



Rapport 2023/26 | For Direktoratet for byggkvalitet



Energifleksible varmesystemer for bygninger

Privat- og samfunnsøkonomiske konsekvenser av mulige endringer i forskriftskravene

Orvika Rosnes, Espen Løken, Lars Bugge og Andreas Skulstad

Dokumentdetaljer

Tittel	Energifleksible varmesystemer for bygninger
Rapportnummer	Rapport 2023/26
Forfattere	Orvika Rosnes, Espen Løken, Lars Bugge og Andreas Skulstad
ISBN	978-82-8126-637-7
Prosjektnummer	23-ORO-24
Prosjektleder	Orvika Rosnes
Kvalitetssikrer	John Magne Skjelvik
Oppdragsgiver	Direktoratet for byggkvalitet
Dato for ferdigstilling	27. november 2023
Kilde forsidefoto	Mikhail Nilov via pexels.com
Nøkkelord	Kraft og energi, bolig, bygg og anlegg, samfunnsøkonomisk analyse

Om Vista Analyse

Vista Analyse AS er et samfunnsfaglig analyseselskap med hovedvekt på økonomisk utredning, evaluering, rådgivning og forskning. Vi utfører oppdrag med høy faglig kvalitet, uavhengighet og integritet. Våre sentrale temaområder er klima, energi, samferdsel, næringsutvikling, byutvikling og velferd. Vista Analyse er vinner av Evalueringsprisen 2018.

Våre medarbeidere har meget høy akademisk kompetanse og bred erfaring innenfor konsulentvirksomhet. Ved behov benytter vi et velutviklet nettverk med selskaper og ressurspersoner nasjonalt og internasjonalt. Selskapet er i sin helhet eiet av medarbeiderne.

Om Asplan Viak

Asplan Viak er et av Norges største rådgivende ingeniør- og arkitektfirmaer. Selskapet har i snart 60 år bistått med tverrfaglig rådgivning og analyser til offentlig og privat virksomhet. Vi har ca. 1250 medarbeidere, fordelt på 32 kontorsteder over hele landet. Virksomheten er organisert i fire divisjoner: Arkitektur og bygg, Infrastruktur, Analyse, plan og landskap, samt Digitale tjenester. Asplan Viak eies av Stiftelsen Asplan.

Våre rådgivere representerer mange fagfelt. Vi jobber som regel i tverrfaglige team og ønsker å utvikle helhetlige, miljøriktige og funksjonelle løsninger – i dialog med våre oppdragsgivere. Tverrfaglig team er en gjennomgående arbeidsmetode i Asplan Viak. En bærebjelke i Asplan Viaks arbeid er miljø og bærekraft: Vår beste mulighet til å påvirke en bærekraftig samfunnsutvikling er gjennom de prosjektene og rådgivningen vi gjør, hvor vi sammen med kunden ivaretar miljømessige og sosiale aspekter innenfor sunne økonomiske rammer.

Forord

Teknisk forskrift (TEK17) stiller krav til energifleksibilitet i nye og rehabiliterte bygg. Alle bygg over 1000 m² skal ha energifleksible varmesystemer som dekker minimum 60 prosent av normert netto varmebehov. For bygg under 1000 m² gjelder ikke dette kravet. Kommunal- og distriktsdepartementet har bedt Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) om å utrede mulige endringer i kravene for energifleksibel oppvarming, inkludert hvilke konsekvenser endringene vil gi. Vista Analyse og Asplan Viak har gjennomført analysen på oppdrag av DiBK.

Prosjektgruppen har bestått av Orvika Rosnes og Andreas Skulstad fra Vista Analyse, og Espen Løken, Lars Bugge og Torje Øvergaard fra Asplan Viak. John Magne Skjelvik fra Vista Analyse har stått for den interne kvalitetskontrollen. Asplan Viak har vært ansvarlig for energiberegningene og privatøkonomiske virkninger, mens Vista Analyse har hatt ansvaret for samfunnsøkonomiske virkninger.

Inger Grethe England har vært kontaktperson hos DiBK. Vi takker henne og andre medarbeidere hos DiBK for nyttige diskusjoner og innspill.

Denne rapporten erstatter rapporten av 15. september 2023.

27. november 2023

Orvika Rosnes
Partner
Vista Analyse AS

Innhold

Sammendrag og konklusjoner	7
1 Bakgrunn og mandat.....	11
1.1 Mandatet til utredningen	11
1.2 Metode	12
1.3 Rapporten	13
2 Hva er energifleksibilitet?	14
2.1 Definisjon av «energifleksible systemer» i denne utredningen	15
3 Forutsetninger for de privatøkonomiske beregningene.....	16
3.1 Netto energibehov	16
3.2 Effektbehov	18
3.3 Energi- og effektpriser	19
3.4 Virkningsgrader/effektfaktor	21
3.5 Levetid, kalkulasjonsperiode og kalkulasjonsrente	22
3.6 Drift- og vedlikeholdskostnader	23
3.7 Investeringskostnader	23
4 Varmeforsyningsløsninger	26
5 Privatøkonomiske kostnader	29
5.1 Enebolig	30
5.2 Firemannsbolig	35
5.3 Boligblokk	39
5.4 Kontorbygg	45
5.5 Sensitivitetsanalyse: ulike kraftpriser	50
6 Spesialtilfeller.....	53
6.1 Væske-vann varmepumpe og egenprodusert solenergi med sesonglagring	53
6.2 Væske-vann varmepumpe og fjernvarme	53
6.3 Enebolig med skorstein og vedovn	53
7 Samfunnsøkonomiske virkninger.....	57
7.1 Nyttevirkninger av kravet om energifleksible varmeløsninger	57
7.2 Samlet vurdering av nytte og kostnader	65
7.3 Fordelingsvirkninger av kravet	73
Referanser	74
Vedlegg	76
A Effektvarighetskurver	77
Figurer	
Figur 2.1 Varmesystemet.....	14
Figur 3.1 Fordeling av netto varmebehov for de fire referansebyggene	18
Figur 5.1 Årlige kostnader for varmforsyning i enebolig med > 50 % energifleksible varmesystemer	31

Figur 5.2	Årlige kostnader varmforsyning for enebolig med > 60 % og > 80 % energifleksible varmesystemer	32
Figur 5.3	Årlige kostnader varmforsyning for enebolig 100 % energifleksible varmesystemer	33
Figur 5.4	Årlige kostnader varmforsyning for firemannsbolig med mellom 50 og 80 % energifleksible varmesystemer	36
Figur 5.5	Årlige kostnader varmforsyning firemannsbolig med 100 % energifleksible varmesystemer	37
Figur 5.6	Årlige kostnader varmforsyning boligblokk med > 50 % energifleksible varmesystemer	40
Figur 5.7	Årlige kostnader varmforsyning boligblokk med > 60 % energifleksible varmesystemer	41
Figur 5.8	Årlige kostnader varmforsyning boligblokk med > 80 % energifleksible varmesystemer	42
Figur 5.9	Årlige kostnader varmforsyning boligblokk med 100 % energifleksible varmesystemer	43
Figur 5.10	Årlige kostnader varmforsyning kontorbygg med > 50 % energifleksible varmesystemer	46
Figur 5.11	Årlige kostnader varmforsyning kontorbygg med > 60 % energifleksible varmesystemer	47
Figur 5.12	Årlige kostnader varmforsyning kontorbygg med > 80 % energifleksible varmesystemer	48
Figur 5.13	Årlige kostnader varmforsyning kontorbygg med 100 % energifleksible varmesystemer	49
Figur 5.14	Totalkostnaden (LCOE) for enebolig ved ulike nivåer på kraftpris	50
Figur 5.15	Totalkostnaden (LCOE) for firemannsbolig ved ulike nivåer på kraftpris	51
Figur 5.16	Totalkostnaden (LCOE) for boligblokk ved ulike nivåer på kraftpris	51
Figur 5.17	Totalkostnaden (LCOE) for kontorbygg ved ulike nivåer på kraftpris.....	52
Figur 7.1	Lavere etterspørsel fører til lavere pris på markedet	58
Figur 7.2	Kraftpriser i hver time og gjennomsnittspris i Sør-Norge, januar–februar 2018	61
Figur 7.3	Avbruddskostnad som funksjon av tid (KILE-satser) for ulike forbrukergrupper	62
Figur 7.4	Helsekostnaden fra vedfyring (kr/kWh varme).....	65
Figur A.1	Effektvarighetsdiagram romoppvarming og varmebatterier for enebolig.....	77
Figur A.2	Effektvarighetsdiagram romoppvarming og varmebatterier for firemannsbolig.....	77
Figur A.3	Effektvarighetsdiagram romoppvarming og varmebatterier for boligblokk	78
Figur A.4	Effektvarighetsdiagram romoppvarming og varmebatterier for kontorbygg	78
Tabeller		
Tabell 3.1	Årlig netto varmebehov fordelt på ulike varmeformål og årlig netto energibehov (varme, kjøling og el-spesifikt) for de fire referansebyggene.....	17
Tabell 3.2	Maksimalt effektbehov for ulike varmeformål og bygningskategorier.	19
Tabell 3.3	Systemvirkningsgrad romoppvarming for ulike energisystemer.....	22
Tabell 3.4	Systemvirkningsgrad ventilasjons- og tappevannsoppvarming for ulike energisystemer.....	22
Tabell 3.5	Drifts- og vedlikeholdskostnader som andel av investeringskostnaden i energiforsyningsanlegg.....	23
Tabell 3.6	Enhetskostnader for energiforsyningsanlegg (inkl. prisstigning)	24
Tabell 3.7	Prisjusteringsindekser.....	25
Tabell 4.1	Forventede energiforsyningsløsninger for enebolig	27
Tabell 4.2	Forventede energiforsyningsløsninger for firemannsbolig.....	27
Tabell 4.3	Forventede energiforsyningsløsninger for boligblokk.....	28
Tabell 4.4	Forventede energiforsyningsløsninger for kontorbygg.....	28
Tabell 5.1	Kostnader og behov for levert energi for enebolig med > 50 % energifleksible varmesystemer (radiatorer/vannbåren gulvvarme, elektriske varmebatterier og tappevannsoppvarming ikke tilkoblet byggets varmesentral).	30
Tabell 5.2	Kostnader og behov for levert energi for enebolig med > 60 % og > 80 % energifleksible varmesystemer (radiatorer/vannbåren gulvvarme, elektriske varmebatterier og tappevannsoppvarming tilkoblet byggets varmesentral)	32

Tabell 5.3	Kostnader og behov for levert energi for enebolig med 100 % energifleksible varmesystemer (radiatorer/vannbåren gulvvarme, vannbårne varmebatterier og tappevannsoppvarming tilkoblet byggets varmesentral)33
Tabell 5.4	Kostnader og behov for levert energi for firemannsbolig med mellom 50 og 80 % energifleksible varmesystemer (radiatorer/vannbåren gulvvarme, elektriske varmebatterier og felles tappevannsoppvarming tilkoblet byggets varmesentral)36
Tabell 5.5	Kostnader og behov for levert energi for firemannsbolig med 100 % energifleksible varmesystemer (radiatorer/vannbåren gulvvarme, vannbårne varmebatterier og felles tappevannsoppvarming tilkoblet byggets varmesentral)37
Tabell 5.6	Kostnader og behov for levert energi for boligblokk med > 50 % energifleksible varmesystemer (elektrisk romoppvarming, elektriske varmebatterier og felles tappevannsoppvarming tilkoblet byggets varmesentral)39
Tabell 5.7	Kostnader og behov for levert energi for boligblokk med > 60 % energifleksible varmesystemer (elektrisk romoppvarming, vannbårne varmebatterier og felles tappevannsoppvarming tilkoblet byggets varmesentral)41
Tabell 5.8	Kostnader og behov for levert energi for boligblokk med > 80 % energifleksible varmesystemer (vannbåren romoppvarming, elektriske varmebatterier og felles tappevannsoppvarming tilkoblet byggets varmesentral)42
Tabell 5.9	Kostnader og behov for levert energi for boligblokk med 100 % energifleksible varmesystemer (vannbåren romoppvarming, elektriske varmebatterier og felles tappevannsoppvarming tilkoblet byggets varmesentral)43
Tabell 5.10	Kostnader og behov for levert energi for kontorbygg med > 50 % energifleksible varmesystemer (elektrisk romoppvarming, vannbårne varmebatterier og benkeberedere)45
Tabell 5.11	Kostnader og behov for levert energi for kontorbygg med > 60 % energifleksible varmesystemer (elektrisk romoppvarming, vannbårne varmebatterier og felles tappevannsoppvarming tilkoblet byggets varmesentral)46
Tabell 5.12	Kostnader og behov for levert energi for kontorbygg med > 80 % energifleksible varmesystemer (vannbåren romoppvarming, vannbårne varmebatterier og benkeberedere)47
Tabell 5.13	Kostnader og behov for levert energi for kontorbygg med 100 % energifleksible varmesystemer (vannbåren romoppvarming, vannbårne varmebatterier og felles tappevannsoppvarming tilkoblet byggets varmesentral).....48
Tabell 6.1	Nyttbar energimengde (kWh) fra 22 kg ved (en 60 liters vedsekk), forutsatt ovn med 75 % virkningsgrad54
Tabell 6.2	Kostnader og behov for levert energi for enebolig med helelektrisk varmforsyning og vedovn i kombinasjon med elektrisk varmforsyning.....56
Tabell 7.1	Nyttevirking: Lavere kraftpris60
Tabell 7.2	Nyttevirking: Redusert nettinvestering for å unngå strømbrudd på 1 time63
Tabell 7.3	Neddiskontert nytte og kostnader per bygg, 2023-2073, kr.....67
Tabell 7.4	Neddiskonterte nytte og kostnader per bygg, 2023-2073, relativt til nullalternativet, kr68
Tabell 7.5	Sensitivitet med avbruddskostnad for 8 timers avbrudd: Neddiskontert nytte og kostnader per bygg, relativt til nullalternativet, kr70
Tabell 7.6	Sensitivitet med avbruddskostnad for 24 timers avbrudd: Neddiskontert nytte og kostnader per bygg, relativt til nullalternativet, kr71
Tabell 7.7	Sensitivitet med fjernvarme som alternativ i kontorbygg: Neddiskontert nytte og kostnader per bygg, relativt til nullalternativet, kr72

Sammendrag og konklusjoner

Økt bruk av energifleksible varmesystemer kan gjøre husholdninger og bedrifter mindre avhengige av elektrisitet. Dette kan redusere varmekostnadene til den enkelte bruker, særlig hvis kraftprisene øker mer enn prisene for andre energibærere. Det kan også medføre nyttevirksomheter for resten av samfunnet, gjennom lavere kraftpris, økt forsyningssikkerhet for elektrisitet og redusert behov for utbygging av kraftnettet.

Det er imidlertid betydelige privatøkonomiske kostnader knyttet til investeringer i energifleksible løsninger. Ifølge våre beregninger er en innføring av nye eller skjerping av de eksisterende kravene til energifleksibilitet ikke samfunnsøkonomisk lønnsomt: kostnadene overgår langt de samfunnsøkonomiske nytteeffektene. En fjerning av dagens krav for boligblokk og kontorbygg vil imidlertid være samfunnsøkonomisk lønnsomt.

Bakgrunn

I motsetning til mange andre land bruker vi i Norge i stor grad elektrisitet til oppvarmingsformål. Direktevirkende el-oppvarming (panelovner) har lave investeringskostnader, er lette å regulere, trenger lite areal og er enkle å plassere. Men panelovner innebærer også at bygget er «låst» til elektrisitet som energibærer for romoppvarmingsbehov.

Det er sannsynlig at kraftprisene vil øke og variere mer i framtiden. Det gjør det aktuelt å ta i bruk andre varmeløsninger. Gitt at man har installert en energifleksibel løsning for varmedistribusjon, kan man bruke elektrisitet, bioolje, biomasse eller varmepumper til å produsere varmen, eller koble seg til fjernvarme i de områdene det er tilgang på dette. Å bygge inn slike systemer krever ekstra areal, øker investeringskostnadene og bidrar til å øke fremtidige drifts- og vedlikeholdskostnader.

I dag gjelder det et krav om at alle bygg over 1000 m² skal ha energifleksible varmesystemer som dekker minimum 60 % av normert netto varmebehov, mens det ikke gjelder tilsvarende krav for bygg under 1000 m². Kommunal- og distriktsdepartementet vurderer å endre disse reglene. Vi har på oppdrag av DiBK utredet konsekvensene av mulige endringer i kravene for energifleksibel oppvarming.

Med *energifleksibilitet* mener vi her at et bygg skal kunne varmes opp ved hjelp av ulike energikilder eller ved hjelp av ulike energidistribusjonssystemer. Med *varmeløsning* menes her systemer som dekker romoppvarming, samt oppvarming av tappevann og ventilasjonsluft.

Privatøkonomiske kostnader

Vi har beregnet merkostnaden ved et ev. krav for ulike nivåer av fleksibilitet i forhold til dagens regelverk. Nullalternativet er altså ingen krav til energifleksible varmesystemer (0 %) for enebolig og firemannsbolig, og at energifleksible systemer skal dekke 60 % av netto varmebehov i boligblokk og kontorbygg som har areal over 1000 m². Nedenfor oppsummerer vi noen av de viktigste funnene for de privatøkonomiske kostnadene.

Enebolig

I henhold til dagens regelverk (TEK17) er det ikke krav til energifleksible varmesystemer i eneboliger, med unntak av krav om skorstein. Det medfører at de fleste eneboliger i dag bygges med elektrisk oppvarming.

Et eventuelt krav om energifleksible varmesystemer vil innebære en årlig merkostnad (inkl. diskontert kapitalkostnad) på rundt 10 000 kr (40–50 % økning i forhold til nullalternativet, som er elektrisk oppvarming med panelovner). Kostnad knyttet til arealbehov for teknisk rom til varmesentral utgjør en betydelig del av denne merkostnaden.

En løsning med vedovn i kombinasjon med elektrisk oppvarming vil ha ca. 15 % høyere total kostnad enn elektrisk oppvarming, forutsatt at vedovnen dekker ca. 25 % av romoppvarmingsbehovet.

Firemannsbolig

Det er heller ikke krav til energifleksible varmesystemer i firemannsboliger, med unntak av krav om skorstein. De fleste firemannsboliger bygges i dag med helelektriske varmesystemer.

Den årlige merkostnaden (inkl. diskontert kapitalkostnad) av et krav om energifleksibel varmeløsning vil være på 5000–7000 kr per boenhet (33 % økning fra nullalternativet). Kostnad knyttet til arealbehov for teknisk rom til varmesentral utgjør en betydelig del av denne merkostnaden.

Dersom det skal innføres krav til energifleksible varmeløsninger for småhus med flere boenheter (firemannsbolig, rekkehus osv.), må det vurderes om en kravformulering som «energifleksible varmesystemer som dekker minimum x prosent av normert netto varmebehov» egner seg, eller om kravet skal formuleres slik at det gjelder per boenhet. Med dagens forskriftsformulering for bygninger over 1000 m² vil kravet kunne ivaretas ved at det etableres energifleksibel varme i kun enkelte av boenhetene. I så fall kan konsekvensen være at ikke alle boenhetene legger til rette for framtidig energifleksibilitet.

Boligblokk

I dag er det krav om at minimum 60 % av normert netto varmebehov skal dekkes av energifleksible varmesystemer i bygg over 1000 m². Den rimeligste løsningen, som ofte velges for boligblokker, er installasjon av el-kjel som dekker tappevann og ventilasjonsoppvarming, mens romoppvarming dekkes av elektriske panelovner.

De vannbårne alternativene har omtrent tilsvarende total kostnader (inkl. kapitalkostnad) som helelektriske varmeløsninger, så lenge man kun dekker tappevann og ventilasjonsvarme. Dersom man også velger å benytte vannbåren romoppvarming, vil den årlige merkostnaden sammenlignet med helelektrisk oppvarming være mellom 500 og 1500 kr per boenhet. Den årlige merkostnaden av å øke kravene til andel energifleksibelt varmesystem for boligblokker fra 60 % til 100 % er beregnet til mellom 1000 og 1700 kr per boenhet. Kostnadskonsekvensen av en ev. endring fra 60 % til 50 % er beregnet til å være helt marginal.

Dagens krav innebærer at utbygger har et ganske stort mulighetsrom for valg av tiltak for å ivareta energiforsyningskravet. Dette inkluderer muligheten for å gjøre tiltak på bygningskroppen og tekniske komponenter for å oppnå mer energieffektive bygg, og dermed kunne ivareta kravet om 60 % energidekningsgrad med kun energifleksibel tappevannsforsyning. Med høyere krav enn 60 % forsvinner den muligheten.

Kontorbygg

I dag er det krav om at minimum 60 % av normert netto varmebehov skal dekkes av energifleksible varmesystemer i bygg over 1000 m². Den enkleste løsningen, som i en del tilfeller velges for kontorbygg, er installasjon av el-kjel som dekker romoppvarming og ventilasjonsvarme. I referansealternativet er det lagt til grunn en løsning der tappevannsoppvarming ivaretas med benkeberedere, som ikke er tilknyttet felles varmeløsning.

Den årlige merkostnaden for vannbårne varmeløsninger er for referansebygget beregnet til 70 000–150 000 kr når man tar hensyn til både kapitalkostnader og driftskostnader. Dette er en økning på mellom 50 % og 100 % sammenlignet med helelektrisk varmeløsning. Kapitalkostnad knyttet til arealbehov for teknisk rom til varmesentral utgjør en betydelig del av denne merkostnaden.

Den årlige merkostnaden av å øke kravene til andel energifleksible varmeløsninger fra 60 % til 100 % for kontorbygget er beregnet til mellom 25 000 kr og 60 000 kr, avhengig av valgt varmeløsning. Den årlige besparelsen for å redusere kravene til andel energifleksible varmeløsninger fra 60 % til 50 % for kontorbygget er beregnet til 10 000–15 000 kr.

Samfunnsøkonomiske virkninger

Det er betydelige privatøkonomiske kostnader knyttet til investeringer i energifleksible løsninger som ikke motsvares av direkte besparelse ved lavere energitgifter til den enkelte bruker. Vi har vurdert om det finnes nyttevirkinger som den enkelte forbruker ikke tar hensyn til.

Nytteeffektene av å øke andelen av fleksibel varmeløsninger i nye bygg kan være knyttet til lavere kraftpris, økt forsyningssikkerhet for elektrisitet, redusert behov for utbygging av kraftnettet, eller miljø- og klimakonsekvenser. Vi har tallfestet to virkninger:

- Lavere kraftpris: som følge av energifleksible varmeløsninger blir det samlede kraftforbruket redusert. Dette fører til lavere kraftpriser i vinterhalvåret, noe som kommer alle forbrukere til gode. På lengre sikt fører lavere etterspørsel til at investeringer i ny kraftproduksjon kan unngås.
- Økt forsyningssikkerhet og redusert behov for utbygging av kraftnettet: økt fleksibilitet i oppvarmingen vil bidra til å redusere effekttopper som varer kun noen få timer, og dermed redusere behovet for utbygging av kraftnettet som drives hovedsakelig av slike kortvarige perioder med høy etterspørsel. Det er imidlertid viktig å være klar over at alle fleksible varmeløsningene (unntatt vedfyring) er avhengige av strøm. Så selv om de reduserer strømforbruket i en normalsituasjon, vil de ikke virke ved et strømbrudd.

For *enebolig og firemannsbolig* er det som nevnt ingen krav om energifleksible løsninger i dag. Innføring av et slikt krav vil medføre kostnader. De tallfestede nyttevirkningene er langt lavere enn kostnadene, kun 5–20 % av kostnadene.

For *boligblokk og kontorbygg* er nullalternativet dagens krav, dvs. 60 % fleksibilitet. Å øke kravet til 80 % eller 100 % vil også øke kostnadene som ikke motsvares av tilsvarende økning i den verdsatte nytten. De tallfestede nyttevirkningene er i størrelsesorden 10–20 % av kostnadene.

Summen av netto nåverdi er med andre ord negativ for alle tilfellene som innebærer en skjerping av kravet til energifleksibilitet. En innføring eller skjerping av kravet er med andre ord ikke

samfunnsøkonomisk lønnsomt. En fjerning av dagens krav for boligblokk og kontorbygg vil imidlertid være samfunnsøkonomisk lønnsomt.

I tillegg kan det være andre konsekvenser som vi ikke har tallfestet. Klima- og miljøvirkninger avhenger av hvilke energibærere som vil bli brukt mer enn før. Varmeinstallasjoner for fossile brensler (oljefyring) er forbudt. Økt bruk av biobrensel og avfall kan gi lokale miljøulemper. Dette kan bli et problem i tettbygde strøk. Hvis økt bruk av andre energibærere reduserer kraftforbruket, vil det frigjøre kraft som kan brukes andre steder. Dette kan gi lavere utslipp av klimagasser. Mesteparten av klimagassutslipp knyttet til varmforsyning er imidlertid dekket av kvotesystemet (EU ETS), slik at lavere utslipp et sted vil motsvares av høyere utslipp et annet sted. Hvis økt fleksibilitet vil føre til mindre utbygging av kraftlinjer, vil det medføre mindre naturinngrep. Vi finner det ikke sannsynlig at disse ikke-verdsatte virkningene vil endre konklusjonen.

Fordelingsvirkninger

I vurderingen av den samfunnsøkonomiske lønnsomheten ser man på nytten og kostnadene av et tiltak for samfunnet som sådan, og ikke hvilke aktører som berøres. Ofte er det ulike aktører som tjener og taper på tiltaket, mao. de som belastes med kostnadene er ikke nødvendigvis de som nyter godt av virkningene.

Hvis krav om økt fleksibilitet i varmeløsningene blir innført, er det flere aktører som blir berørt. I utgangspunktet er det den enkelte byggherre som må betale merkostnadene ved fleksible varmeløsninger. Disse kostnadene vil antakelig gjenspeiles i salgsprisen, slik at det er eieren som vil sitte med kostnadene. Nyttens, i form av reduserte løpende kostnader til varmforsyning og muligheten til å velge den rimeligste varmeløsningen til enhver tid, vil i stor grad tilfalle brukeren av bygget (som kan være enten eieren eller leietakeren). Hvis prisene gjenspeiler betalingsvilligheten, tilfaller nytten og kostnadene samme aktør.

De samfunnsøkonomiske nyttevirkningene – lavere kraftpriser, redusert sannsynlighet for rasjonering i knapphetssituasjoner, lavere nettleie som følge av lavere nettinvesteringer – vil komme alle kraftforbrukere til gode.

