved andre elektriske apparater i boligen

Tekstboks 1: Mikroøkonomisk teori forklarer rebound

Substitusjonseffekten betyr at man bruker mer av den tjenesten energieffektiviseringstiltaket var rettet mot. Siden energitjenesten effektiviseres, så synker tjenestens relative kostnad. Alt annet likt vil man derfor forbruke mer av denne relativt til andre tjenester, innenfor samme budsjett.

Inntektseffekten betyr at man bruker mer av alle goder, inklusive den effektiviserte tjenesten. Kjøpekraften har økt siden det er blitt billigere å oppnå samme forbruksmiks som før tiltaket. Den "frigjorte" inntekten benyttes til å forbruke mer av alle goder.

Avsnitt 2.3 benytter disse to begrepene for å forklare nærmere hvorfor rebound oppstår.

eller til tjenester utenfor boligen som krever bruk av energi. Den indirekte effekten er vanskeligere å måle, da den fordeler seg bredt seg på de goder husholdningen etterspør.

Makroøkonomiske rebound-effekter

Energieffektiviseringstiltak bidrar til prisendringer på produkter og tjenester, hvilket kan lede til strukturelle endringer i økonomien og en ny likevekt med tanke på forbruk av energi og andre produkter og tjenester. For eksempel at en mer effektiv bruk av den relevante energiresursen leder til økt vekst og energikonsum på makroøkonomisk nivå.

2.2.3 Lock-in-effekter

De løsningene som velges i nye og eksisterende bygg bestemmes og begrenses av det som er rådende teknologi og rammebetingelser. De løsningene som opprinnelig er valgt når det gjelder f.eks. bygningsform, rominndeling og oppvarmingsløsning for et bygg, har betydning for hvilke tiltak som kan gjennomføres senere og hvor stort energieffektiviseringspotensial ulike tiltak har. I tillegg påvirkes lønnsomheten av å gjennomføre et bestemt tiltak, av hvilke tiltak som allerede er gjennomført i bygget.

Lock-in handler om at man gjennom de løsningene som velges, påvirker hvilke alternativer som er relevante i neste omgang. Lock-in kan oversettes til stivhengighet på norsk.

Eksempler på lock-in når det gjelder energieffektiviseringstiltak, er

- At det er ulønnsomt eller umulig å installere luft-til-vann varmepumper eller koble til fjernvarme for boliger som er bygd med elektrisk oppvarming (panelovner), fordi man også må installere opplegg for vannbåren varme.
- At det kan være ulønnsomt å bygge passivhus i et område med tilknytningsplikt for fjernvarme (hvis man ikke får fritak/dispensasjon fra kravet) fordi man får en dobbel kostnad: ekstrakostnaden for å oppnå passivhusnivå og tilknytningskostnaden til fjernvarmenettet.
- At energieffektiviseringspotensialet ved installasjon av varmepumpe og/eller styringssystemer reduseres dersom man f.eks. har etterisolert en bolig og skiftet vinduene (og vice versa).

Lock-in påvirker den realiserte effekten av energieffektiviseringstiltak og incentivene til å gjennomføre energieffektivisering. Kostnadene kan bli høyere enn beregnet fordi det er gjennomført tidligere tiltak som gjør nye tiltak dyrere (f.eks. panelovner som oppvarmingsløsning). Og nyttevirkningene kan bli lavere enn beregnet fordi det allerede er gjennomført andre tiltak som har tatt ut en del av energieffektiviseringspotensialet.

Lock-in kan være en forklaringsfaktor for prebound: Dersom man ikke har informasjon om hvilke tiltak som er gjennomført i en bygningsmasse fra før, kan man både overvurdere energibruken før tiltak og hvor stor effektiviseringsgevinst et bestemt tiltak vil gi.

Lock-in er også relevant når det gjelder utforming av virkemidler. Siden man ikke vet hvordan relative energipriser eller tekniske muligheter vil utvikle seg, kan det være fornuftig å innrette virkemidlene på en måte som gir fleksibilitet i forhold til å ta i bruk nye løsninger i fremtiden.

På den annen side kan lock-in i prinsippet gi reduserte rebound-effekter dersom lock-in innebærer tiltak som medfører at adferden til beboere eller brukere av bygget får mindre å si for energibruken.

2.3 Nærmere om rebound-effekter

Som nevnt over er rebound-effekter det mest "kjente" og omdiskuterte av begrepene nevnt over. I dette avsnittet vil vi beskrive nærmere hvorfor rebound observeres, med utgangspunkt i adferds- og mikroøkonomisk teori. I avsnitt 2.3.1 – 2.3.2 diskuterer vi rebound med utgangspunkt i standard økonomisk teori som forutsetter rasjonelle økonomiske aktører. I avsnitt 2.3.3 drøfter vi

betydningen av at man bruker flere energibærere. Husholdninger og individers adferd og tilpasninger styres ikke bare av kroner og øre, dvs. at man har en i økonomisk forstand begrenset rasjonalitet. Avsnitt 2.3.4 gjør rede for betydningen av begrenset rasjonalitet.

2.3.1 Hvorfor observerer vi rebound?

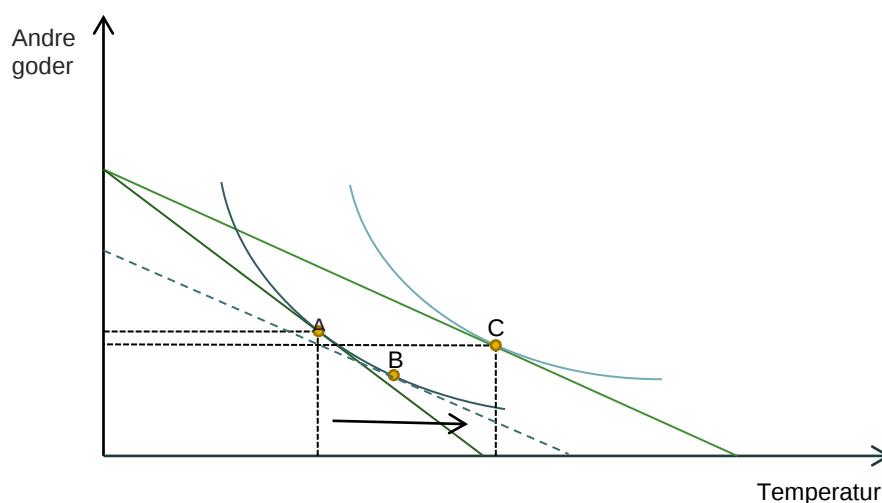
For å forklare hvordan rebound-effekten oppstår, ser standard samfunnsøkonomisk teori på hvordan etterspørselen etter energi påvirkes av energieffektivisering i boliger. La oss anta at en husholdning bruker elektrisitet til oppvarming og at det settes i gang energieffektiviserende tiltak i boligen. Det vil gi tre økonomiske effekter:

1. Man trenger mindre elektrisitet for å varme opp boligen til samme temperaturnivå som før. Dette vil isolert sett gi lavere etterspørsel etter elektrisitet. Dette kan illustreres ved ligningen $T = e \times E$ hvor T er innetemperatur, E er forbruk av elektrisitet og e er en parameter som gir uttrykk for energieffektiviteten. Energieffektiviserende tiltak øker verdien på e noe som fører til at E går ned for gitt T .
2. Effektiviseringstiltaket fører imidlertid til at det koster mindre å varme opp boligen, noe som betyr at oppvarming relativt sett blir billigere enn før – prisen på oppvarming går ned selv om prisen på elektrisitet er uendret. Oppvarming blir billigere i forhold til andre varer og tjenester som koster det samme som før. Det gir en substitusjonseffekt: Man kan få mer oppvarming (høyere temperatur) ved å gi opp mindre av andre goder enn før, noe som isolert trekker i retning av større etterspørsel etter oppvarming og dermed elektrisitet.
3. Siden prisen på oppvarming går ned, får husholdningen i tillegg penger til overs. Dette gir en inntektseffekt som kan føre til at man kjøper mer av ulike varer og tjenester. Gitt at elektrisitet er et normalt gode² vil inntektseffekten trekke i retning av større etterspørsel etter elektrisitet til oppvarming, noe som vil være en direkte effekt på elektrisitetsforbruket. Indirekte rebound-effekter kan oppstå ved at man bruker noe av den ekstra inntekten til økt elektrisitetsforbruk på andre ting enn oppvarming, f.eks. mer dusjing, flere elektriske apparater, etc. Noe av inntektsøkningen kan også føre til økt energibruk utenfor hjemmet, som flere flyreiser, større forbruk av energiintensive varer osv.
4. Mens den første effekten trekker i retning av et lavere elektrisitetsforbruk, vil de to siste effektene trekke i retning av større forbruk. Disse vil dermed utgjøre det som kalles rebound-effekten. Størrelsen på rebound-effekten kommer an på husholdningens preferanser og størrelsen på substitusjons- og inntektseffekten.

I Figur 2.4 har vi illustrert inntekts- og substitusjonseffektene ved å tegne en husholdnings tilpasning mellom innetemperatur (T i ligningen ovenfor) og andre goder. Denne framstillingen baserer seg på standard konsumentteori som legger til grunn at husholdningene får høyere behovstilfredsstillelse, vanligvis kalt nytte, ved å øke konsumet av et av godene gitt at konsumet av det andre godet ikke går ned.³ Den rette linja er en budsjettlinje som viser hvilke alternative kombinasjoner av goder husholdningen kan kjøpe for en gitt inntekt og gitte priser. Helningen på denne representerer de relative prisene på de to godene, og jo lenger ut mot nordøst budsjettlinja ligger, jo bedre råd har husholdningen. Det er husholdningens preferanser som avgjør hvilket punkt på budsjettlinja den vil velge. Preferansene, dvs. nyttefunksjonen, er illustrert ved hjelp av indifferenskurver som viser hvilke kombinasjoner av de to godene som gir likt nyttenivå for konsumenten. Jo lenger ut i diagrammet (mot nordøst) indifferenskurven ligger, jo høyere nytte har husholdningen.

² Normale goder er kjennetegnet ved at konsumentene forbruker mer av dem når inntekten øker.

³ I Figur 2 nedenfor vil vi avvike fra denne antagelsen ved å se på metning av det ene godet – temperatur.

Figur 2.4: Husholdningers tilpasning ved energieffektivisering

I figuren har husholdningen i utgangspunktet tilpasset seg i punktet A. Ved energieffektivisering vil oppvarming bli billigere og budsjettlinja vris utover. Dette gir et nytt tilpasningspunkt C hvor innetemperaturen har økt. Endringen fra A til B er substitusjonseffekten (endret tilpasning for samme nyttenivå), mens endringen fra B til C er inntektseffekten. Merk at tilpasningen i punkt C gir et høyere nivå på innetemperatur (T) enn i punkt A. Adferdsendringene som bidrar til den høyere innetemperaturen gir *rebound-effekten*. Denne gir uttrykk for at nedgangen i elektrisitetsforbruket ikke tilsvarer det tekniske potensialet. *Backfire-effekt* kan oppstå hvis substitusjons- og inntektseffektene er sterke nok.

Som vi ser av Figur 2.4, vil inntektseffekten gjøre at man kan tilpasse seg på et høyere nyttenivå enn før. Dette illustrerer at selv om rebound-effekten ikke er ønsket ut fra en energi- eller miljøpolitisk synsvinkel, oppstår den fordi den øker konsumentenes nytte, eller behovs-tilfredsstillelse. Slik sett er det en ønsket effekt for husholdningene, og adferdsendringene som finner sted skyldes rett og slett at husholdningen øker sin nytte ved å tilpasse seg annerledes når boligen blir mer energieffektiv.

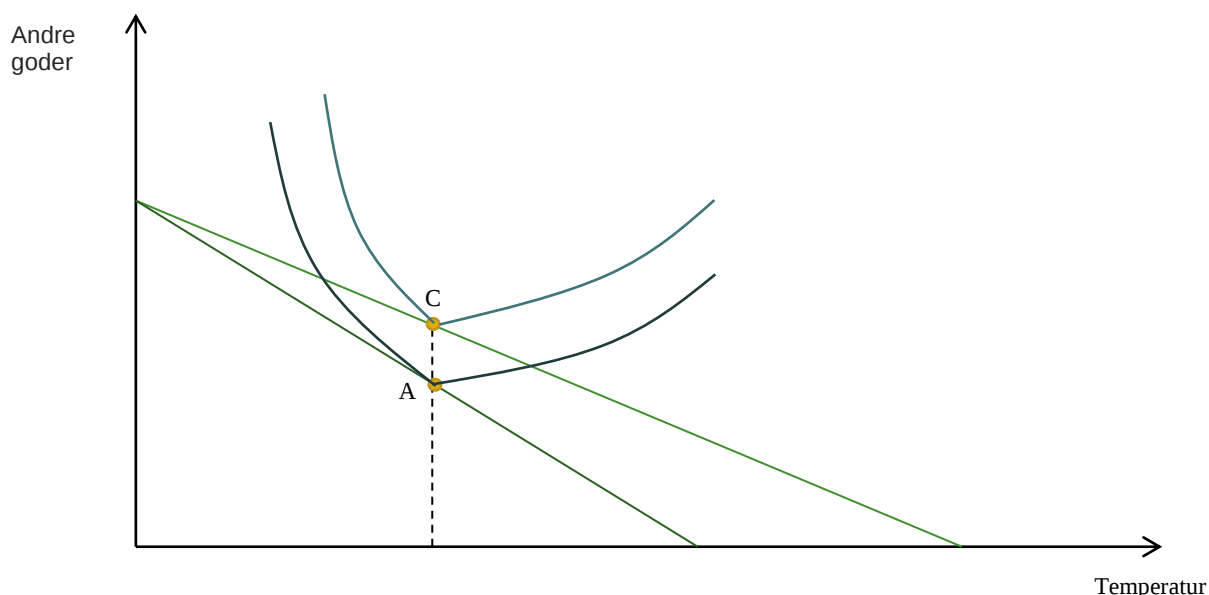
2.3.2 Er det noen grense for rebound?

Rebound-effekten vil som nevnt avhenge av husholdningenes preferanser representert ved indifferenskurver i Figur 2.4. Det er rimelig å tenke oss at husholdningen har en preferanse for et optimalt nivå på temperaturen inne. Hvis temperaturen øker ut over dette nivået vil husholdningenes nytte avta eller være uendret.⁴ Dersom husholdningene allerede har optimal innetemperatur vil indifferenskurven ha et knekkpunkt (se Figur 2.5), noe som fører til at selv om prisforholdet mellom oppvarming og temperatur og andre goder endres, vil ikke substitusjonseffekten gi økt bruk av elektrisitet til oppvarming. Inntektseffekten gir heller ikke mer elektrisitet til oppvarming, da den økte inntekten vil bli brukt til kjøp av andre varer og tjenester. I økonomisk språk betyr dette at etterspørselen etter innetemperatur er uelastisk, etterspørselen endres ikke selv om det skjer endringer i prisen. Det kan vises at jo mer elastisk etterspørselen er, jo større vil rebound-effekten være (se f.eks. Rasmussen og Grepperud (1997)). På lengre sikt kan det tenkes

⁴ Det optimale nivået vil selvsagt variere mellom husholdninger. Man kan også tenke seg at dette nivået avhenger av hva man er vant til eller har vokst opp med. Ved å senke innetemperaturen kan det derfor tenkes at det optimale temperaturnivået faller på lengre sikt.

at etterspørselen etter innetemperatur i Norge etter hvert blir mer uelastisk ettersom kvaliteten på boligene blir bedre. Dermed vil man kunne observere lavere direkte rebound-effekter knyttet til tiltak for mer effektiv oppvarming på lengre sikt. Passivhus vil f.eks. ha et lavere oppvarmingsbehov og en kortere oppvaringssesong enn bygg bygd etter tidligere forskrifter.

Figur 2.5: Rebound-effekten er lavere når energiforbruket nærmere seg metning



2.3.3 Vridning mellom energitjenester kan registreres som rebound

Det er likevel forhold som kan gi økt elektrisitetsforbruk selv om etterspørselen etter oppvarming ikke øker, dvs. indirekte effekter. Siden elektrisitet brukes til annet enn oppvarming kan inntektseffekten tas ut gjennom økt bruk av andre elektrisitetskreivende husholdningstjenester som f.eks. mer dusjing eller kjøp og bruk av flere elektriske apparater.

Tilsvarende kan man oppleve økt elektrisitetsforbruk dersom man bruker flere oppvarmingskilder for å nå optimal temperatur. Vi kan bruke vedfyring og elektrisitet som eksempel. Hvis effektiviseringstiltaket fører til at man reduserer vedforbruket og øker elektrisitetsforbruket, kan elektrisitetsforbruket øke selv om man i utgangspunktet hadde optimal innetemperatur. For at dette skal være lønnsomt må elektrisk oppvarming bli relativt billigere enn vedfyring, f.eks. som følge av mer effektive panelovner eller installering av varmepumpe. Hvis derimot effektiviseringstiltaket gjør at begge oppvarmingskilder blir mer effektive, f.eks. som følge av bedre isolering, vil ikke den relative bruken mellom ved og elektrisitet (alt annet likt) endres.

Denne temperatureffekten tolkes også av noen som en form for preboud, da man ikke har godt nok kjennskap til temperaturen før tiltaket – altså en form for "målefeil". Det økonomiske resonnementet vi har redegjort for forklarer dog effekten ved hjelp av substitusjons- og inntektseffekten.