Produsenter av teknologier som brukes til fleksible løsninger vil tjene på at det innføres et krav: de vil få drahjelp for omsetningen av sine produkter (utover det markedet etterspurte uten kravet). Også byggebransjen, ingeniører og konsulenter vil sannsynligvis dra nytte av tiltaket gjennom økt omfang på oppdragene og mulig økt fortjeneste derigjennom.

1 Bakgrunn og mandat

I motsetning til mange andre land bruker vi i Norge i stor grad elektrisitet til varmeformål. En hovedårsak er at elektrisitet har vært billig, og det har vært god kapasitet i kraftnettet de fleste steder. Elektrisitet som en hovedvarmekilde av bygg ble forsterket av forbudet mot oljefyring fra 2020. Direktevirkende el-oppvarming (panelovner) innebærer lave investeringskostnader, er lette å regulere, trenger lite areal og er enkle å plassere. Men panelovner innebærer også at bygget er «låst» til elektrisitet som energibærer for romoppvarmingsbehov.

Høye kraftpriser og en fremtid som tyder på økt knapphet på elektrisitet gjør det aktuelt å ta i bruk andre varmeløsninger. Gitt at man har installert en energifleksibel løsning for varmedistribusjon, kan man bruke både elektrisitet, bioolje, biomasse eller varmepumper til å produsere varmen eller koble seg til fjernvarme i de områdene det er tilgang på dette. Men det er bare mulig dersom man har installert et alternativt varmesystem eller distribusjonssystem for varme. Å bygge inn slike systemer øker investeringskostnadene, og bidrar til å øke fremtidige drifts- og vedlikeholdskostnader. Skal man i tillegg avsette areal som gjør det mulig å installere varmepumper eller utrustning basert på bioenergi, øker kostnadene betydelig. Om man regner byggekostnad på eksempelvis 50 000 kr/m², vil et ekstra areal på 10 m² koste om lag en halv million kroner.

Teknisk forskrift (TEK17) stiller krav til energifleksibilitet i nye og rehabiliterte bygg. Kort sagt er kravet at 60 % av varmebehovet skal kunne dekkes ved hjelp av energifleksible løsninger for bygg som er større enn 1000 m². For bygg under 1000 m² er det ikke slike krav.¹

Kommunal- og distriktsdepartementet har bedt Direktoratet for byggkvalitet om å utrede mulige endringer i kravene for energifleksible varmeløsninger, inkludert hvilke konsekvenser endringene vil gi. Vista Analyse og Asplan Viak har gjennomført analysen på oppdrag for DiBK.

1.1 Mandatet til utredningen

Ifølge det opprinnelige mandatet skulle følgende oppgaver gjennomføres:

Beregne samfunnsøkonomiske og privatøkonomiske kostnader ved å endre kravene til energifleksibel oppvarming. I tillegg skal mulige andre konsekvenser av de foreslåtte endringene vurderes.

1. Nullalternativet (dagens krav i TEK17 § 14-4 (2))
2. Relevante kombinasjoner av følgende alternativer skal inngå i beregningene:
 - Fleksible varmeløsninger
 - Fjernvarme
 - El-kjel
 - Væske-vann varmepumpe
 - Luft-vann varmepumpe
 - Bio-kjel
 - Distribusjonssystem
 - Vannbåren

¹ Se <https://www.dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/14/14-4/> for den nøyaktige ordlyden av kravet i TEK17.

- Luftbåren (der det er aktuelt)
 - Energifleksibel varmeløsning som dekker deler av oppvarmingen og varmtvannet med
 - 0 %
 - 50 %
 - 60 %
 - 80 %
 - 100 %
 - Vurdere fire ulike arealgrenser f.eks. 0 (dvs. alle bygninger), 500, 1000 og 2000 m² som avtales nærmere med DiBK.
3. Kombinasjoner av de fleksible varmeløsningene som dekker hhv. 60 % og 80 % av oppvarmingen og varmtvannet skal beregnes for
- Væske-vann varmepumpe og egenprodusert solenergi med lagring av varme om sommeren
 - Væske-vann varmepumpe og fjernvarme
 - Eventuelt andre aktuelle kostnadseffektive kombinasjoner
4. Småhus med vedovn.

På oppstartsmøte ble vi enige om følgende:

- Beregne kostnader for relevante kombinasjoner av:
 - fleksible varmeløsninger kombinert med elektrisk varmforsyning,
 - distribusjonssystem og
 - arealgrenser.

Det kan velges andre relevante prosentandeler enn det som er beskrevet, men 0 %, 60 % og 100 % energifleksibel varmeløsning skal beregnes. Beregningene skal gjøres på tilsvarende måte som oppdragene Asplan Viak gjennomførte for DiBK i 2016 og 2017.

- I stedet for å vurdere arealgrenser kan det diskuteres om det er mer hensiktsmessig å vurdere krav til energifleksibel varmeløsning for ulike bygningstyper og om ulike arealgrenser vil føre til uheldige konsekvenser for disse bygningstypene.
- Beregne kostnader ved å kombinere væske-vann varmepumpe og egenprodusert solenergi, væske-vann varmepumpe og fjernvarme samt eventuelle andre aktuelle kostnadseffektive kombinasjoner. Dette skal beregnes for 60 % energifleksibel løsning og minst en prosentandel som er større enn 60 %.
- Beregne kostnader for småhus med installert skorstein og elektrisk varmforsyning og småhus med installert vedovn der varmforsyningen er en kombinasjon av vedovn og elektrisk oppvarming.

1.2 Metode

1.2.1 Energiberegninger

HRP har på vegne av DiBK utarbeidet nye referansebygg med TEK10 og TEK17 standard for enebolig, firemannsbolig, boligblokk og kontorbygg som dekker de tre bygningskategoriene småhus, boligblokk og kontorbygning. I forbindelse med denne utredningen har vi utarbeidet egne Simien-filer, basert på

oversikt over hvilke inndata som HRP hadde benyttet. Dette gir resultater som tilsvarer resultatene i HRPs Simien-modeller.

1.2.2 Privatøkonomisk analyse

For hvert av de fire referansebyggene har vi beregnet totale investeringskostnader for relevante energiforsyningsalternativer. Disse kostnadene er i hovedsak basert på enhetskostnader utarbeidet av NVE (NVE 2015), justert til kostnadsnivå for 2023.

Videre har vi utarbeidet beregninger av totale livsløpskostnader og kostnad per kWh (LCOE) for hvert av energiforsyningsalternativene. Beregningene av livsløpskostnader og LCOE er utført i Excel-arkene som Asplan Viak utarbeidet for DiBK i 2016, supplert med beregning av effektkostnader.

1.2.3 Samfunnsøkonomisk analyse

Den samfunnsøkonomiske analysen følger retningslinjene i veilederen for samfunnsøkonomisk analyse (DFØ, 2023) og rundskriv R-109 (Finansdepartementet, 2021).

1.3 Rapporten

Resten av rapporten er organisert som følger.

I kapittel 2 gir vi en kort redegjørelse for hva vi mener med energifleksibilitet.

Kapittel 3 gir en oversikt over forutsetningene bak de privatøkonomiske beregningene. I kapittel 4 drøfter vi ulike varmforsyningsløsninger som kan være aktuelle for økt energifleksibilitet, og identifiserer løsningene som mest sannsynlig blir valgt av aktører med fokus på lavest mulig investeringskostnad ved ulike antakelser om preakseptert ytelse. Kapittel 5 viser de privatøkonomiske kostnadsberegninger for disse teknologiene. Kapittel 6 drøfter kort noen andre mulige energiløsninger.

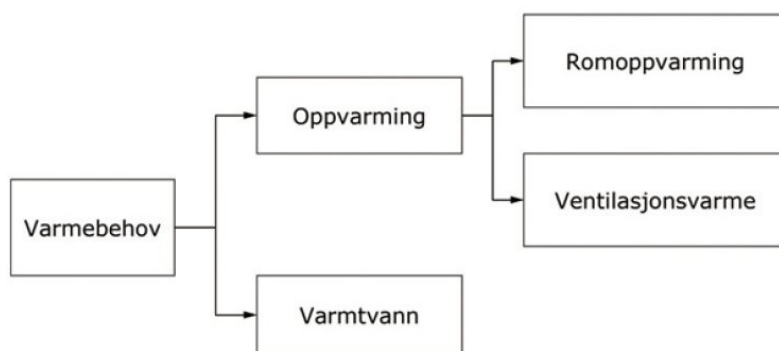
Kapittel 7 presenterer de samfunnsøkonomiske virkningene: både prissatte og ikke-prissatte nyttevirkinger, miljø- og klimavirkninger og fordelingsvirkninger. Vi presenterer også noen beregninger for samfunnsøkonomiske virkninger med alternative antakelser (sensitiviteter).

2 Hva er energifleksibilitet?

Vi begynner med å drøfte begrepet *energifleksibilitet*, før vi forklarer hvilken definisjon av begrepet vi har lagt til grunn i oppdraget.²

Energifleksibilitet i bygg handler mye om å unngå å gjøre seg avhengig av elektrisitet, både som energibærer og som distribusjonsløsning. Med *energifleksibilitet* mener vi her at et bygg skal kunne varmes opp ved hjelp av ulike energikilder eller ved hjelp av ulike energidistribusjonssystemer. Med *varmeløsning* menes her systemer som dekker romoppvarming, samt oppvarming av tappevann og ventilasjonsluft, se Figur 2.1.

Figur 2.1 Varmesystemet



Kilde: TEK § 14-4, figur 1

Bakgrunnen for en slik målsetting knytter seg til behovet for:

- Kostnadseffektivitet
- Samfunnsøkonomiske vurderinger
- Forsyningssikkerhet
- Miljøvirkninger

Kostnadseffektivitet. Flexibiliteten skal sørge for at man kan skifte energibærer dersom prisforskjeller tilsier det. Dette har vært bakgrunnen til at såkalte kombikjeler (som bruker elektrisitet og fyringsolje) har vært mye brukt tidligere. Et annet eksempel er at man ved å installere vedovner eller en biokjel, vil få muligheten til å velge bioenergi dersom prisen på elektrisitet blir uforholdsmessig høy.

Krav til energifleksibilitet innebærer i varierende grad investeringer i parallell infrastruktur i bygget, økt arealbehov, økte drifts- og vedlikeholdskostnader og økt teknisk kompleksitet. For å holde kostnader lave kan man oppfylle krav til energifleksibilitet gjennom å utruste bygget med et vann- eller luftbåret varmedistribusjonssystem med tilhørende varmesentral. Denne kan i første omgang drives av f.eks. en el-kjel, men senere bygges om til drift med bioenergi eller varmepumper om driftsforutsetninger eller andre forhold tilsier det. Dette forutsetter at varmesentralen har tilstrekkelig plass (areal), er tilgjengelig for montasje av nytt utstyr og har f.eks. mulighet for skorstein eller tilknytning til energibrønner, i første rekke tilgjengelig areal for slike.

Samfunnsøkonomi. Det finnes også samfunnsøkonomiske argumenter for energifleksibilitet. Et viktig argument er at muligheten til å bruke andre energibærere vil avhjelpe situasjoner med knapphet på

² Dette kapittelet bygger i stor grad på rapporten utarbeidet av Asplan Viak for DiBK, se Asplan Viak (2016).

kraft, for eksempel på kalde vinterdager eller i et tørrår. Slik fleksibilitet vil også bidra til å unngå investeringene i et kraftnett, særlig investeringer som er nødvendige for å frakte kraft i timer med veldig høy etterspørsel. Nettopp behov for mye varmeeffekt på kalde vinterdager er årsaken til vedfyring stadig spiller en viktig forsyningsmessig rolle. Innenfor noen geografiske områder er også kraftnettet såpass belastet at det ikke har evne til å dekke økt elektrisk varmforsyning. Dette har bl.a. vært tilfelle innenfor LNett (tidligere Lyse El-nett) sitt forsyningsområde, og situasjonen har også ført til satsning på både naturgass og fjernvarme i dette området.

Forsyningsikkerhet. Økt fleksibilitet kan sees på som en slags «forsikring» mot situasjoner med anstrengt forsyningsikkerhet i kraftmarkedet. Energifleksibiliteten kan bidra til at man oppnår en sikker varmetilførsel også i situasjoner med anstrengt kraftsituasjon, enten det skyldes høy etterspørsel, utfall av strømmnett etter uvær, eller tørrår og energimangel, slik som vi har opplevd i Norge de siste par årene. Det er imidlertid viktig å være klar over at de aller fleste varmforsyningssystemer som benyttes i større bygg er avhengige av elektrisitet i større eller mindre grad. Med mindre man installerer nødaggregat, batteribank, e.l. betyr dette at forsyningsikkerheten for et enkeltbygg i liten grad øker ved valg av alternative varmforsyningssystemer. Mindre bruk av elektrisitet til varmforsyning kan imidlertid ha betydning for forsyningsikkerheten på systemnivå, fordi lavere kraftforbruk til varmforsyning medfører lavere belastning på kraftnettet, noe som kan påvirke feilraten og redusere de samlede tap i nettet.

Miljø- og klimavirkninger. Energifleksibiliteten kan også bidra til at man har mulighet til å velge en miljøvennlig energiforsyning, f.eks. gjennom fornybar energiproduksjon i eller i nærheten av det aktuelle bygget. Hvis økt fleksibilitet i varmforsyningen fører til lavere elektrisitetsforbruk, vil det frigjøre elektrisitet som kan benyttes andre steder i systemet, noe som kan gi reduserte klimagassutslipp dersom kraften erstatter fossile brensler. Det vil også kunne redusere behovet for utbygging av kraftnett, og dermed mindre naturinngrep. Økt bruk av biobrensel (og avfall) som energikilde på sin side kan gi lokale miljøulempen i form av utslipp av partikler (PM_{2,5} og PM₁₀) og nitrogenoksider (NO_x), som kan gi lokale miljøvirkninger hvis konsentrasjonene blir store.

Når man vurderer miljø- og klimavirkninger, er det viktig å være klar på hvilken primærenergikilde elektrisiteten kommer fra, og tilknyttede utslippsfaktorer. Noen velger å legge til grunn norsk el-miks, andre nordisk el-miks og andre igjen europeisk el-miks, altså ulike forutsetninger om klimagassutslipp pr kWh elektrisitet.

2.1 Definisjon av «energifleksible systemer» i denne utredningen

Videre i denne utredningen benytter vi følgende tolkning av begrepet «energifleksible varmesystemer», jfr. innspill fra DiBKs representanter i et møte 21.04.2016:

Med «energifleksible varmesystemer» menes at utskifting mellom energikilder kan skje uten inngrep i bygningskroppen, og utelukkende innen teknisk rom (uten at det gjennomføres vesentlig ombygging). Det vil i praksis bety at det må benyttes et internt varmedistribusjonsnett (vann- eller luftbårent), som forsynes med varme fra en varmesentral i bygget, eventuelt fjernvarme/nærvvarme.

Varmtvannsberedning i en felles varmesentral i et bygg ansees i henhold til denne definisjonen som et «energifleksibelt varmesystem». Individuelle elektriske varmtvannsberedere plassert i hver enkelt boenhet/hvert enkelt minikjøkken eller lignende, vil imidlertid ikke regnes som energifleksible. Heller ikke luft/luft varmepumper og utrustning med egne el-aggregater kan ansees som energifleksible energisystemer iht. denne definisjonen.

3 Forutsetninger for de privatøkonomiske beregningene

I dette kapittelet presenterer vi forutsetninger som er benyttet i de privatøkonomiske beregningene. De fleste forutsetningene angitt i dette kapittelet kan enkelt endres i beregningsverktøyet.

Oppsettet er tilsvarende som i Asplan Viak (2016), men alle inndata er oppdatert for å stemme overens med oppdaterte referansebygg og inndata som er relevante i 2023.

3.1 Netto energibehov

Oppdraget er begrenset til å se på bygningskategoriene enebolig, firemannsbolig, boligblokk og kontorbygning. DiBK har angitt at vurderingen skal gjennomføres for de fire referansebygningene som ble utarbeidet for DiBK av konsultentselskapet HRP i 2020 (HRP, 2020a). Vi fikk ikke tilgang på HRPs Simien-filer fra 2020, men vi fikk tilsendt såpass detaljert underlag for hvilke inndata som var benyttet i modellene (se HRP, 2020b) at vi klarte å gjenskape Simien-filer med omtrent samme resultater som HRPs modeller.

Tabell 3.1 oppsummerer energibehovet for romoppvarming, ventilasjonsoppvarming og oppvarming tappevann for de fire bygningskategoriene. Figur 3.1 viser hvordan netto oppvarmingsbehov fordeler seg mellom romoppvarming, ventilasjonsvarme og tappevann for de fire referansebyggene.

Noen viktige observasjoner fra tabellen og figurene er:

- For boligblokken utgjør tappevann over 50 % av byggets netto varmebehov.
- For kontorbygget utgjør ventilasjonsvarme over 50 % av byggets netto varmebehov.
- Romoppvarmingsbehovet vil kunne reduseres ved å gjøre tiltak på bygningsskallet, slik at isolasjon av bygget mm er bedre enn det som er forutsatt i energirammeberegningene. Følgelig vil prosentandelen av oppvarmingsbehovet som benyttes til varmtvann og ventilasjonsvarme kunne øke noe.

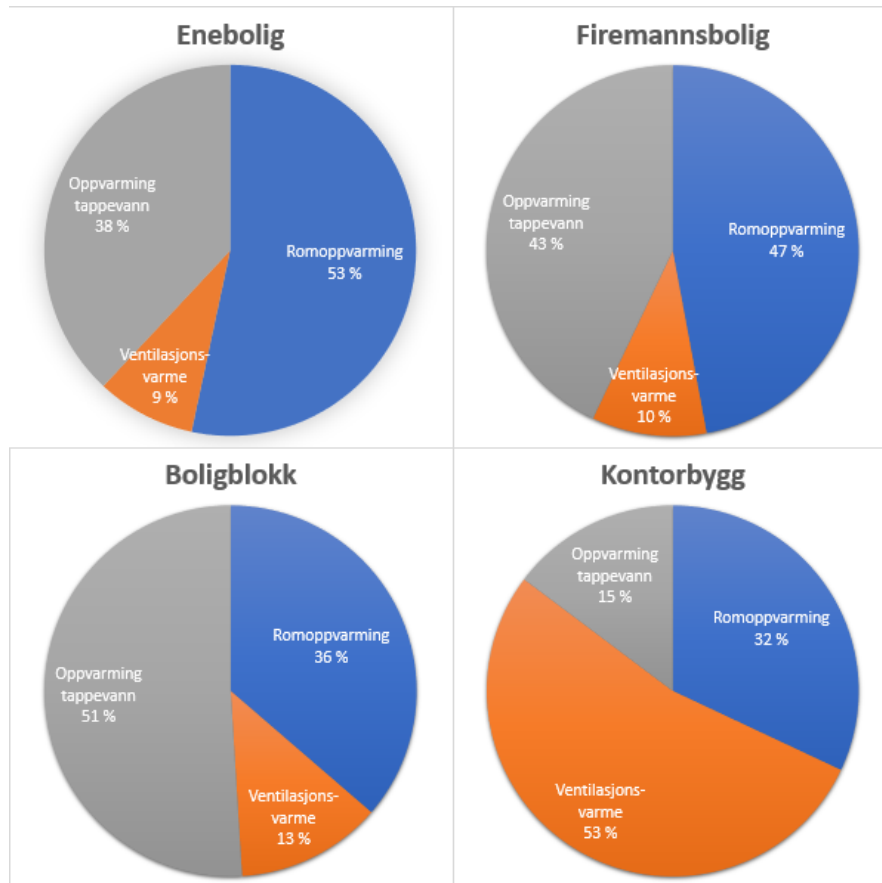
Den reelle fordelingen vil for andre bygg innenfor samme bygningskategori avvike fra den oppgitte fordelingen.

Tabell 3.1 Årlig netto varmebehov fordelt på ulike varmeformål og årlig netto energibehov (varme, kjøling og el-spesifikt) for de fire referansebyggene

	Rom- oppvarming	Ventilasjons- varme	Oppvarming tappevann	Sum netto varmebehov	Sum netto energiebehov
Enebolig (145 m²):					
Energiebehov (kWh)	6053	977	4318	11 348	16 174
Spesifikt energiebehov (kWh/m ²)	41,7	6,7	29,8	78,2	111,5
Andel av varmebehov	53 %	9 %	38 %	100 %	
Andel av totalt energiebehov				70 %	
Firemannsbolig (390 m²):					
Energiebehov (kWh)	12 742	2701	11 621	27 064	40 596
Spesifikt energiebehov (kWh/m ²)	32,7	6,9	29,8	69,4	104,1
Andel av varmebehov	47 %	10 %	43 %	100 %	
Andel av totalt energiebehov				67 %	
Boligblokk (3086 m²):					
Energiebehov (kWh)	65 560	22 857	91 939	180 356	288 252
Spesifikt energiebehov (kWh/m ²)	21,2	7,4	29,8	58,4	93,4
Andel av varmebehov	36 %	13 %	51 %	100 %	
Andel av totalt energiebehov				63 %	
Kontorbygg (2181 m²):					
Energiebehov (kWh)	23 754	39 527	10 931	74 212	242 857
Spesifikt energiebehov (kWh/m ²)	10,9	18,1	5,0	34,0	111,4
Andel av varmebehov	32 %	53 %	15 %	100 %	
Andel av totalt energiebehov				31 %	

Kilde: Simien-modellene av referansebyggene

Figur 3.1 Fordeling av netto varmebehov for de fire referansebyggene



3.2 Effektbehov

Effektbehovet for varme har betydning både med hensyn til dimensjonering av varmekilden og tilhørende investeringskostnad, og til beregning av effektleddet for nettleie for elektrisitet og fjernvarme. Tabell 3.2 viser det maksimale effektbehovet for hver av de vurderte bygningskategoriene. Det maksimale effektbehovet er basert på timesdata i effektberegningen i Simien-filene som er utarbeidet. For å unngå de mest ekstreme effekttoppene, som man i praksis kan unngå ved smartere styring, er det lagt til grunn at det maksimale effektbehovet er den tiende høyeste timeverdien over året. Merk at det ikke nødvendigvis er samme tidspunkt det oppstår A) maksimalt effektbehov romoppvarming og B) ventilasjonsoppvarming. Det betyr at C) maksimalt totalt effektbehov oppvarming vil kunne avvike noe fra summen av A+B. Videre er det gjort en vurdering av hensiktsmessig D) effekt for grunnlast, basert på varighetsdiagrammene på effektbehov. Varighetsdiagrammene for hver av bygningskategoriene er inkludert i vedlegg A.

Det er i utgangspunktet sett bort fra separat effektbehov for tappevannsoppvarming, da det er ansett at det er fullt mulig å styre anlegget slik at man ikke varmer opp tappevannet akkurat på de timene i året man har det aller største effektbehovet for romoppvarming og ventilasjonsoppvarming. Unntaket er i tilfeller der kun tappevannsbehovet dekkes av vannbåren varme eller kun tappevannsbehovet som dekkes av elektrisk varme, der det er anslått et E) effektbehov for tappevannsoppvarming.

Tabell 3.2 Maksimalt effektbehov for ulike varmeformål og bygningskategorier.

	Enebolig (145 m ²)	Firemanns- bolig (390 m ²)	Boligblokk (3086 m ²)	Kontorbygg (2181 m ²)
A Maksimalt effektbehov romoppvarming (kW)	4,5	10,1	59	33
B Maksimalt effektbehov ventilasjonsvarme (kW)	0,7	1,8	16	32
C Totalt netto oppvarmingsbehov (kW)	4,9	11,2	68	65
D Effekt for grunnlast (kW)	2,5	5,2	37	30
Grunnlastandel av maks effekt	51 %	46 %	54 %	46 %
E Effekt kun tappevannoppvarming (kW)	2	5	25	5

Kilde: Simien-modellene av referansebyggene

I alternativene med desentral varmtvannoppvarming er det forutsatt én bereder per boenhet i boligbyggene, og til sammen 4 benkeberedere i kontorbygget (én bereder per etasje). For boligblokk er det lagt til grunn at tappevannoppvarming er vannbåren, mens all annen oppvarming er elektrisk. I dette tilfellet er det forutsatt at effektbehovet for varmtvannsberederen er 25 kW.

3.3 Energi- og effektpriser

Alle priser nedenfor er angitt eks. merverdiavgift, hvis ikke annet er angitt.

3.3.1 Elektrisitetspris

Totalprisen som betales for levert elektrisitet består av tre ledd: prisen for selve elektrisiteten (kraftprisen), nettleie (for overføring av kraft til forbrukeren) og avgifter.

3.3.1.1 Kraftpris

Vi har etter ønske fra DiBK benyttet basispris for kraftpris 2030 (B2030) for prisområde NO1 fra NVE (2021). Denne prisen er på 55 øre/kWh. Til sammenligning kan det bemerkes at el-pris for terminmarkedet hos OMX (NordPool) for 2026 per uke 23-2023 var 57,1 øre/kWh. Det er altså samsvar mellom NVEs prognose og markedets forventning om framtidig kraftpris.

I tillegg har vi vurdert betydningen av kraftpriser i en sensitivitetsanalyse for kraftpriser fra 40 øre/kWh til 145 øre/kWh (se kap 5.5).³

I tillegg til markedsprisen kommer påslag til kraftleverandør. Påslagene varierer mellom leverandørene. Vi har antatt 3,5 øre/kWh inkl. mva. i beregninger.

For 2023 og 2024 gjelder Regjeringens strømstøtteordning, der det for boliger gis rabatt på 90 % for kraftprisen over 70 øre/kWh.⁴ I beregningene i denne rapporten er det lagt til grunn at denne ordningen videreføres. For kontorbygget gis det ikke slik rabatt. Merk at denne rabatten er ikke relevant for basistilfellet, kun for sensitivitetsanalysen med høy kraftpris.

³ Ifølge mandatet for oppdraget skulle betydningen av høy og lav kraftpris (hhv. L2030 og H2030) i NVEs langsiktige prisprognose vurderes. Kraftprisene anslås til hhv. 43 øre/kWh og 71 øre/kWh i NVE (2021). Vår sensitivitetsanalyse dekker disse verdiene og et bredere utfallsrom.

⁴ <https://www.regjeringen.no/no/tema/energi/regjeringens-stromtiltak/id2900232/>

3.3.1.2 Nettleie

Nettleie er betaling for overføring av kraft fra produksjonsstedet til forbrukeren. Nettleien betales til det lokale nettselskapet. Nettleien varierer mellom selskapene.

Etter avtale med DiBK tar vi utgangspunkt i at byggene er plassert i Oslo. Det er følgelig benyttet pris for nettleie fra Elvia AS.⁵ Det er lagt til grunn at denne prismodellen gjelder for hele analyseperioden. Nettleien består av et energiledd og et effektledd (fastledd).

For boligbygg er energileddet på 18 øre/kWh. Effektleddet avregnes etter gjennomsnittet av de tre høyeste døgnmaksene i måneden (en døgnmaks er den timen man brukte mest strøm i løpet av én dag). Dette leddet varierer mellom 110 kr/måned for døgnmaks under 2 kWh/h til 4 140 kr/ måned for døgnmaks over 100 kWh/h.

For kontorbygget er energileddet på 18 øre/kWh. I tillegg kommer et effektledd som avregnes etter anleggets høyeste effektuttak per kalendermåned. Det er en månedspris på 32 kr/kW fra april-september og 75 kr/kW fra oktober-mars. (Det er sett bort fra fastleddet i nettleia, da det er konstant uavhengig av valgt løsning for energiforsyning. Prislister for nettleie for store næringskunder inkluderer også kostnad knyttet til reaktiv effekt. Dette kostnadsleddet er ikke relevant for denne analysen, ettersom varmeløsninger i liten grad bidrar til reaktivt effektbehov.

3.3.1.3 Avgifter

Avgifter er ikke en del av nettleien, men faktureres sammen med nettleien. Avgifter består av elavgiften (15,41 øre/kWh for 2023), innbetalingen til energifondet (Enova) og påslag knyttet til el-sertifikater).⁶ I tillegg inngår merverdiavgift blant avgiftene, men i denne analysen er alle kostnader regnet eks. mva.

3.3.2 Fjernvarmepris

Energilovens § 5-5 regulerer forhold vedrørende fjernvarmepriser og andre leveringsvilkår. Loven sier at «*prisen for fjernvarme ikke skal overstige prisen for elektrisk oppvarming i vedkommende forsyningsområde*». Prisen for fjernvarme skal derfor være lik eller mindre enn sluttbrukerprisen for elektrisk oppvarming.

Hafslund Oslo Celsio benytter ulike prismodeller for ulike kundegrupper. Det er lagt til grunn at denne prismodellen gjelder for hele analyseperioden.

For **boligbygg** beregnes fjernvarmeprisen som følger (alle priser ekskl. MVA):

- A. Månedlig kraftpris for prisområde NO1 på Nord Pool
- B. MINUS rabatt på 80 % for NO1 > 70 øre/kWh

På den rabatterte NO1 gis det i tillegg en trinnvis rabatt C som følger:

- 0–90 øre/kWh: 5 %
- 90–250 øre/kWh: 30 %
- > 250 øre/kWh: 60 %

⁵ <https://www.elvia.no/nettleie/alt-om-nettleiepriser/>

⁶ <https://www.regjeringen.no/no/tema/okonomi-og-budsjett/skatter-og-avgifter/avgiftssatser-2023/id2929584/>

I tillegg inngår følgende ledd i fjernvarmeprisen:

- D. Adm. påslag på 3,5 øre/kWh
- E1. Nettleie 23,15 øre/kWh
- F. El-avgift 15,84 øre/kWh

Total fjernvarmepris for **boligbygg** blir da A-B-C+D+E1+F. Merk at det er ingen effektledd knyttet til fjernvarme levert til boligbygg.

For **næringsbygg** benyttes en prismodell som inneholder både energiledd og effektledd.

Energileddet beregnes som:

- A. Månedlig kraftpris for prisområde NO1 på Nord Pool
- (Næringsbygg får ikke rabatten i B-leddet som gjelder for boliger.)

På NO1 gis det en trinnvis rabatt C som følger:

- 0–90 øre/kWh: 5 %
- 90–250 øre/kWh: 30 %
- > 250 øre/kWh: 60 %

I tillegg inngår følgende ledd i FV-prisen:

- D. Adm. Påslag på 3,5 øre/kWh
- E2. Nettleie 5 øre/kWh
- F. El-avgift 15,84 øre/kWh

Det totale energileddet for **kontorbygg** blir da A-C+D+E2+F.

I tillegg kommer et effektledd som avregnes etter høyest målte effektuttak per måned. Effektleddet beregnes på samme måte som for elektrisk nettleie.

3.3.3 Biopellets

Prisen for biopellets er satt til 53,6 øre/kWh. Prisen har vært uendret siden september 2022. Denne prisen gjelder bulkleveranser opplastet på fabrikk fra flere leverandører på Østlandet. Transportkostnader forutsettes å være ca. 5 øre/kWh til kunder innenfor en radius på 250 km fra Oslo-området (Energi-Aktuelt, 2023).

3.4 Virkningsgrader/effektfaktor

Tabell 3.3 og Tabell 3.4 angir virkningsgrader/effektfaktorer som benyttes i beregningene. Alle verdier er hentet fra NS 3031:2014 Bygningers energiytelse – Beregning av energibehov og energiforsyning. Det er i alle tilfeller forutsatt vannbåren varme (radiatorer) i normalt isolerte rør med temperaturnivå 45–55 °C. Systemvirkningsgraden for ventilasjons- og tappevannsoppvarming er også utledet fra NS 3031:2014. Systemvirkningsgraden finner man ved å multiplisere produksjons-, distribusjons- og romvirkningsgraden.

Tabell 3.3 Systemvirkningsgrad romoppvarming for ulike energisystemer

Energiløsning	Produksjonsvirkningsgrad	Distribusjonsvirkningsgrad	Romvirkningsgrad	Systemvirkningsgrad romoppvarming
Ekstern fjernvarme	0,99	0,92/0,94	0,91	0,83/0,85
Varmepumpe, luft-vann	2,3/2,4	0,92/0,94	0,91	1,93/2,05
Varmepumpe, vann-vann	2,9/3,0	0,92/0,94	0,91	2,43/2,57
Biokjel (pellets 10 % fukt)	0,73/0,77	0,92/0,94	0,91	0,61/0,66
El-kjel	0,96/0,97	0,92/0,94	0,91	0,80/0,83
Direktevirkende elektrisitet (panelovn)	1,0	1,0	0,92	0,92

Kilde: NS 3031:2014

Merknad: Der det er oppgitt flere virkningsgrader, gjelder første verdi for enebolig og firemannsbolig, mens andre verdi gjelder boligblokk og kontorbygg.

Tabell 3.4 Systemvirkningsgrad ventilasjons- og tappevannsoppvarming for ulike energisystemer

Energiløsning	Systemvirkningsgrad ventilasjonsvarme	Systemvirkningsgrad varmt tappevann
Ekstern fjernvarme	0,93/0,91	0,99
Varmepumpe, luft-vann	2,16/2,21	2,30/2,4
Varmepumpe, vann-vann	2,73/2,76	2,90/3,0
Biokjel/pellets	0,69/0,71	0,73/0,77
El-kjel	0,90/0,89	0,96/0,97
Direktevirkende elektrisitet (panelovn)	0,94/0,92	0,98

Kilde: NS 3031:2014

Merknad: Der det er oppgitt flere virkningsgrader gjelder første verdi for enebolig og firemannsbolig, mens andre verdi gjelder boligblokk og kontorbygg.

3.5 Levetid, kalkulasjonsperiode og kalkulasjonsrente

Begrepet «levetid» kan ha forskjellige betydninger/tolkninger. Det skilles ofte mellom teknisk, funksjonell, estetisk og økonomisk levetid. I denne rapporten anser vi det mest relevant å forholde oss til *teknisk levetid*. Vi har brukt to ulike levetider i beregningene: 15 år for teknisk utstyr (kjeler/varmepumpe/tappevannsbereder og varmebatterier) og 50 år for distribusjonssystemet, se Tabell 3.6. Disse er definert ut fra innspill fra diverse interessenter, som fikk anledning til å kommentere bl.a. levetider i forbindelse med arbeidet med utredningen for DiBK i 2016 (Asplan Viak, 2016).

I investeringsanalysen benytter vi en kalkulasjonsperiode på 50 år, tilsvarende byggets levetid.

Det er i analysen benyttet en kalkulasjonsrente på 4 % for alle alternativer. Dette samsvarer med risikostjert rente for statlige tiltak i Finansdepartementet (2021). Beregningsverktøyet inneholder imidlertid en følsomhetsanalyse, der beregningen er gjort også ved andre kalkulasjonsrenter.

Restverdien på slutten av analyseperioden for elementer med levetid lengre enn analyseperioden er beregnet iht. annuitetsprinsippet. Det betyr at det er forutsatt at objektets verdi reduseres med annuiteten av investeringen hvert år.

3.6 Drift- og vedlikeholdskostnader

I tillegg til energikostnadene inkluderer kostnader et årlig beløp til drifts- og vedlikeholdskostnader (D&V-kostnader). Dette er ment å dekke kostnader til jevnlig vedlikehold samt personellkostnader.

Tabell 3.5 angir D&V-kostnadene som er benyttet i analyse. D&V-kostnadene er angitt som en andel av den totale investeringskostnaden, basert på Asplan Viaks erfaringstall. Prosentatsen er forutsatt å være høyere for bioenergiløsninger enn for de øvrige alternativene.

Prosentatsen i Tabell 3.5 gjelder kun for energiforsyningsanlegget, dvs. kjeler og varmepumpe. I tillegg er det medtatt D&V-kostnad på 1 % for øvrige investeringer.

Tabell 3.5 Drifts- og vedlikeholdskostnader som andel av investeringskostnaden i energiforsyningsanlegg

Alternativ	D&V
Alt. 1: Fjernvarme	2 %
Alt. 2: Luft-vann VP + el-kjel	2 %
Alt. 3: Vann-vann VP + el-kjel	2 %
Alt. 4: Pelletskjel + el-kjel	3 %
Alt. 5: El-kjel	2 %
Alt. 6: Helelektrisk (panelovn)	2 %

3.7 Investeringskostnader

Tabell 3.6 nedenfor oppsummerer relevante enhetskostnader for varmeproduksjon, varmedistribusjon og teknisk rom for de ulike alternativene. Vi forklarer dem nærmere nedenfor.

Tabell 3.6 Enhetskostnader for energiforsyningsanlegg (inkl. prisstigning)

Kostnadspost	Enebolig	Fire-manns-bolig	Bolig-blokk	Kontor-bygg	Levetid/avskrivning (år)	Kilde
VP luft-vann (kr/kW)	15 550	15 550	12 829	12 829	15	NVE (2015)
VP bergvarme ekskl. brønnpark (kr/kW)	9 513	9 513	9 513	9 513	15	NVE (2015)
Brønnpark til VP (kr/kW)	12 014	12 014	12 014	12 014	50	NVE (2015)
El-kjel (kr/kW)	4 442	4 442	2 122	2 122	15	NVE (2015)
Pelletskel inkl. lager (kr/kW)	14 416	14 416	11 053	11 053	15	NVE (2015)
Tilknytningsavgift fjernvarme			50 000 kr + 650 kr/kW			Estimat
Vannbåren oppvarming radiator/gulvvarme (kr/m ²)	568	456	468	319	50	Cowi (2012, 2015)
Vannbårent varmebatteri (kr/m ²)	75	50	50	151	15	Cowi (2012, 2015)
El-varme (kr/m ²)	139	322	185	149	50	Cowi (2012, 2015)
Elektriske varmebatterier (kr/m ²)	21	28	28	76	15	Cowi (2012, 2015)
Benkeberedere (kr/enhet)	18 120	18 120	18 120	13 590	15	AV erfaring
Tappevannsbereder felles for hele bygget (kr/kW)	9 060	9 060	9 060	10 570	15	AV erfaring
Distribusjonsnett varmt tappevann (kr/m ²)	N/A	151	151	121	50	AV erfaring
Teknisk rom (kr/m ²)	33 673	35 971	20 144	21 150	50	HRP (2020c)

3.7.1 Kostnader varmeproduksjon og varmedistribusjon

Tabell 3.6 angir enhetskostnadene som er benyttet i beregningene. Kostnader knyttet til prosjektering og byggeledelse er medtatt i enhetskostnadene i tabellene. Enhetskostnadene reflekterer kostnaden for en bruker/beboer uten skatter og avgifter.

Enhetskostnadene for varmeproduksjonsanleggene stammer fra NVE (2015). Det innebærer at tallene begynner å bli utdaterte, men vi kjenner ikke til noen nyere fullstendig oversikt over denne typen enhetskostnader, ettersom NVE de siste årene har valgt kun å oppdatere den delen av rapporten som omhandler kostnader knyttet til kraftproduksjon. Det er angitt at kostnader knyttet til trafo og netttilknytning er inkludert.

I tillegg kommer kostnader til varmedistribusjonsanlegg i bygget (rør/kabler og varmeavgivende enheter), samt varmebatterier og varmtvannsbereder. Kostnader for varmedistribusjonsanlegget er hentet fra COWI (2012) og COWI (2015), utarbeidet for Enova. Disse kostnadstallene er på 2012-nivå. Kostnadene i COWI (2012) og COWI (2015) inkluderte både rom- og ventilasjonsoppvarming. Vi har gjort en skjønsmessig vurdering av fordeling mellom disse to postene. Kostnadene for romoppvarming i COWI (2012) og COWI (2015) er delvis gulvvarme og delvis radiator, utfra hva forfattere mente var mest hensiktsmessig i de enkelte bygningskategoriene. De har presisert at kostnaden til nødvendig forsterking av el-tilkoblingen er medtatt i kostnadene.

Kostnaden for tappevannsoppvarming (benkeberedere og felles tappevannsberedere) er basert på Asplan Viaks erfaringstall.

3.7.2 Kostnader teknisk rom

Det er inkludert kostnader til teknisk rom til de varmeproduserende enhetene. Arealbehovet til teknisk rom er satt iht. de preaksepterte ytelsene i VTEK, altså 10 m² + 1 % av BRA. Unntaket er eneboligen, der det er lagt til grunn et teknisk rom på 5 m², ettersom 12 m² virker uforholdsmessig stort for en enebolig. I alternativene med kun elektrisk varmforsyning er det lagt til grunn et mindre teknisk rom, for plassering av varmtvannsberedere.

Kostnaden for økt areal er hentet fra kostnadsberegningene av referansebyggene i HRP (2020c). Alle kostnadene i der er angitt å ha kostnadsnivå august 2019.

Det er brukt SUM 01-08 Byggekostnad for hver av referansebyggene. For boligblokk og kontorbygg er det benyttet SUM 01-08 for kjellerrom.

3.7.3 Kostnader skorstein

For småhus er det i dagens byggeforskrifter krav om skorstein, med unntak for bygg med passivhusstandard og boenheter med vannbåren varme. Det innebærer at det for alternativene med helelektrisk oppvarming, så er det for småhus medtatt en kostnad til skorstein. Denne kostnaden er satt til 25 000 kr per boenhet, hentet fra et høringsinnspill fra Norsk Varme (2021). Det er også inkludert kvadratmeterpris for en halv m² for hver boenhet.

I denne utredningen gjelder dette kravet for enebolig og firemannsbolig.

3.7.4 Prisstigning

For å ta hensyn til kostnadsøkninger siden 2012/2015/2019, har vi benyttet indekser som vist i Tabell 3.7. For rørlegger- og elektrikerarbeid har vi brukt byggekostnadsindeks for bustader fra SSB.⁷ Disse indeksene er benyttet for alle bygningstyper omtalt i rapporten, etter at det er kontrollert at indeksen for rørleggerarbeid og elektrikerarbeid er tilnærmet lik også for boligblokk og næringsbygg. Der byggekostnadsindeksen ikke passer, har vi brukt konsumprisindeksen.⁸

Tabell 3.7 Prisjusteringsindekser

Indeks	Verdi
Byggekostnadsindeks for enebolig rørleggerkostnader 06.2012 -> 04.2023	1,66
Byggekostnadsindeks for enebolig rørleggerkostnader 06.2015 -> 04.2023	1,51
Byggekostnadsindeks for enebolig elektrikerarbeid 06.2012 -> 04.2023	1,42
Byggekostnadsindeks for enebolig, hele bygget 08.2019 -> 04.2023	1,28
Byggekostnadsindeks for boligblokk, hele bygget 08.2019 -> 04.2023	1,20
Konsumprisindeksen 06.2015 -> 04.2023	1,29
Konsumprisindeksen 08.2019 -> 04.2023	1,17

Kilde: SSB Statistikkbanken

⁷ <https://www.ssb.no/priser-og-prisindekser/byggekostnadsindekser/statistikk/byggekostnadsindeks-for-bustader>.

⁸ <https://www.ssb.no/priser-og-prisindekser/konsumpriser/statistikk/konsumprisindeksen>

4 Varmeforsyningsløsninger

Avhengig av hvilken prosentsats for fleksibel andel av varmebehovet som defineres som kravnivået for «energifleksible varmesystemer», vil det være et varierende muligheter og varierende antall varmforsyningsløsninger som overholder kravet. Jo lavere prosentsatsen settes, jo flere forskjellige løsninger vil kunne overholde kravnivået, og vil dermed kunne velges av markedsaktørene (bygherrer/totalentreprenører).

Det må forventes at mange kommer til å bestemme energiforsyningsløsning først og fremst ut fra investeringskostnader, ettersom det ofte ikke er de som gjør denne investeringsbeslutningen som skal betale for energibruken i bygget. Tabell 4.1 til Tabell 4.4 nedenfor viser hvilke løsninger som vi mener det er sannsynlig at blir valgt av aktører med fokus på lavest mulig investeringskostnad ved ulike antakelser om preakseptert ytelse.

Tabellene må ansees som det vi oppfatter som de minst kostnadskrevende varmforsyningsløsningene (basert på investeringskostnad) som gir tilstrekkelig høy grad av energifleksibilitet for hvert av de angitte prosentkravene (0, 50, 60, 80 og 100 %). Et premis er at de som investerer så langt som mulig vil ønske å «slippe» å bygge vannbårent romoppvarmingssystem, fordi mange oppfatter det som kostnadskrevende. Vi understreker at tabellene ikke viser hvilke løsninger som vi anbefaler at blir valgt, men hvilke løsninger som vi tror at mange aktører – særlig de med spesielt fokus på investeringskostnaden – vil velge.

I Norge handler energifleksibilitet i stor grad om vannbårne varme- og kjølesystemer. Vi bruker også ventilasjonsanlegg for å varme opp bygg, men sjelden i den grad at slike anlegg dekker hele varmebehovet. I andre land er luftbårne varmesystemer mer brukt. Sammenlignet med vannbårne systemer har luftbårne anlegg både fordeler og ulemper. Luftbårne anlegg innebærer ingen risiko for vannlekkasjer, de er i prinsippet enkle å styre og har god regulerbarhet. Samtidig kreves det tilstrekkelig plass under himlinger og andre steder for fremføring av kanaler. Støy og sus er også mulige ulemper. Det har også blitt trukket frem at energiforbruk knyttet til å distribuere varme i form av luft er større enn ved å distribuere varmt vann. VVS-bransjen kan gi gode erfaringstall for kostnader for installasjon av vannbårne varmeanlegg, -komponenter og løsninger. Siden luftbårne systemer er mer sjeldent, er imidlertid vår erfaring at kostnadstall for slike anlegg er mer usikre.

Tabellene viser også hvor stor andel av varmebehovet som vi mener kan ansees dekket av energifleksible varmesystemer. Disse tallene er basert på resultater fra energiberegningene omtalt i kap. 3.1. Andre bygg av samme bygningskategori vil ha en fordeling som i større eller mindre grad skiller seg på fordelingen angitt i kap. 3.1.

Ytterligere detaljer om hver bygningskategori er beskrevet i kap. 5.1–5.4.

Fargekoding i tabellene er:

Grønn: Energifleksible varmesystemer iht. definisjonen i kap. 2.1

Rød: Ikke energifleksibelt varmesystem

Tabell 4.1 Forventede energiforsyningsløsninger for enebolig

		Sannsynlig/minimum varmforsyningsløsning ved krav om x % energifleksibel varmforsyning									
		x = 0 %	Dekn. grad.	x = 50 %	Dekn. grad.	x = 60 %	Dekn. grad.	x = 80 %	Dekn. grad.	x = 100 %	Dekn. grad.
Enebolig	Romoppvarming	Elektrisk panelovn	0 %	Vannbårent (radiator/vannbåren gulvvarme)	43 %	Vannbårent (radiator/vannbåren gulvvarme)	43 %	Vannbårent (radiator/vannbåren gulvvarme)	43 %	Vannbårent (radiator/vannbåren gulvvarme)	43 %
	Romoppvarming bad	Elvarme i badegulv	0 %	Vannbåren gulvvarme bad	10 %	Elvarme i badegulv	0 %	Elvarme i badegulv	0 %	Vannbåren gulvvarme bad	10 %
	Ventoppvarming	Helelektrisk varmebatteri	0 %	Helelektrisk varmebatteri	0 %	Helelektrisk varmebatteri	0 %	Helelektrisk varmebatteri	0 %	Vannbårent varmebatteri	9 %
	Varmt tappevann	Elektrisk tappevannsbereder	0 %	Elektrisk tappevannsbereder	0 %	Tappevannsbereder til koblet varmekilde	38 %	Tappevannsbereder til koblet varmekilde	38 %	Tappevannsbereder til koblet varmekilde	38 %
Sum energifleksibel v-forsyning			0 %		53 %		81 %		81 %		100 %

Tabell 4.2 Forventede energiforsyningsløsninger for firemannsbolig

		Sannsynlig/minimum varmforsyningsløsning ved krav om x % energifleksibel varmforsyning									
		x = 0 %	Dekn. grad.	x = 50 %	Dekn. grad.	x = 60 %	Dekn. grad.	x = 80 %	Dekn. grad.	x = 100 %	Dekn. grad.
Firemannsbolig	Romoppvarming	Elektrisk panelovn	0 %	Vannbårent (radiator/vannbåren gulvvarme)	37 %	Vannbårent (radiator/vannbåren gulvvarme)	37 %	Vannbårent (radiator/vannbåren gulvvarme)	37 %	Vannbårent (radiator/vannbåren gulvvarme)	37 %
	Romoppvarming bad	Elvarme i badegulv	0 %	Elektrisk gulvvarme	0 %	Elektrisk gulvvarme	0 %	Elektrisk gulvvarme	0 %	Vannbåren gulvvarme	10 %
	Ventoppvarming	Helelektrisk varmebatteri	0 %	Helelektrisk varmebatteri	0 %	Helelektrisk varmebatteri	0 %	Helelektrisk varmebatteri	0 %	Vannbårent varmebatteri	10 %
	Varmt tappevann	Elektrisk tappevannsbereder i hver boenhet	0 %	Felles tappevannsbereder koblet til varmekilde	43 %	Felles tappevannsbereder koblet til varmekilde	43 %	Felles tappevannsbereder koblet til varmekilde	43 %	Felles tappevannsbereder koblet til varmekilde	43 %
Sum energifleksibel v-forsyning			0 %		80 %		80 %		80 %		100 %

Tabell 4.3 Forventede energiforsyningsløsninger for boligblokk

		Sannsynlig/minimum varmforsyningsløsning ved krav om x % energifleksibel varmforsyning									
		x = 0 %	Dekn. grad.	x = 50 %	Dekn. grad.	x = 60 %	Dekn. grad.	x = 80 %	Dekn. grad.	x = 100 %	Dekn. grad.
Boligblokk	Romoppvarming	Elektrisk panelovn	0 %	Elektrisk panelovn	0 %	Elektrisk panelovn	0 %	Vannbårent (radiator/vannbåren gulvvarme)	26 %	Vannbårent (radiator/vannbåren gulvvarme)	26 %
	Romoppvarming bad	Elvarme i badegulv	0 %	Elvarme i badegulv	0 %	Elvarme i badegulv	0 %	Vannbåren gulvvarme	10 %	Vannbåren gulvvarme	10 %
	Ventoppvarming	Helelektrisk varmebatteri	0 %	Helelektrisk varmebatteri	0 %	Vannbårent varmebatteri	13 %	Helelektrisk varmebatteri	0 %	Vannbårent varmebatteri	13 %
	Varmt tappevann	Elektrisk tappevannsbereder i hver boenhet	0 %	Felles tappevannsbereder koblet til varmekilde	51 %	Felles tappevannsbereder koblet til varmekilde	51 %	Felles tappevannsbereder koblet til varmekilde	51 %	Felles tappevannsbereder koblet til varmekilde	51 %
Sum energifleksibel v-forsyning			0 %		51 %		64 %		87 %		100 %

Tabell 4.4 Forventede energiforsyningsløsninger for kontorbygg

		Sannsynlig/minimum varmforsyningsløsning ved krav om x % energifleksibel varmforsyning									
		x = 0 %	Dekn. grad.	x = 50 %	Dekn. grad.	x = 60 %	Dekn. grad.	x = 80 %	Dekn. grad.	x = 100 %	Dekn. grad.
Kontorbygg	Romoppvarming	Elektrisk panelovn	0 %	Elektrisk panelovn	0 %	Elektrisk panelovn	0 %	Radiatoranlegg	32 %	Radiatoranlegg	32 %
	Ventoppvarming	Helelektrisk varmebatteri	0 %	Vannbårent varmebatteri	53 %	Vannbårent varmebatteri	53 %	Vannbårent varmebatteri	53 %	Vannbårent varmebatteri	53 %
	Varmt tappevann	Benkeberedere	0 %	Benkeberedere	0 %	Felles tappevannsbereder koblet til varmekilde	15 %	Benkeberedere	0 %	Felles tappevannsbereder koblet til varmekilde	15 %
Sum energifleksibel v-forsyning			0 %		53 %		68 %		85 %		100 %

5 Privatøkonomiske kostnader

Nedenfor viser vi kostnader knyttet til hver av de energifleksible løsningene som ble identifisert som mest sannsynlig i kapittel 4:

- Alt. 1: Fjernvarme (FV)
- Alt. 2: Luft-vann varmepumpe + el-kjel (LV-VP)
- Alt. 3: Vann-vann varmepumpe + el-kjel (VV-VP)
- Alt. 4: Pelletskjel + el-kjel
- Alt. 5: El-kjel
- Alt. 6: Helelektrisk (panelovn eller elektrisk gulvvarme), elektriske varmebatterier og elektrisk tappevannsoppvarming (ikke-sentralisert), dvs. ikke noen form for vannbåren varme.

Vi har kun vurdert vannbåren og elektrisk varmforsyning. Mulighetene for luftbårne løsninger ble drøftet i kap. 4.