2.3.4 Rebound som følge av begrenset rasjonalitet

I henhold til standard økonomisk teori vil en husholdning gjennomføre effektiviseringstiltak som er lønnsomme; de vil gjennomføre tiltak hvis investeringskostnaden er lavere enn nåverdien av framtidig energisparing. Dersom husholdninger ikke gjennomfører tilsynelatende lønnsomme tiltak, forklares det av subjektive kostnader og nyttevirksomheter for husholdningen. Det burde dermed ikke være grunn for offentlige til å gripe inn i disse beslutningene, med mindre energien og energitiltakene ikke er riktig priset eller ikke reflekterer politiske målsettinger. Det kan imidlertid

også være andre grunner for det offentlige til å gripe inn. For eksempel kan det være at konsumentene ikke har riktig eller tilstrekkelig informasjonen, eller at husholdningene ikke oppfører seg så rasjonelt som teorien skulle tilsi.

Adferdsøkonomer studerer den siste grunnen – nemlig at husholdningene ikke er rasjonelle i økonomisk forstand. Adferdsøkonomi legger til grunn at husholdningene enten kan ha begrenset viljestyrke, egeninteresse eller rasjonalitet. Denne oppsummeringen bygger på Hauge (2013).

Begrenset viljestyrke kan være en årsak til manglende energieffektivisering. Det kan være at et individ verdsetter nåtiden mye mer enn fremtiden på en slik måte at nåtiden får en ekstra verdi ved beslutninger; man faller for fristelser og utsetter kostnader og tidsvalgene blir inkonsistente.⁵ Dette betyr at man ikke foretar lønnsomme investeringer hvis de har en høy investeringskostnad og gevinstene kommer lengre fram i tid. En måte å bøte på dette på, og som har blitt foreslått i litteraturen, er å utsette betalingen. Investeringskostnadene kan konverteres til en annuitet som betales i takt med at besparelsene i energiforbruket inntreffer. Kundene kan f.eks. betale avdragene på investeringene gjennom strømregningen. Disse tiltakene vil ikke redusere rebound-effektene, men vil likevel kunne gi energieffektiviseringsgevinster som ellers ikke ville oppstått.

En annen form for avvik fra antakelsen om rasjonalitet i standard økonomisk teori oppstår hvis konsumentene er spesielt opptatt av å gjøre det rette; *egeninteressen er begrenset*. Et eksempel kan være at man ønsker å framstå som miljøvennlig. Da vil ens egen adferd i forhold til andre ha betydning. Hvis dette er tilfelle, kan informasjon om strømforbruket til andre husholdninger ha betydning for ens eget forbruk. Dette kan redusere rebound-effekten da fokuset her er på faktisk (relativt) forbruk. Flere studier har testet denne hypotesen. Amerikanske studier har vist at slik informasjon har effekt. Hvis husholdningene får vite om de bruker mer eller mindre enn gjennomsnittet, vil de tilpasse seg dette slik at de som bruker mer vil redusere sitt forbruk, men det er også funnet at dette vil kunne øke forbruket til de som bruker lite (Fischer, 2008). Hvis man derimot supplerte informasjonen med informasjon om at lavt forbruk er positivt og høyt forbruk er negativt (smilefjes og en vurdering fra veldig bra til under middels), fant man ut at forbruket ble redusert (Ayres m.fl., 2009). Forsøk gjort i Norge har imidlertid ikke funnet effekt av komparativ informasjon på strømregninga (Sælen og Westskog, 2013). Årsaker til dette kan være at strømregninga allerede inneholder mye informasjon, samt at e-faktura er utbredt (i motsetning til USA) noe som kan føre til at regningene betales uten å bli lest.

En siste form for avvik fra standard rasjonalitetsantakelser som er studert, er at husholdningene kan ha *begrensede kognitive ressurser*, slik at de ikke nødvendigvis klarer å ta rasjonelle valg og gjennomføre alle tiltak som er lønnsomme. De klarer eller prioriterer ikke å hente inn og bruke nødvendig informasjon, f.eks. fordi energisparing konkurrerer med andre økonomiske beslutninger som bytte av bank eller forsikring. Tilsvarende kan manglende gjennomføring av tilsynelatende lønnsom energieffektivisering i bedrifter skyldes begrenset kapasitet i ledelsen, som bruker knappe oppmerksomhetsressurser (tid) til andre oppgaver som kan ha større betydning for bedriftens økonomiske resultat. I slike tilfeller vil de i større utstrekning benytte enkle tommelfingerregler når beslutninger skal tas. Eksempler på dette kan være å forholde seg til enkel informasjon om energiforbruk når man f.eks. kjøper energikrevende apparater som kjøleskap eller vaskemaskiner. Generelle informasjonskampanjer om energiforbruk vil gi liten effekt, men å skreddersy informasjon til hver enkelt husholdning ved en enøk-analyse kan gi reduksjoner i energiforbruket (Abrahamse m.fl., 2005). Alternativt kan man skreddersy informasjon om faktisk energiforbruk. Slike skreddersydde tiltak vil kunne redusere energiforbruket, men vil ikke motvirke rebound-effekter.

⁵ Teorien om hyperbolsk diskontering (Laibson, 1997) kan være et eksempel på dette.

3 KUNNSKAPSSTATUS – HVA VET VI?

Første del av studien er en litteraturgjennomgang. Hensikten er å undersøke følgende to hovedspørsmål:

1. Hva er kunnskapsstatus innenfor de områder som er godt studert, og hvor sikker virker denne kunnskapen
2. Hvilke delområder av problemkomplekset er lite studert

Dette kapittelet presenterer kunnskapsstatus for henholdsvis rebound, prebound og lock-in-effekter i hvert sitt avsnitt (spørsmål 1). Med utgangspunkt i litteraturstudien og teori forsøker vi videre å oppsummere kunnskap om hvordan rebound-effekten varierer gitt ulike kjennetegn ved tiltaket, boligen eller husholdningen. Kapittelet avsluttes med forslag til delområder som er lite studert og bør studeres nærmere (spørsmål 2).

Det finnes et betydelig antall studier på området. Det har ikke vært mulig å gjennomgå alle i dette prosjektet, men vi har forhåpentligvis plukket ut de viktigste. En anseelig andel av studiene er litteraturstudier, slik at grunnlaget også omfatter underliggende studier der vi ikke har gått til originalkildene. Vi referer et utdrag av studiene i dette kapittelet og refererer ellers til referanselisten og appendiks for oversikt av gjennomgåtte studier.

3.1 Rebound-effekter

Det er overordnet to metoder for å estimere rebound-effekter: en kvasi-eksperimentell og en økonometrisk tilnærming. Som beskrevet i Sorrel m.fl. (2009), er hver av tilnærmingene forbundet med noen metodiske utfordringer.

- *Et kvasi-eksperiment* er en empirisk studie som estimerer en kausal effekt av et tiltak på en målgruppe. Rebound-effekten beregnes ved å måle etterspørselen etter en energivare/-tjeneste før og etter energieffektiviseringstiltaket. Denne tilnærmingens gyldighet hviler på at den har en kontrollgruppe (som ikke påvirkes av tiltaket) og en "treatment-gruppe" (som en tror vil påvirkes av tiltaket). Utfordringer ved studier som benytter metoden er f.eks. mangel på kontrollgruppe og skjevt utvalg. Noen studier baserer seg på estimerer av energiforbruket fremfor faktisk målt energiforbruk før tiltaket. I slike tilfeller kan denne metoden for å måle rebound-effekten også være preget av prebound-effekter, som følge av over-/underestimering av forbruket før energieffektiviseringstiltaket blir implementert.
- *Økonometriske analyser* estimerer gjerne rebound-effekten via sekundærdata. Rebound-effekten estimeres som elastisiteten⁶ til etterspørselen etter energivaren/-tjenesten med hensyn til energieffektivitet. Datagrunnlaget for energieffektivitet er relativt begrenset, og derfor benyttes ofte en pris- eller kostnadsreduksjon på den relevante energivaren/-tjenesten som en proxy for energieffektivisering. Utfordringer ved økonometrisk tilnærming er at proxyforenklingen ikke representerer relevant korrelasjon og individadferd ved energieffektivisering, samt at relevante kostnader (spesielt investeringskostnaden⁷) ofte utelates fra analysen. Samtidig påpeker flere studier, herunder Gillingham (2013), Sorrel m.fl. (2009) og IRGC (2013), at denne tilnærmingen mest sannsynlig overestimerer rebound-effekten, da folk generelt reagerer sterkere på en prisøkning enn en prisreduksjon. Den direkte rebound-effekten antas derfor å være i det nedre området av disse estimatene.

Som vist i Sorrel m.fl. (2009) er den økonometriske tilnærmingen den mest brukte ved estimeringer av rebound-effekter. De metodiske utfordringene og inkonsistens i begrepsbruken

⁶ Prosentvis endring i en variabel som følge av at en annen variabel endres med én prosent

⁷ Inkludering av investeringskostnaden ved estimering av rebound-effekten er avgjørende siden rebound-effekten forventes å være lavere dersom det relativt energieffektive produktet er dyrere enn andre mindre energieffektive alternativer.

blant ulike studier bidrar til at estimerer av rebound-effekter er forbundet med usikkerhet (Turner, 2013). Noen energitjenester, som transport og oppvarming, er bedre studert enn andre, hvilket bidrar til sikrere estimerer på rebound-effekter på disse områdene. Samtidig varierer terminologien mellom de enkelte studiene en del. Samlet sett er det derfor vanskelig å sammenligne estimerer på rebound-effekten fra ulike studier med hverandre.

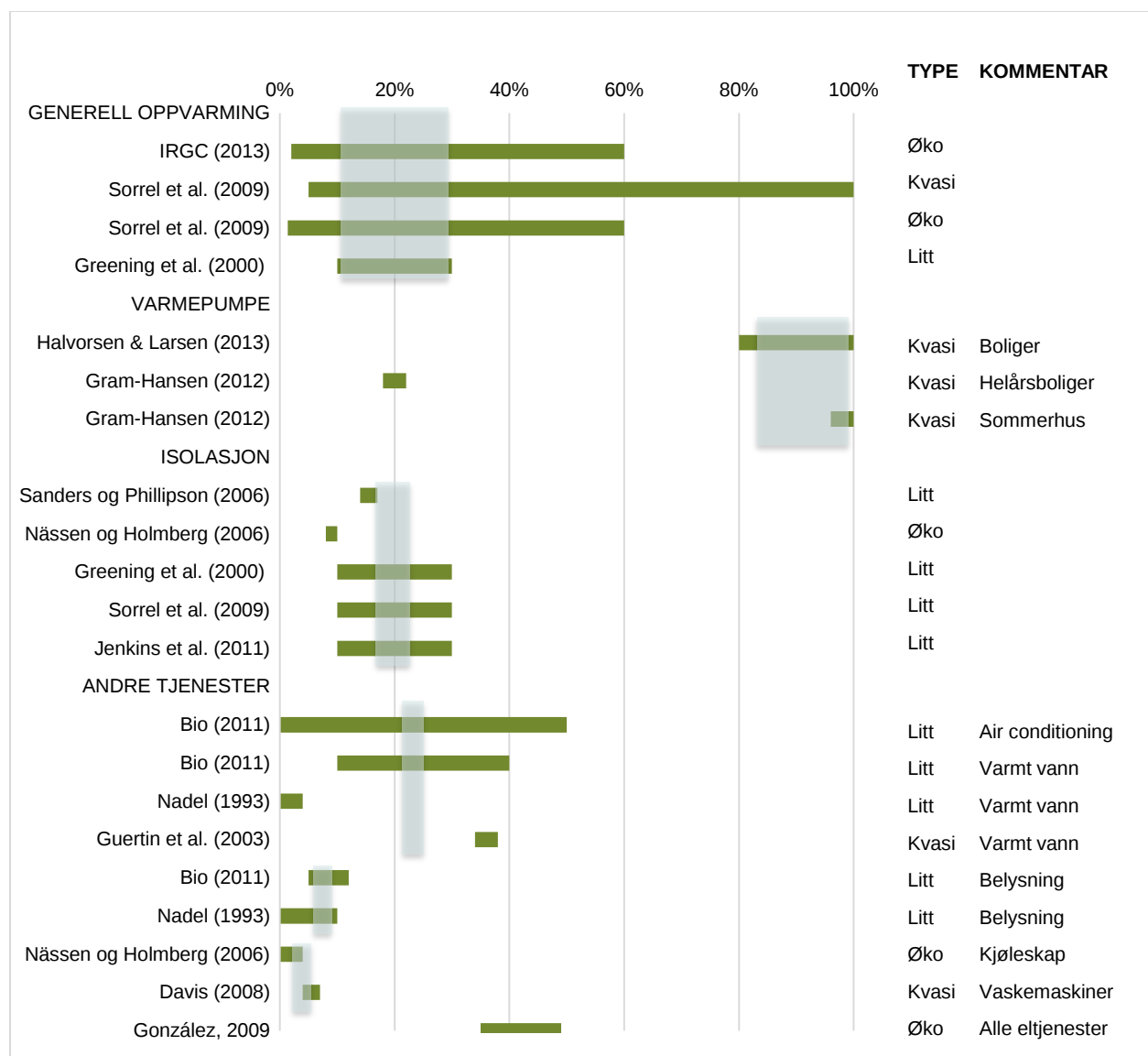
3.1.1 Kort oppsummering

Det er i hovedsak den direkte rebound-effekten som blir kvantifisert i de forskjellige studiene. Vi rapporterer likevel også den indirekte rebound-effekten i tilfeller hvor denne er estimert.

Det er generell enighet om at rebound-effekten eksisterer og er ikke-neglisjerbar. Studiene finner videre at rebound-effekten er ulik for ulike typer energitjenester, noe som er i tråd med økonomisk teori. Samtidig er det lite konsensus om hvilket nivå som er rimelig å forvente for den enkelte energitjenesten. Vi vil likevel driste oss til å peke på følgende intervall som mest sannsynlig: For tiltak knyttet til effektivisering av energiforbruk til generell oppvarming ligger rebound-effekten på mellom 10 og 30 prosent. Rebound-effekten ved energieffektivisering av mer spesifikke oppvarmingstjenester, som isolasjon, har en tilsvarende spredning. Når det gjelder varmepumpe varierer rebound-effekten knyttet til elforbruk fra 20 til 100 prosent avhengig av boligtype. For andre energitjenester varierer størrelsen på rebound-effekten med apparatet som energieffektiviseres. For de fleste elektriske apparatene er rebound-effekten av effektivisering relativt lav.

Basert på litteraturstudien er det lite som tilsier at det eksisterer en backfire-effekt. Siden etterspørselen etter energi gjerne er uelastisk, jf. Kapittel 2.3, hvert fall for konsumenter i industriland, er det naturlig å forvente en rebound-effekt under 100 prosent. At rebound-effekten er mindre enn 100 prosent bekreftes av studiene vi har sett på her.

Figuren under oppsummerer de gjennomgåtte studienes estimerer av direkte rebound-effekter fordelt på oppvarming (underkategorier generell, isolasjon, varmepumper) og andre energitjenester (primært elektriske apparater). De grønne søylene viser at det er stor variasjon i de respektive studienes estimerer. Det grå området viser vår vurdering av hva som er et sannsynlig intervall for rebound-effekten basert på de gjennomgåtte studiene. Den nest siste kolonnen beskriver om estimatet på rebound-effekten er hentet fra en litteraturstudie eller en studie basert på økonometriske eller kvasi-eksperimentelle metoder. I kommentarfeltet gis en nærmere beskrivelse av energitjenesten som energieffektiviseringstiltaket er utført på.

Figur 3.1: Litteraturstudiens estimer på direkte rebound-effekter

3.1.2 Oppvarming

I denne delen gir vi en kort gjennomgang av studiene som har estimert rebound-effekten ved energieffektiviseringstiltak rettet mot generelle oppvarmingstjenester i husholdninger. Etter transportsektoren er oppvarming i husholdningssektoren det best studerte området av rebound-effekter.

The International Risk Governance Council (IRGC) organiserte i 2011 to workshops rundt temaet energieffektiviseringspolitikk og rebound-effekter. Deltakerne ble bedt om å identifisere nødvendig forskning for å utvikle metoder for å måle direkte og indirekte rebound-effekter. I forkant av workshopene ble det gjennomført en litteraturstudie som så på størrelsen og betydningen av rebound-effekter. Funnene fra de to workshopene og litteraturstudien er oppsummert i rapporten *The Rebound Effect: Implications of Consumer Behaviour for Robust Energy Policies* (IRGC, 2013). Som flere av de andre studiene henviser rapporten til utfordringene knyttet til at terminologien og metodene ikke er konsistente på tvers av studiene. Resultatene som det refereres til i denne rapporten, er i hovedsak estimert empirisk ved hjelp av priselastisiteter. Rebound-estimatene for oppvarming varierer mye mellom de enkelte studiene og er forbundet

med betydelig usikkerhet. IRGC (2013) anslår at den direkte rebound-effekten kan være mellom 2 og 60 prosent.