For hver bygningskategori beskriver vi først hva som er dagens forskriftskrav, før vi viser beregninger av kostnader for løsninger som vil kunne ivareta eventuelt reviderte energiforsyningskrav. Til slutt oppsummerer vi vurderingene for hver bygningskategori.

Vi har beregnet følgende kostnader for hvert alternativ:

- Investeringskostnader ved oppføring av bygget (år 0)
- Totale investeringskostnader i analyseperioden (investeringer i år 0 + reinvesteringer for komponenter med kortere levetid enn analyseperioden)
- Driftskostnader første år (innfyrt energi + effektkostnader + drift/vedlikehold)
- Diskonterte totalkostnader over byggets levetid
- Merforbruket av energi (kan være både positivt og negativt) sammenlignet med en helelektrisk løsning («panelovnalternativ»).

Resultatene vises i Tabell 5.1–Tabell 5.13 og Figur 5.1–Figur 5.13.

Årlige kapitalkostnader, total årskostnad, ekvivalent energikostnad (LCOE) og diskontert totalkostnad over byggets levetid på 50 år er neddiskonterte og tar hensyn til ev. restverdi. Radene i tabellene som angir *investeringskostnader i år 0* og *total investeringskostnad over byggets levetid* viser faktiske totale investeringskostnader, ikke diskontert og uten restverdi.

Tabell 5.1–Tabell 5.13 og Figur 5.1–Figur 5.13 er hentet fra Excel-ark utarbeidet av Asplan Viak.

5.1 Enebolig

5.1.1 Dagens regelverk energiforsyning enebolig

Iht. gjeldende versjon av TEK17 er det ikke krav til energifleksible varmesystemer i eneboliger. TEK17 § 14-4, tredje ledd angir at kravene knyttet til energifleksible varmesystemer ikke gjelder for småhus.

På den annen side så gjelder det – iht. § 14-4, fjerde ledd – krav om at boenheter i småhus skal oppføres med skorstein, bortsett fra boenheter der det er installert vannbåren varme og for boenheter der årlig netto energibehov til oppvarming ikke overstiger grenseverdien for passivhus.

Nullalternativet for enebolig er dermed helelektrisk løsning med skorstein. Denne finnes som alternativ 6 i Tabell 5.1–Tabell 5.3.

5.1.2 Enebolig med 50 % fleksibilitet

Et eventuelt krav om 50 % energifleksibel varmforsyning i en enebolig vil kunne dekkes med vannbåren romoppvarming, dvs. gulvvarme og/eller radiatorer tilkoblet en varmekilde. Tappevannsoppvarming er ikke tilkoblet byggets varmesentral. Dette vil dekke 53 % av byggets varmebehov, jf. kap. 4. Øvrig varmforsyning kan være elektrisk.

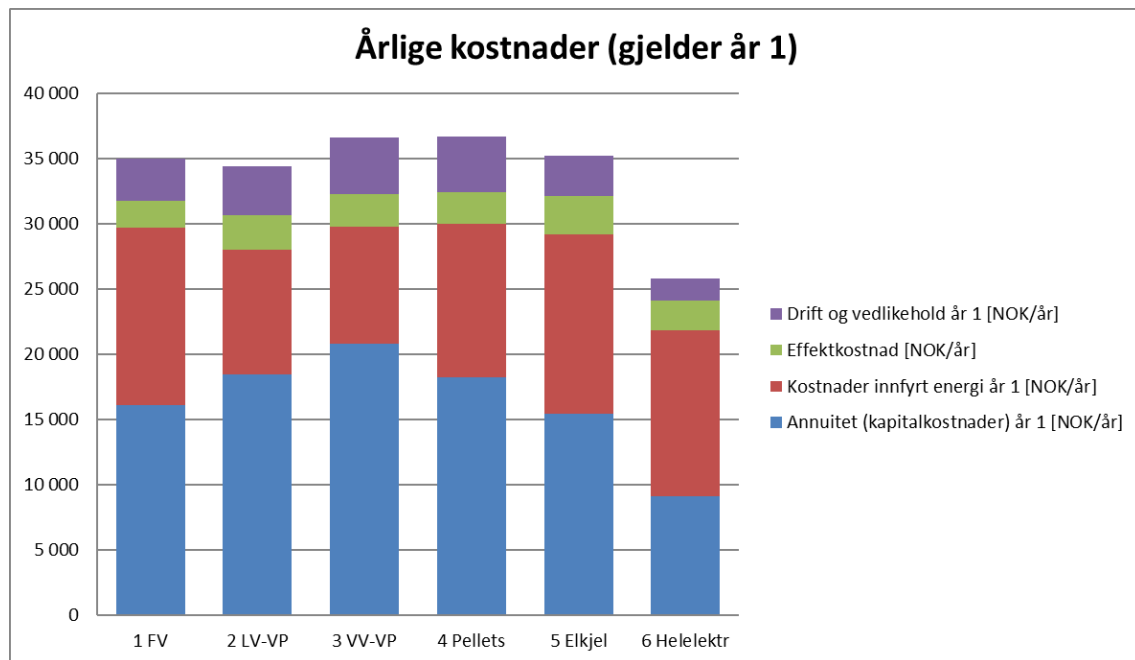
I praksis så vil det nok være slik at dersom man først har installert en varmesentral i bygget, så vil denne i de fleste tilfeller også tilkobles tappevannsoppvarmingen, ettersom det gir en stor nytteverdi og en beskjeden ekstrakostnad.

Tabell 5.1 Kostnader og behov for levert energi for enebolig med > 50 % energifleksible varmesystemer (radiatorer/vannbåren gulvvarme, elektriske varmebatterier og tappevannsoppvarming ikke tilkoblet byggets varmesentral).

	1 FV	2 LV-VP	3 VV-VP	4 Pellets	5 Elkjel	6 Helelektrisk
Investering år 0 [NOK]	325 000	325 000	365 000	325 000	290 000	175 000
(hvorav varmekilde)	55 000	55 000	40 000	50 000	20 000	0
Total investering over byggets levetid	325 000	485 000	565 000	475 000	350 000	175 000
(hvorav varmekilde)	55 000	220 000	160 000	200 000	80 000	0
Annuitet (kapitalkostnader) år 1 [NOK/år]	16 086	18 443	20 813	18 223	15 420	9 096
Kostnader innfyrt energi år 1 [NOK/år]	13 618	9 554	8 935	11 783	13 734	12 726
Effektkostnad [NOK/år]	2 040	2 640	2 540	2 440	2 940	2 260
Drift og vedlikehold år 1 [NOK/år]	3 253	3 796	4 314	4 258	3 124	1 752
Årskostnad innfyrt energi +effekt + D&V år 1 [NOK/år]	18 911	15 990	15 788	18 482	19 798	16 738
Total årskostnad inkl kapitalkost år 1 [NOK/år]	34 997	34 433	36 602	36 704	35 218	25 834
Ekv. energikostnad år 1 (LCOE) [kr/kWh]	3,08	3,03	3,23	3,23	3,10	2,28
Diskontert total kostnad over 50 år [NOK]	731 575	719 461	766 053	768 251	736 321	534 741
Årlig energibruk til varme (levert energi) [kWh]	12 748	9 027	8 442	15 111	12 976	12 024
Økning sammenlignet med helelektrisk [kWh]	724	-2 997	-3 582	3 088	952	0

Merknad: for forklaring av de seks alternativene, se innledningen til kap. 5.

Figur 5.1 Årlige kostnader for varmforsyning i enebolig med > 50 % energifleksible varmesystemer



Merknad: for forklaring av de seks alternativene, se innledningen til kap. 5.

5.1.3 Enebolig med 60 og 80 % fleksibilitet

Dette blir likt som i tilfellet med 50 %, bortsett fra at det vil være nødvendig at tappevannsberederen også er tilkoblet byggets varmesentral. Med andre ord: radiatorer/vannbåren gulvvarme, elektriske varmebatterier og tappevannsoppvarming er tilkoblet byggets varmesentral. Dette vil dekke 81 % av byggets varmebehov (se Tabell 4.1).

Det er i beregningen sett bort fra at tilstrekkelig grad av energifleksibel varmforsyning kan oppnås selv om man velger elektrisk gulvvarme på bad ettersom kostnadsforskjellen mellom løsning med vannbåren/elektrisk gulvvarme er beskjeden. NVE har for øvrig påpekt i et innspill til arbeidet med lignende utredning i 2015 at:

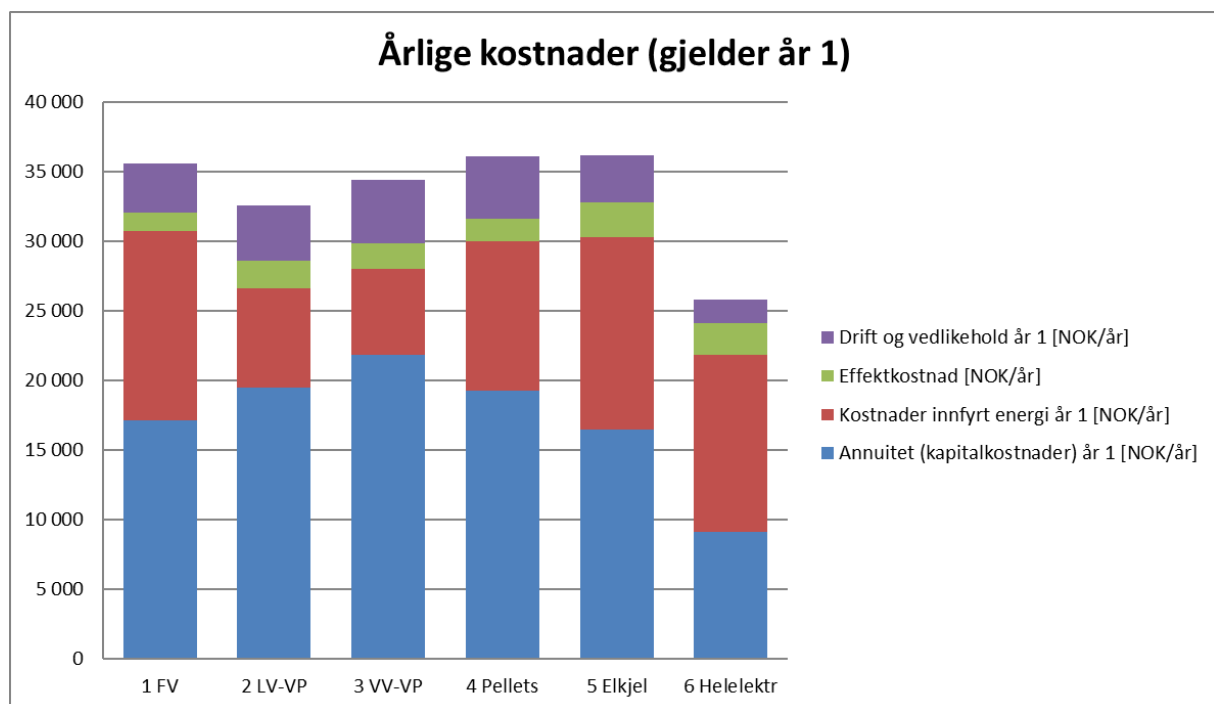
Erfaringen fra bygging av passivboliger viser at varmekabler i gang og på bad ofte er elektriske til tross for at det er et vannbårent system for romvarme, tappevann og varmebatteri. (...) Dette bunner i en kultur som henger igjen fra gammelt av ved bruk av oljefyr og som ikke er aktuelt for dagens system med varmepumper. NVE tror at hvis det først installeres vannbåren gulvvarme i boligen [i framtiden], så vil man også legge vannbåren varme på baderom.

Tabell 5.2 Kostnader og behov for levert energi for enebolig med > 60 % og > 80 % energifleksible varmesystemer (radiatorer/vannbåren gulvvarme, elektriske varmebatterier og tappevannsoppvarming tilkoblet byggets varmesentral)

	1 FV	2 LV-VP	3 VV-VP	4 Pellets	5 Elkjel	6 Helelektrisk
Investering år 0 [NOK]	345 000	350 000	385 000	345 000	315 000	175 000
(hvorav varmekilde)	55 000	55 000	40 000	50 000	20 000	0
Total investering over byggets levetid	345 000	510 000	585 000	500 000	375 000	175 000
(hvorav varmekilde)	55 000	220 000	160 000	200 000	80 000	0
Annuitet (kapitalkostnader) år 1 [NOK/år]	17 105	19 462	21 833	19 242	16 440	9 096
Kostnader innfyrt energi år 1 [NOK/år]	13 646	7 155	6 165	10 715	13 831	12 726
Effektkostnad [NOK/år]	1 320	1 940	1 840	1 680	2 540	2 260
Drift og vedlikehold år 1 [NOK/år]	3 472	4 015	4 533	4 477	3 343	1 752
Årskostnad innfyrt energi + effekt + D&V år 1 [NOK/år]	18 438	13 110	12 538	16 873	19 714	16 738
Total årskostnad inkl kapitalkost år 1 [NOK/år]	35 543	32 572	34 371	36 115	36 153	25 834
Ekv. energikostnad år 1 (LCOE) [kr/kWh]	3,13	2,87	3,03	3,18	3,19	2,28
Diskontert total kostnad over 50 år [NOK]	743 311	679 485	718 128	755 585	756 414	534 741
Årlig energibruk til varme (levert energi) [kWh]	12 703	6 760	5 825	16 479	13 068	12 024
Økning sammenlignet med helelektrisk [kWh]	679	-5 264	-6 199	4 455	1 044	0

Merknad: for forklaring av de seks alternativene, se innledningen til kap. 5.

Figur 5.2 Årlige kostnader varmforsyning for enebolig med > 60 % og > 80 % energifleksible varmesystemer



Merknad: for forklaring av de seks alternativene, se innledningen til kap. 5.

5.1.4 Enebolig med 100 % fleksibilitet

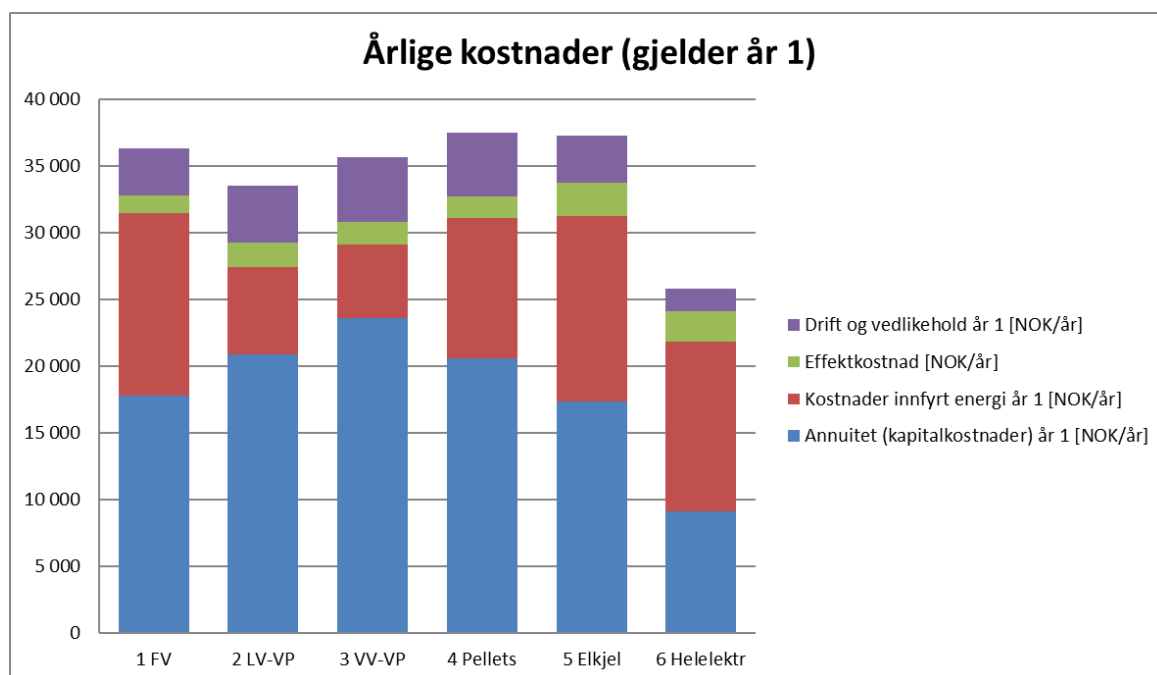
Dersom det blir krav om at 100 % av varmebehovet i bygget skal kunne dekkes med energifleksible varmesystemer, så innebærer det at både rom-, ventilasjons- og tappevannsoppvarming må ivaretas av energifleksible varmesystemer.

Tabell 5.3 Kostnader og behov for levert energi for enebolig med 100 % energifleksible varmesystemer (radiatorer/vannbåren gulvvarme, vannbårne varmebatterier og tappevannsoppvarming tilkoblet byggets varmesentral)

	1 FV	2 LV-VP	3 VV-VP	4 Pellets	5 Elkjel	6 Helelektrisk
Investering år 0 [NOK]	355 000	365 000	410 000	360 000	325 000	175 000
(hvorav varmekilde)	55 000	60 000	45 000	60 000	25 000	0
Total investering over byggets levetid	355 000	550 000	640 000	535 000	395 000	175 000
(hvorav varmekilde)	55 000	240 000	180 000	240 000	100 000	0
Annuitet (kapitalkostnader) år 1 [NOK/år]	17 776	20 850	23 592	20 595	17 354	9 096
Kostnader innfyrt energi år 1 [NOK/år]	13 675	6 600	5 522	10 481	13 877	12 726
Effektkostnad [NOK/år]	1 320	1 840	1 680	1 620	2 540	2 260
Drift og vedlikehold år 1 [NOK/år]	3 549	4 251	4 850	4 784	3 474	1 752
Årskostnad innfyrt energi +effekt + D&V år 1 [NOK/år]	18 544	12 692	12 052	16 885	19 890	16 738
Total årskostnad inkl kapitalkost år 1 [NOK/år]	36 320	33 542	35 645	37 480	37 244	25 834
Ekv. energikostnad år 1 (LCOE) [kr/kWh]	3,20	2,96	3,14	3,30	3,28	2,28
Diskontert total kostnad over 50 år [NOK]	753 256	693 568	738 736	778 174	773 100	534 741
Årlig energibruk til varme (levert energi) [kWh]	12 714	6 236	5 217	16 829	13 111	12 024
Økning sammenlignet med helelektrisk [kWh]	690	-5 788	-6 807	4 805	1 087	0

Merknad: for forklaring av de seks alternativene, se innledningen til kap. 5.

Figur 5.3 Årlige kostnader varmforsyning for enebolig 100 % energifleksible varmesystemer



Merknad: for forklaring av de seks alternativene, se innledningen til kap. 5.

5.1.5 Oppsummering: energifleksible løsninger i enebolig

I dag er det ikke krav om energifleksible varmesystemer for eneboliger. Våre beregninger ovenfor viser at et eventuelt krav om energifleksible varmesystemer for eneboliger vil innebære en relativt stor merkostnad, uavhengig av nivået til andel energifleksible varmesystemer.

Dersom det kreves 50 % energifleksible varmesystemer for eneboligene, vil kravet kunne ivaretas ved kun å dekke romoppvarmingsbehovet med vannbåren varme. Dette innebærer samtidig at det må avsettes tilstrekkelig plass til et teknisk rom for varmesentral. En slik løsning vil innebære en relativt stor ekstrainvestering for beboerne, samtidig som det dekker en beskjeden del av energibehovet. Økt årskostnad (inkl. kapitalkostnad) for boligeierne vil bli minst 10 000 kr, tilsvarende en økning på ca. 40 %.

Dersom kravet til energifleksibel varme settes til 60 % eller høyere, vil det også være nødvendig at tappevannsbehovet dekkes med varmesentralen. Ettersom tappevannsbereder normalt vil være plassert i samme rom som varmesentralen, vil dette gi en beskjeden merkostnad. Samtidig vil andelen energifleksible varmesystemer øke fra ca. 50 % til ca. 80 %. Fra Tabell 5.1 og Tabell 5.2 ser man at de totale årskostnadene og ekvivalent energikostnad (LCOE) ved bruk av varmepumpeanlegg er lavere i dette tilfellet enn dersom det benyttes vannbåren varme kun til romoppvarming. Men den årlige merkostnaden sammenlignet med helelektriske varmesystemer er fortsatt nesten 10 000 kr (25–35 % økning).

Det er også verdt å påpeke at denne typen anlegg vil være mer kompliserte å drifte, og man risikerer dermed driftsutfordringer i løpet av byggets levetid. I verste fall får man et driftsutfall på anlegget på en kald vinterdag. Sikringsanlegget i bygget vil i dette tilfellet ikke være dimensjonert for å benytte elektrisk oppvarming som reserveløsning, og man risikerer dermed at det kan bli svært kaldt i bygget.

Et mulig alternativ til å stille krav til prosentandel energifleksibel varmforsyning for en enebolig er å kreve at det skal legges til rette for energifleksibel tappevannsoppvarming i eneboliger.

5.2 Firemannsbolig

5.2.1 Dagens regelverk energiforsyning firemannsbolig

Veiledningen til § 1-3 definerer at firemannsboliger inngår i definisjonen på småhus (jfr. NS 3457-3:2013). § 14-4, tredje ledd angir at kravene knyttet til energifleksible varmesystemer ikke gjelder for småhus. Det innebærer at det iht. gjeldende versjon av TEK17 ikke er krav til energifleksible varmesystemer i firemannsboliger, heller ikke dersom total BRA for bygget er over 1000 m².

På den annen side så gjelder § 14-4, fjerde ledd også for firemannsboliger. Det er dermed krav om at alle boenheter i firemannsboligen skal oppføres med skorstein, bortsett fra boenheter der det er installert vannbåren varme og boenheter der årlig netto energibehov til oppvarming ikke overstiger grenseverdien for passivhus.

Nullalternativet for firemannsbolig er dermed helelektrisk løsning med skorstein. Denne finnes som alternativ 6 i Tabell 5.4 – Tabell 5.5.

5.2.2 Firemannsbolig med 50 %, 60 % og 80 % fleksibilitet

Dersom det stilles krav om mellom 60 % og 80 % energifleksibel varmforsyning i en firemannsbolig, så vil bygget måtte ha vannbåren romoppvarming samt felles tappevannsbereder tilkoblet byggets varmesentral. Dette vil iht. Tabell 4.2 dekke 80 % av byggets varmebehov.

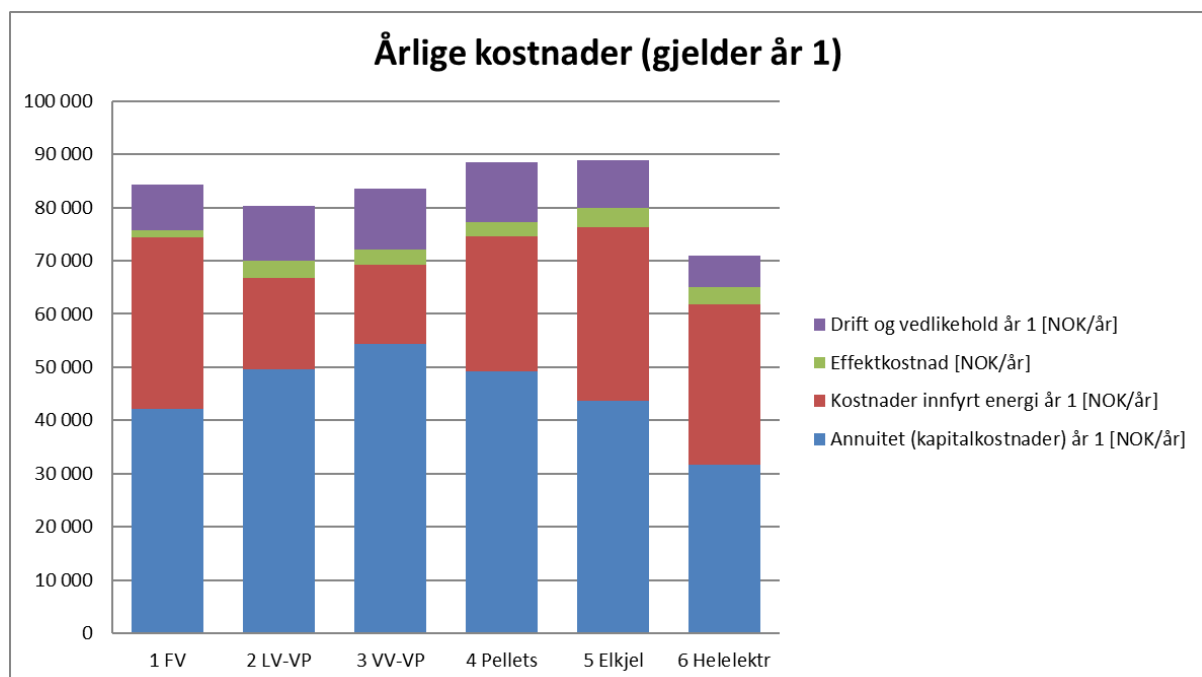
Skulle kravet være minst 50 % energifleksibel varmforsyning, så kan man velge å koble til varmebatteriene i stedet for tappevannsberederen. Vår vurdering er imidlertid at det normalt vil være mest kostnadseffektivt å velge felles tappevannsbereder tilkoblet byggets varmesentral.

Tabell 5.4 Kostnader og behov for levert energi for firemannsbolig med mellom 50 og 80 % energifleksible varmesystemer (radiatorer/vannbåren gulvvarme, elektriske varmebatterier og felles tappevannsoppvarming tilkoblet byggets varmesentral)

	1 FV	2 LV-VP	3 VV-VP	4 Pellets	5 Elkjel	6 Helelektrisk
Investering år 0 [NOK]	860 000	915 000	995 000	910 000	850 000	600 000
(hvorav varmekilde)	55 000	115 000	85 000	110 000	45 000	0
Total investering over byggets levetid	860 000	1 255 000	1 410 000	1 235 000	985 000	600 000
(hvorav varmekilde)	55 000	460 000	340 000	440 000	180 000	0
Annuitet (kapitalkostnader) år 1 [NOK/år]	42 168	49 673	54 450	49 229	43 582	31 597
Kostnader innfyrt energi år 1 [NOK/år]	32 202	17 114	14 814	25 389	32 631	30 248
Effektkostnad [NOK/år]	1 380	3 240	2 860	2 540	3 740	3 160
Drift og vedlikehold år 1 [NOK/år]	8 601	10 290	11 333	11 269	8 935	5 992
Årskostnad innfyrt energi +effekt + D&V år 1 [NOK/år]	42 182	30 644	29 008	39 198	45 306	39 400
Total årskostnad inkl kapitalkost år 1 [NOK/år]	84 351	80 317	83 458	88 427	88 888	70 997
Ekv. energikostnad år 1 (LCOE) [kr/kWh]	3,12	2,97	3,08	3,27	3,28	2,62
Diskontert total kostnad over 50 år [NOK]	1 766 262	1 679 611	1 747 078	1 853 835	1 863 730	1 445 624
Årlig energibruk til varme (levert energi) [kWh]	29 983	16 170	13 997	38 758	30 830	28 579
Økning sammenlignet med helelektrisk [kWh]	1 404	-12 409	-14 582	10 179	2 251	0

Merknad: for forklaring av de seks alternativene, se innledningen til kap. 5.