Sorrell m.fl. (2009) gir en oversikt over hvilke teoretiske og metodiske problemstillinger som er relevante å ta hensyn til ved estimering av direkte rebound-effekter. I tillegg oppsummerer artikkelen estimerer på direkte rebound-effekter ved energieffektivisering av energitjenester i husholdningene. Sorrell m.fl. (2009) skiller mellom estimerer som er beregnet via kvasi-eksperimentelle og økonometriske metoder. Studiene utført via kvasi-eksperimentelle metoder indikerer at husholdningene i etterkant av implementering av et energieffektiviseringstiltak sparer 20 prosent mindre enn det tekniske potensialet. Lavinntektshusholdninger og husholdninger med lav innetemperatur før tiltaket forventes å spare enda mindre. Resultatene fra de økonometriske studiene angir en direkte rebound-effekt på mellom 10 og 58 prosent på kort sikt og 1,4 og 60 prosent på lang sikt. Sorrell m.fl. forklarer den store variasjonen i estimatene med blant annet forskjeller i datagrunnlag og metode, hvordan relevante variable er definert og målt, samt hvorvidt ulike faktorer blir kontrollert for (for eksempel inntekt, husholdningstype og demografi). Samlet sett støtter de økonometriske studiene opp om resultatene fra de kvasi-eksperimentelle studiene. Sorrell m.fl. angir en snittverdi for direkte rebound-effekter på rundt 20 prosent for oppvarming i husholdninger.

3.1.3 Varmepumper

Halvorsen og Larsen (2013) benytter en mikroøkonomisk tilnærming for å undersøke om energieffektiviteten som følger med installasjon av varmepumper blir motvirket av rebound-effekter. Halvorsen og Larsen viser at husholdninger som eier varmepumper bruker tilnærmet like mye strøm som andre husholdninger. Resultatene tyder på at en stor andel av energibesparelsen som følger med installering av varmepumpe blir motvirket av adferdsendringer som gir økt strømforbruk. Det innebærer at tiltaket er forbundet med betydelige rebound-effekter. Rebound-effekten forklares i hovedsak av at husholdninger i utgangspunktet holder en lavere temperatur enn de synes er behagelig og at de har få oppvarmingsalternativer å basere seg på. Når oppvarmingskostnaden går ned velger derfor flere å ta ut deler av energisparepotensialet i økt komfort, enten ved å øke temperaturen eller varme opp flere rom i boligen. Studien viser videre at husholdninger som har installert varmepumpe bruker mindre av andre energibærere, som ved og fyringsolje, enn husholdninger uten varmepumpe. At bruken av den nå billigere energitjenesten går opp på bekostning av alternative energitjenester indikerer en substitusjonseffekt. Til tross for at nivået på strømforbruket ikke endres nevneverdig, antas varmepumper å være et effektivt energieffektiviseringstiltak. Tiltaket bidrar mest sannsynlig til et lavere samlet energiforbruk som følge av at varmepumper erstatter mindre effektive oppvarmingskilder som panelovner og fyring med ved og fyringsolje.

Gram-Hansen (2012) benytter en kvasi-eksperimentell metode for å analysere hvorvidt energieffektiviseringsgevinsten som følger av luft-til-luft varmepumper benyttes til redusert energiforbruk eller økt komfort. Gram-Hansen ønsket også å se nærmere på hvilke områder forbrukeren økte sin komfort, samt å øke kunnskapen rundt årsakene til at forbrukerne endrer adferd. Gram-Hansen estimerer en rebound-effekt for luft-til-luft varmepumper tilsvarende 20 prosent i helårsboliger og 100 prosent i sommerhus. Studien viser videre at rebound-effektene kan forklares av at husholdningene utnytter reduksjonen i energikostnader til å øke sitt komfortnivå. Komfortnivået økes ved å varme opp et større boligareal, holde en høyere temperatur og/eller ved å benytte varmepumpen til kjøling. Samtidig benytter flere av husholdningene den økte kjøpekraften, som følge av lavere energikostnader, til å kjøpe nye og flere elektriske apparater, hvilket reflekterer inntektseffekten. Som Halvorsen og Larsen (2013) finner Gram-Hansen (2012) at flere av husholdningene delvis substituerer ved med elektrisitet etter installering av varmepumpe. Den store rebound-effekten i sommerhus forklares ved at sommerhusene før tiltaket har elektrisitet som primær oppvarmingskilde, og at alternative oppvarmingskilder sjelden er tilgjengelig. Før implementering av varmepumpe er energiforbruket lavere både som følge av lavere generell innetemperatur og mindre bruk av sommerhuset i vinterhalvåret. Installering av varmepumpe gjør det mulig å holde en komfortabel temperatur i

sommerhuset gjennom hele året, noe som bidrar til økt utnyttelse. Oppsummert bidrar varmepumper med at husholdningene har det varmere, fyrer lengre, varmere opp et større areal, bruker mindre ved og at man bruker utstyret til kjøling.

3.1.4 Isolasjon

Med formål om å øke kunnskapen rundt sammenhengen mellom forventet og faktisk energibesparelse ved isolering gjennomgår Sanders og Phillipson (2006) 13 studier. Litteraturstudien indikerer at faktisk energibesparelse er 50 prosent lavere enn den teoretisk forventede energibesparelsen. Differansen mellom forventet og faktisk energibesparelse kalles “reduksjonsfaktor”. Reduksjonsfaktoren deles videre inn i en “komfortfaktor” og “andre faktorer”. Komfortfaktoren inkluderer forbruksøkningen som følger av at husholdningene velger å holde en høyere innetemperatur etter tiltak. “Andre faktorer” forklarer den resterende andelen av reduksjonsfaktoren som ikke kan forklares av komfortfaktoren. En stor andel av disse “andre faktorene” identifiseres i studien som prebound-effekter da de er knyttet til målefeil, herunder:

- Umålbare brenselkilder: Dersom en stor andel av oppvarmingen dekkes av umålbare brenselkilder, som vedovn og oljefyr, vil det være vanskelig å måle det faktiske energiforbruket før og etter tiltak, hvilket leder til feil estimering av reduksjonsfaktoren
- Utilstrekkelig målemetode: Studiene benytter en teoretisk modell til å estimere energiforbruket før og etter isoleringstiltaket. Estimater til energiforbruket avhenger følgelig av kvaliteten til modellen, slik at avvik mellom forventet og faktisk energibesparelse kan skyldes at målemetoden ikke er tilstrekkelig
- Elforbruk til annet bruk enn oppvarming inkluderes: Isoleringstiltak vil primært påvirke oppvarmingsbehovet og ikke elektrisitetsforbruket knyttet til blant annet vannoppvarming, belysning og andre elektriske apparater. Utfordringen med å skille ut elforbruket knyttet til oppvarming kan lede til feilestimering av kraftforbruket både før og etter tiltak.
- Utilstrekkelig korrigering for temperaturforskjeller før og etter tiltak.

I tillegg forklares “de andre faktorene” av:

- Isoleringen er mindre effektiv enn forventet, blant annet som følge av at et mindre areal blir isolert enn forventet.
- Økt utluffing: Når innetemperaturen når et komfortabelt nivå vil økt isolering kunne bidra til økt utluffing ved at husholdningene i større grad åpner vinduene for å “dumpe” varme.

Rebound-effekten er her noe snevert definert som komfortfaktoren, dvs. at forbruket øker som følge av at husholdningene øker innetemperaturen etter tiltak. Komfortfaktoren er estimert å forklare 15 prosent av differansen mellom faktisk og forventet energibesparelse. Studiene indikerer at komfortfaktoren øker etter hvert, hvilket de forklarer med at husholdningene øker innetemperaturen ettersom de blir mer kjent med potensialet til energieffektiviseringstiltaket. Størrelsen på rebound-effekten avhenger av størrelsen på husholdningenes energiforbruk før tiltaket, og rebound-effekten anslås å være større for husholdninger som har et lavt energiforbruk før tiltak. Resultatene fra denne rapporten er en av årsakene til at britiske myndigheter har nedjustert forventet energibesparelse ved isoleringstiltak med 15 prosent.

Nässen og Holmberg (2006) analyserer rebound-effekter i lys av en priseffekt (som følger av lavere pris på energitjenester) og en inntektseffekt (som følger av at økt kjøpekraft). Studien forutsetter at hele inntektseffekten går til økt konsum av andre varer og tjenester, og ikke til økt bruk av den respektive energivaren eller -tjenesten. Siden inntektsøkningen ikke går til å øke konsumet av den aktuelle energivaren/-tjenesten tilsvarende Nässen og Holmberg sin definisjon av inntektseffekten den indirekte rebound-effekten. I studien påpekes det at den indirekte effekten kan være både positiv og negativ, blant annet som følge av at en tidlig implementering av en ny

teknologi kan være forbundet med kostnader, for eksempel grunnet læreeffekter. Studien estimerer ulike rebound-effekter for isolasjonstiltak med høy lønnsomhet og isolasjonstiltak som er lønnsomme på marginen. Begge investeringene er forbundet med en positiv direkte rebound-effekt på ni prosent. Imidlertid har den lønnsomme investeringen en indirekte rebound-effekt på seks prosent, mens investeringen som akkurat går i null er forbundet med en indirekte rebound-effekt på minus én prosent. Sistnevnte effekt følger av at investeringen som går i null har en negativ inntektseffekt.

Som nevnt er flere av rapportene vi har gjennomgått basert på litteraturstudier som oppsummerer estimatene fra andre studier. Selv om estimatene på direkte rebound-effekter varierer mye, anslår flere av studiene at rebound-effekten ved isolasjonstiltak ligger et sted mellom 10 og 30 prosent. Dette inkluderer Greening m.fl. (2000), Sorrel m.fl. (2009) og Jenkins m.fl. (2011), for å nevne noen.

3.1.5 Andre husholdningsapparater

Få studier har studert rebound-effekter knyttet til energieffektiviseringstiltak rettet mot elektriske husholdningsapparater, hvilket betyr at det er relativt få estimater på rebound-effekter knyttet til slike energivarer og -tjenester.

Bio (2011) har i prosjektet *Adressing the Rebound Effect* for EU-kommisjonen kartlagt kunnskapsstatus og håndtering av rebound-effekten i EU-land, analysert måter en kan unngå, redusere og motvirke rebound-effekten på, samt utviklet anbefalinger for håndtering av rebound-effekten i politikken. Prosjektet inkluderer blant annet en litteraturstudie der det refereres til følgende rebound-effekter for ulike tiltak:

- Air conditioning: Mellom 0 og 50 prosent, snitt på 25 prosent
- Belysning: Mellom 5 og 12 prosent, snitt 8,5 prosent
- Varmt vann: Mellom 10 og 40 prosent, snitt 25 prosent.

Nadel (1993) gjennomgår mer enn 40 evalueringer av energieffektiviseringsprogram for å vurdere omfanget og eksistensen av rebound-effekter. Nadel anslår den direkte rebound-effekten for belysning til ti prosent eller mindre, og finner praktisk talt ingen rebound-effekt for varmt vann.

Basert på data av kanadiske husholdninger estimerer Guertin m.fl. (2003) etterspørselen etter energitjenester ved bruk av en to-steps-prosedyre. Først beregnes effektiviteten til ovner og varmvannsberedere, deretter benyttes de beregnede effektivitetene til å estimere etterspørselen etter energitjenester. Basert på priselastisitet estimeres rebound-effekten til varmtvannsberedere å være ca. 34 prosent for høyinntektsgrupper og ca. 38 prosent for lavinntektsgrupper.

Nässén og Holmberg (2006) finner at energieffektive kjøleskap kun har en indirekte rebound-effekt (som de definerer som inntektseffekt). Det vil si at pengene husholdningene sparer som følge av redusert energibruk kun går til økt konsum av andre varer, og ikke til økt kjøleskapsbruk.

Davis (2008) målte forbruket til 98 amerikanske husholdninger før og etter installering av en energieffektiv vaskemaskin. Studien viste at husholdninger økte sin etterspørsel etter å vaske klær med 5,6 prosent etter anskaffelsen av den mer effektive maskinen, hvilket indikerer at en lav andel av den forventede energibesparelsen forsvinner som følge av økt bruk. Davis forklarer den lave rebound-effekten med at tidskostnaden utgjør mellom 80 og 90 prosent av den samlede kostnaden ved å vaske klær. Som Sorrel m.fl. (2009) påpeker, tyder resultatene på at rebound-effekten er lavere for tidsintensive tjenester.

González (2009) estimerer en direkte rebound-effekt på 35 prosent på kort sikt og 49 prosent på lang sikt for alle tjenester basert på elektrisitet i katalanske husholdninger.

3.1.6 Hypoteser om variasjoner i rebound-effekten

I dette avsnittet beskriver vi hvilke rebound-effekter vi forventer ved de ulike dimensjonene av problemstillingen gitt observasjoner fra litteraturstudien og teorien. Med unntak av det første

avsnittet om rebound-effekten og elektriske apparater, ser vi primært på hvordan rebound-effekter knyttet til oppvarming varierer langs de forskjellige dimensjonene. Vårt fokus på oppvarming kan forklares av to faktorer. For det første går mesteparten av husholdningenes energiforbruk til oppvarmingsformål, se avsnitt 2.1. For det andre er det tiltak rettet mot oppvarming som er forbundet med den høyeste rebound-effekten, jf. litteraturstudien.

Tabell 1 oppsummerer hvordan rebound-effekten kan tenkes å variere avhengig av kjennetegn ved tiltaket, boligen eller husholdningen. Hypotesene er utdypet under.

Tabell 1: Hypoteser om hvordan rebound-effekten varierer med ulike kjennetegn ved tiltaket, boligen og husholdningen

Dimensjon	Kjennetegn	Observasjon om rebound
Kjennetegn ved tiltaket	▪ Enkelttiltak ▪ Rehabiliteringspakker/-konsepter ▪ Store tiltak (enkelttiltak?) ▪ Passive tiltak ▪ Energibærer ▪ Styringssystem ▪ Målesystem	▪ Rebound varierer ▪ Lavere rebound ▪ Høyere rebound ▪ Lavere rebound ▪ Ingen variasjon ▪ Sentralisert system gir lavere rebound ▪ Avhengig av implementering
Kjennetegn ved boligen	▪ Størrelse ▪ Avregningsform ▪ Alder ▪ Geografisk plassering	▪ Høyere rebound med økende størrelse? ▪ Mindre rebound ved felles avregning ▪ Høyere rebound med økende alder? ▪ Høyere rebound i distriktene
Kjennetegn ved husholdningen	▪ Inntekt ▪ Selveier/leie ▪ Utdannelsesnivå ▪ Alder ▪ Antall i husstanden	▪ Lavere rebound med lavere inntekt? ▪ Avhenger av hvem som betaler for energiforbruket ▪ Lavere rebound med høyere utdanning? ▪ Ingen variasjon ▪ Høyere rebound med økt antall?

Kjennetegn ved tiltaket

Hypotese: Rebound-effekter ved tiltak rettet mot andre elektriske apparater er lavere enn ved oppvarmingstjenester

Substitusjonseffekten ved energieffektiviseringstiltak av elektriske apparater forventes å være relativt lav av primært to årsaker: (1) Energikostnaden utgjør en relativt liten andel av kostnaden ved å bruke apparatet og (2) bruken av det elektriske apparatet kan være vanskelig å regulere. For eksempel anslår Davis (2008) at tidskostnaden utgjør 80-90 prosent av totalkostnaden ved å vaske klær. Noen elektriske apparater er også mindre relevante å regulere den direkte bruken av. For eksempel er det lite sannsynlig at teknologiske forbedringer ved kjøleskapets energiforbruk vil bidra til økt bruk av det aktuelle kjøleskapet. Billigere kjøleskapstjenester kan imidlertid bidra til at det blir vanligere å ha større og flere kjøleskap. For produkter som det er vanskeligere å regulere den faktiske bruken av, slik at substitusjonseffekten forventes å være lav, utgjør gjerne inntektseffekten et større bidrag til rebound-effekter, Greening m.fl. (2000). Inntektseffekten forventes også å være lavere siden samlede energikostnader ved bruk av elektriske apparater er relativt små sammenlignet med oppvarming. Som vist i Figur 2.2 går kun 15 prosent av den samlede energibruken i eneboliger til elektriske apparater (Vestlandsforskning, 2011). Det innebærer at inntektseffekten, når energibruken i disse apparatene går ned, er relativt liten.

Hypotese: Rehabilitering og pakkeløsninger gir lavere rebound

Pakkeløsninger der en innfører energieffektivitet i alle ledd av boligen, for eksempel ved oppgradering til passivhusstandard, innebærer at husholdningen oppnår god komfort med et lavere energiforbruk. Når tiltakene samlet bidrar til at husholdningen når optimal temperatur til det teknisk forventede energiforbruk, vil den direkte rebound-effekten bli minimal siden forbrukerens behov allerede er tilfredsstilt. Realisert effekt avhenger naturligvis av at tiltakene er godt gjennomført og kvalitetssikret.

Vi har ikke sett dette aspektet ved rebound studert i litteraturen.

Hypotese: Dyre energieffektiviseringstiltak gir høyere rebound

Throndsen & Berker (2012) antyder i sin studie at store og trinnvise energieffektiviseringstiltak er forbundet med høyere rebound, da husholdningen synes de allerede har bidratt tilstrekkelig via selve investeringsbeslutningen. IRGC (2013) nevner begrepet "Moral licensing" som dreier seg om at gode gjerninger booster individets selvbilde og kan resultere i uetisk eller problematisk adferd. For eksempel viser studier at individer handler mindre altruistisk og har en større sannsynlighet for å jukse eller stjele etter at de har kjøpt grønne produkter. Denne effekten er tilsynelatende i strid med hypotesen over fordi omfattende rehabilitering og pakkeløsninger gjerne også er dyre tiltak som trekker i motsatt retning. Dersom begge effektene er tilstede, blir den samlede effekten uklart.

Hypotese: Passive tiltak gir lavere rebound

Passive energieffektiviseringstiltak er definert som tiltak som reduserer bygningens energibehov, som for eksempel isolering og solavskjerming. Begrepet "Aktive tiltak" benyttes om tiltak knyttet til bygningens energiforsyning, herunder solceller, styringssystemer og varmepumper. Passive tiltak innebærer at energiforbruket blir mindre uten at komforten går ned, mens forbrukeren har mindre mulighet til å påvirke effekten av det konkrete tiltaket direkte. Når det gjelder aktive tiltak avhenger energibesparelsen mer konkret av den faktiske bruken, som for eksempel ved styringssystemer. Siden adferden har større innvirkning på energibesparelsen ved aktive tiltak, forventes rebound-effekten å være lavere for passive tiltak.

Vi har ikke sett dette aspektet ved rebound studert i litteraturen.

Hypotese: Rebound varierer ikke mellom energibærere

Vi forventer ikke å se forskjell i rebound-effekten basert på bærer. For tiltak som er uavhengig av bærer, er rebound lik. Andre tiltak er spesifikt til hver bærer og derfor forskjellige.

Hypotese: Sentraliserte styringssystemer gir lavere rebound

Styringssystemer som bidrar til at forbrukerne får mindre mulighet til å påvirke energibruken, kan gi lavere rebound samtidig som sannsynligheten for feil bruk av tiltaket reduseres. Begge effektene leder til at det er mindre trolig at adferd vil påvirke energiforbruket, hvilket bidrar til en lavere rebound-effekt. Systemer som gjør det mulig for forbrukeren selv å overstyre automatikken, gir ikke nødvendigvis denne effekten.

At sentraliserte styringssystemer kan gi lave rebound-effekter bekreftes både av Throndsen og Berker (2012) og IRGC (2013). Begge studiene viser til at styringssystemer som brukeren selv styrer, bidrar til mindre optimal ressursbruk og rebound-effekter. Eksempelvis viser IRGC til en tysk studie som viste at feilkalibrering og lite hensiktsmessig optimering av dampkjeler ledet til en rebound-effekt på ti prosent.

Hypotese: Rebound-effekten ved automatisk energimåling avhenger av implementering

Dersom automatisk energimåling innebærer at husholdningens strømforbruk automatisk leses av strømselskapet, blir kunden mest sannsynlig mindre bevisst på forbruket sitt. Kunden blir følgelig

mindre bevisst på sammenhengen mellom faktisk strømforbruk og samlet strømudgifter, hvilket reduserer sannsynligheten for at kunden tilpasser sitt strømforbruk som konsekvens av energieffektiviseringstiltak.

Rebound-effekten forventes imidlertid å være høyere dersom automatisk energimåling innebærer at husholdningen får tilgang til et display som viser sammenhengen mellom strømudgifter og faktisk forbruk og kraftpris.

At forbrukere som får tilgang til mer informasjon blir mer priselastiske, og dermed forventes å få en høyere rebound-effekt bekreftes av en studie utført av Jessoe & Rapson (2013). Studien viser at brukernes priselastisitet til elektrisitet øker signifikant dersom informasjon om volum og pris er lett tilgjengelig. Husholdninger som kun får informasjon om prisutviklingen, reduserer sitt forbruk med mellom null og syv prosent. Husholdninger som i tillegg mottar informasjon om sitt elektrisitetsforbruk, har en forbruksreduksjon mellom 8 og 22 prosent. Dersom en antar en relativt symmetrisk priselastisitet, innebærer det at forbrukere med display mest sannsynlig vil ha en høyere forbruksøkning ved en prisnedgang, hvilket svarer til en større rebound-effekt.

Hypotese: Energiytelseskontrakter (og energistandardkontrakter) gir lavere rebound

Noen selskaper tilbyr såkalte energisparekontrakter der det gjerne inngår garantiklausuler om energibesparelse og en form for oppfølging. Ved slike kontrakter forestår selskapet investeringen i energieffektiviseringstiltaket, mens byggeieren betaler tilbake det de tjener på tiltakene, eventuelt deler leverandøren og byggeieren verdien av innsparingen. Det er naturlig å anta at rebound-effekten knyttet til slike avtaler er lav (i hvert fall i første omgang), da forbrukerne ikke merker at energitjenesten er blitt billigere før investeringen er nedbetalt.

Vi har ikke sett dette aspektet ved rebound studert i litteraturen.

Kjennetegn ved boligen

Hypotese: Større boligheter har høyere rebound

Større boliger har et større areal og flere rom å varme opp. Dette øker sannsynligheten for at disse boligene har en lavere innetemperatur enn husholdningen helst ville hatt, og for at rom som ikke brukes daglig ikke varmes opp. Både teori og empiri viser at husholdninger som i utgangspunktet har en lav innetemperatur har en høyere rebound-effekt. Samtidig viser studier utført av Vestlandsforskning (2011) at en større andel av energiforbruket går til oppvarming i større boliger, som eneboliger, enn i mindre boliger, som rekkehus og blokkleiligheter, jf. Figur 2.2. Oppvarmingstjenester er forbundet med høyere rebound enn andre husholdningsapparater som belysning, hvitevarer og lignende. Vi forventer følgelig en større rebound-effekt i større boligheter enn små. Hypotesen henger altså sammen med at en større del av energiforbruket i større boliger går til oppvarming, og gjelder selv om studier også viser at samlet energiforbruk pr. person er ganske likt i ulike boliger.

Vi har imidlertid ikke sett dette aspektet ved rebound eksplisitt studert i litteraturen.

Hypotese: Eneboliger er forbundet med en høyere rebound

Som illustrert i Figur 2.2 går en større andel av energiforbruket til oppvarming i eneboliger enn i både rekkehus og leiligheter. Som beskrevet over er rebound-effekten knyttet til oppvarming større enn for andre elektriske apparater. Rebound-effekten forventes derfor å være større ved energieffektiviseringstiltak mot eneboliger enn rekkehus og leiligheter.

Vi har ikke sett dette aspektet ved rebound studert i litteraturen.

Hypotese: Enheter med felles avregning før tiltak har mindre rebound

Det er naturlig å anta at boenheter med felles avregning (som sentralfyr) holder temperaturen på et høyere nivå. Siden energiregningen til disse husholdningene ikke direkte reflekterer deres faktiske energiforbruk, har de mindre incentiver til å spare energi. Dersom de sparer, fordeles

besparelsen på alle som omfattes av den felles avregningen. Lav sammenheng mellom energikostnad og adferd tilsier en mindre elastisk etterspørsel. Siden disse husholdningene ikke stilles overfor energikostnader som reflekterer deres faktiske energiforbruk, får de heller ikke selv glede av hele besparelsen som følge av energieffektiviseringstiltak. Høy innetemperatur og lav etterspørselastisitet innebærer ifølge teori og empiri at enheter med felles avregning har ingen eller liten direkte rebound-effekt.

Vi har ikke sett dette aspektet ved rebound eksplisitt studert i litteraturen. At husholdninger uten økonomiske incentiver bruker mer energi støttes imidlertid av Halvorsen (2013), som via en forskningskampanje for skolene i 2012 avdekket at husholdninger med sentralfyr holder en høyere innetemperatur.

Hypotese: Eldre boliger har høyere rebound

Eldre boliger er gjerne dårligere isolert enn nye boliger, hvilket gir en høyere oppvarmingskostnad per areal sammenlignet med nye boliger som gjerne er bedre isolert (jf. krav i TEK07 og TEK10). Som beskrevet i avsnittet om felles avregning bruker husholdninger ved fravær av økonomiske incentiver mer energi. Husholdninger med høye energikostnader har derfor trolig et noe lavere energiforbruk, og en tilhørende lavere innetemperatur, alt annet likt. Som nevnt tidligere forventes en høyere rebound-effekt i boliger med innetemperatur under komfortnivå.

At eldre boliger har et høyere energiforbruk per m² enn nyere boliger som følge av dårligere isolering og mindre energieffektive apparater bekreftes av Holden og Norland (2005). Vi har imidlertid ikke sett dette aspektet ved rebound eksplisitt studert i litteraturen.

Hypotese: Generelt høyere rebound i distriktene enn i byene

I byene bor flere husholdninger i leiligheter enn i distriktene der det er vanligere å bo i eneboliger. Boliger i distriktene forventes følgelig å ha en høyere rebound-effekt enn boliger i byene av minst to årsaker: (1) Større boenheter og (2) Større andel eneboliger. Som beskrevet over forventes rebound-effekten å være høyere for både større boenheter og eneboliger.

Vi har ikke sett dette aspektet ved rebound studert i litteraturen.

Kjennetegn ved husholdningen

Hypotese: Høy-inntektsfamilier har lavere direkte rebound

Sammenlignet med lavinntektsfamilier har trolig høyinntektsfamilier både et større klimafokus og en høyere innetemperatur. Et høyt klimafokus bidrar til at familien er mer bevisste på sitt energiforbruk, og derfor søker å unngå en forbruksøkning i etterkant av energieffektiviseringstiltak. En høy innetemperatur innebærer at oppvarmingsbehovet er dekket. Substitusjonseffekten forventes følgelig å være lav. I tillegg forventes inntektseffekten å være mindre da en redusert energikostnad har en prosentvis mindre påvirkning på familiens kjøpekraft. Lav substitusjons- og inntektseffekt gir en lavere direkte rebound-effekt.

Throndsen og Berker (2012) viser at miljøhensyn er korrelert med husholdningenes økonomi. Jo høyere inntekt (og sosialt stabil) en husholdning var, desto mer investerte de i energieffektiviseringstiltak. Lavinntektshusholdninger var i hovedsak opptatt av at tiltaket var økonomisk lønnsomt.

At rebound-effekten er lavere for høyinntektsfamilier bekreftes samtidig av en studie utført av Reiss og White (2005). De finner at priselastisiteten (øvre estimat på rebound-effekten) er nesten 50 prosent for husholdninger med inntekt under 18 000 dollar, 37 prosent for husholdninger med middels inntekt og 29 prosent for såkalte høyinntektshusholdninger.

Hypotese: Hvorvidt man eier eller leier har ingen betydning, så lenge leietaker ser energikostnaden

Så lenge leietakeren betaler for sitt energiforbruk, forventes ikke rebound-effekten å variere med eieform. Dersom leietakeren får dekket sitt energiforbruk gjennom husleien, forventes en lavere rebound-effekt av samme årsaker som ved felles avregning.

Eieform vil imidlertid kunne påvirke hvorvidt husholdningen velger å gjennomføre energieffektiviseringstiltak. Leietakere vil trolig ikke være villig til å finansiere tiltak som er lønnsomme gjennom levetiden og som leietaker ikke drar nytte av selv. Vice versa vil eiere av utleieboliger mest sannsynlig ikke være villige til å investere i tiltak som leietakeren drar nytte av via lavere energikostnader.

Vi har ikke sett dette aspektet ved rebound studert i litteraturen

Hypotese: Høyt utdannede har en høyere inntekt og dermed lavere rebound

Høy utdanning er korrelert med høy inntekt. Vi forventer derfor at høyt utdannede husholdninger har en lavere rebound-effekt enn husholdninger med lav utdanning basert på samme resonnement som for høy-inntektshusholdninger over. Studier antyder at høy utdanning også er korrelert med idealisme. Det gir imidlertid ikke nødvendigvis lavere rebound, selv om nivået på energibruken kan være lavere både før og etter tiltak enn for andre husholdninger. Det kommer av at utslag av "moral licensing" (som nevnt over) kan ha betydning.

Vi har ikke sett dette aspektet ved rebound studert i litteraturen

Hypotese: Ingen klar forskjell basert på alder – forklares av andre faktorer

Husholdningens gjennomsnittsalder er blant annet korrelert med størrelse på bolig, inntekt og lokalisering. Det er for eksempel naturlig å anta at eldre husholdninger både har større bolig og inntekt enn unge husholdninger. Disse effektene trekker i ulike retninger. Samtidig er gjerne befolkningen i byene yngre enn befolkningen lokalisert i distriktene, hvilket innebærer en lavere rebound-effekt. Hvorvidt eldre husholdninger har et høyere klimafokus, og derfor bevisst søker å unngå rebound-effekter er også forbundet med usikkerhet. Vi forventer følgelig ikke at alder har en stor innvirkning på rebound-effekten.

Hypotese: Større husstander har høyere rebound

Barnefamilier representerer gjerne store husstander, i betydning husholdninger med mange familiemedlemmer. Barnefamilier har store utgifter per måned, og derfor gjerne en lavere disponibel inntekt. Samtidig har familien gjerne store hus, og behov for å bruke samtlige rom. Lav disponibel inntekt og innetemperatur under optimalt nivå, indikerer at rebound-effekten er høyere for større husstander. Koordineringsproblemer ved ulik adferd/insentiver mellom foreldre og barn kan også bidra til en høyere rebound-effekt. Dette tilsier at også rebound-effekten pr. person kan være høyere enn i mindre husholdninger.

Vi har ikke sett dette aspektet ved rebound studert i litteraturen

3.2 Prebound-effekter

Kapittel 2 definerte prebound-effekter som avvik mellom estimert forbruk og faktisk forbruk før tiltaket. Som regel er avviket negativt, det vil si at faktisk målt forbruk er lavere enn estimert, og dermed forventet energibesparelse større enn man burde forventet. I dette avsnittet gjennomgår vi først litteraturen om prebound. Deretter presenteres en analyse av data fra NVE's energimerkeordning⁸ for å se om elementer av prebound finnes i denne. Vi diskuterer så årsaker

⁸ Energimerkeordningen innebærer at alle boliger og yrkesbygg som selges eller leies ut må ha en energiattest. Formålet med ordningen er å øke bevissthet og kunnskap om energibruk og løsninger som kan gjøre boligen eller bygningen mer energieffektiv.

til prebound, før avsnittet avrundes med betraktninger om hvorvidt prebound varierer med kjennetegn ved tiltaket, boligen, husholdningen eller virkemiddelet.

3.2.1 Gjennomgang av litteratur på området

I Sunnika-Blank og Galvin (2012) introduseres begrepet prebound-effekt, trolig for første gang. Basert på eksisterende datasett av estimert og faktisk målt energiforbruk til oppvarming i tyske husholdninger, studerer de forskjellene mellom beregnede energi-rater og faktisk målt energiforbruk for 3400 boliger. Studien avdekker følgende:

- (1) Uavhengig av nivå på energi-ratingen varierer faktisk målt energiforbruk benyttet til oppvarming vesentlig mellom boligene i utvalget.
- (2) Analysen indikerer et gap mellom beregnet energiforbruk, som gjerne tilsvarer energi-ratingen, og det målte energiforbruket i boligene på gjennomsnitt 30 prosent (målt lavere enn beregnet).
- (3) Den relative differansen mellom beregnet energiforbruk og faktisk energiforbruk ser ut til å øke med størrelsen på det beregnede energiforbruket. Det vil si at prebound-effekten synes å være større for relativt energiineffektive boliger.
- (4) Boliger som estimeres å ha et lavt energiforbruk tenderer på den andre siden til å ha et høyere faktisk forbruk enn estimert. For passivhus og lavenergihus ser det imidlertid ut til at det er relativt godt samsvar mellom estimert og faktisk energiforbruk.

Sunnika-Blank og Galvin (2012) henviser til andre studier som indikerer at tilsvarende fenomen er til stede i andre land. Selv om studiene ikke eksplisitt definerer det som prebound-effekter, estimeres relativt energiineffektive boliger til å ha et høyere energiforbruk enn det som er realiteten i blant annet Nederland (Tighelaar & Menkveld, 2011), Storbritannia (Kelly, 2011), Belgia (Hens m.fl. (2010) og Frankrike (Cayre m.fl. (2011).

Tilsvarende trekker andre studier om rebound-effekter fram usikkert forbruk og temperatur som en årsak til redusert effekt ved energieffektivisering. Det er med andre ord et visst overlapp i begrepsbruken. Overlapp mellom rebound og prebound-begrepene skyldes dels at prebound nylig er etablert som begrep og dels at flere anser prebound som en delmengde av rebound. Slik Sunnika-Blank og Galvin (2012) antyder, er effekten av prebound den samme som for rebound: potensialet for lønnsomme enøktiltak er mindre enn først antatt og kostnaden pr. reduserte enhet øker.

3.2.2 Analyse av data fra NVE's energimerkeordning

Fra en tidligere studie er vi kjent med energimerkeordningen og dataene som NVE sitter på i den anledning. Siden det finnes begrenset med spesifikk litteratur om prebound, ønsket vi å studere om det var trekk ved energimerkedataene som tydet på prebound. Gjennom energimerkeordningen rapporterer nemlig en del husstander inn et faktisk energibruk som kan sammenlignes med det beregnede forbruket fra ordningen. Selv om dataene ikke er samlet inn i sammenheng med et energieffektiviseringstiltak, så kan prebound-effekten likevel studeres som avvik mellom estimert og faktisk forbruk.