Figur 5.4 Årlige kostnader varmforsyning for firemannsbolig med mellom 50 og 80 % energifleksible varmesystemer



5.2.3 Firemannsbolig med 100 % fleksibilitet

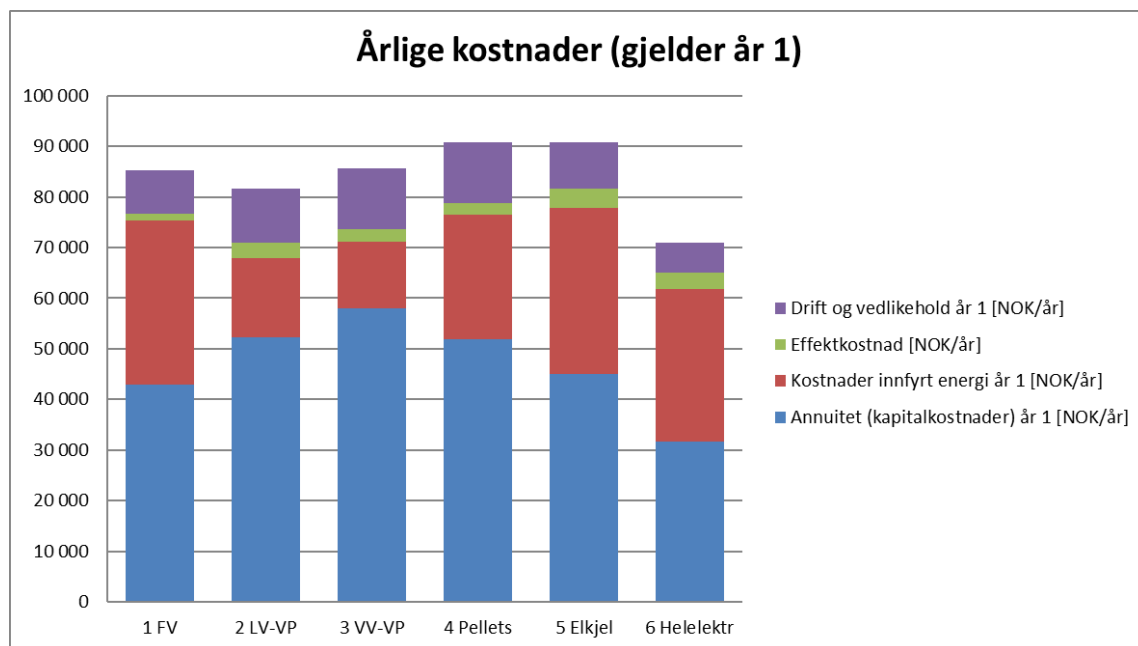
Dersom det blir krav om at 100 % av varmebehovet i bygget skal kunne dekkes med energifleksible varmeløsninger, så innebærer det at rom-, ventilasjons- og tappevannsoppvarming må være energifleksibelt.

Tabell 5.5 Kostnader og behov for levert energi for firemannsbolig med 100 % energifleksible varmesystemer (radiatorer/vannbåren gulvvarme, vannbårne varmebatterier og felles tappevannsoppvarming tilkoblet byggets varmesentral)

	1 FV	2 LV-VP	3 VV-VP	4 Pellets	5 Elkjel	6 Helelektrisk
Investering år 0 [NOK]	870 000	945 000	1 040 000	940 000	865 000	600 000
(hvorav varmekilde)	60 000	135 000	105 000	130 000	55 000	0
Total investering over byggets levetid	870 000	1 350 000	1 535 000	1 325 000	1 025 000	600 000
(hvorav varmekilde)	60 000	540 000	420 000	520 000	220 000	0
Annuitet (kapitalkostnader) år 1 [NOK/år]	42 987	52 345	58 048	51 814	45 072	31 597
Kostnader innfyrt energi år 1 [NOK/år]	32 282	15 581	13 035	24 741	32 757	30 248
Effektkostnad [NOK/år]	1 320	2 940	2 540	2 180	3 740	3 160
Drift og vedlikehold år 1 [NOK/år]	8 698	10 799	12 045	11 961	9 182	5 992
Årskostnad innfyrt energi +effekt + D&V år 1 [NOK/år]	42 300	29 320	27 620	38 883	45 679	39 400
Total årskostnad inkl kapitalkost år 1 [NOK/år]	85 287	81 665	85 668	90 697	90 751	70 997
Ekv. energikostnad år 1 (LCOE) [kr/kWh]	3,15	3,02	3,17	3,35	3,35	2,62
Diskontert total kostnad over 50 år [NOK]	1 778 461	1 700 639	1 786 644	1 894 677	1 895 833	1 445 624
Årlig energibruk til varme (levert energi) [kWh]	30 012	14 721	12 316	39 726	30 950	28 579
Økning sammenlignet med helelektrisk [kWh]	1 433	-13 858	-16 263	11 147	2 371	0

Merknad: for forklaring av de seks alternativene, se innledningen til kap. 5.

Figur 5.5 Årlige kostnader varmforsyning firemannsbolig med 100 % energifleksible varmesystemer



Merknad: for forklaring av de seks alternativene, se innledningen til kap. 5.

5.2.4 Oppsummering firemannsbolig

Per i dag er det ikke krav om energifleksible varmesystemer for firemannsboliger, uavhengig av bygget totale størrelse, ettersom firemannsboliger per definisjon ansees som småhus.

Dersom det stilles krav om mellom 50 % og 80 % energifleksible varmesystemer i en firemannsbolig, så vil bygget måtte ha både energifleksibel romoppvarming og felles tappevannsbereder tilkoblet byggets varmesentral. Den årlige merkostnaden for denne løsningen – sammenlignet med helelektrisk oppvarming – er beregnet til mellom 2500 og 4500 kr per boenhet – avhengig av hvilken energiforsyningsløsning som velges. Dette er en merkostnad på 15–25 %. Det er litt usikkert om man i virkeligheten vil velge felles tappevannsbereder i en firemannsbolig, eller om slike boenheter i praksis er helt uavhengige.

Dersom det kreves 100 % energifleksible varmesystemer i en firemannsbolig, så vil den årlige merkostnaden sammenlignet med helelektriske varmeløsninger være mellom 2500 og 5000 kr per boenhet. Merkostnaden for beboer blir spesielt stor dersom utbygger velger å installere el-kjel eller pelletskjel for å ivareta kravet.

Dersom det skal stilles krav til energifleksibel varmforsyning til firemannsboliger og andre småhus med flere boenheter, bør det vurderes om en kravformulering som «energifleksible varmesystemer som dekker minimum x prosent av normert netto varmebehov» egner seg, eller om kravet skal formuleres slik at det gjelder per boenhet. Dersom det benyttes en variant av dagens forskriftsformulering, så vil kravet prinsipielt kunne ivaretas ved at det etableres en løsning for vannbåren varme i kun enkelte av boenhetene. I så fall vil enkelte av boenhetene ikke ligge til rette for framtidig energifleksibilitet.

5.3 Boligblokk

5.3.1 Dagens regelverk energiforsyning boligblokk

Iht. gjeldende versjon av TEK17 så er det for boligblokker der byggets oppvarmede BRA er > 1000 m² krav til energifleksible varmesystemer som dekker minimum 60 prosent av normert netto varmebehov. Dersom boligblokkens oppvarmede BRA er < 1000 m², så er det ikke spesifisert krav vil varmforsyning i bygget. Det gjelder ikke krav til skorstein i boligblokker, uavhengig av boligblokkens størrelse.

Det innebærer at nullalternativet for boligblokk > 1000 m² er 60 % energifleksible varmesystemer, jfr. vurderingene i kap. 5.3.3. Denne finnes som alternativ 6 i Tabell 5.6 – Tabell 5.9. For boligblokk < 1000 m² er nullalternativet helelektrisk løsning.

5.3.2 Boligblokk med 50 % fleksibilitet

Dersom dagens krav til energifleksible varmesystemer reduseres fra 60 % til 50 %, så vil det for boligblokker normalt være tilstrekkelig at byggets tappevannsbehov er energifleksibelt. Dette vil iht. Tabell 4.3 dekke 51 % av byggets varmebehov.

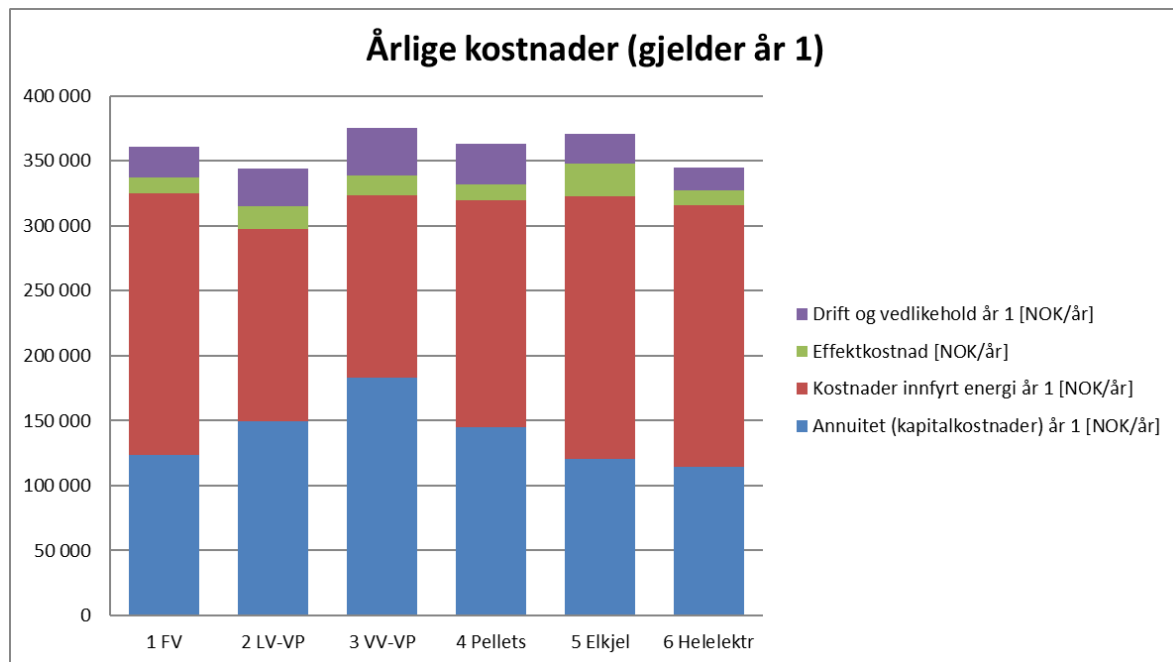
I alternativene som i utgangspunktet inkluderer el-kjel, enten som spisslast eller grunnlast (alt. 2, 3, 4 og 5), er det ikke inkludert noen egen investeringskostnad til el-kjel. Det er lagt til grunn at dette behovet dekkes med varmeelementet i selve varmtvannsberederen.

Tabell 5.6 Kostnader og behov for levert energi for boligblokk med > 50 % energifleksible varmesystemer (elektrisk romoppvarming, elektriske varmebatterier og felles tappevannsoppvarming tilkoblet byggets varmesentral)

	1 FV	2 LV-VP	3 VV-VP	4 Pellets	5 Felles bereder	6 Helelektrisk
Investering år 0 [NOK]	2 345 000	2 600 000	3 120 000	2 555 000	2 280 000	1 690 000
(hvorav varmekilde)	65 000	320 000	240 000	275 000	0	0
Total investering over byggets levetid	2 345 000	3 560 000	4 730 000	3 385 000	2 280 000	1 690 000
(hvorav varmekilde)	65 000	1 280 000	960 000	1 100 000	0	0
Annuitet (kapitalkostnader) år 1 [NOK/år]	123 436	149 198	182 736	145 205	120 352	114 540
Kostnader innfyrt energi år 1 [NOK/år]	201 577	148 206	140 908	174 688	202 002	200 978
Effekt kostnad [NOK/år]	12 060	17 710	15 240	12 060	25 550	12 060
Drift og vedlikehold år 1 [NOK/år]	23 456	29 208	36 560	31 084	22 794	16 900
Årskostnad innfyrt energi + effekt + D&V år 1 [NOK/år]	237 093	195 124	192 708	217 831	250 345	229 938
Total årskostnad inkl kapitalkost år 1 [NOK/år]	360 529	344 323	375 444	363 037	370 697	344 478
Ekv. energikostnad år 1 (LCOE) [kr/kWh]	2,00	1,91	2,08	2,01	2,06	1,91
Diskontert total kostnad over 50 år [NOK]	7 438 898	7 090 748	7 759 310	7 492 771	7 657 333	6 629 603
Årlig energibruk til varme (levert energi) [kWh]	188 941	140 028	133 133	213 012	190 856	189 888
Økning sammenlignet med helelektrisk [kWh]	-948	-49 860	-56 755	23 124	967	0

Merknad: for forklaring av de seks alternativene, se innledningen til kap. 5.

Figur 5.6 Årlige kostnader varmforsyning boligblokk med > 50 % energifleksible varmesystemer



Merknad: for forklaring av de seks alternativene, se innledningen til kap. 5.

5.3.3 Boligblokk med 60 % fleksibilitet

Dette tilsvarer dagens forskriftskrav for alle bygninger (unntatt småhus) > 1000 m².

Dersom man beholder dagens grenseverdi på 60 %, så har utbygger i praksis 4 alternativer, forutsatt at de installerer felles løsning for varmt tappevann.

1. Vannbåren romoppvarming i form av radiatoranlegg eller vannbåren gulvvarme => Stor grad av energifleksibilitet (ca. 87 %)
2. Vannbårne varmebatterier i ventilasjonsanlegg => Mindre grad av energifleksibilitet enn alternativ 1 (ca. 64 %)
3. Både vannbåren romoppvarming og vannbårne varmebatterier => Størst grad av energifleksibilitet (100 %)
4. Gjennomføre energiltak for å redusere andel rom- og ventilasjonsoppvarming, slik at behovet for varmt tappevann utgjør > 60 % av varmebehovet => Mindre grad av energifleksibilitet, men samtidig redusert årlig energibehov

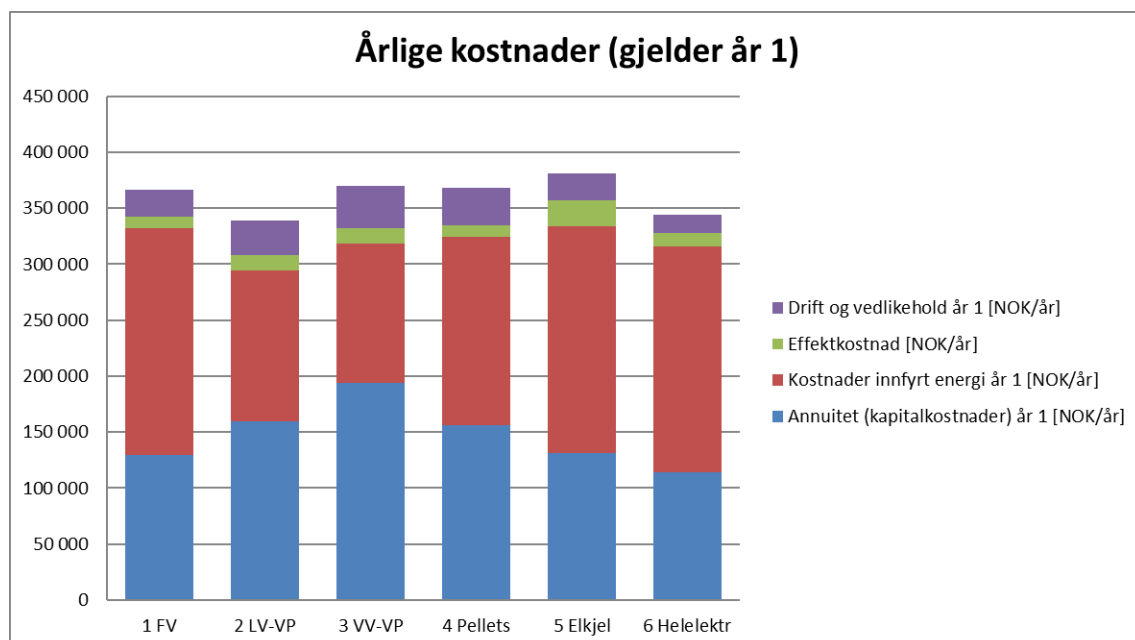
Av disse alternativene innebærer det lavest investeringskostnader å installere vannbårne varmebatterier, ettersom det gir et enklere rørdistribusjonsnett. Iht. Tabell 4.3 vil en slik løsning dekke 64 % av byggets varmebehov.

Tabell 5.7 Kostnader og behov for levert energi for boligblokk med > 60 % energifleksibile varmesystemer (elektrisk romoppvarming, vannbårne varmebatterier og felles tappevannsoppvarming tilkoblet byggets varmesentral)

	1 FV	2 LV-VP	3 VV-VP	4 Pellets	5 Elkjel	6 Helelektrisk
Investering år 0 [NOK]	2 415 000	2 720 000	3 240 000	2 675 000	2 400 000	1 690 000
(hvorav varmekilde)	65 000	375 000	290 000	330 000	55 000	0
Total investering over byggets levetid	2 415 000	3 840 000	5 010 000	3 665 000	2 560 000	1 690 000
(hvorav varmekilde)	65 000	1 500 000	1 160 000	1 320 000	220 000	0
Annuitet (kapitalkostnader) år 1 [NOK/år]	129 481	160 014	193 552	156 021	131 168	114 540
Kostnader innfyrt energi år 1 [NOK/år]	202 274	134 500	125 232	168 129	202 814	200 978
Effektkostnad [NOK/år]	10 900	13 540	13 140	10 900	22 980	12 060
Drift og vedlikehold år 1 [NOK/år]	24 128	30 941	38 293	33 347	24 527	16 900
Årskostnad innfyrt energi +effekt + D&V år 1 [NOK/år]	237 303	178 981	176 666	212 376	250 320	229 938
Total årskostnad inkl kapitalkost år 1 [NOK/år]	366 784	338 995	370 217	368 397	381 488	344 478
Ekv. energikostnad år 1 (LCOE) [kr/kWh]	2,03	1,88	2,05	2,04	2,12	1,91
Diskontert total kostnad over 50 år [NOK]	7 510 617	6 913 652	7 584 371	7 545 258	7 826 490	6 629 603
Årlig energibruk til varme (levert energi) [kWh]	189 191	127 079	118 322	219 760	191 623	189 888
Økning sammenlignet med helelektrisk [kWh]	-697	-62 810	-71 566	29 871	1 735	0

Merknad: for forklaring av de seks alternativene, se innledningen til kap. 5.

Figur 5.7 Årlige kostnader varmforsyning boligblokk med > 60 % energifleksibile varmesystemer



Merknad: for forklaring av de seks alternativene, se innledningen til kap. 5.

5.3.4 Boligblokk med 80 % fleksibilitet

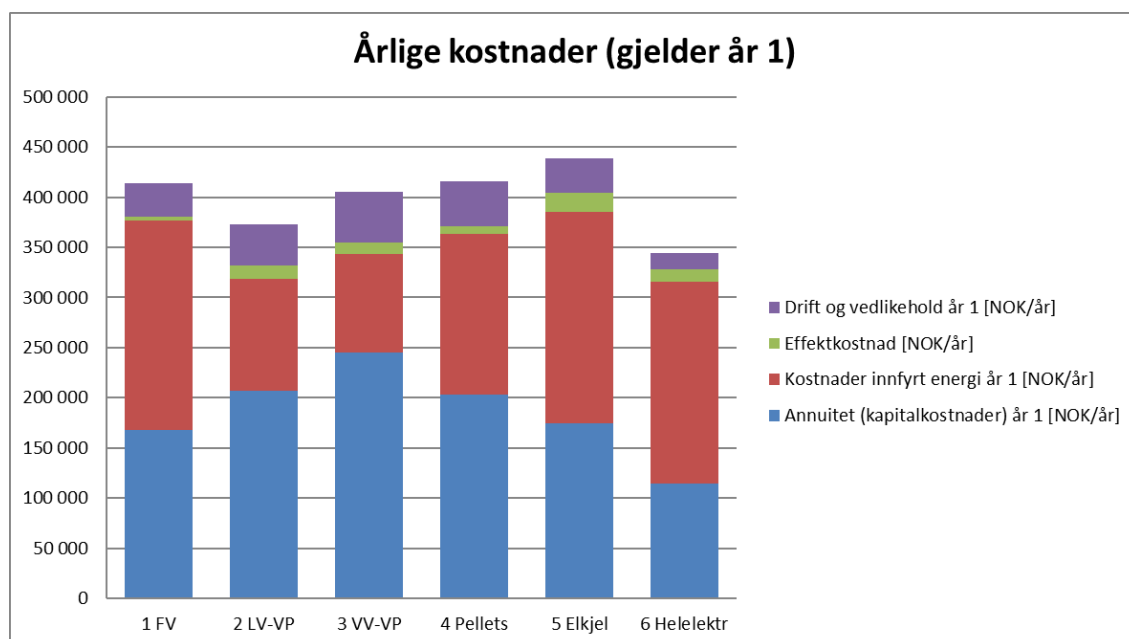
Ved krav om > 80 % vil det i tillegg til felles tappevannsoppvarming også være behov for vannbåren romoppvarming. Det vil om ønskelig være mulig å benytte elektriske varmebatterier. Iht. Tabell 4.3 vil en slik løsning dekke 87 % av byggets varmebehov.

Tabell 5.8 Kostnader og behov for levert energi for boligblokk med > 80 % energifleksible varmesystemer (vannbåren romoppvarming, elektriske varmebatterier og felles tappevannsoppvarming tilkoblet byggets varmesentral)

	1 FV	2 LV-VP	3 VV-VP	4 Pellets	5 Elkjel	6 Hel-elektrisk
Investering år 0 [NOK]	3 295 000	3 695 000	4 280 000	3 645 000	3 330 000	1 690 000
(hvorav varmekilde)	90 000	490 000	395 000	440 000	125 000	0
Total investering over byggets levetid	3 295 000	5 155 000	6 480 000	4 955 000	3 705 000	1 690 000
(hvorav varmekilde)	90 000	1 960 000	1 580 000	1 760 000	500 000	0
Annuitet (kapitalkostnader) år 1 [NOK/år]	167 573	207 340	245 284	202 822	174 703	114 540
Kostnader innfyrt energi år 1 [NOK/år]	209 428	111 566	98 184	160 123	210 206	200 978
Effektkostnad [NOK/år]	3 560	12 540	11 440	7 760	19 410	12 060
Drift og vedlikehold år 1 [NOK/år]	32 938	41 812	50 130	45 183	34 554	16 900
Årskostnad innfyrt energi +effekt + D&V år 1 [NOK/år]	245 925	165 917	159 754	213 066	264 171	229 938
Total årskostnad inkl kapitalkost år 1 [NOK/år]	413 498	373 257	405 038	415 889	438 873	344 478
Ekv. energikostnad år 1 (LCOE) [kr/kWh]	2,29	2,07	2,25	2,31	2,43	1,91
Diskontert total kostnad over 50 år [NOK]	8 576 782	7 712 323	8 395 045	8 628 140	9 121 906	6 629 603
Årlig energibruk til varme (levert energi) [kWh]	195 097	105 410	92 766	239 235	198 608	189 888
Økning sammenlignet med hel elektrisk [kWh]	5 208	-84 479	-97 122	49 347	8 719	0

Merknad: for forklaring av de seks alternativene, se innledningen til kap. 5.

Figur 5.8 Årlige kostnader varmforsyning boligblokk med > 80 % energifleksible varmesystemer



Merknad: for forklaring av de seks alternativene, se innledningen til kap. 5.

5.3.5 Boligblokk med 100 % fleksibilitet

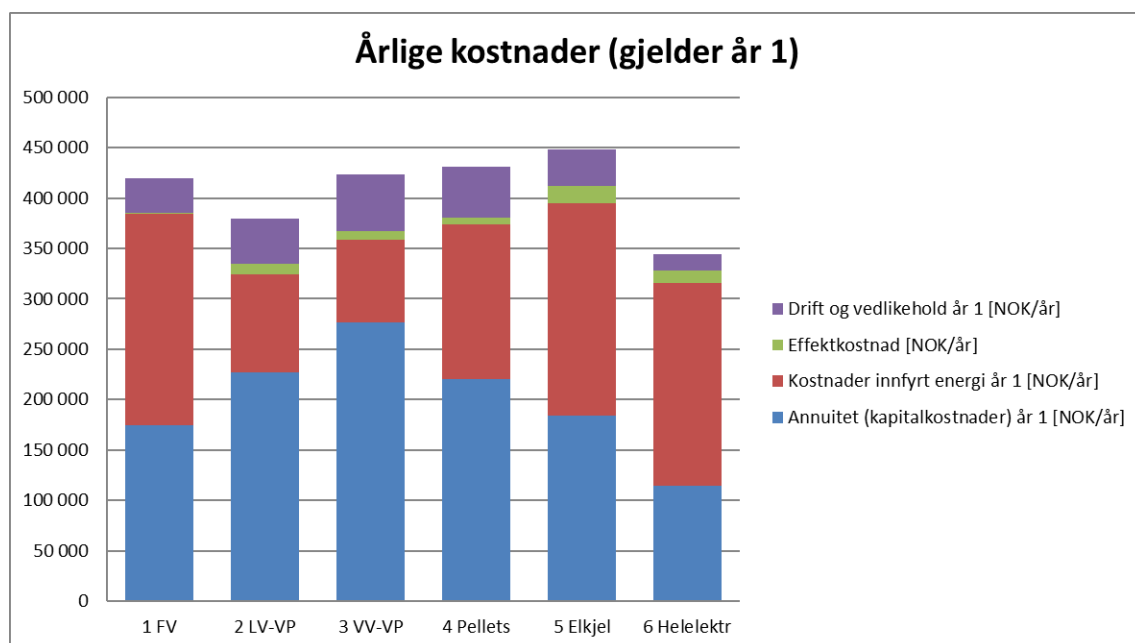
Dersom det blir krav om at 100 % av varmebehovet i bygget skal kunne dekkes med energifleksible varmesystemer, så innebærer det at både rom-, ventilasjons- og tappevannsoppvarming må være vannbårent.

Tabell 5.9 Kostnader og behov for levert energi for boligblokk med 100 % energifleksible varmesystemer (vannbåren romoppvarming, elektriske varmebatterier og felles tappevannsoppvarming tilkoblet byggets varmesentral)

	1 FV	2 LV-VP	3 VV-VP	4 Pellets	5 Elkjel	6 Helelektrisk
Investering år 0 [NOK]	3 370 000	3 905 000	4 675 000	3 840 000	3 430 000	1 690 000
(hvorav varmekilde)	100 000	635 000	510 000	570 000	160 000	0
Total investering over byggets levetid	3 370 000	5 810 000	7 540 000	5 545 000	3 910 000	1 690 000
(hvorav varmekilde)	100 000	2 540 000	2 040 000	2 280 000	640 000	0
Annuitet (kapitalkostnader) år 1 [NOK/år]	174 104	226 510	276 145	220 600	183 817	114 540
Kostnader innfyrt energi år 1 [NOK/år]	210 125	97 860	82 508	153 564	211 018	200 978
Effektkostnad [NOK/år]	1 320	10 240	8 540	6 680	17 340	12 060
Drift og vedlikehold år 1 [NOK/år]	33 714	45 402	56 284	49 769	35 909	16 900
Årskostnad innfyrt energi +effekt + D&V år 1 [NOK/år]	245 160	153 502	147 332	210 013	264 267	229 938
Total årskostnad inkl kapitalkost år 1 [NOK/år]	419 264	380 012	423 477	430 613	448 085	344 478
Ekv. energikostnad år 1 (LCOE) [kr/kWh]	2,32	2,11	2,35	2,39	2,48	1,91
Diskontert total kostnad over 50 år [NOK]	8 638 000	7 794 778	8 728 508	8 881 805	9 257 129	6 629 603
Årlig energibruk til varme (levert energi) [kWh]	195 347	92 460	77 956	245 982	199 375	189 888
Økning sammenlignet med helelektrisk [kWh]	5 459	-97 428	-111 933	56 094	9 487	0

Merknad: for forklaring av de seks alternativene, se innledningen til kap. 5.

Figur 5.9 Årlige kostnader varmforsyning boligblokk med 100 % energifleksible varmesystemer



Merknad: for forklaring av de seks alternativene, se innledningen til kap. 5.

5.3.6 Oppsummering boligblokk

For boligblokker over 1000 m² så er det i dagens byggeforskrifter krav om minst 60 % energifleksible varmesystemer. For boligblokker under 1000 m², så er det i dagens forskrifter ingen regler knyttet til dette.

Vurderingene i Tabell 4.3 tilsier at det for boligblokker kan ha stor betydning hvilket kravnivå man velger for andel energifleksibel varmforsyning.

Et kravnivå på 50 % åpner for at utbygger kan velge at kun tappevannsoppvarmingen er energifleksibel, noe som gir betydelig reduserte investeringskostnader, men samtidig begrenser det graden av energifleksibilitet for beboerne. Beregningene i kap. 5.3.2 viser at i dette tilfellet så har de vannbårne alternativene omtrent tilsvarende total kostnad som den helelektriske løsningen. Det er flere grunner til at kostnadsbildet blir annerledes for boligblokk enn for småhusene. Først og fremst skyldes det at man i en boligblokk installerer betydelig større kjeler/varmepumper enn i småhus, og enhetskostnaden per kW er betydelig lavere for større effekter. I tillegg så kan man i boligblokker i større grad utnytte lavere samtidighet knyttet til effektbehovet, fordi i et bygg med mange boenheter vil effektpådraget fordele seg bedre over døgnet enn man kan legge til grunn i småhusene.

Dersom man beholder dagens grenseverdi på 60 %, så har utbygger i praksis mange ulike alternativer til mulige tiltak for å ivareta dette kravet. Dersom kravet økes utover 80 % mister utbygger dette mulighetsrommet.

Vannbårne varmebatterier og felles tappevannsoppvarming tilkoblet byggets varmesentral vil dekke ca. 64 % av byggets varmebehov. Total kostnaden for beboer (inkl. kapitalkostnad) vil i dette tilfellet være omtrent den samme som i tilfellet med kun felles tappevannsbereder. Også i dette tilfellet har de vannbårne alternativene omtrent samme total kostnader som helelektrisk varmforsyning. Forskjellen er imidlertid svært liten, og godt innenfor feilmarginen som må forventes for denne typen vurderinger.

En kombinasjon av vannbåren romoppvarming og felles tappevannsoppvarming tilkoblet byggets varmesentral vil dekke ca. 87 % av byggets varmebehov. I dette tilfellet vil vannbåren varme ha litt høyere total kostnader over byggets levetid enn den helelektriske løsningen.

5.4 Kontorbygg

5.4.1 Dagens regelverk energiforsyning kontorbygg

Iht. gjeldende versjon av TEK17 så er det for kontorbygg der byggets oppvarmede BRA er > 1000 m² krav til energifleksible varmesystemer som dekker minimum 60 prosent av normert netto varmebehov. Deresom byggets oppvarmede BRA er < 1000 m², så er det ikke spesifisert krav til varmforsyning i bygget.

Det innebærer at nullalternativet for kontorbygg > 1000 m² er 60 % energifleksible varmesystemer, jfr. vurderingene i kap. 5.4.3. Denne finnes som alternativ 6 i Tabell 5.10 – Tabell 5.13. For kontorbygg < 1000 m² er nullalternativet helelektrisk løsning.

5.4.2 Kontorbygg 50 % fleksibilitet

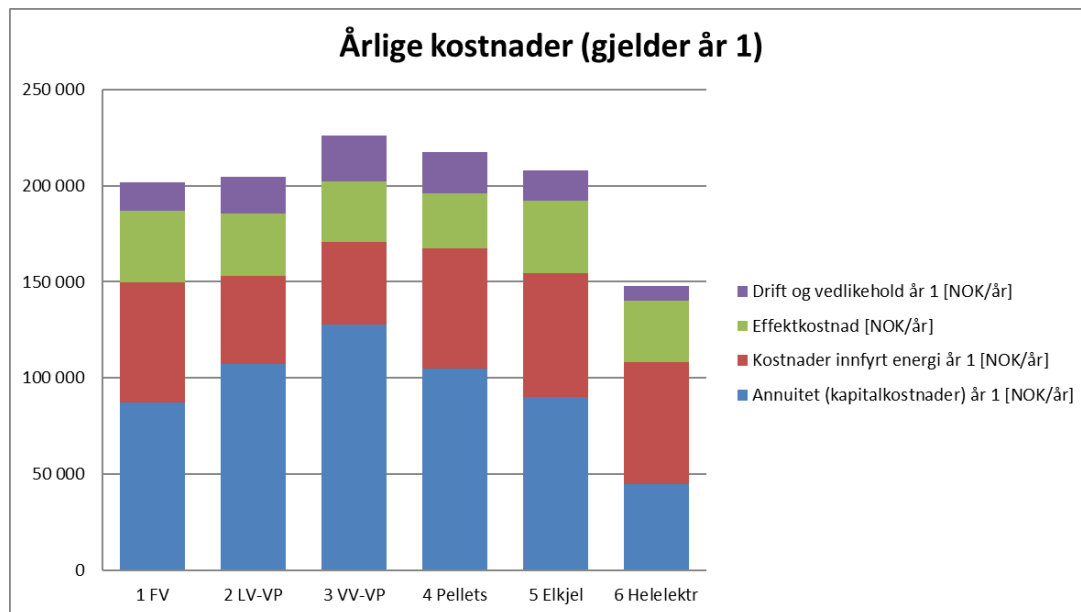
I kontorbygg tilføres det så høye luftmengder at oppvarming av ventilasjonslufta utgjør en betydelig del av byggets totale varmebehov. Det innebærer at dersom dagens krav til energifleksible varmesystemer reduseres fra 60 % til 50 %, så vil det for kontorbygg normalt være tilstrekkelig at varmebatteriene i ventilasjonssystemet er energifleksible. Dette vil iht. Tabell 4.4 dekke ca. 53 % av byggets varmebehov.

Tabell 5.10 Kostnader og behov for levert energi for kontorbygg med > 50 % energifleksible varmesystemer (elektrisk romoppvarming, vannbårne varmebatterier og benkebe- redere)

	1 FV	2 LV-VP	3 VV-VP	4 Pellets	5 Elkjel	6 Helelektrisk
Investering år 0 [NOK]	1 485 000	1 675 000	1 985 000	1 650 000	1 480 000	755 000
(hvorav varmekilde)	70 000	260 000	210 000	235 000	70 000	0
Total investering over byggets levetid	1 485 000	2 460 000	3 165 000	2 355 000	1 690 000	755 000
(hvorav varmekilde)	70 000	1 040 000	840 000	940 000	280 000	0
Annuitet (kapitalkostnader) år 1 [NOK/år]	87 160	107 430	127 622	105 026	90 062	44 700
Kostnader innfyrt energi år 1 [NOK/år]	62 530	45 611	43 058	62 234	64 431	63 378
Effektkostnad [NOK/år]	37 307	32 370	31 646	28 751	37 706	32 173
Drift og vedlikehold år 1 [NOK/år]	14 842	19 375	23 801	21 195	15 513	7 553
Årskostnad innfyrt energi +effekt + D&V år 1 [NOK/år]	114 680	97 356	98 505	112 180	117 650	103 104
Total årskostnad inkl kapitalkost år 1 [NOK/år]	201 840	204 786	226 128	217 206	207 712	147 804
Ekv. energikostnad år 1 (LCOE) [kr/kWh]	2,72	2,76	3,05	2,93	2,80	1,99
Diskontert total kostnad over 50 år [NOK]	3 947 821	4 011 103	4 469 571	4 277 907	4 073 970	2 970 176
Årlig energibruk til varme (levert energi) [kWh]	80 315	57 488	54 270	91 550	81 209	79 882
Økning sammenlignet med helelektrisk [kWh]	433	-22 394	-25 612	11 668	1 327	0

Merknad: for forklaring av de seks alternativene, se innledningen til kap. 5.

Figur 5.10 Årlige kostnader varmforsyning kontorbygg med > 50 % energifleksible varmesystemer



5.4.3 Kontorbygg med 60 % fleksibilitet

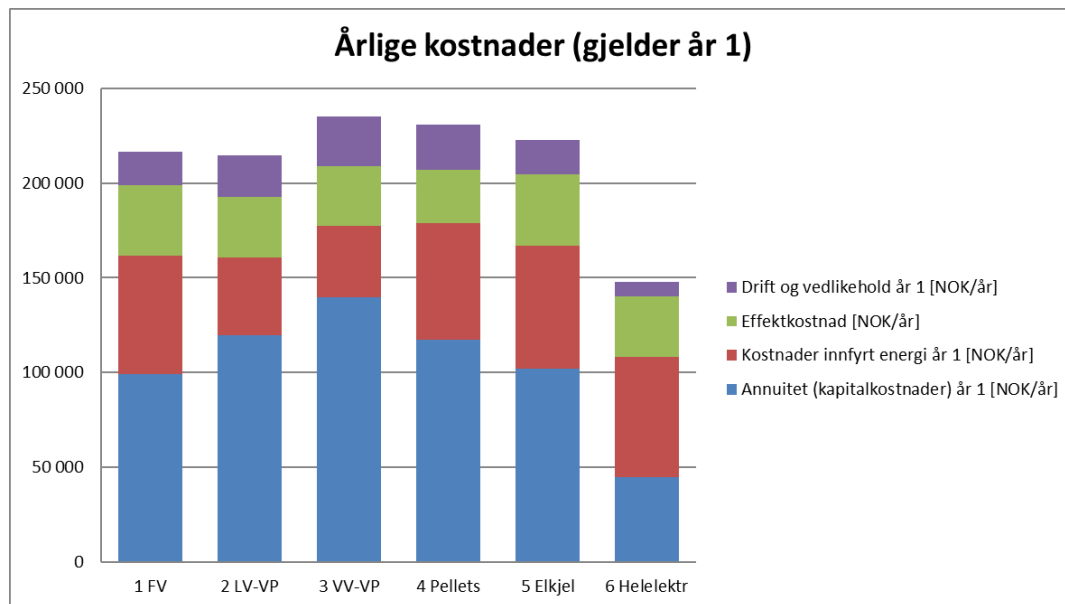
Ved krav om 60 % energifleksibel varmforsyning vil utbyggerne måtte supplere vannbårne varmebatterier med enten vannbåren romoppvarming eller felles tappevannsbereder koblet til varmekilde. Vi legger til grunn at løsningen med lavest investeringskostnad er felles tappevannsbereder koblet til byggets varmekilde, som i dette tilfellet vil kombineres med helelektrisk romoppvarming.

Tabell 5.11 Kostnader og behov for levert energi for kontorbygg med > 60 % energifleksible varmesystemer (elektrisk romoppvarming, vannbårne varmebatterier og felles tappevannsoppvarming tilkoblet byggets varmesentral)

	1 FV	2 LV-VP	3 VV-VP	4 Pellets	5 Elkjel	6 Helelektrisk
Investering år 0 [NOK]	1 745 000	1 935 000	2 250 000	1 910 000	1 745 000	755 000
(hvorav varmekilde)	70 000	260 000	210 000	235 000	70 000	0
Total investering over byggets levetid	1 745 000	2 725 000	3 430 000	2 615 000	1 950 000	755 000
(hvorav varmekilde)	70 000	1 040 000	840 000	940 000	280 000	0
Annuitet (kapitalkostnader) år 1 [NOK/år]	99 288	119 559	139 751	117 155	102 191	44 700
Kostnader innfyrt energi år 1 [NOK/år]	62 137	40 907	37 704	61 765	64 522	63 378
Effektkostnad [NOK/år]	37 434	32 069	31 285	28 149	37 848	32 173
Drift og vedlikehold år 1 [NOK/år]	17 462	21 994	26 421	23 815	18 132	7 553
Årskostnad innfyrt energi + effekt + D&V år 1 [NOK/år]	117 033	94 970	95 409	113 729	120 502	103 104
Total årskostnad inkl kapitalkost år 1 [NOK/år]	216 322	214 529	235 160	230 883	222 693	147 804
Ekv. energikostnad år 1 (LCOE) [kr/kWh]	2,91	2,89	3,17	3,11	3,00	1,99
Diskontert total kostnad over 50 år [NOK]	4 260 323	4 221 815	4 665 018	4 573 135	4 397 198	2 970 176
Årlig energibruk til varme (levert energi) [kWh]	80 203	51 560	47 522	94 299	81 324	79 882
Økning sammenlignet med helelektrisk [kWh]	321	-28 322	-32 360	14 417	1 442	0

Merknad: for forklaring av de seks alternativene, se innledningen til kap. 5.

Figur 5.11 Årlige kostnader varmforsyning kontorbygg med > 60 % energifleksible varmesystemer



5.4.4 Kontorbygg med 80 % fleksibilitet

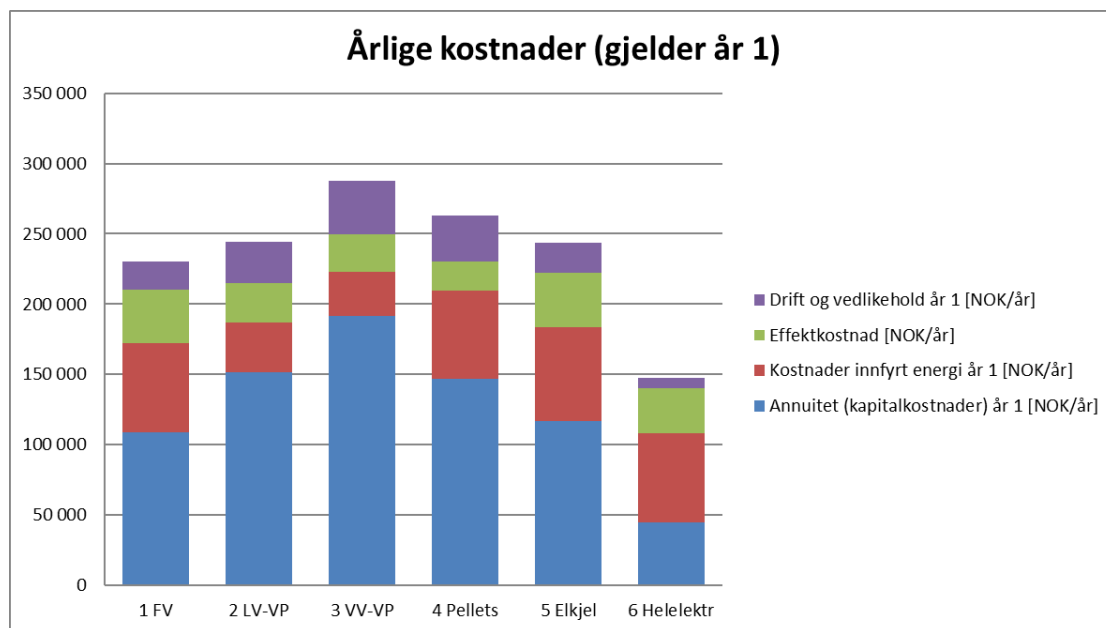
Ved krav om 80 % energifleksibel varmforsyning vil utbyggerne måtte supplere vannbårne varmebatterier med vannbåren romoppvarming. Tappevann kan i dette tilfellet ivaretas med benkeberedere i de enkelte etasjene.

Tabell 5.12 Kostnader og behov for levert energi for kontorbygg med > 80 % energifleksible varmesystemer (vannbåren romoppvarming, vannbårne varmebatterier og benkeberedere)

	1 FV	2 LV-VP	3 VV-VP	4 Pellets	5 Elkjel	6 Helelekt
Investering år 0 [NOK]	1 945 000	2 375 000	2 995 000	2 325 000	1 990 000	755 000
(hvorav varmekilde)	90 000	525 000	425 000	470 000	140 000	0
Total investering over byggets levetid	1 945 000	3 945 000	5 350 000	3 730 000	2 405 000	755 000
(hvorav varmekilde)	90 000	2 100 000	1 700 000	1 880 000	560 000	0
Annuitet (kapitalkostnader) år 1 [NOK/år]	108 627	151 361	191 607	146 570	116 746	44 700
Kostnader innfyrt energi år 1 [NOK/år]	63 528	35 659	31 453	63 040	66 660	63 378
Effektkostnad [NOK/år]	38 441	28 237	26 755	20 826	39 162	32 173
Drift og vedlikehold år 1 [NOK/år]	19 454	28 989	37 812	32 620	21 292	7 553
Årskostnad innfyrt energi + effekt + D&V år 1 [NOK/år]	121 424	92 885	96 020	116 487	127 113	103 104
Total årskostnad inkl kapitalkost år 1 [NOK/år]	230 051	244 247	287 627	263 057	243 859	147 804
Ekv. energikostnad år 1 (LCOE) [kr/kWh]	3,10	3,29	3,88	3,54	3,29	1,99
Diskontert total kostnad over 50 år [NOK]	4 553 847	4 858 807	5 790 703	5 262 887	4 850 486	2 970 176
Årlig energibruk til varme (levert energi) [kWh]	82 546	44 945	39 644	101 051	84 018	79 882
Økning sammenlignet med helelekt [kWh]	2 664	-34 937	-40 238	21 169	4 136	0

Merknad: for forklaring av de seks alternativene, se innledningen til kap. 5.

Figur 5.12 Årlige kostnader varmforsyning kontorbygg med > 80 % energifleksible varmesystemer



5.4.5 Kontorbygg med 100 % fleksibilitet

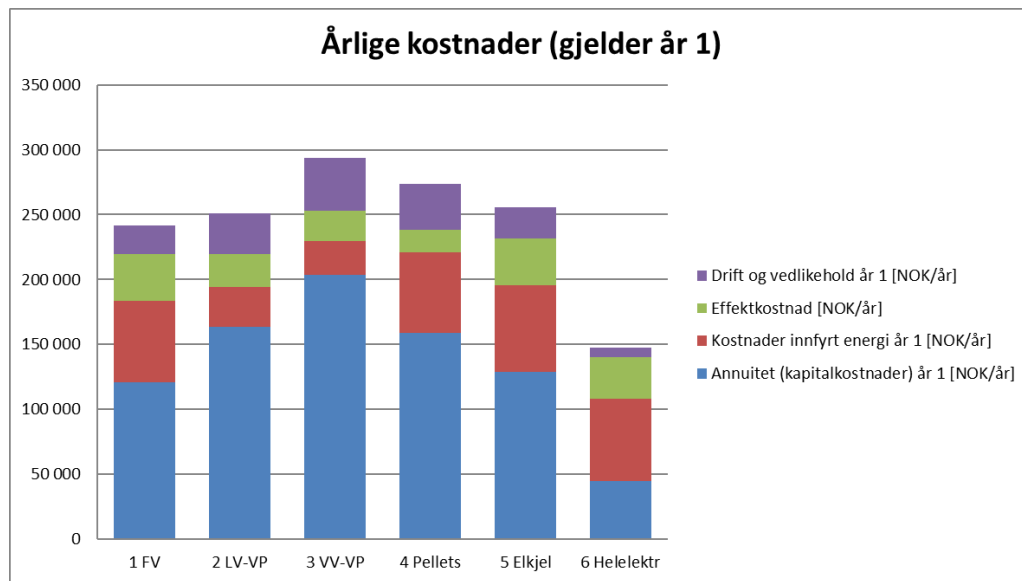
Dersom det blir krav om at 100 % av varmebehovet i bygget skal kunne dekkes med energifleksibel oppvarming, så innebærer det at både rom-, ventilasjons- og tappevannsoppvarming må være vannbårent.

Tabell 5.13 Kostnader og behov for levert energi for kontorbygg med 100 % energifleksible varmesystemer (vannbåren romoppvarming, vannbårne varmebatterier og felles tappevannsoppvarming tilkoblet byggets varmesentral)

	1 FV	2 LV-VP	3 VV-VP	4 Pellets	5 Elkjel	6 Heleletrisk
Investering år 0 [NOK]	2 205 000	2 640 000	3 260 000	2 585 000	2 255 000	755 000
(hvorav varmekilde)	90 000	525 000	425 000	470 000	140 000	0
Total investering over byggets levetid	2 205 000	4 205 000	5 610 000	3 995 000	2 665 000	755 000
(hvorav varmekilde)	90 000	2 100 000	1 700 000	1 880 000	560 000	0
Annuitet (kapitalkostnader) år 1 [NOK/år]	120 755	163 490	203 735	158 699	128 874	44 700
Kostnader innfyrt energi år 1 [NOK/år]	63 135	30 956	26 100	62 572	66 751	63 378
Effektkostnad [NOK/år]	35 474	24 963	23 438	17 337	36 206	32 173
Drift og vedlikehold år 1 [NOK/år]	22 074	31 609	40 431	35 240	23 911	7 553
Årskostnad innfyrt energi +effekt + D&V år 1 [NOK/år]	120 683	87 528	89 969	115 149	126 868	103 104
Total årskostnad inkl kapitalkost år 1 [NOK/år]	241 439	251 018	293 704	273 847	255 742	147 804
Ekv. energikostnad år 1 (LCOE) [kr/kWh]	3,25	3,38	3,96	3,69	3,45	1,99
Diskontert totalkostnad over 50 år [NOK]	4 799 896	5 005 671	5 922 669	5 496 096	5 107 169	2 970 176
Årlig energibruk til varme (levert energi) [kWh]	82 433	39 016	32 896	103 800	84 133	79 882
Økning sammenlignet med heleletrisk [kWh]	2 551	-40 865	-46 986	23 918	4 251	0

Merknad: for forklaring av de seks alternativene, se innledningen til kap. 5

Figur 5.13 Årlige kostnader varmforsyning kontorbygg med 100 % energifleksible varmesystemer



Merknad: for forklaring av de seks alternativene, se innledningen til kap. 5.

5.4.6 Oppsummering kontor

For kontorbygg over 1000 m² så er det i dagens byggeforskrifter krav om minst 60 % energifleksible varmesystemer. For kontorbygg under 1000 m², så er det i dagens forskrifter ingen regler knyttet til dette.

Tilsvarende som for boligblokk, så tilsier vurderingene i Tabell 4.4 at hvilket kravsnivå man velger for andel energifleksibel varmforsyning, vil kunne ha stor betydning for hvilke vannbårne energiforsyningsløsninger som velges.

Et krav på 50 % åpner for at utbygger kan velge at kun ventilasjonsvarmen er energifleksibel. Beregningene i kap. 5.4.2 viser at i dette tilfellet så får de vannbårne alternativene mellom 35 % og 50 % høyere årlig kostnad enn den helelektriske løsningen. En betydelig del av denne merkostnaden skyldes kravet til størrelse på teknisk rom for å få plass til varmesentralen.

Dersom man beholder dagens grenseverdi på 60 %, så har utbygger i praksis ulike alternativer til hvordan dette kravet skal oppfylles, så et slikt krav gir et økt mulighetsrom for valg av tiltak til utbygger.

Vår vurdering er at løsningen som vil bli valgt av utbyggere som fokuserer på lavest mulig investeringskostnad, er vannbårne varmebatterier og felles tappevannsoppvarming tilkoblet byggets varmesentral. En slik løsning vil dekke ca. 68 % av byggets varmebehov. Den årlige kostnaden vil i dette tilfellet være mellom 4 og 8 % høyere enn i tilfellet med kun vannbåren ventilasjonsvarme. Kostnadsforskjellen fra den helelektriske løsningen blir dermed enda litt større enn i tilfellet med kun vannbåren ventilasjonsvarme.

En kombinasjon av vannbåren romoppvarming og ventilasjonsvarme vil dekke ca. 85 % av byggets varmebehov. Dette gir enda høyere årlig kostnad enn de andre alternativene som er analysert. Den årlige kostnaden er minst 60 % høyere enn for helelektriske varmforsyningsløsninger.