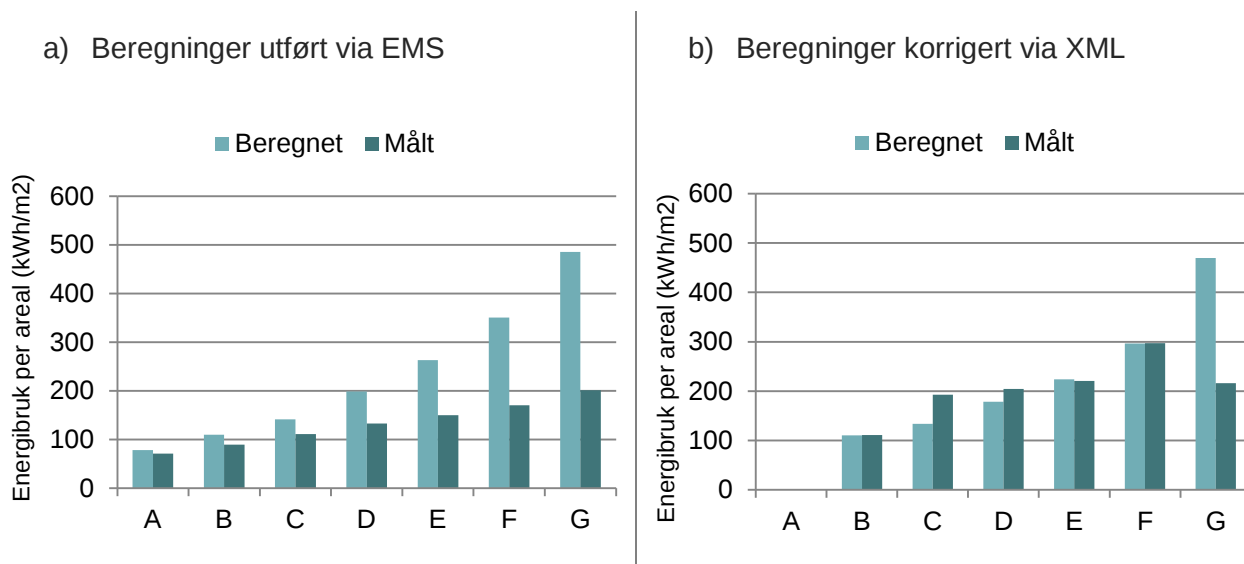
Energimerkingen av boliger kan enten foretas av boligeier eller en ekspert. Boligeiere som ønsker å utføre registreringen selv kan velge mellom såkalt enkel eller detaljert registrering. Ved enkel registrering må kun bygningstype, byggeår, bruksareal og oppvarmingsmåte oppgis. Boligeieren kan få en mer nøyaktig energiattest ved å velge den detaljerte registreringen. Her kan brukeren blant annet opplyse om vinduene er nye, om isolasjonen er relativt bedre enn det som er standard gitt boligens byggeår o.l. Det kreves ingen kompetanse for å energimerke eksisterende boliger. Nye boliger må imidlertid merkes av en ekspert, som må tilfredsstille kompetansekrav fastsatt i forskrift. Ekspertene kan benytte samme registreringsform som boligeiere (kalt EMS), men har i tillegg mulighet til å korrigere dataene, slik at de blir mer representative for bygningen. Ekspertene har også anledning til å velge å overføre data via et mer komplekst eksternt beregningsprogram,

såkalt XML-import. Når registreringen foretas av boligeier er det ikke obligatorisk å oppgi faktisk energibruk, men en del har likevel valgt å gjøre det.

Figur 3.2 viser forholdet mellom beregnet og målt energibruk for boliger registrert via den enkle eller detaljerte registreringen, mens Figur 3.2 viser sammenhengen mellom beregnet og målt energiforbruk for boliger som er registrert av fagpersoner via XML-import. På samme måte som i studien for Tyskland (Sunnika-Blank & Galvin, 2012), har vi kategorisert boligene etter energimerke (energibruk per areal). Mesteparten av energimerking av boliger skjer via enkel registrering av data, hvilket bidrar til et større datagrunnlag for Figur 3.2 a (9 582 boliger) enn Figur 3.2 b (316 boliger).

Det er elementer av preboundeffekten å spore i Figur 3.2 a, da den beregnede energibruken er høyere enn det målte energiforbruket for samtlige energimerker. Tilsvarende den tyske studien ser avviket ut til å øke med energibruk per areal. Dette avviket ser imidlertid ikke ut til å være til stede for boliger som er registrert av fagpersoner via XML (Figur 3.2 b). For disse boligene er det en klart bedre sammenheng mellom beregnet og målt energiforbruk.

Figur 3.2: Sammenligning av beregnet versus innrapportert energiforbruk i energimerkeordningen for boliger



Det er dog viktig å tolke energimerkedataene forsiktig. Avvikene i EMS-datasettet er nesten for ekstreme – for energimerke G er det på hele 138 prosent. Det kan være flere årsaker som til sammen fører til estimert forbruk i EMS datasettet blir for høyt og rapportert forbruk blir for lavt:

- *Beregning overestimerer forbruket:* Forbrukerne oppgir veldig begrenset informasjon om boligen ved innrapportering. Det betyr at enkle normaliserte forutsetninger og standardverdier benyttes for å estimere forbruket. På tvers av hele datasettet skulle en likevel forvente at avvik fra slike feil ble utjevnet. Det kan derfor være grunn til å se på beregningsmetoden.
- *Rapportering underestimerer forbruket:* Videre kan innrapportert energibruk være for lavt. Det kan være ikke alle energibærere – slik som ved, oljekjeler, fjernvarme – er inkludert, eller at personen som rapporterte verdiene ikke kjente det fulle forbruket og dermed gjettet.
- *Skjevt utvalg:* Alternativt så er avviket et uttrykk for skjevt utvalg. Det vil si at boligeiere som så langt har fått tildelt energimerke ikke er representativt for hele befolkningen og boligmassen. Dersom det er en overvekt av miljøbevisste individer i dagens utvalg, kan det forklare deler av avviket. Miljøbevisste personer kan ha gjennomført mange energieffektiviseringstiltak allerede eller holde lavere energiforbruk gjennom bevisst adferd. I så fall bør de være misfornøyde med energimerket de har mottatt. Det kan også være at boligeiere med et relativt lavt

energiforbruk har større incentiver til å innrapportere faktisk forbruk enn boligeiere med et relativt høyt forbruk.

Tilsvarende kan bedre samsvar mellom boligene registrert via XML-import forklares ved:

- *Fagpersonell gjør en god jobb:* Dataene som er oppgitt i dette datasettet er samlet inn og beregnet av fagpersoner. Grunnlaget bør derfor være mer detaljerte, og mest sannsynlig, mer korrekte data, og det er brukt en viss mengde tid på spesifikke beregninger for gjeldene bolig.
- *Nye boliger lettere å estimere:* Utvalget er dominert av boligblokker bygd etter 2010, selv om det også er registrert en del eldre boliger i materialet.⁹

På tross av disse mulige årsakene til at datasettet er mindre egnet til å vurdere faktisk omfang av prebound in Norge, så peker det på 1) utfordringen ved å estimere energiforbruk basert på enkle, sjablongbaserte tilnærminger, samt 2) hvor vanskelig det er å måle det faktiske forbruket på tvers av energibærere og bruksformål. Det er i grunn essensen i prebound-begrepet og bakgrunn god nok for at norske myndigheter bør forstå eksistensen og årsaker til prebound.

3.2.3 Årsaker til prebound

Vi har ikke kommet over noen god kategorisering av årsaker til prebound i litteraturen, men gjennomgangen av NVE-data gav noen innsikter som kan generaliseres. Avvik mellom estimert og faktisk energibruk før et energieffektiviseringstiltak, prebound-effekten, kan forklares av:

- **Feil i rapportert før-forbruk av energi (der det er rapportert)**
 - *Ufullstendig totalnivå:* Som diskutert for NVE datasettet, er det en risiko i større og mindre bygg at ikke hele energiforbruket rapporteres. Det er tilfeller hvor ansvarlig beslutningstaker ikke har oversikt over forbruket til alle enhetene i bygget. I tillegg er det ikke alle energibærere som måles like enkelt som strøm, ei heller på riktig nivå. Både vedforbruk og individuell bruk av sentral oppvarming er for mange vanskelig å anslå.
 - *Feil fordeling mellom energibærere:* Ukjent tilstedeværelse av flere energibærere og feil fordeling mellom disse, betyr at man risikerer at forbruket til en energitjeneste (for eksempel med både ved og el til oppvarming) er lavere enn estimert. Samtidig er det vanskelig å forutsi den substitusjon som vil finne sted dersom en kilde effektiviseres.
- **Stor variasjon i utvalget – feil å bruke normaliserte standardtall eller for enkel metode (der energibruk estimeres).** Vi kan heller ikke utelukke at det er feil i normaliserte standardtall eller at det er galt å bruke dem på populasjonen man skal gjennomføre tiltak på. Det kan også være at man benytter en for enkel metode, som ikke godt nok tar hensyn til variasjon i populasjonen
 - *Feil formålsdeling av energiforbruket.* Det er betydelig usikkerhet i hvordan forbruket til ulike segmenter av husholdninger og boliger fordeler seg på oppvarming og andre formål i boliger, samt hvilke energibærere som leverer energien. Dette til tross for at det er gjort ulike undersøkelser på dette, for eksempel fikk NVE utført to studier av dette i 2011, se Xrgia (2011) og Vestlandsforskning (2011). Ulike metoder for beregning av formålsfordelingen gir ulike svar, og fordelingen har også endret seg over tid.
 - *Feil før-temperatur.* En betydelig andel av norske husholdningers energiforbruk går til oppvarming, men variasjonen i temperatur er stor. Som påpekt i diskusjonen av rebound i avsnitt 2.3 får dette stor effekt på faktisk energisparing ved tiltak. Dersom temperaturen er høy i utgangspunktet, ventes lav rebound og motsatt for lav før-temperatur. Dette er på sett og vis en målefeil – et aspekt ved husholdningen som man ikke er klar over når man beregner potensialet for å redusere energiforbruket.

⁹ Energimerke E, F og G er ikke tildelt nye boliger, men eldre, som sannsynligvis har fått energimerke etter rehabilitering.

- **Feil energistandard før tiltaket.** Det er begrenset informasjon om hvilken standard en bolig har før tiltaket, herunder hvilke andre energieffektiviseringstiltak som allerede er gjennomført gjennom generelt vedlikehold og spesifikke energitiltak. For eksempel kan det være store variasjoner mellom relativt like boliger bygd på samme tidspunkt, avhengig av i hvilken grad, og når, de er blitt rehabilitert. Data for rehabilitering er ofte mangelfulle. Ifølge (NVE, 2010) viser også erfaringer at rekkefølgen på innføring av tiltak har stor betydning. Etter hvert som flere tiltak gjennomføres vil de etterfølgende tiltakene få lavere sparepotensial da de tidligere utførte tiltakene allerede har tatt en bit av sparepotensialet.

Denne årsakdiskusjonen viser utfordringen ved å estimere sparepotensial både på individuelle bygg, innen en mindre populasjon og på tvers av store populasjoner. I Kapittel 4 diskuterer vi virkemidler som kan motvirke disse årsakene til prebound-effekten.

3.2.4 Hypoteser om variasjon i prebound-effekter

Tilsvarende som for rebound, beskriver vi i dette avsnittet hvordan prebound varierer med kjennetegn ved tiltaket, boligen, husholdningen og virkemiddelbruken. Virkemiddeldimensjonen vil diskuteres i Kapittel 4, mens vi drøfter de tre førstnevnte nedenfor.

Kjennetegn ved tiltaket

Prebound er først og fremst knyttet til feil/usikkerhet om energibruk før tiltak og mangelfulle eller aggregerte målinger av energibruken før tiltak.

Hypotese: Prebound er større dersom det brukes flere energibærere

Dersom det kun er en energibærer som leverer energi til energitjenesten, forventer vi at det er lettere å estimere forbruket til energitjenesten. Dersom det er flere, slik som ved kombinert ved og eloppvarming, bør det være vanskeligere å estimere og nivået på prebound forventes å være større. Det innebærer at prebound særlig kan gjøre seg gjeldende når det gjelder energibruk og energieffektivisering knyttet til oppvarming i eksisterende boliger.

Hypotese: Prebound varierer med hvilken energibærer som måles

Det er som nevnt enklere å måle og rapportere strøm enn en del andre energibærere. Samtidig brukes strøm til flere formål, noe som gjør det vanskeligere å fastsette forbruk på en energitjeneste før effektivisering. Derfor er det vanskelig å vurdere om det er lavere prebound på strøm enn andre energibærere.

For boliger som i hovedsak baserer seg på fjernvarme, olje og pellets forventes en lavere prebound, da fjernvarme både måles og kun benyttes til oppvarming.

For boliger som i hovedsak baserer seg på ved antas prebound å være større. Til tross for at ved kun benyttes til oppvarming, er det få husholdninger som har en fullstendig oversikt over sitt faktiske vedforbruk.

Hypotese: Automatisk målesystem før tiltaket reduserer prebound

Det er grunn til å forvente at dersom det finnes automatiserte målesystem før tiltaket, så måler systemet det meste av energiforbruket og potensielt gir informasjon om fordeling. Det er dog ikke sikkert at system fanger opp alt forbruk og slikt sett gir bedre informasjon enn manuell måling.

Hypotese: Rehabilitering og pakkeløsninger gir lavere prebound

Ved større rehabiliteringer og gjennomføring av flere tiltak i en pakke, forventer vi at det ligger mer detaljerte analyser og prosjektering til grunn. F.eks. vil energitjenesteleverandører antageligvis kreve måling for inngå kontrakt om gevinstdeling ved utføring av tiltak. Det bør dermed gi mindre prebound. Dersom forutsetningen om planlegging ikke er møtt, kan vi ikke nødvendigvis forvente lavere prebound.

Kjennetegn ved boligen

Hypotese: Energiineffektive boliger har høyere prebound

Det er rimelig å forvente at folk som bor i energiineffektive boliger tilpasser sin adferd, for eksempel gjennom færre oppvarmede rom samt lavere innetemperatur. Dette fanges sjelden opp av analyser av populasjonen. Derfor er som regel faktisk energiforbruk til oppvarming lavere enn estimert før-forbruk.

Sunnika-Blank og Galvin (2012) og en rekke andre studier fra andre land finner som nevnt denne forskjellen i prebound mellom relativt mer effektive og ineffektive boliger. Vår analyse av energimerkedataene viser en tilsvarende tendens.

Hypotese: Større og eldre boliger har høyere prebound

Større og eldre boliger er som regel ineffektive eller har mange rom som ikke varmes opp, og dermed en høyere prebound.

Hypotese: Felles avregning og geografisk lokalisering har ikke betydning

Felles avregning av energiforbruket innebærer som regel at forbruket er høyere enn ved individuell avregning. Det taler for lavere prebound, siden prebound først og fremst skyldes at man overvurderer energiforbruket. Samtidig betyr felles avregning at det er mindre klart hvilket forbruk hver enhet har, og dermed at det er lettere å gjøre målefeil på individuelt nivå. Samlet ser vi ingen klar retning for hvorvidt felles avregning gir høyere eller lavere prebound.

For geografisk plassering, det vil si hvor i landet bolig befinner seg og hvorvidt det er i by eller distrikt, ser vi ingen faktorer som peker i retning av høyere eller lavere prebound, utover størrelse og alder på boligene (hypotese beskrevet over).

Kjennetegn ved husholdningen

Hypotese: Høyinntektsfamilier har lavere prebound

Husholdninger med høy inntekt har trolig høyere innetemperatur før tiltaket og dermed et faktisk forbruk nærmere det estimerte.

Hypotese: Ingen forskjell hvorvidt man eier eller leier, så lenge informasjonen om energibruken er god/symmetrisk

Dersom informasjon om energibruk og adferd er tilstrekkelig, ser vi ingen prinsipiell konsekvens for prebound av hvorvidt man eier eller leier. Beslutningstaker er som regel boligeier, og dersom denne sitter på relevant og symmetrisk informasjon om før-situasjonen, bør ikke prebound være lavere eller høyere enn om han/hun bor der selv eller leier ut. I en del situasjoner er nok ikke informasjonsflyten mellom eier og leietaker så god, slik at eieren rapporterer inn feil formålsdeling for eksempel. I situasjoner med asymmetrisk informasjon mellom leietaker og eier forventes derfor en høyere prebound-effekt.

Hypotese: Ingen klar sammenheng mellom utdannelsesnivå, alder og prebound

Utover at høy utdanning og alder er korrelert med høy inntekt, ser vi ingen grunn til å forvente en variasjon i prebound basert på disse faktorene. Tilsvarende som for rebound vil kanskje noen hevde at høyere utdanning er korrelert med miljøbevissthet (vil trolig gi høyere prebound), men vi har ingen holdepunkter for at så er tilfelle. Dersom "energivaner" spiller en rolle for energibruken, kan de også hende at eldre husholdninger har lavere energibruk enn yngre, for ellers like boliger. Dette er heller ikke noe vi har funnet studier av i den litteraturen vi har gått gjennom.

3.3 Lock-in-effekter og stivhengighet

Kapittel 2 forklarte lock-in begrepet ved at man er eller blir låst til bestemte løsninger, noe som begrenser mulighetene og nytte og kostnader av fremtidige energieffektiviseringstiltak. Siden myndighetene har langsiktige mål om at energibruken i boliger skal bli stadig mer effektiv, er det viktig å ta hensyn til og forstå lock-in, både i hvor stor grad av boligmassen som er låst, samt hvordan man fremover kan unngå utilsiktet innlåsing.