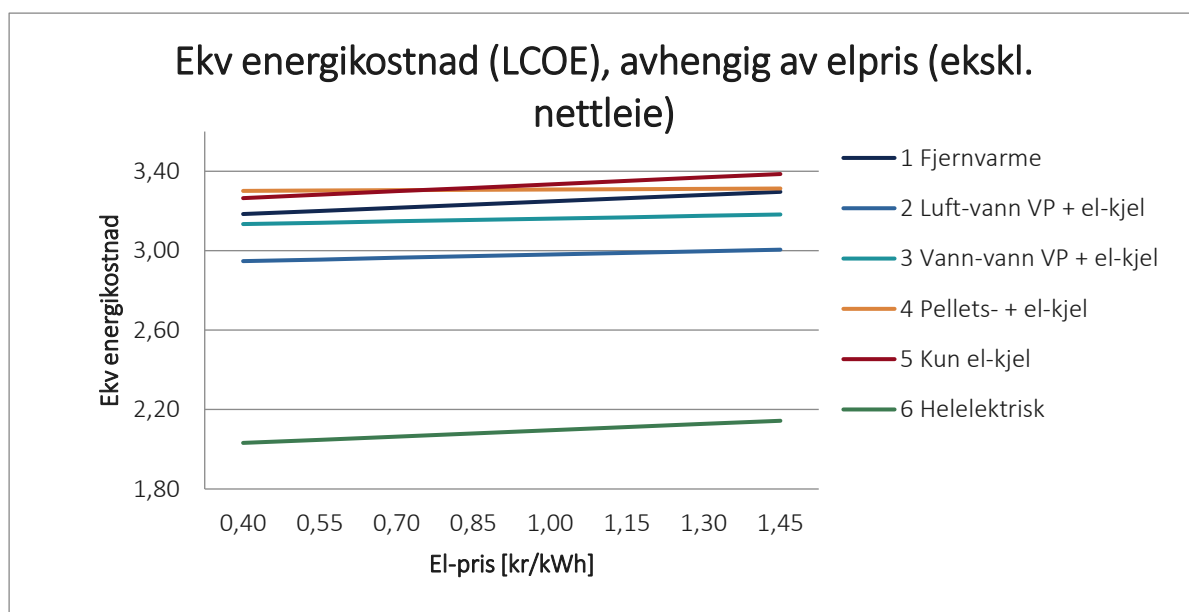
Det er også verdt å påpeke at dagens formulering av krav til energifleksibilitet (x % av byggets varmebehov) i enkelte tilfeller gir anledning til å unngå krav om vannbåren romoppvarming, dersom man øker luftmengdene som benyttes i energiberegningen eller benytter aggregater med dårligere varmegjennvinningsgrad. Dette gir altså en potensiell kostnadsbesparelse for utbygger ved å gjøre tiltak som øker byggets energibehov. Dette gjelder imidlertid kun bygg som er såpass energieffektive at forskriftens grenseverdi for maksimalt netto energibehov fortsatt er ivaretatt ved en slik økning i modellerte luftmengder eller ved redusert varmegjennvinningsgrad.

5.5 Sensitivitetsanalyse: ulike kraftpriser

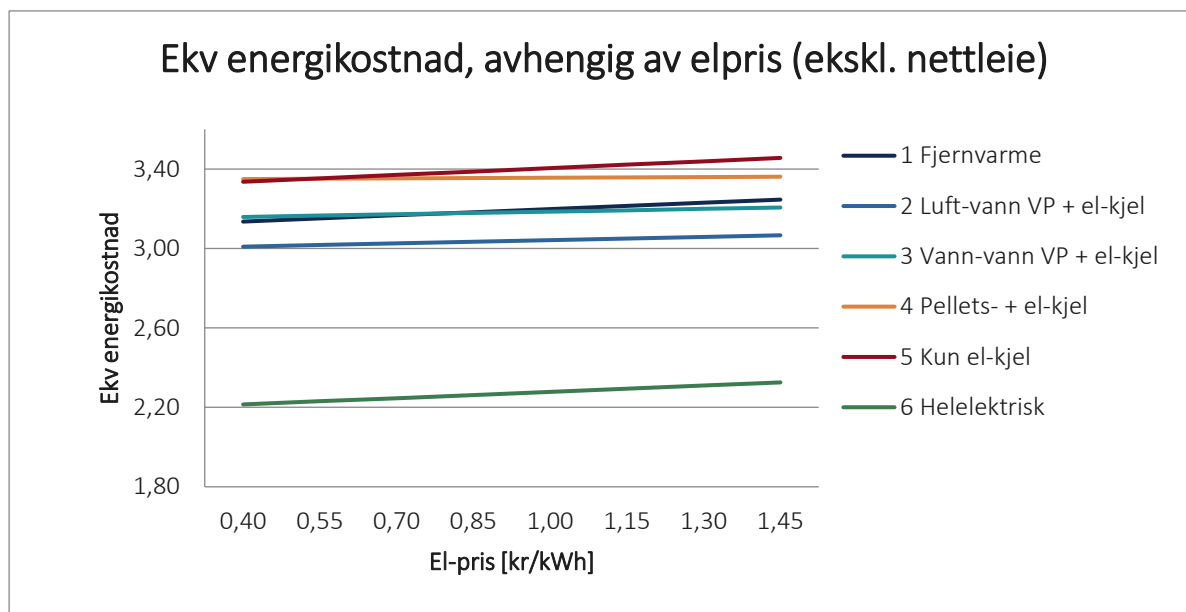
Framtidig kraftpris er svært usikker. Vi har derfor sett på hvordan totalkostnadene (LCOE) påvirkes av endringer i kraftpris (eksl. nettleie og avgifter) i et intervall fra 0,40 kr/kWh til 1,45 kr/kWh. Sensitivitetsanalysen er kun utført for vurderingene der alle varmesystemer er vannbårne. Resultatene er vist på Figur 5.14–Figur 5.17.

I sensitivitetsanalysen er det lagt til grunn en strømstøtte ved høye kraftpriser, jfr. kap. 3.3.1, dvs. for boliger er det lagt til grunn 90 % støtte for kraftpriser over 70 øre/kWh. Det innebærer at analysen for boliger ikke påvirkes veldig av høyere kraftpris. For kontorbygget gjelder ingen slik kompensasjonsordning, så den bygningskategorien er mye mer utsatt for endringer i kraftprisen.

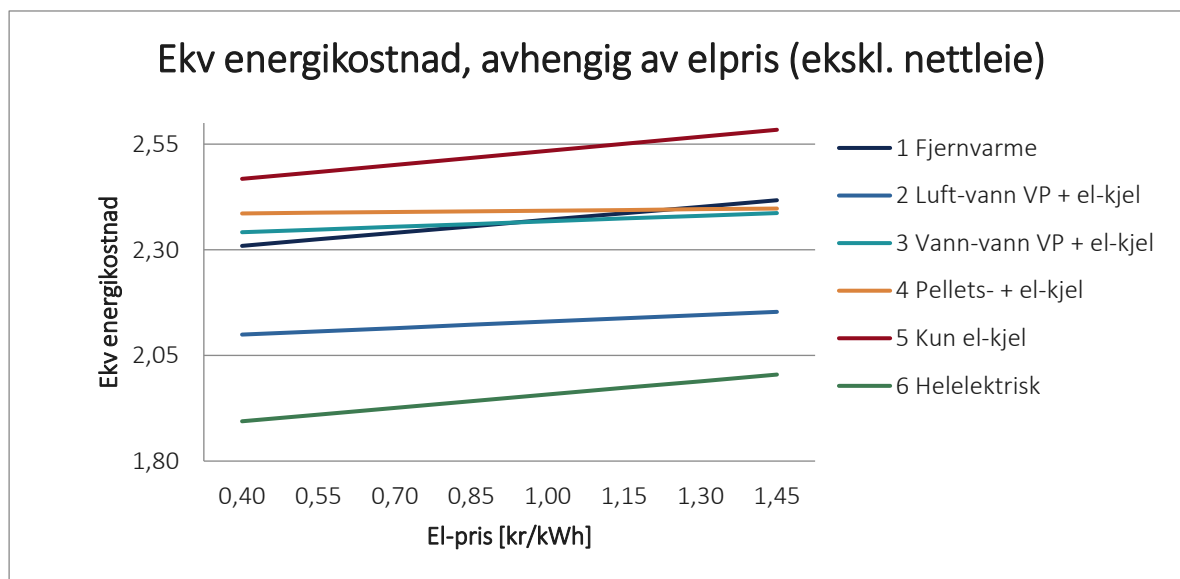
Figur 5.14 Totalkostnaden (LCOE) for enebolig ved ulike nivåer på kraftpris



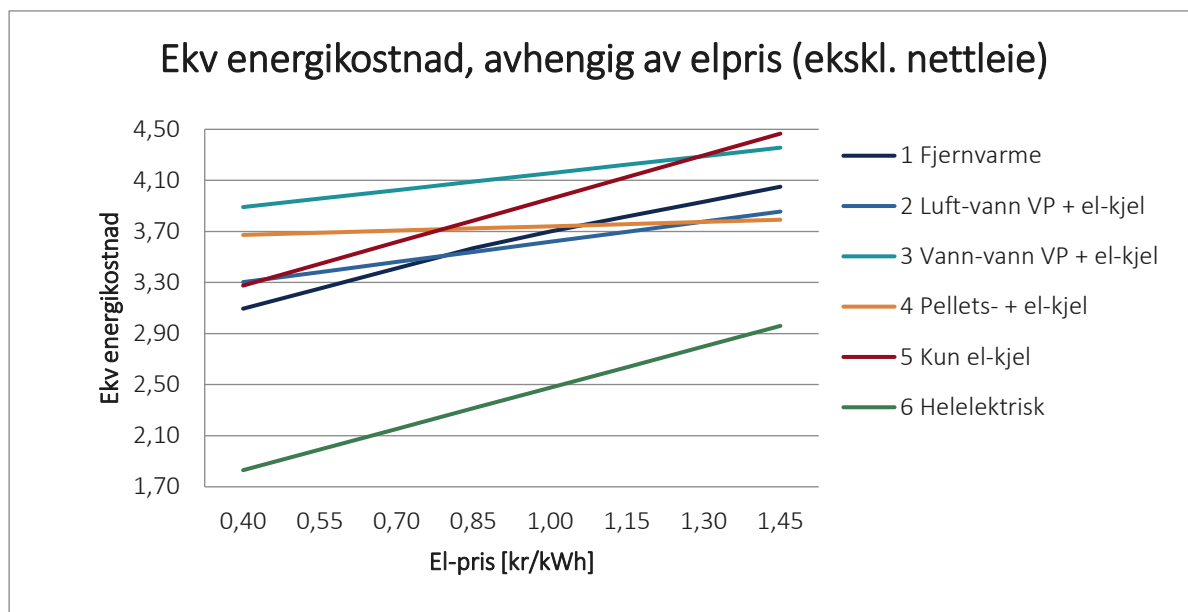
Figur 5.15 Totalkostnaden (LCOE) for firemannsbolig ved ulike nivåer på kraftpris



Figur 5.16 Totalkostnaden (LCOE) for boligblokk ved ulike nivåer på kraftpris



Figur 5.17 Totalkostnaden (LCOE) for kontorbygg ved ulike nivåer på kraftpris



6 Spesialtilfeller

Kostnadsberegninger i kapittel 5 var basert på teknologiene som vi identifiserte som de mest sannsynlige, utfra investeringskostnader, i kap. 4. Nedenfor drøfter vi noen andre tilfeller for energiløsninger.

6.1 Væske-vann varmepumpe og egenprodusert solenergi med sesonglagring

Dette tilfellet handler først og fremst om hvordan man produserer termisk energi (varme og kjøling). Sesonglagring av solenergi (lagring av varme om sommeren) er foreløpig i sin spede begynnelse i Norge, men det tekniske potensialet er stort. Teknologien kan brukes for enkeltbygg eller flere bygg som ligger nær hverandre, slik som man har gjort i det såkalte Geotermosprosjektet på Fjell i Drammen. Teknologien kan også brukes som et forsyningselement i fjernvarmeanlegg.

I og for seg vil varmeanlegget (distribusjonsanlegget) i et bygg som baserer seg på et sesongvarmelager i liten grad skille seg fra et bygg som f.eks. har vann/vann varmepumpe eller el-kjel. En liten forskjell kan være at man sørger for å øke heteflater og annet som kan avgi varme. Dette fordi man da kan avgi nødvendig termisk effekt med forholdsvis lave systemtemperaturer. Rent praktisk kan dette gjøres f.eks. ved å legge gulvvarmerør litt tettere enn det man ellers ville ha gjort, og/eller øke overflatene på radiatorer. Slike tiltak vil øke kostnadene for varmedistribusjonen noe.

Løsninger med sesonglagring av solvarme og varmepumper skaffer først og fremst til veie energi. Løsningene virker etter vårt syn i liten grad inn på spørsmål knyttet til varmedistribusjon.

6.2 Væske-vann varmepumpe og fjernvarme

Dette er en løsning som normalt innebærer at grunnlasten dekkes av varmepumpe, mens fjernvarme benyttes kun til å dekke spisslast og eventuelt reservelast. Løsningen kan være aktuell dersom fjernvarmeselskap aksepterer å være spisslastleverandør. Enkelte fjernvarmeleverandører (f.eks. Hafslund Oslo Celsio) har egne fjernvarmetariffer som benyttes i slike tilfeller.

Hovedforskjellen mellom Celsios ordinære tariff og spisslasttariffen er at i ordinær tariff betaler man effektledd iht. høyeste målte effekt hver måned, mens i spisslasttariffen betaler man effektledd iht. hvilken effekt man abonnerer på, altså det man forventer at er høyeste effektuttak over året. Dette innebærer at effektleddet blir betydelig høyere dersom fjernvarme benyttes kun til spisslast.

Andre fjernvarmeleverandører kan behandle dette på andre måter enn det gjøres i Oslo.

6.3 Enebolig med skorstein og vedovn

6.3.1 Kapitalkostnad

I denne beregningen har vi valgt å legge til grunn en av de vanligste og rimeligste vedovnene som er aktuelle. Det er Jøtuls modell 602. Jøtul modell 602 er en forholdsvis liten og enkel ovn som har vært

produsert i ulike varianter i flere tiår, og er en vanlig modell i norske boliger. Den har en nominell ytelse på 4,9 kW med korresponderende virkningsgrad på 81 %.⁹

Selve ovnen koster rundt 19 000 kr. Ferdig montert vil en ny Jøtul 602 representere en kostnad på om lag 25 000–30 000 kr (inkl. mva.). Montasjekostnader avhenger blant annet av røykrørforbindelsen mellom ovn og skorstein (lengde, antall bend). Dette er å anse som en minimumskostnad; vedovner kan koste 2-4 ganger dette beløpet avhengig av størrelse og utforming.



6.3.2 Energidekningsgrad

Netto årlig oppvarmingsbehov for eneboligen er angitt i Tabell 3.1. Vi legger til grunn en energidekningsgrad på 25-30 % for vedovnen, basert på Erichsen og Horgen (2011). I den vurderingen er det forutsatt at vedfyringen kan dekke 100 % effekt i de rommene der det er installert vedovn, men at disse rommene kun dekker 50 % av arealet. Videre reduseres energidekningsgraden med 25 % fordi det antas at ovnen ikke brukes 100 % av tiden siden det er manuell fyring.

Dette betyr at vedovnen skal stå for ca. 2000 kWh/år. Om vi antar en gjennomsnittlig effekt på 3 kW, betyr det at ovnen (Jøtul 602) er i drift ca. 660 timer/år. Øker man størrelsen på ovnen (effekten), f.eks. til 7-8 kW, vil driftstiden kunne reduseres til 400-500 timer/år.

6.3.3 Brenselkostnader

Kostnader for ved varierer mye. Selvhoggere regner ofte at veden er gratis fordi man anser vedhogst for å være hobby, man rydder i hager og på tomter, eller får gratis selvhogst hos naboer, venner, familie osv. I den andre enden finner vi ved som selges på bensinstasjoner som ofte er forholdsvis dyr. Vedpriser varierer med størrelse på sekk (40, 60, 80 liter) og storsekk levert på pall (1000, 1500 liter), og treslag, hvor bjørk og andre lauvtreslag er dyrere enn f.eks. gran og furuved. Utover dette varierer transportavstand og andre leveranse kostnader (bæring).

En siste faktor er fuktinnhold i veden. Ved selges ofte i volum som enhet, og da vil energiinnholdet variere med fuktighetsnivået i veden. Høy fuktighet i veden gir mindre levert energi. Tabell 6.1 viser hvordan nyttbar energimengde i ved endres med fuktighetsprosenten. Dette er altså varmeenergien vi får ut av veden når vi fyrer i en moderne ovn med 75 % virkningsgrad.

Tabell 6.1 Nyttbar energimengde (kWh) fra 22 kg ved (en 60 liters vedsekk), forutsatt ovn med 75 % virkningsgrad

Fuktighet (prosent)	Varme (kWh)
20	71
15	75
10	78
5	83
0	88

Kilde: Norsk Ved (2021)

⁹ <https://www.jotul.no/produkter/vedovner/jotul-f-602-eco>

Etter at strømprisene økte vinteren 2022/23, økte etterspørselen etter ved og vedprisene økte, kanskje så mye som 25-30 % sammenlignet med tidligere år. Tidligere var 75 kr for en 60 liter sekk med bjørkeved en representativ pris. I dag reklamerer f.eks. «Plantasjen» for en slik sekk til 119 kr (levert hjem). Dersom man selv henter ved i småsekk hos produsent, er 90–100 kr vanlig for en 60 liters sekk. Om man kjøper storsekker, vil vedprisen være lavere, men til gjengjeld må veden håndteres / stables manuelt, noe som også innebærer kostnader og tidsbruk. På denne bakgrunn har vi valgt å legge til grunn en pris på 100 kr/sekk på 60 liter.

En 60 liters bjørkesekk med minimumsvekt 22 kg og maksimum 20 fuktighetsprosent inneholder brutto 95 kWh. Men vi får ikke ut all denne energien i form av varme når vi fyrer i ovnen. I en gammel ovn får vi ut ca. 60 % varme, altså 57 kWh. I en ny, moderne ovn ca. 75 %, altså 71 kWh.

Dette betyr at brenselskostnaden for ved bruk av moderne vedovn blir 1,40 kr/kWh, men ved bruk av en gammel ovn blir kostnaden 1,75 kr/kWh. For et årsforbruk på 2000 kWh, blir brenselskostnaden 2 800 kr/år (moderne ovn) og 3 500 kr/år (gammel ovn). I tillegg til dette kommer kapitalkostnader og feiekostnader. Feiekostnaden i Oslo (ekskl. mva.) består per 2023 av et tilsynsgebyr på 102 kr pr ildsted/skorstein. Dersom feiing blir utført etter gjennomføring av tilsyn, tilkommer et feiegebyr på kr 1000 for feiing av én skorstein. Det vil normalt gjennomføres tilsyn og feiing hvert fjerde år.

Det er i dette alternativet lagt til grunn at man i tillegg til vedovnen trenger en fullt utbygget løsning for elektrisk oppvarming og skorstein. Kostnader knyttet til vedovnen kommer altså i tillegg til investeringskostnaden i alternativ 6 helelektrisk. Brenselskostnadene for ved er også høyere enn for elektrisitet, forutsatt at veden kjøpes i 60 liters bjørkesekk. (Ved fra selvhogst er nødvendigvis rimeligere, men innebærer mye arbeid, og det ansees derfor ikke som direkte sammenlignbart). Følgelig ender totalkostnaden for dette alternativet noe høyere enn for helelektrisk oppvarming.

6.3.4 Totalkostnad for vedovn

Vi har kostnadsberegnet dette alternativet på tilsvarende måte som de øvrige, og sammenlignet med det helelektriske alternativet som ble omtalt i kap. 5. Tabell 6.2 viser resultatene. Både investerings- og driftskostnader er dyrere ved vedovn enn ved helelektrisk løsning. Årlig driftskostnad er nesten 1 500 kr høyere ved vedovn.

Tabell 6.2 Kostnader og behov for levert energi for enebolig med helelektrisk varmforsyning og vedovn i kombinasjon med elektrisk varmforsyning

	6 Helelektrisk	7 Vedovn
Investering år 0 [NOK]	175 000	205 000
(hvorav varmekilde)	0	30 000
Total inv. Byggets levetid	175 000	205 000
(hvorav varmekilde)	0	30 000
Annuitet (kapitalkostnader) år 1 [NOK/år]	9 096	11 795
Kostnader innfyrt energi år 1 [NOK/år]	12 726	13 340
Effektkostnad [NOK/år]	2 260	2 260
Drift og vedlikehold år 1 [NOK/år]	1 752	2 627
Årskostnad innfyrt energi +effekt + D&V år 1 [NOK/år]	16 738	18 227
Total årskostnad inkl. kapitalkost år 1 [NOK/år]	25 834	30 022
Ekv. energikostnad år 1 (LCOE) [kr/kWh]	2,28	2,65
Diskontert total kostnad over 15 år [NOK]	534 741	0
Årlig energibruk til varme (levert energi) [kWh]	12 024	12 359
Økning sammenlignet med helelektrisk kWh]	0	335

7 Samfunnsøkonomiske virkninger

7.1 Nyttevirkninger av kravet om energifleksible varmeløsninger

Varmeforsyning til bygg utgjør en stor del av kraftforbruket i alminnelig forsyning (særlig hos husholdninger og tjenesteytende næringer) i Norge.

Økt fleksibilitet har en verdi: Hvis det er tilrettelagt for ulike oppvarmingskilder, reduserer det for det første den enkeltes avhengighet av kraftmarkedet. Tidligere hadde de aller fleste eneboliger alternative oppvarmingskilder, i praksis ofte oljefyr eller vedovn. Fleksibel energiforsyning – særlig at man har flere mulige varmeløsninger – gir muligheten til å bruke noe annet enn direkte elektrisk oppvarming (panelovn). Når kraftprisene er høye, kan man bruke andre oppvarmingskilder (slik vi tidligere har sett at vedfyringen har blitt brukt på særlig kalde dager med høye kraftpriser). Denne kostnadsvirkningen er hensyntatt i de privatøkonomiske beregningene. For det andre reduserer det sårbarheten til kraftmarkedet: Det at noen forbrukere etterspør mindre strøm, øker forsyningssikkerheten og reduserer kraftprisene for alle andre forbrukere. Det er en indirekte effekt av økt bruk av fleksible varmeløsninger.

Det er imidlertid viktig å være klar over at selv om de fleksible løsningene bruker mindre elektrisitet enn panelovn, er de alle avhengige av elektrisitet. Mao. det nytter ikke med varmepumpe når det er full strømstans. Men fleksible løsninger bidrar til å redusere belastningen til kraftsystemet i en situasjon med knapphet.

Videre vil energifleksibiliteten redusere behovet for investeringer i kraftnettet. Dette kommer også alle kraftforbrukere til gode, gjennom lavere nettleie.

Økt energifleksibilitet vil også kunne øke forsyningssikkerheten, ved å redusere sannsynligheten for et strømbrudd. Denne virkningen er imidlertid tett knyttet til redusert behov for nettutbygging, og vi drøfter det der.

Til sist kan det være noen miljø- og klimavirkninger, både positive og negative, av å innføre fleksibilitetskrav.

Nytteeffektene av å øke andelen av fleksibel varmeløsninger (i nye bygg) er med andre ord knyttet til:

1. Reduserte kostnader knyttet til byggets varmebehov, både generelt, ved at man dekker det samme energibehovet med mer effektive energikilder, og i perioder med anstrengt forsyningssikkerhet for strøm, når kraftprisene er høye.
2. Redusert behov for utbygging av kraftnettet
3. Eventuelle miljø- og klimakonsekvenser

Vi drøfter disse nytteeffektene nærmere nedenfor, og beregner nytte og kostnader *per bygg* av de ulike kategoriene. Til slutt presenterer også noen sensitiviteter, basert på alternative antakelser.

Nullalternativet i dette tilfellet er en videreføring av dagens krav til nye bygg. Dagens krav er ulike for ulike typer bygg: For enebolig og firemannsbolig er dagens krav 0 % fleksibilitet, mens for boligblokk og kontorbygg over 1000 m² oppvarmet BRA er det krav om 60 % fleksibilitet allerede i dag. Sammenligningen av alternativene vil dermed være noe ulik. Vi legger i beregningene til grunn 50 års levetid (2024–2073) og en kalkulasjonsrente på 4 %.

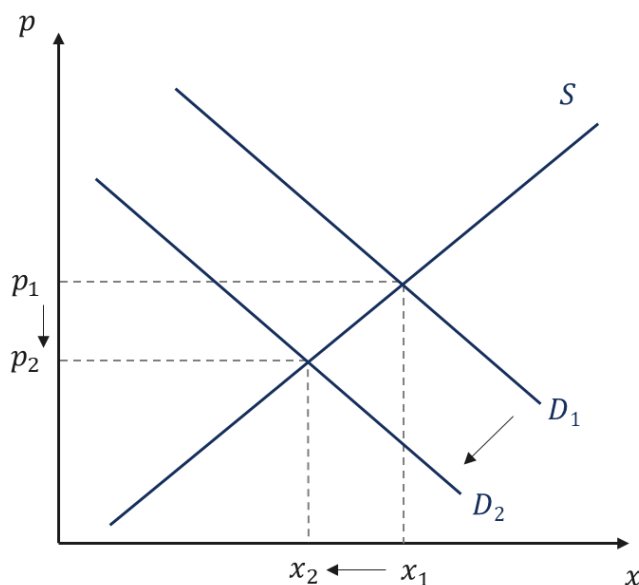
7.1.1 Reduserte kostnader som følge av lavere kraftpris

Historisk har kraftprisene vært lave og elektrisk varmforsyning relativt billig. Framover forventes det at kraftprisene vil øke, i tillegg til at de vil variere mer. Ifølge den langsiktige kraftmarkedsprognosen i NVE (2021a) vil både prisnivået være høyere i framtiden, og prisene vil variere mer, både fra dag til dag, mellom dag og natt og mellom sesongene.

Bruk av alternative varmeløsninger vil for det første redusere behovet for levert elektrisk energi hos forbrukeren som har installert energifleksible løsninger. Denne virkningen er hensyntatt i kostnadsberegningen, og gjenspeiles i lavere driftskostnad (se tabellene i kap. 5).