I dette avsnittet viser vi først at lock-in ved energieffektivisering er lite studert i litteraturen. Derfor presenterer vi et resonnement for hvordan lock-in bør forstås og tas hensyn til ved energieffektiviseringstiltak. Avsnittet inneholder også betraktninger om hvordan lock-in varierer med kjennetegn ved tiltaket.

3.3.1 Lock-in i relevant litteratur

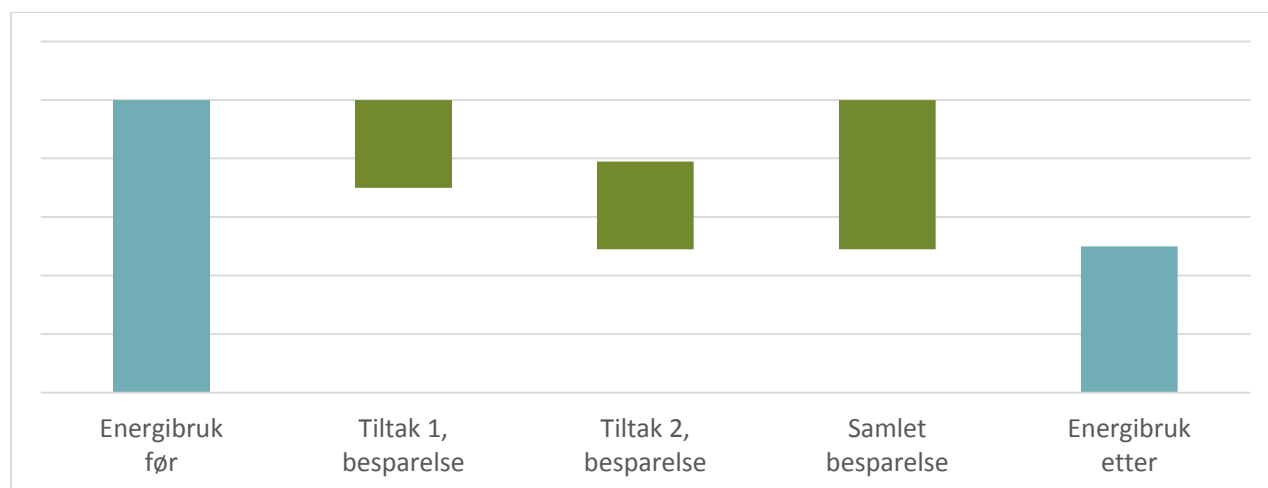
Teorien rundt lock-in er i hovedsak utviklet siden 1980-tallet og begrepet benyttes innen mange fagfelt, inkludert økonomi, historie og sosiologi (Perkins, 2003). Lock-in brukes i dag også i forretningsspråk, i sammenheng med strategiske valg eller konsumentvalg. I økonomisk litteratur brukes lock-in både på makronivå, for å forklare hvordan en teknologi vokser fram som den dominerende i markedet, og på mikronivå, for å analysere hvorvidt et valgalternativ låser en aktør inn til et begrenset sett av muligheter og adferd i fremtiden.

For energibruk på makronivå, viser Foxon (2002) hvordan begrepet “carbon eller fossil lock-in” brukes for å beskrive hvordan vår økonomi er låst til teknologier som benytter fossile energikilder. Perkins (2003) beskriver også dette i detalj. Begge viser til fire grunnleggende faktorer til at det er blitt slik: skalafordeler, lærefordeler, adaptive forventninger og nettverksfordeler. Disse faktorene ble først beskrevet av Arthur (1994). *Skalafordeler* betyr at en teknologi eller et produkt gradvis får lavere kostnader jo flere som bruker den, da faste kostnader kan deles på flere. Det er i grunn et tradisjonelt mikroøkonomisk resonnement. *Lærefordeler* betyr at en teknologi kan forbedre sin virkemåte og effektivitet over tid gjennom større og mindre inkrementelle forbedringer. Dette kan man observere i dag innen fornybare kraftteknologier som solkraft og vindkraft. Med *adaptive forventninger* menes at både konsumenter og ingeniører tenker og opererer innen det eksisterende paradigme for hvilke teknologier og produkter som er mulig. Det begrenser begges søken etter nye radikale løsninger og teknologier. *Nettverksfordeler* betyr at verdien for hver bruker av en teknologi øker med antallet som bruker den. Det er en kjent effekt fra kommunikasjonsteknologi.

Samlet forklarer de fire faktorene den dominerende posisjonen som fossil energiteknologi har i de fleste anvendelsesområder, samt hvorfor det er utfordrende for nye teknologiplattformer å vinne fram. Denne diskusjonen er relevant for norske myndigheter når de vurderer virkemidler for å endre energibruk i boliger fra en dominerende teknologi til en ny teknologi. Vi har dog ikke funnet litteratur som spesifikt anvender denne forklaringen på energieffektivisering.

For beslutninger på mikronivå er det også lite litteratur som omtaler lock-in i forhold til energieffektivisering. Det nærmeste er NVE som i sitt innspill til Klimakur sier at bransjen erfarer «at rekkefølgen på gjennomføring av tiltak i bygg har betydning. Gjennomføring av ett tiltak kan føre til at påfølgende tiltak blir mindre lønnsomme ettersom de første tiltakene ofte henter ut en stor del av energieffektiviseringspotensialet» (NVE, 2010).

Grunnen til at det er slik, er at tiltak ikke har additiv effekt. Figur 3.3 forsøker å illustrere poenget i NVE rapporten gjennom å vise to tiltak som hver for seg har et visst potensial, men hvor samlet potensial er mindre enn summen. Dette kan skje både ved at tiltak overlapper i hvilken energibruk de påvirker, men også ved at potensialene er avhengig av utgangspunktet.

Figur 3.3: Illustrasjon av at potensial ikke er additive

Figuren kan utdypes med et illustrativt regnestykke, se Tabell 2. La oss anta at energibruken før noe tiltak er 100 enheter og at kostnaden over boligens levetid ved dette forbruksnivå er 100 NOK. Både en varmepumpe og økt isolering kan redusere energiforbruket med 30 prosent til en kostnad over levetiden på 25 NOK. Men sparepotensialet på 30 prosent er avhengig av utgangspunktet. Det betyr at de er lønnsomme som en pakke og hver for seg, men begge vil ikke bli implementert ved en sekvensiell vurdering. Selv om regneeksemplet er konstruert viser det at rekkefølge har betydning.

Tabell 2: Lock-in regneeksempel

	Energi	Nytte	Kostnad	Gjøre?
Tilstand før	100			
<i>Sekvensielt</i>				
Første tiltak	-30	30	-25	Ja
Andre tiltak	-21	21	-25	Nei
<i>Samlet</i>				
Begge tiltak	-51	51	-50	Ja

Samtidig kan det være samspill på kostnadssiden som tilsier at flere tiltak bør gjennomføres som en pakke. F.eks. er det sannsynligvis billigere å gjennomføre flere tiltak på bygningskroppen når man først starter en ombygging, enn å gjøre tiltakene hver for seg. Det kan være lønnsomt å gjennomføre en pakke av tiltak, men ikke å gjennomføre hvert tiltak for seg fordi ekstrakostnaden ved det siste enkelttiltaket ikke dekker ekstragevinsten av tiltaket. I så fall går man glipp av den siste gevinsten fordi tiltakene ikke gjennomføres samlet. Samtidig kan det hende det blir lenge til neste gang det blir lønnsomt å gjennomføre ytterligere tiltak fordi det f.eks. kan være mest lønnsomt i forbindelse med at man gjør større ombygginger, og at utvikling av både energipriser og teknologi gjør det lønnsomt.

3.3.2 Hvordan forstå lock-in i forbindelse med energieffektivisering

Basert på diskusjonen over, drøfter vi i dette avsnittet hvordan lock-in bør forstås i forbindelse med energieffektivisering. Vi forenkler det til to forhold hvor lock-in har betydning for energieffektivisering:

- 1) *Lock-in før et tiltak*: Hvilken energiinfrastruktur er til stede som hindrer effektiviteten til tiltaket som vurderes?
- 2) *Lock-in etter et tiltak*: Hvilken lock-in får vi ved å gjennomføre tiltaket – både ved at senere tiltak utelukkes og ved at deres kostnadseffektivitet reduseres?

Det første forholdet, hvilken infrastruktur som benyttes før tiltaket, overlapper med prebound, som diskutert i kapittel 3.2 om energistandard før tiltaket. Det betyr at diskusjonen om betydning og

konsekvens er lik, og likeså vil virkemidler for å kompensere for forholdet overlappe med prebound. Vi går derfor ikke mer inn på det punktet her.

Det andre forholdet, mulig lock-in etter tiltaket, har betydning for virkemiddelbruken. For offentlig prioritering av tiltak og virkemiddelutforming, er det viktig å forstå hvordan ulike typer tiltak påvirker hverandre. Vi har ikke hatt anledning innenfor prosjektet til å analysere dette i detalj, men anbefaler at det gjøres ved fremtidig virkemiddelutforming. Likevel vil vi peke på noen faktorer som utelukker eller reduserer effektiviteten av senere tiltak.

- *Oppvarmingsløsning og isolering:* Endring av teknologi som leverer varme i huset vil ha betydning for potensial og lønnsomhet til senere tiltak. Dersom man installerer varmepumpe vil oppvarmingskostnaden gå ned, noe som kan gjøre senere tiltak ulønnsomme, isolert sett. Det kan blant annet gjøre det mindre relevant å forbedre isoleringen eller oppgradere til lavenergistandard. På motsatt vis vil tiltak som forbedrer isoleringen påvirke lønnsomheten til oppvarmingstiltak. Eksemplet over viser denne mekanismen tydelig.
- *Energibærer:* Bytte av energibærer er ikke nødvendigvis et energieffektiviseringstiltak, men kan gi lock-in likevel. Dersom man bytter ut en oljekjel med biokjel, gir det trolig begrenset energibesparelse, men er først og fremst motivert av et ønske om å bytte til fornybar energikilde. Det gir heller ingen ny lock-in-effekt. Dersom man derimot bytter ut energisystemet og får lavere oppvarmingskostnader, kan det kan gi en lock-in-effekt ved at lønnsomheten av senere tiltak synker. Ved store rehabiliteringer kan både energibærer og oppvarmingsløsning byttes. Det kan være skifte fra elektrisk til vannbåren varme (fra biokjel, grunnvarme eller fjernvarme, etc.). Det gir åpenbart store lock-ineffekter, da man endrer eller bygger infrastruktur for å bringe energibæreren til boligen, samt i selv boligen. Tiltak som endrer energibærer kan dermed ha stor betydning.

De to faktorene over innebærer at myndigheter og beslutningstakere som ønsker å redusere energibruken over tid må ha en helhetlig tilnærming. Ideelt sett bør alle relevante pakker av tiltak vurderes, og helst spesifikt til den boligen det gjelder eller på egnet aggregeringsnivå. Det betyr også at pakker av tiltak fremstår bedre enn ved vurdering av hvert tiltak (i en bestemt rekkefølge). Gitt usikkerheten om fremtidige rammebetingelser og hvor omfattende slike analyser kan bli, er det antagelig viktigst å gi mulighet til fleksibilitet og sikre at man ikke låser seg inn til åpenbart uheldige løsninger.

Det må imidlertid understrekes at usikkerheten om hva som til enhver tid er optimalt i et langsiktig perspektiv, er stor. En rekke energieffektiviseringstiltak har langsiktig virkning. Samtidig utvikler teknologien og løsningene seg over tid, og det samme gjør kostnadene ved tiltak og verdien av energibesparelsen. Morgendagens løsninger er bedre enn dagens, og samtidig ukjente. Lock-in vil derfor antagelig alltid utgjøre en "barriere" for hvilken energieffektivisering som til enhver tid er lønnsom og kan oppnås.

På den ene siden kan det være en fordel å gjennomføre passive tiltak som setter et øvre tak på energibruken – på den andre siden kan det være en fordel å gjennomføre tiltak som gir fleksibilitet til å ta i bruk nye løsninger. Gitt usikkerheten kan man ikke nødvendigvis stole på eller legge til grunn "pakker" av kjente tiltak i dag.

Hvorvidt ulike tiltak har ulik rebound- og lock-in-effekter spiller en rolle for hvordan man skal tenke om lock-in-effekter, er usikkert. Støtte til varmepumper gir muligens større rebound-effekt enn økt isolasjon (jf. kapittel 3). Samtidig kan støtte til installasjon av varmepumpe gjøre det ulønnsomt å øke isolasjonen, mens det kan hende ville vært lønnsomt uten varmepumpe. Hvorvidt det ene tiltaket er bedre enn det andre, eller begge ideelt sett burde vært gjennomført samtidig, kommer an på en rekke ulike faktorer, bl.a. relative energipriser, konsekvenser for energisystemet, etc.

Et tredje forhold knyttet til lock-in er hensynet til det samlede energisystemet. For eksempel er det per i dag tilknytningsplikt for fjernvarme i områder med utbygd fjernvarme, skjønt det kan gis fritak for svært energieffektive bygg. Som påpekt over gir det innlåsing til en infrastruktur, samtidig som det gir relativt lave oppvarmingskostnader. Samtidig kan det være at passiv-/lavenergihus bedre

effektivitet på sikt i noen lokasjoner og situasjoner. Slike avveininger er komplekse, men må til for å maksimere nytte ved offentlig strategi. Imidlertid må beslutninger baseres på til enhver tid tilgjengelig informasjon og under betydelig usikkerhet med hensyn til fremtidige rammebetingelser.

3.4 Kunnskapsstatus: Områder som er godt versus lite studert

Tabell 3 gir en oversikt over kunnskapsstatus basert på litteraturgjennomgangen og drøftingene ovenfor. Våre overordnede betraktninger er:

- *Rebound* er relativt godt studert hva gjelder omfang og årsak. Det er ikke mange studier for Norge spesifikt, men en del internasjonale studier virker overførbare på norske forhold. Innsikten er god når det kommer til hvordan rebound varierer med tiltakstype, styrings- og målesystem, samt enkelte kjennetegn ved boligen. Vi finner ikke studier som har sett eksplisitt på hvordan rebound varierer med kjennetegn ved husholdninger. Vi vet egentlig ganske lite om hvordan type virkemiddel påvirker rebound. Neste kapittel diskuterer dette nærmere, men det er få empiriske studier på området.
- *Prebound* er et nyere begrep og mindre studert. Prebound er nevnt i forbindelse med tidligere studier av rebound, men ikke som eget begrep. Det betyr at en del er kjent rundt årsaker og omfang. Lite er derimot kjent om hvordan prebound varierer med ulike kjennetegn.
- *Lock-in* er ikke godt studert i forhold til energieffektivisering. Begrepet benyttes på makronivå for innlåsing til fossile teknologier, men mer kjennskap om betydning av rekkefølge og innlåsing kan gi bedre utforming av offentlig strategi og virkemiddelbruk.

Som tabellen viser, finner vi at betydningen av virkemiddelbruken er generelt lite vurdert og analysert i litteraturen. I neste kapittel drøfter vi på prinsipielt grunnlag hvordan valg av virkemiddel og utformingen av virkemiddel kan påvirke rebound-effekter.

Tabell 3: Kunnskapsstatus for rebound, prebound og lock-in

Kunnskapsstatus		Rebound	Prebound	Lock-in
Overordnet	▪ Er funksjon og omfang godt forstått?			
	▪ Er kunnskapen spesifikk nok for Norge?			
Dimensjon	Varierer effekten med	Rebound	Prebound	Lock-in
Kjennetegn ved tiltaket	▪ Tiltakstype			
	▪ Rehabiliteringspakker/-konsepter			
	▪ Energibærer			
	▪ Styringssystem			
	▪ Målesystem			
Kjennetegn ved boligen	▪ Boligstørrelse			
	▪ Boligtype (enebolig, rekkehus, leilighet)			
	▪ Avregningsform			
	▪ Boligalder			
	▪ Geografisk plassering			
Kjennetegn ved husholdningen	▪ Inntekt			
	▪ Selveier/leie			
	▪ Utdannelsesnivå			
	▪ Alder på boligeier			
	▪ Antall i husstanden			
Type virkemiddel	▪ Informasjon			
	▪ Investeringsstøtte			
	▪ Subsidierte lån			
	▪ Avgift / Tariff			
	▪ Påbud/Standard			
Fargekoder		Bra	Middels	Dårlig

4 UTFORMING AV VIRKEMIDLER

I dette kapitlet drøfter vi implikasjonene av kunnskapen om rebound-, prebound- og lock-in-effekter for offentlig strategi og virkemiddelutforming for energieffektivisering. Først drøfter vi hvordan effektene spiller inn på ulike stadier av utvikling av offentlig virkemiddelbruk, og gir en oversikt over dagens norske virkemiddelbruk på området.

Dernest drøfter vi hvordan ulike virkemidler påvirker rebound-, prebound- og lock-in-effekter, og hvordan effektene kan motvirkes. Gir de ulike virkemidlene større eller mindre effekter? Hvordan kan man eventuelt korrigere for uheldige effekter?

4.1 Implikasjoner av rebound-, prebound- og lock-in-effekter

Effektene av virkemidler for å stimulere økt energieffektivitet kommer an på hvordan myndighetene utformer politikken og hvordan husholdningene tilpasser seg de virkemidlene som settes i verk. Vi antar at offentlig virkemiddelbruk på området er resultat av en prosess

1. der det er identifisert potensialer for (samfunnsøkonomisk lønnsom) energieffektivisering,
2. der det basert på potensialstudiene er blinket ut områder som prioriteres, og
3. der det er utformet virkemidler som er tilpasset de prioriterte områdene.

Det er kostbart å gjennomføre energieffektiviseringstiltak. Hvorvidt det er samfunnsøkonomisk lønnsomt å innføre virkemidler, kommer for det første an på hvor stort potensialet er, og for det andre på hvordan husholdningene tilpasser seg.

Eksistensen av rebound-, prebound- og lock-in-effekter kan påvirke politikken på alle de tre områdene listet opp over:

- *Estimere potensial:* Prebound impliserer at man feilvurderer potensialet for energieffektivisering fordi man ikke har gode nok data for nivået på den aktuelle energibruken før virkemidlet innføres. For å ta hensyn til prebound, må man enten sikre det offentlig bedre data eller så vidt mulig ta hensyn til mulige målefeil i analysen. Datagrunnlaget kan bedres ved å gjennomføre bedre overordnede studier, studier på lavere aggregeringsnivå eller dedikerte studier for spesifikk virkemiddelendring. I det minste bør man være forsiktig med å anta store energieffektiviseringsgevinster basert på generelle formålsdelinger og høyt aggregeringsnivå. Rebound-effekter er ikke nødvendigvis negative, selv om de reduserer den realiserede energisparingen. Men dersom politikken har som mål å utløse en bestemt energisparing, er graden av rebound relevant.
- *Prioritere områder:* Virkemidler for energieffektivisering settes gjerne inn mot de områdene der potensialet vurderes å være størst, for eksempel mot oppvarmingsløsninger ved omfattende rehabilitering av eksisterende bygg. Omfanget av prebound-effekter, dvs. kvaliteten på de data som legges til grunn for beregning av potensial, kan imidlertid være ulik for ulike typer av bygg. Det bør i så fall tas med i betraktningen når man prioriterer mellom ulike områder. Graden av rebound-effekter kan også, som vi har drøftet over, variere mellom typer av bygg eller mellom husholdninger. Dersom målet er redusert energibruk, kan det også være relevant å vurdere hvor stor usikkerhet det er om rebound-effekter for ulike bygg og husholdningstyper.
- *Virkemiddelutforming:* Hvilken type virkemiddel som velges henger også sammen med målet for politikken og graden av rebound-, prebound- og lock-ineffekter. Dersom målet er redusert energibruk på kort sikt, vil det for eksempel være aktuelt å gjøre eventuell støtte avhengig av målte effekter (motvirker både rebound og prebound). Dersom målet er redusert energibruk på lang sikt, vil det være aktuelt å motvirke tiltak med negative lock-in-effekter og stimulere tiltak med positive lock-in-effekter. Dersom målet er økt energieffektivitet, vil fokus i større grad være rettet mot internalisering av eksterne effekter og informasjonstiltak som gjør konsumentene i stand til å foreta informerte avveininger (f.eks. mellom energibruk og komfort).

Generelt kan virkemiddelbruken, spesielt knyttet til støtteordninger, gjøres mer treffsikker i forhold til realiserte energieffektiviseringsgevinster gjennom krav om måling både før og etter tiltak. Imidlertid kan dette gi administrative kostnader som ikke godtgjøres av gevinstene ved økt treffsikkerhet. Særlig når det gjelder små enheter som husholdninger, kan slike kostnader raskt overstige gevinsten (Fiksen & Ibenholt, 2011).

Utgangspunktet for å iverksette virkemidler for å påvirke energibruken i boliger, er at husholdningene ikke uten videre tilpasser seg samfunnsøkonomisk optimalt. Det samfunnsøkonomisk optimale nivået oppnås dersom kostnadene ved å gjennomføre energieffektiviserings tiltak er lavere enn de samfunnsøkonomiske gevinstene, inkludert økt nytte i husholdningene.

Det kan være flere grunner til at energibruken i husholdningene ikke er samfunnsøkonomisk optimal:

- Husholdningene stilles ikke overfor de reelle samfunnsøkonomiske kostnadene knyttet til energibruken
- Husholdninger har erfaringsmessig kortere tilbakebetalingshorisont enn det som legges til grunn i samfunnsøkonomiske kalkyler
- Husholdningene har ikke tilstrekkelig informasjon om egen energibruk eller om aktuelle virkemidler (informasjonen er vanskelig tilgjengelig)
- Husholdningene har begrensede ressurser til å ta økonomisk rasjonelle valg eller prioriterer tiltak knyttet til andre forhold (jf. avsnitt 2.3.4)

Virkemidlene påvirker lønnsomheten av å gjennomføre energieffektivisering, hvilke tiltak som velges, og hvordan tiltakene påvirker faktisk energibruk gjennom bruk av utstyr og adferdsendringer. I første omgang påvirkes husholdningens lønnsomhetsvurdering. Det gjelder naturligvis avgifter og støtteordninger, men også standarder og informasjonstiltak kan påvirke beslutningene som tas. Typen tiltak og sammensetningen av tiltak påvirkes også av virkemiddelbruken. Et opplagt eksempel er støtte til spesifikke tiltak som varmepumper. Tiltakshaver vil i prinsippet både ta hensyn til hvilken energisparing hun forventer å oppnå, og hvilke andre nyttevirksomheter (og kostnader) tiltaket har.

Den realiserte energisparingen påvirkes både av hvilke tiltak husholdningen velger å implementere, og hvordan energibruken påvirkes av endringer i adferd. Noen tiltak er mer sårbare for adferdsendringer enn andre. Endelig påvirkes energibruken av hvordan virkemidlene er innrettet med hensyn til bevisstgjøring, måling og rapportering.

I neste avsnitt gir vi en kort oversikt over dagens norske virkemidler for energieffektivisering. I påfølgende avsnitt drøfter vi hvordan virkemiddelutformingen påvirker rebound-, prebound og lock-in-effekter.

4.2 Virkemidler for energieffektivisering

4.2.1 Sammenheng mellom mål og virkemidler

Virkemidlene retter seg mot ulike barrierer for samfunnsøkonomisk lønnsom energieffektivisering, som eksterne virkninger, informasjonssvikt, insentivskjevheter og begrenset økonomisk rasjonalitet.

Valg og utforming av virkemidler kommer blant annet an på hvordan målet er definert. Negative eksterne virkninger, som utslipp av CO₂ og miljøgifter, korrigeres oftest gjennom avgifter. Slik korreksjon av relative priser medfører at konsumentene kan gjøre avveininger og ta beslutninger som er bedre i tråd med samfunnsøkonomiske kriterier.

Har man et absolutt mål for energibruken eller energibesparelsen, brukes ofte mange ulike virkemidler, herunder virkemidler rettet mot spesifikke tiltak, f.eks. installasjon av varmepumper i husholdningene, eller spesifikke barrierer, f.eks. støtte til å identifisere lønnsomme tiltak.

4.2.2 Dagens norske virkemidler

I henhold til NOU 2012:9 bruker norske myndigheter en rekke virkemidler for å påvirke energibruken og øke energieffektiviteten. Dagens virkemiddelapparat omfatter

- Avgifter
- Støtteordninger, herunder subsidierte lån og frivillige avtaler
- Informasjon og rådgivning
- Standarder og regulatoriske virkemidler

Avgifter

Avgifter på bruk av energi påvirker energibruken, men kan også ha andre begrunnelser.

Elavgiften ble innført allerede i 1951 og har stort sett blitt gradvis økt til dagens sats på 11,6 øre/kWh. Industribedrifter med næringskode 10-37 har vesentlig lavere sats, 0,45 øre/kWh, enn andre forbrukergrupper. Begrunnelsen for avgiften har variert over tid, men har siden 2000 vært knyttet til et ønske om å redusere veksten i energibruken. Med bakgrunn i energimeldingen, St.meld. nr. 29 (1998-99), ble satsen økt betydelig i 2000 og 2001, fra 5,94 øre/kWh til henholdsvis 8,56 og 11,3 øre/kWh. Økningen var del av en pakke for å stimulere til redusert elforbruk og omlegging til vannbåren varme. I 2002 ble satsen satt ned etter regjeringsskifte, da til 9,3 øre/kWh, men siden har avgiften økt år for år. I 2012-2013 utgjør elavgiften ca. 20 prosent av summen av kraftpris og nettleie (ekskl. avgifter).

Støtteordninger

Det finnes også ulike støtteordninger. De fleste støtteordningene forvaltes av Enova. Enovas støtteprogrammer omfatter:

- Program for energieffektivisering og konvertering av varmeproduksjon til fornybar energi, spillvarme og varmepumper i eksisterende bygg, herunder boligsameier og borettslag.
- Støtte til utredning av passivhus
- Program for passivhus og lavenergibygg som gir investeringsstøtte til nybygg og rehabiliteringsprosjekter som oppnår vesentlig høyere energieffektivitet enn det byggeforskriftene krever.¹⁰
- To programmer for utvikling, utprøving og markedsintroduksjon av nye energiteknologier – herunder energieffektive løsninger

Husbankens grunnlån til nybygg og totalombygging som setter strengere krav til energibehov enn byggeforskriftenes krav.

Informasjon og rådgivning

Enova har etablert en gratis rådgivningstelefon for husholdningene. Videre anbefales vinduer og etterisoleringsløsninger som har særlig gode energieffektive egenskaper gjennom en egen merkeordning.

NVE forvalter den obligatoriske Energimerkeordningen som krever at det gis grunnleggende informasjon om bygningers energitilstand til eiere, kjøpere og leietakere.

NVE har også ansvar for energimerking av produkter i henhold til energimerkedirektivet og miljøvennlig utforming av energirelaterte produkter i henhold til økodesigndirektivet, og driver i den forbindelse informasjonsvirksomhet og tilsyn med at kravene blir fulgt opp.

Husbanken gir kompetansetilskudd til bærekraftig bolig- og byggkvalitet for å bidra til å heve kompetansen innenfor miljøvennlige og universelt utformede boliger og bygg.

¹⁰ Enova har nylig bestemt at investeringsstøtten til passivhus skal fases ut. Siste frist for å søke støtte var 15. november 2013.

Standarder og regulatoriske virkemidler

Byggeforskriftene definerer minimumskrav for nybygg og hovedombygginger. Plan- og bygningsloven fastsetter at bygg skal utformes slik at krav til forsvarlig energiforsyning oppfylles. Gjeldende byggtekniske forskrift, TEK10, setter spesifikke krav til energieffektivitet og energiforsyning. Krav til energieffektivitet kan oppfylles ved å gjennomføre tiltak som er spesifisert i forskriften eller, dersom disse fravikes, ved å godtgjøre at energibruken ligger innenfor fastsatte rammer. I tillegg er det satt minstekrav til varmeisolasjon og tetthet.

Det er satt krav om miljøvennlig utforming av energirelaterte produkter som f.eks. vinduer, vaskemaskiner og Tver, og bruk av glødepærer er forbudt.

4.3 Virkemiddelutforming i lys av rebound, prebound og lock-in

I dette avsnittet vil vi se nærmere på hvordan ulike virkemidler påvirker rebound-, prebound- og lock-in-effekter. Deretter vil vi gi noen anbefalinger for hvordan man kan motvirke effektene ved hjelp av korrigerende virkemidler.

4.3.1 Virkemidler og rebound-effekter

Hvordan påvirker virkemidlet graden av rebound?

Basert på den gjennomgangen over, drøfter vi her hvordan ulike virkemidler påvirker rebound-effekten. Gitt at husholdningen gjennomfører et tiltak, i hvilken grad påvirker virkemidlet som utløser tiltaket, graden av rebound-effekter?

Avgifter

Avgift på elektrisitet gjør det dyrere å bruke strøm, og gjør det mer lønnsomt å effektivisere elektrisitetsforbruket. Avgiften gjør elektrisitet dyrere sammenlignet med andre goder, inkludert andre oppvarmingsløsninger. Samtidig reduserer avgiften kjøpekraften for husholdningene. Den rebound-effekten som eventuelt oppstår, er knyttet til økt bruk av andre energibærere enn strøm. Elavgiften kan f.eks. ha gjort det mer attraktivt å installere oljekjeler, noe som gir en lock-in-effekt. Dersom både elektrisitet og olje var avgiftsbelagt tilsvarende sine miljøbelastninger, både på kort og lang sikt, burde man ikke få en negativ lock-in-effekt. Begrenset rasjonalitet kan likevel føre til uheldige lock-in-effekter dersom man foretrekker løsninger som har lave investeringskostnader selv om disse ikke er samlet sett mest lønnsomme på lang sikt.

Økte avgifter kan imidlertid gi uønskede fordelings effekter i den grad lavinntektshusholdninger bruker en større del av inntekten på strøm, og har et mindre "luksusbetont" elforbruk. Det siste henspiller på at lavinntektshusholdninger gjerne har mindre mulighet til å redusere elforbruket, mens høyinntektshusholdninger i større grad kan redusere oppvarmet areal eller justere innetemperaturen.

Støtteordninger

Investeringsstøtte medfører at husholdningene selv tar en mindre del av kostnaden ved å gjennomføre tiltaket. Det øker inntektseffekten og dermed rebound-effekten. Det kan imidlertid være andre hensyn som gjør at støtteordninger er hensiktsmessige, for eksempel kan de være nødvendige for å overhode utløse tiltakene (grunnet begrenset rasjonalitet eller andre barrierer).

Subsidierte lån til husholdningene er en annen form for investeringsstøtte og som også øker inntektseffekten og dermed rebound-effekten. I motsetning til investeringsstøtte som gir en umiddelbar inntektseffekt, vil den økte inntektseffekten som følge av subsidierte lån fordele seg over tid. Det er vanskelig å si hvilken betydning dette har for husholdningenes adferd, men hvis subsidierte lån innebærer en lavere overføring til husholdningene enn investeringsstøtte, vil inntektseffekten bli mindre. I tillegg kan investeringsstøtte og subsidierte lån påvirke folks vaner på ulike måter. Hvis inntektseffekten spres utover i tid kan husholdningene venne seg til et lavere energiforbruk enn om man mottar hele støtten med en gang.

Frivillige avtaler, ROT-fradrag og hvite sertifikater er også eksempler på støtteordninger som øker inntektseffekten.

Informasjon og rådgivning

Informasjon kan utløse tiltak ved å redusere søkekostnadene for husholdningen og bevisstheten om muligheten for energieffektivisering. Effekten på rebound avhenger av hvordan informasjonen utformes. Hvis den fokuserer på faktisk energiforbruk kan den redusere rebound-effekten hvis husholdningene ikke først og fremst, eller utelukkende, er motivert ut fra økonomiske hensyn, men av å opptre miljøvennlig og redusere energibruken. Dersom tiltaket gjennomføres uten investeringsstøtte eller subsidierte lån, reduseres inntektseffekten i sammenligning.

Krav, forskrifter og regulatoriske virkemidler

Byggtekniske krav i form av forskrifter vil også gi substitusjonseffekt dersom de gir en faktisk energieffektivisering, i tillegg til en inntektseffekt dersom de er privatøkonomisk lønnsomme. Inntektseffekten er negativ hvis tiltakene ikke er privatøkonomisk lønnsomme.

Vi konstaterer at effekten av de ulike virkemidlene først og fremst skiller seg ad når det gjelder inntektseffekten. Unntaket er elavgiften som gir en (ønsket?) substitusjonseffekt i tillegg til en negativ inntektseffekt.

Hvordan kan rebound-effekten reduseres?

Dersom man har som mål å redusere energibruken, er det relevant å vurdere hvordan virkemidlene kan innrettes for å redusere rebound-effekter.

Prinsipielt kan man tenke seg to måter å motvirke uheldige inntekts- og substitusjonseffekter på. Er målet f.eks. å redusere bruken av elektrisitet, kan elektrisitet avgiftsbelegges slik at prisforholdet mellom elektrisk oppvarming og andre goder blir det samme som før tiltaket, slik at man ender opp i samme tilpasningspunkt som før tiltaket ble implementert. Inntekts- og substitusjonseffekten kan i så fall, i hvert fall i prinsippet, nøytraliseres.

Alternativt, men neppe verken politisk relevant eller samfunnsøkonomisk effektivt, kan man redusere inntektseffekten gjennom økt generell beskatning som reduserer husholdningenes kjøpekraft. Tilsvarende vil en stor investeringskostnad f.eks. fordelt ved lån som tilbakebetales over tid, i stedet for en direkte investeringsstøtte, gi redusert inntektseffekt.

Generelt observerer vi at:

- Rebound-effekten blir mindre hvis man samtidig med energieffektiviseringstiltaket øker prisen på elektrisitet (høyere avgifter). Dette reduserer både substitusjons- og inntektseffekten.
- Rebound-effekten blir mindre jo større investeringskostnadene ved effektiviseringstiltaket er, fordi det reduserer inntektseffekten. Hvor sterk inntektseffekten blir, og hvordan den fordeler seg over tid, vil imidlertid avhenge av nedbetalingstiden på investeringene.¹¹
- Rebound-effekten blir større ved subsidiering av energieffektiviseringstiltak fordi det forsterker inntektseffekten. Gitt at man allerede har tilpasset seg med optimalt innnetemperaturnivå, vil det imidlertid kun øke den indirekte rebound-effekten.

Merk at denne drøftingen er basert på standard økonomisk teori om substitusjons- og inntektseffekter. F.eks. trekker begrenset rasjonalitet i form av "moral licensing" i motsatt retning når det gjelder store og dyre tiltak.

¹¹ Hvis man kan venne seg til ulike innnetemperaturer (optimalt nivå), kan det tenkes at en kort nedbetalingstid kan være gunstig. Dette reduserer inntektseffekten den første perioden og dermed også endringen i innnetemperatur/komfortnivå.

Kan eksisterende virkemidler korrigeres for å motvirke rebound?

Eksisterende virkemidler gir i varierende grad opphav til rebound-effekter. I dette avsnittet diskuterer vi om tilleggsvirkemidler kan korrigere eller motvirke rebound i forhold til dagens virkemiddelapparat.

Avgifter

Avgifter kan som nevnt over motvirke eller oppveie rebound-effekter. Avgifter kan imidlertid gi negative fordelingseffekter. Generelt bør fordelingseffekter håndteres gjennom beskatning. Dersom man likevel vil ta hensyn til fordelingseffekter i utformingen av avgiften, kan man eventuelt innføre progressivt differensierte avgifter, slik at f.eks. el-avgiften varierer med forbruket (progressive tariffer). Et eksempel kan være en to- eller tredelt struktur, hvor avgiften øker for forbruk som ligger høyere enn forhåndsdefinerte terskelverdier. På denne måten vil man ikke nødvendigvis betale mer for et «vanlig» forbruk, men forbruk utover en viss terskelverdi vil bli dyrere. Det vil imidlertid være utfordrende å fastsette fornuftige terskler. Et annet problem er at en progressivt differensiert avgift kan føre til en overgang fra elektrisitet til andre energikilder slik at selv om elektrisitetsforbruket går ned, er det ikke sikkert at det samlede energiforbruket har gått ned tilsvarende. Det vil derfor være interessant å vurdere om man kan designe en mer generell energi-avgift og ikke bare en avgift på elektrisitet (Allibe m.fl., 2011).

Støtteordninger

Investeringsstøtte kan gi en rebound-effekt fordi inntektseffekten blir større enn dersom tiltakshaver betaler hele kostnaden ved tiltaket. Man søker gjerne å innrette investeringsstøtte slik at den blir utløsende, dvs. at tiltaket ikke ville blitt gjennomført uten støtte. Det kan komme av at tiltaket ikke er privatøkonomisk lønnsomt. Ved rettighetsbasert støtte vil støttebeløpet for noen overstige det som er nødvendig for at de skal finne det privatøkonomisk lønnsomt å gjennomføre tiltaket. Disse får en positiv inntektseffekt som trekker i retning av høyere rebound. Denne kan reduseres hvis man samtidig innfører et avgiftsregime som nevnt over, som straffer høyere energiforbruk, samt informasjon om faktisk forbruk, se nedenfor. Det kan også stilles krav til investeringsstøtte som kan redusere rebound, se nedenfor.

Subsidierte lån kan også kombineres med tariffregimer for el-avgifter, informasjon om faktisk forbruk og krav til å få lån for å redusere rebound-effekten. En måte å designe subsidien på kan være å knytte den opp mot faktisk energiforbruk slik at den blir større hvis man klarer å oppfylle visse fastlagte kriterier for energiforbruk/effektivitet. Allibe m.fl. (2011) foreslår et subsidiert lån basert på differensierte energiavgifter. Slike lån blir tilbudt ved energieffektiviseringstiltak hvis husholdningene godtar å betale en del av sitt energikonsum til det høyeste avgiftsnivået inntil differansen mellom dette og normalt avgiftsnivå har nedbetalt lånet. Et lavere energiforbruk fører derfor til en raskere nedbetaling av lånet, og gir et insentiv til å begrense forbruket etter at energieffektiviseringstiltaket er foretatt. Modellsimuleringer tyder på at dette kan være et effektivt virkemiddel for å begrense rebound-effekten, og det er mer effektivt hvis lånet er knyttet til boligen og ikke til eier.

Informasjon og rådgivning

Informasjon er et virkemiddel som kan stå på egne bein eller kombineres med andre virkemidler avhengig av hvilken informasjon som blir gitt. Informasjon om faktisk forbruk kan redusere rebound-effekten hvis husholdningene er opptatt av å være miljøvennlige. Informasjon om støtteordninger og skreddersydd informasjon til hver enkelt husholdning kan føre til at energieffektiviseringstiltak blir iverksatt. Slike tiltak kan da kombineres med avgiftsregimet og informasjon om faktisk forbruk slik at rebound-effekten kan reduseres.

Standarder og regulatoriske virkemidler

Byggetekniske forskrifter kan også gi rebound-effekter. Igjen vil en kombinasjon med tariffregimer og informasjon om faktisk forbruk kunne redusere disse. På den annen side kan krav redusere

rebound-effekten hvis det stilles krav for å motta investeringsstøtte eller subsidierte lån. Slike krav kan være at det samtidig installeres styringssystemer for oppvarming, det inngås energistandardkontrakter eller EPC-kontrakter.

Syntese

Tabellen nedenfor oppsummerer diskusjonen over

Tabell 4 Oppsummering virkemidler

Virkemiddel	Effekt på rebound	Mulige korrigerende tiltak
El-avgifter	Reduserer rebound	
Investeringsstøtte	Øker rebound	Avgifter, informasjon om faktisk forbruk og/eller krav for å få støtte.
Subsiderte lån	Øker rebound noe	Avgifter og informasjon om faktisk forbruk og/eller krav for å få støtte. Knytte subsidien eller lånets lengde til måloppnåelse for energieffektivisering.
Informasjon	Kan redusere rebound	
Byggetekniske krav/standarder	Kan gi både økt og redusert rebound	Avgift, og informasjon om faktisk forbruk.

Som diskutert tidligere kan rebound-effekten variere mellom ulike sosioøkonomiske grupper og også for ulike boligtyper. En differensiering av virkemidlene innenfor ulike sosioøkonomiske grupper er ikke å anbefale da det kan ha uheldige fordelingspolitiske konsekvenser. Når det gjelder boligtype kan en differensiering eventuelt foregå gjennom el-avgiftsregimet slik at de ulike tariffene kan ta hensyn til «vanlig» forbruk innenfor boligtypen.

4.3.2 Virkemidler og prebound

Virkemidler som krever at energiforbruket måles (eventuelt inkludert formålsdeling) på forhånd, vil motvirke prebound. Kostnadene ved å kreve individuelle målinger både før og etter støtte til et tiltak, kan imidlertid bli høye. Energimerkeordningen (XML-import-skjema) og utvikling av et marked for rådgivningstjenester og eksperter på området, kan gi reduserte kostnader til dette. Dermed kan det være aktuelt å kreve "XML-vurdering" for å gi ulike typer støtte, noe som trolig kan redusere graden av prebound.

4.3.3 Virkemidler og lock-in

Lock-in innebærer strengt definert at et tiltak kan utelukke senere tiltak, mens diskusjonen om rekkefølge handler om at et tiltak reduserer effekten av senere tiltak. Man kan hevde at skillet kun er et spørsmål om kostnad, siden man alltid kan endre på tidligere tiltak i boligen og 'bygge dem om'. Konsekvensen for norske myndigheters politikk er også omtrent lik: Man må forstå stivhengighet, altså hvorvidt et tiltak påvirker senere tiltak. Det vil følgelig være avgjørende å få en klarere forståelse for hvorvidt et tiltak reduserer effektiviteten til senere tiltak eller eventuelt utelukker øvrige tiltak. Vi vil derfor diskutere lock-in bredt, dvs. både i form av stivhengighet og utelukkning av nye tiltak. Et eksempel er vannbåren varme som er mye mer kostbart å innføre i eksisterende bygg enn i nye bygg.

Lock-in kan tale for at man fokuserer på passive tiltak som bedre vinduer og økt isolasjon. Uansett hvilken energiforsyning eller energisystem fremtidige brukere velger, og selv om de hever komfort-nivået, begrenser tiltakene hvor høy energibruken (til oppvarming) kan bli. På den annen side kan det tenkes at løsninger som gir større fleksibilitet, i større grad gir mulighet til å utnytte

fremtidige løsninger som vi ikke kjenner i dag. F.eks. kan tilknytning av et større område til et fjernvarmenett samlet sett være mer effektivt, fra et systemperspektiv, enn at enkeltbygg etableres med lokal energiforsyning fordi kostnadene ved fjernvarme er lavere når mange er tilknyttet. Panelovner kan også være den samfunnsøkonomisk sett mest effektive oppvarmingsløsningen i energieffektive hus i en fremtid med overveiende fornybar elproduksjon.

Utfordringen når det gjelder lock-in-effekter er at det er genuin usikkerhet om hvilke løsninger som er best på lang sikt. Det kommer både an på teknologiutviklingen, klima- og miljøpolitikken, energiprisene og CO₂-prisen. Dessuten kan lock-in-effekter være både positive og negative. Et godt isolert hus vil ha et lavt energibehov uansett hvilken energiforsyning det har. Hvilken løsning som er best fra et systemperspektiv vil imidlertid variere fra tilfelle til tilfelle. For eksempel kan det hende at det i seg selv er lønnsomt å varme opp et godt isolert hus med direktevirkende elektrisitet eller en elektrisk varmepumpe, men dersom effektbehovet ikke reduseres, kan det medføre høye kostnader i kraftsystemet (nett og produksjon).

Tiltak som ikke innebærer endringer i bygningskroppen, som f.eks. styringssystemer av ulik art, er i større grad sårbare for feil bruk eller manglende vedlikehold som reduserer effekten over tid. Mer fleksible tiltak, f.eks. rammekrav om energibehov i stedet for krav om spesifikke løsninger, gir rom for å tilpasse tiltakene i større grad til det enkelte bygg, samtidig som teknologiske nyvinninger kan tas i bruk raskere hvis det er lønnsomt.

Dette er et dilemma som er vanskelig å løse i praksis fordi også myndighetene har mangelfull informasjon om hva som vil være optimale løsninger på lang sikt, om lock-in-effekter vil vise seg å være negative, og hvor uheldige de er. Det taler for at teknologinøytrale virkemidler som gir rom for fleksibilitet i mange tilfeller vil være å foretrekke.

REFERANSELISTE

- Abrahamse, W., Steg, L., Vlek, C., & Rothengatter, T. (2005). A review of intervention studies aimed at household energy conservation. *Journal of Environmental Psychology* 25(3), 273-291.
- Allibe, B., Laurent, M.-H., & Osso, D. (2011). Bound the Rebound! How the combination of progressive energy tariffs and adapted soft loans can curb rebound effect and promote energy sufficiency. *ECEEE 2011 Summer Study - Energy efficiency first - The foundation of a low carbon society*, 89-96.
- Arthur, W. B. (1994). Increasing Returns and Path Dependency in the Economy. *University of Michigan Press*.
- Ayres, I., Raseman, S., & Shih, A. (2009). *Evidence from Two Large Field Experiments that Peer Comparison Feedback Can Reduce Residential Energy Usage*. National Bureau of Economic Research Working Paper Series No. 15386.
- Bio. (2011). *Adressing the rebound effect*. Paris: Bio Intelligence Services.
- Cayre, E., Allibe, B., Laurent, M.-H., & Osso, D. (2011). There are people in the house! How the results of purely technical analysis of residential energy consumption are misleading for energy policies. *The Foundation of a Low-Carbon Society*, 1675-1683.
- Davis, L. W. (2008). Durable Goods and Residential Demand for Energy and Water: Evidence from a Field Trial. *Journal of Economics*, vol. 39, no.2, 530-546.
- Fiksen, K., & Ibenholt, K. (2011). *Energieffektivisering i eksisterende bygg*. Oslo: Vista Analyse.
- Fischer, C. (2008). Feedback on household electricity consumption: a tool for saving energy? *Energy Efficiency* 1(1), 79-104.
- Foxon, T. J. (2002). Technological and institutional 'lock-in' as a barrier to sustainable innovation. *ICCEPT Working Paper*.
- Gillingham, K. (2013). The rebound effect is overplayed. *Nature*, Vol. 493, 475-476.
- González, J. F. (2009). *Empirical Evidence of direct rebound effect in Catalonia*. Barcelona: Elsevier.
- Gram-Hanssen, K. (2012). Air-to-air heat pumps in real life use: Are potential savings achieved or are they transformed into increased comfort? *Energy and Buildings*, Volume 53, 64-73.
- Greening, L. A., Greene, D. L., & Difiglio, C. (2000). *Energy efficiency and consumption - the rebound effect - a survey*. Elsevier - Energy Policy.
- Guertin, C., Kumbhakar, S. C., & Duraiappah, A. K. (2003). *Determining Demand for Energy*. 2003: International Institute for Sustainable Development.
- Halvorsen, B. (2013). Vi fryser for å spare energi. *Økonomiske Analyser*, 28-33.
- Halvorsen, B., & Larsen, B. M. (2013). *How do investments in heat pumps affect household energy consumption?* Oslo: The CREE Centre.
- Hauge, K. E. (2013). *Når viljar, Egil og Rasmus skal investere i energibesparende teknologi*. Oslo: Frischsenteret.
- Hens, H., Parijs, W., & Deurinck, M. (2010). Energy consumption for heating and rebound effects. *Energy and buildings*, 105-110.
- Holden, E., & Norland, I. (2005). Three Challenges for the Compact City as a Sustainable Urban Form: Household Consumption of Energy and Transport in Eight Residential Areas in the Greater Oslo Region. *Urban Studies*, Vol. 42, No. 12, 2145-2166.

- IEA. (2013). *Transition to Sustainable Buildings - Strategies and Opportunities to 2050*. International Energy Agency.
- IRGC. (2013). *The Rebound Effect: Implications of Consumer Behaviour for Robust Energy Policies*. Lausanne: International Risk Governance Council.
- Jenkins, J., Nordhaus, T., & Shellenberger, M. (2011). *Energy Emergence - Rebound and backfire as emergent phenomena*. Oakland: Breakthrough Institute.
- Jessoe, K., & Rapson, D. (2013). *Knowledge is (Less) Power: Experimental Evidence from Residential Energy Use*.
- Kelly, S. (2011). *Do homes that are more energy efficient consume less energy?: A structural equation model for England's residential sector*. Cambridge: University of Cambridge.
- KRD. (2010). *Energieffektivisering av bygg*. Oslo: Kommunal- og regionaldepartementet.
- KRD. (2010). *Energieffektivisering av bygg*. Oslo: Kommunal- og regionaldepartementet.
- Laibson, D. (1997). Golden Eggs and Hyperbolic Discounting. *Quarterly Journal of Economics* 112 (2), 443-477.
- Nadel, S. (1993). *The Take-Back Effect - Fact or Fiction?* Washington DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.
- Nässén, J., & Holmberg, J. (2006). *Quantifying the Rebound Effects of Energy Efficiency and Energy Conserving Behaviour in Sweden*. Chalmers: ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings.
- NOU. (2012:9). *Energiutredningen - verdiskaping, forsyningssikkerhet og miljø*. Oslo: Olje- og energidepartementet.
- NVE. (2010). *Tiltak og virkemidler for å få redusert utslipp av klimagasser fra norske bygninger. Et innspill til Klimakur 2020*.
- NVE. (2012). *Energibruksrapport 2012 - Energibruk i husholdningene*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Perkins, R. (2003). Technological "lock-in". *International Society for Ecological Economics*.
- Rasmussen, I., & Grepperud, S. (1997). *Reboundeffekter, ProSus Arbeidsnotat 1/97*. Oslo.
- Reiss, P., & White, W. (2005). Household Electricity Demand, Revisited . *Review of Economic Studies*, vol. 72, 853-883.
- Sælen, H., & Westskog, H. (2013). A Multi-Method Evaluation of the Potential for Using the Electricity Bill to Encourage Energy Savings in Norwegian Households. *Energy and Environment Research*, 16 (3), 235-246.
- Sanders, C., & Phillipson, M. (2006). *An Analysis of the Difference between Measured and Predicted Energy Savings when Houses are Insulated*. Glasgow: Centre for Research on Indoor Climate and Health.
- Sorrel, S., Dimitropoulos, J., & Sommerville, M. (2009). Empirical estimates of the direct rebound effect: A review. *Elsevier*, 1356-1371.
- Sunnika-Blank, M., & Galvin, R. (2012). *Introducing the prebound effect: the gap between performance and actual energy consumption*. Cambridge: Building Research & Information.
- Thronsdon, W., & Berker, T. (2012). *Households On The Rebound - Factors Increasing and Decreasing Rebound Effects in Norwegian Households*. Trondheim: The Research Centre on Zero Emission Buildings.
- Tighelaar, C., & Menkveld, M. (2011). Obligations in the existing housing stock: who pays the bill? *The Foundation of a low carbon society*, 353-363.

Turner, K. (2013). "Rebound" Effects from Increased Energy Efficiency: A Time to Pause and Reflect. *The Energy Journal*, Vol. 34, Issue. 4, 25-42.

Vestlandsforskning. (2011). *Trender og drivere for energiforbruk i norske husholdninger*. Sogndal: Vestlandsforskning.

Xrgia. (2011). *Hovedundersøkelse for elektrisitetsbruk i husholdningene*. Sandvika: Xrgia.