Men den reduserte etterspørselen hos den enkelte forbruker vil gjennom markedsmekanismer gi lavere kraftpris til alle forbrukere: Hvis noen forbrukere reduserer sitt kraftforbruk, vil den samlede etterspørselen bli redusert, noe som vil føre til lavere pris. Figur 7.1 viser denne markedsmekanismen: opprinnelig kraftforbruk er lik x_1 og pris p_1 , der etterspørselskurven D_1 og tilbudskurven S krysser hverandre. Nå noen forbrukere reduserer sin etterspørsel, flyttes etterspørselskurven D nedover. Den nye markedslievekten er der den nye etterspørselskurven D_2 og tilbudskurven S krysser hverandre. Den nye mengden kraft som blir etterspurt og produsert er x_2 , til prisen p_2 .

Figur 7.1 Lavere etterspørsel fører til lavere pris på markedet



Den lavere prisen vil komme alle kraftforbrukere til gode. På kort sikt medfører lavere etterspørsel at man slipper å ta i bruk de dyreste kraftproduksjonsteknologiene; på lang sikt vil det redusere behovet for investeringer i ny kraftproduksjonskapasitet.

I tillegg til lavere energibruk vil også etterspørselen etter effekt kunne bli redusert. Det er med andre ord to prisvirkninger: (1) lavere prisnivå i alle timer pga. lavere energietterspørsel og (2) lavere priser i enkelttimer pga. lavere effektetterspørsel.

7.1.1.1 Lavere gjennomsnittspriser i vinterhalvåret

Fleksible varmeløsninger bidrar til reduksjon av kraftetterspørselen først og fremst i oppvarmingsseksjonen, dvs. i vinterhalvåret (november–mars). Derfor vil lavere etterspørsel etter elektrisitet påvirke prisene i denne perioden, ikke i sommerhalvåret.

Det er utenfor rammen av dette prosjektet å utarbeide prisprognoser som beregner hvordan den foreslåtte regelverksendringen vil påvirke kraftprisene. Vi har imidlertid gjort noen stiliserte beregninger, basert på eksisterende prisprognoser.

Prisanslagene i den langsiktige prisprognosen til NVE (2021a) tar hensyn til energieffektiviseringstiltak. Det oppgis at energieffektiviseringstiltak, som reduserer energibruk til varmforsyning og belysning, bidrar til å redusere det årlige kraftforbruket i Norge med 8 TWh i 2040, og dette demper den gjennomsnittlige kraftprisen med 4-5 øre/kWh i 2040. Figur 5-2 i NVE (2021a) viser at den prisreduserende virkningen er sterkest i vintermånedene (særlig februar–mars). Vi legger denne antakelsen til grunn, og beregner hvor mye *et representativt hus* vil bidra til å redusere kraftprisen. Nyttvirkningen for alle forbrukere er denne prisreduksjonen ganget med samlet forbruk i Norge (også basert på NVE, 2021a).

Nyttvirkningen av lavere pris motsvares av inntektstapet for kraftprodusenter: produsentene vil tape inntekter ved at kraftprisen ikke øker. Det er altså en omfordeling fra eksisterende produsenter til konsumenter, med samfunnsøkonomisk virkning lik null.

Hvis vi imidlertid legger til grunn at man kan unngå å bygge ut ny kraftproduksjonskapasitet takket være økt fleksibilitet, er det en netto nyttevirkning. Her må vi altså skille mellom eksisterende produsenter (eller produksjonskapasitet) og ny produksjonskapasitet: Eksisterende kraftprodusenter vil tape inntekter ved at prisen ikke øker, men samtidig unngår man også investeringskostnader ved ny kraftproduksjonskapasitet.

Nettogeinsten ved økt fleksibilitet for samfunnet blir altså *unngått kraftproduksjonskapasitet* (TWh) ganget med prisnedgang som følge av lavere kraftetterspørsel (øre/kWh).¹⁰ Kraftforbruket er antatt å øke fra 146 TWh i 2025 til 159 TWh i 2030, og til 174 TWh i 2040, i NVE (2021). Dette tilsvarer en årlig økning på rundt 1,7 % i perioden 2025-2030, og 0,9 % årlig økning i 2031-2040. Vi legger til grunn en tilsvarende årlig vekst (0,9 %) til slutten av analyseperioden.

Ett bygg med fleksibel energiforsyning vil bidra til en forsvinnende liten prisreduksjon. For eksempel vil en enebolig med 50 % fleksibilitet redusere elektrisitetsforbruket med 2997 kWh, i forhold til helelektrisk oppvarming (fra Tabell 5.1). Dette fører til en nedgang i kraftprisen på 0,0000015 øre/kWh.¹¹ Den samlede besparelsen for alle forbrukere i Norge av ett energifleksibelt bygg er 0,0000015 øre/kWh x 140 TWh = 2098 kroner i 2023. Denne besparelsen motsvares imidlertid av tilsvarende tap for kraftprodusenter, så nettovirkningen i 2023 er lik null. Men nyttevirkningen av unngått ny kraftproduksjon i 2024 er 34 kr, se den nest siste kolonnen i Tabell 7.1.¹² Virkningen vil øke over tid pga. økningen i

¹⁰ En analyse av investeringskostnader for ny kraftproduksjon er utenfor rammen av dette oppdraget. For enkelthets skyld antar vi at dagens forbruk er lik dagens produksjon, slik at nettovirkningen i et gitt framtidig år som forbruk i år t minus forbruk i dag.

¹¹ Regnestykket: 8 TWh lavere etterspørsel som følge energieffektivisering fører til 4 øre/kWh lavere kraftpris, basert på NVE (2021a). 2997 kWh lavere etterspørsel fører til 0,0000015 øre/kWh lavere kraftpris.

¹² Regnestykket: Prisnedgang (0,0000015 øre/kWh) x unngått investering i ny produksjonskapasitet (142 TWh – 140 TWh) = 36 kr. Neddiskontert til 2023 blir det 34 kr.

kraftteterspørselen. Den neddiskonterte verdien over 50 år av denne nyttevirkingen er 11 403 kr per enebolig (se den siste kolonnen i Tabell 7.1).

Tilsvarende vil økt energifleksibilitet gi besparelser for andre typer bygg (firemannsbolig, boligblokk og kontorbygg). Merk at vi har beregnet virkningen per bygg. Den samlede samfunnsøkonomiske virkningen vil avhenge av antall bygg av hver type.

Tabell 7.1 Nyttevirking: Lavere kraftpris

Boligtype	Fleksibel andel	Spart energiforbruk per bygg (kWh)	Nedgang i kraftpris per bygg (øre/kWh)	Nytte ved unngå ny produksjon i 2024 (kr)	Nytte neddiskontert 2024–2073 (kr)
Eneboliger	0 %	0	0	0	0
Eneboliger	50 %	2997	0,0000015	34	11 403
Eneboliger	60 %	5264	0,0000026	60	20 028
Eneboliger	80 %	5264	0,0000026	60	20 028
Eneboliger	100 %	5788	0,0000029	66	22 022
Firemannsbolig	0 %	0	0	0	0
Firemannsbolig	50 %	12409	0,0000062	142	47 214
Firemannsbolig	60 %	12409	0,0000062	142	47 214
Firemannsbolig	80 %	12409	0,0000062	142	47 214
Firemannsbolig	100 %	13858	0,0000069	158	52 727
Boligblokk	0 %	0	0	0	0
Boligblokk	50 %	49860	0,000025	570	189 707
Boligblokk	60 %	62810	0,000031	718	238 980
Boligblokk	80 %	84479	0,000042	965	321 426
Boligblokk	100 %	97428	0,000049	1 113	370 694
Kontorbygg	0 %	0	0	0	0
Kontorbygg	50 %	22394	0,000011	256	85 205
Kontorbygg	60 %	28322	0,000014	324	107 760
Kontorbygg	80 %	34937	0,000017	399	132 928
Kontorbygg	100 %	40865	0,000020	467	155 483

Kilde: Vista Analyse

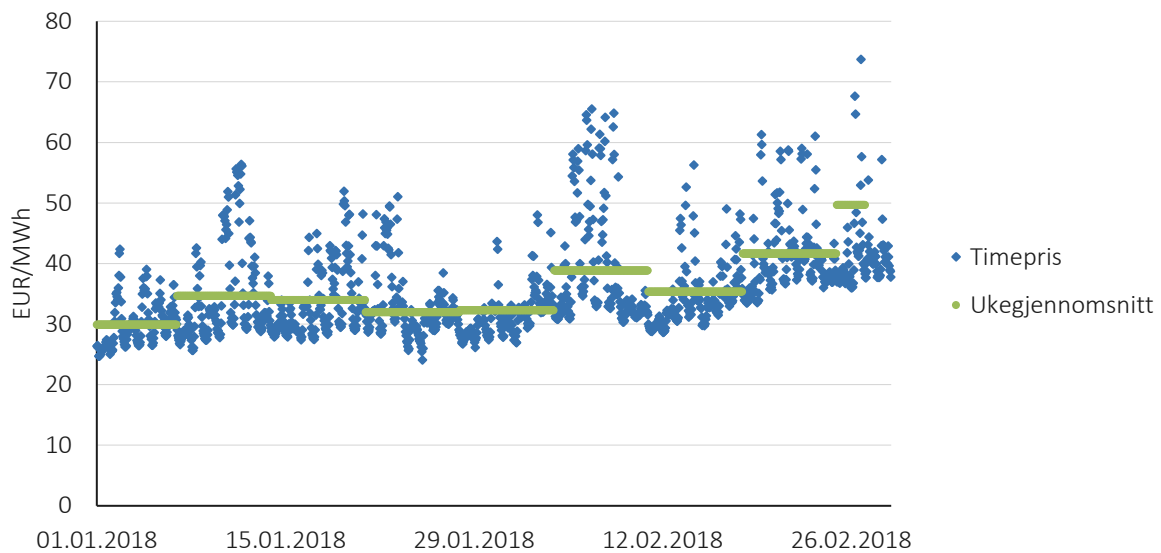
7.1.1.2 Færre timer med anstrengt effektsituasjon

Virkningen vi beskrev ovenfor handler om lavere energietterspørsel i alle timene i vintermånedene. I tillegg til at prisen i alle timene blir lavere, vil økt energifleksibilitet også bidra til å unngå effekttopper i enkelttimer. Det blir færre timer med anstrengt kapasitetssituasjon og færre timer med topplastpriser.

I januar til februar 2018 var det 52 timer da kraftpriser var 50 % høyere enn gjennomsnittet i uken. Figur 7.2 viser at i enkelte timer var prisen betydelig høyere enn gjennomsnittet. 2018 er brukt her som en illustrasjon for et relativt normalt år i kraftmarkedssammenheng: det er før perioden med ekstraordinært høye kraftpriser i 2021-2022 og før koronapandemien. 2020 var et våtår, med veldig lave kraftpriser.

Det er imidlertid vanskelig å knytte denne besparelsen til de enkelte alternativene, så vi ser bort fra denne virkningen i beregningen av samlede samfunnsøkonomiske nyttevirkninger. Nyttan kan med andre ord være større enn det vi har tallfestet.

Figur 7.2 Kraftpriser i hver time og gjennomsnittspris i Sør-Norge, januar–februar 2018



Kilde: Vista Analyse, basert på data fra ENTSO-E

7.1.2 Redusert behov for investeringer i kraftnettet

Lavere krafttetter spørsel som følge av krav om fleksible varmeløsninger i nye bygg vil også redusere behovet for utbygging av kraftnettet. Dette vil være spesielt viktig for å unngå investeringer som trenges for å ha nok kapasitet for effekttopper som varer kun noen få timer.

Det finnes analyser av hvor mye nettutbygging som må til i de nærmeste årene, særlig knyttet til elektrifiseringen av samfunnet og de nye havvindparkene. Analysene viser at det vil være behov for betydelige investeringer i årene framover for å kunne forsyne forbrukerne med strøm, særlig i relativt korte perioder hvor forbruket er spesielt høyt. Det er likevel vanskelig å anslå generelt hva nettutbygging i Norge vil koste. Kostnader ved nettutbygging eller nettforsterkning avhenger av mange ting ved den konkrete utbyggingen: hva skal bygges (nett, transformatorstasjoner, osv.), hvor lang strekningen er, topografien, osv. Vi har derfor tatt en annen tilnærming for å illustrere kostnader knyttet til nettinvesteringer.

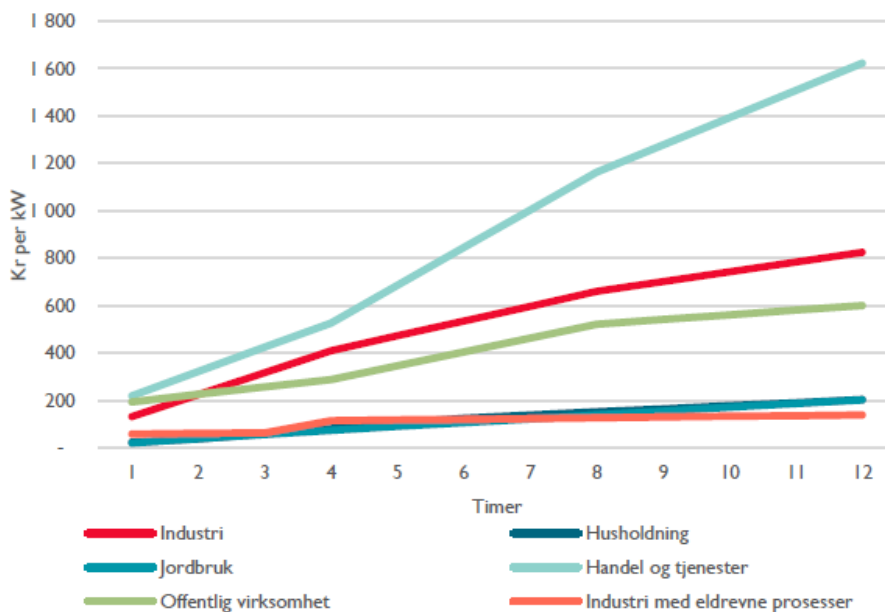
I reguleringen av nettselskapene inngår kostnader for ikke-levert energi (KILE). KILE skal gi nettselskapene incentiver til å vedlikeholde og investere i kraftnett, for å opprettholde tilfredsstillende leverings-sikkerhet.¹³ KILE-satsene skal gjenspeile den enkelte forbrukerens (eller forbrukergruppens) betalingsvillighet for å unngå strømbrudd.¹⁴ I optimum skal KILE-kostnaden være lik samfunnets betalingsvillighet for nettinvesteringer. Vi bruker derfor KILE-satsene til å beregne hvor mye samfunnet vil spare i form av unngåtte nettinvesteringer ved at byggene har større energifleksibilitet.

¹³ For en oversikt over KILE-ordningen, se NVE (2021b).

¹⁴ For mer om bakgrunn og metode for KILE, se Vista Analyse (2016). For husholdningenes verdsetting og beregning av dagens KILE-satser for husholdninger, se Vista Analyse (2017) og Vista Analyse (2018). Vista Analyse (2021) drøfter og tallfester husholdningenes verdsetting av forsyningssikkerhet (definert som verdsetting av å unngå store strømbrudd som fører også til avbrudd av annen kritisk infrastruktur, slik som elektronisk kommunikasjon, kollektivtransport, osv.).

KILE-satsene varierer mellom ulike forbrukergrupper (husholdninger, jordbruk, industri, handel og tjenester, offentlig virksomhet og industri med eldrevne prosesser) og for avbrudd av ulik varighet, se Figur 7.3. Handel og tjenester har de høyeste satsene (kr/kW) både for korte og lange avbrudd, mens husholdninger og jordbruk har de laveste satsene. Den samlede kostnaden for en forbruker avhenger både av KILE-satsen (kr/kW), størrelsen på avbrutt last (kW) og når avbruddet skjer (sommer/vinter og tid på døgnet).

Figur 7.3 Avbruddskostnad som funksjon av tid (KILE-satser) for ulike forbrukergrupper



Kilde: Figur 2 i NVE (2021b)

Merknad: Kostnadsfunksjonen for husholdninger og jordbruk er nesten sammenfallende, og vanskelig å skille på figuren.

Vi har beregnet et vektet gjennomsnitt av KILE-satsen for alle sektorer for et strømbrudd som varer 1 time.¹⁵ Det gir at samfunnets betalingsvillighet for å unngå et strømbrudd på 1 time er i gjennomsnitt 131 kr/kW. Dette skal på marginen være lik samfunnets betalingsvillighet for nettutbygging som gjør at man unngår et slikt strømbrudd.

Sammen med informasjon om hvor mye økt energifleksibilitet vil redusere effektbehovet i de ulike bygningene, får vi nyttevirkningen av sparte nettinvesteringer. Tabell 7.2 viser resultatene. Kolonne 3 og 4 viser effektbehovet i de to alternativene: Luft-til-vann varmpumpe (alternativ 2) og helelektrisk løsning (alternativ 6). For eksempel vil kravet om 100 % energifleksible løsninger i eneboliger redusere effektbehovet 0,9 kW (fra 6 kW til 5,1 kW) per enebolig som bygges etter de nye reglene. Med en verdsetting på 131 kr/kW vil 0,9 kW lavere effektbruk bety en spart nettinvesteringskostnad på 118 kr per år (nest siste kolonne i Tabell 7.2). Neddiskontert over 50 år vil kostnadsbesparelsen være 2 533 kr per bygg (se siste kolonne i Tabell 7.2).

Merk at det er betydelig mindre enn nyttevirkningen av lavere kraftpriser. For eneboliger er neddiskontert nytten kun rundt 10 % av nytten ved lavere kraftpriser; for firemannsbolig og kontorbygg er nytten enda mindre (3-4 %).

¹⁵ Vektene er basert på andeler av energiforbruk (målt i kWh) i 2022. Dette er en litt upresis tilnærming: ideelt sett burde vi bruke avbrutt effekt (målt i kW) hos hver forbruker eller forbrukergruppe, men det har vi ikke informasjon om.

Vi har også beregnet nyttevirksomheter for lengre strømbrudd (8 timer og 24 timer), se sensitivitetene i kap. 7.2.2.

Bedre forsyningsikkerhet dreier seg om å *redusere sannsynligheten* for at det skjer et strømbrudd. KILE-satsene tallfester kraftforbrukeres betalingsvillighet for å unngå strømbrudd.¹⁶ I spørreundersøkelsene, som ligger bak verdsettingen av strømbrudd, er utgangspunktet at man kan vite eller i alle fall anta hvor lenge strømbruddet varer. I undersøkelsen angir man altså sin betalingsvillighet for å unngå et strømbrudd som skjer helt sikkert (med 100 % sannsynlighet). Vi kan dermed argumentere for at KILE-satsene angir den maksimale verdien av å unngå et strømbrudd. Nytteverdien av at økt energifleksibilitet reduserer sannsynlighet for strømbrudd som varer 1 time er altså maksimalt det som er vist i Tabell 7.2.

Tabell 7.2 Nyttevirksomhet: Redusert nettinvestering for å unngå strømbrudd på 1 time

Boligtype	Fleksibel andel	Elektrisk effekt ved alt. 2: luft-til-vann varmepumpe (kW)	Elektrisk effekt ved alt. 6: helelektrisk løsning (kW)	Spart investeringskostnad (kr per bygg)	Nytte neddiskontert 2024–2073 (kr)
Eneboliger	0 %	6	6	0	0
Eneboliger	50 %	6,7	6	92	-1 970
Eneboliger	60 %	5,5	6	-66	1 407
Eneboliger	80 %	5,5	6	-66	1 407
Eneboliger	100 %	5,1	6	-118	2 533
Firemannsbolig	0 %	14,3	14,3	0	0
Firemannsbolig	50 %	13,7	14,3	-79	1 688
Firemannsbolig	60 %	13,7	14,3	-79	1 688
Firemannsbolig	80 %	13,7	14,3	-79	1 688
Firemannsbolig	100 %	12,6	14,3	-223	4 784
Boligblokk	0 %	89	89	0	0
Boligblokk	50 %	101	89	1 572	-33 770
Boligblokk	60 %	83	89	-786	16 885
Boligblokk	80 %	82	89	-917	19 699
Boligblokk	100 %	72	89	-2 227	47 840
Kontorbygg	0 %	114	114	0	0
Kontorbygg	50 %	115	114	131	-2 814
Kontorbygg	60 %	115	114	131	-2 814
Kontorbygg	80 %	110	114	-524	11 257
Kontorbygg	100 %	105	114	-1 179	25 327

Kilde: Asplan Viak, Vista Analyse

¹⁶ Det er riktignok usikkerhet om verdsettingen av strømbrudd. For eksempel kan man stille spørsmål ved om betalingsvillighetsstudier (særlig for husholdninger) er godt egnet til å avdekke betalingsvilligheten for store strømbrudd i et samfunn som Norge, der det er relativt få strømbrudd og de fleste har en kort varighet. Vista Analyse (2021) studerer husholdningenes betalingsvillighet for store strømbrudd, definert som strømbrudd som varer 24 timer og fører til strømbrudd hos flere kritiske samfunnsfunksjoner (f.eks. elektronisk kommunikasjon, kollektivtransport, osv.).

7.1.3 Klima- og miljøkonsekvenser

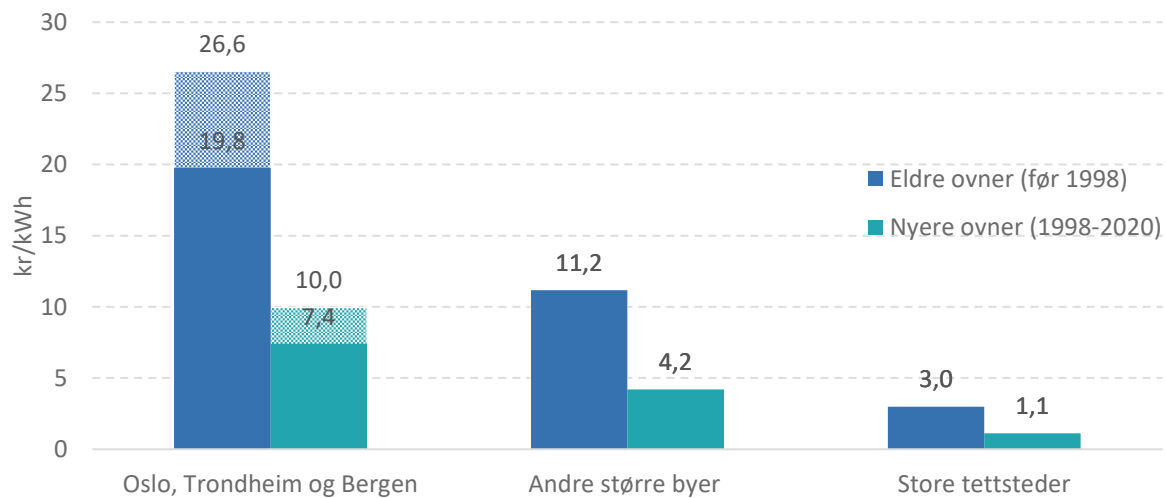
Klima- og miljøkonsekvenser av nye krav til energifleksibilitet avhenger av hvilke energibærere vil bli brukt mer enn ellers. Kravene til løsninger for energiforsyning i dagens TEK17 er delvis fastsatt for å minimere klimagassutslippene fra byggsektoren. Blant annet er det forbud mot bruk av fossile brenslere i varmeinstallasjoner (romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsvarme og tappevann). I de ulike alternativene som vurderes for å justere krav til energifleksible varmeløsninger legges det ikke opp til å endre på dette. Det blir med andre ord ikke åpnet for bruk av oljefyring e.l.

Hvis økt fleksibilitet i varmforsyningen fører til redusert bruk av elektrisitet, vil det frigjøre kraft som kan benyttes andre steder i systemet, noe som kan gi reduserte klimagassutslipp dersom kraften erstatter fossile brenslere. Hvilke virkninger det har på klimagassutslipp, avhenger av hvilken type kraftproduksjon som kan unngås (dvs. hva den marginale kraftproduksjonen er). Vanligvis er det gasskraft som er den marginale produksjonskapasiteten i det europeiske kraftsystemet (og for import til Norge). Kullkraftproduksjon har gått ned i mange år i Europa, men i 2022 økte den igjen, som følge av knapphet på gass, til tross for rekordhøy produksjon fra fornybare energikilder (vind- og solkraft). Kraftimport fra Storbritannia via North Sea Link bidrar også til høyere utslipp, siden Storbritannia skjer en større del av kraftproduksjonen i fossile kraftverk, særlig gasskraftverk. I 2022 var det gjennomsnittlige klimagassutslippet knyttet til bruk av strøm i Norge høyere enn i 2021, se NVE (2023). Samtidig er CO₂-utslipp fra kraftproduksjon allerede prissatt gjennom EUs klimagasskvotesystem (ETS). Økte CO₂-utslipp ett sted motsvares av reduserte utslipp et annet sted, og CO₂-prisen er inkludert i kraftprisen allerede.

Økt bruk av elektrisitet til oppvarming, enten som direktevirkende elektrisitet (panelovner) i bygg mindre enn 1000 m² eller i form av el-kjel i bygg større enn 1000 m², gir få eller ingen lokale miljøvirkninger.

Økt bruk av biobrensel som energikilde kan imidlertid gi lokale miljøulemper i form av utslipp av partikler (PM_{2,5} og PM₁₀) og nitrogenoksider (NO_x). Disse utslippene kan føre til helseproblemer hvis konsentrasjonene blir store. Dette er hovedsakelig problem i tettbygde strøk, siden helsekostnaden avhenger av befolkningstettheten. Vista Analyse (2019) har beregnet helsekostnaden til være rundt 7,4–10 kr/kWh varme ved bruk av rentbrennende ovner i de store byene, se Figur 7.4. I andre byer og tettsteder er kostnaden lavere, rundt 1–4 kr/kWh varme. Helsekostnaden er mye høyere ved bruk av gamle ovner, som mye som 20–27 kr/kWh varme i de store byene. Det har vært forbudt å installere ikke-rentbrennende ovner i flere år, men det er likevel mange gamle ovner igjen i mange boliger. I Bergen ble det forbudt å fyre med gamle, ikke-rentbrennende ovner fra 1. januar 2021, men dette forbudet ble senere opphevet. De nye ovnene, som installeres i nye bygg i dag, har mindre utslipp enn gamle ovner.

Figur 7.4 Helsekostnaden fra vedfyring (kr/kWh varme)



Kilde: Vista Analyse (2019)

Også forbrenning av bioenergi eller avfall til produksjon av fjernvarme kan gi lokale utslipp med tilhørende helseskader. Men fjernvarmeprodusentene er som regel pålagt omfattende krav til rensing av røykgassen, slik at utslippene per kWh normalt vil være lavere ved fjernvarme enn ved lokal forbrenning av ved hos beboerne.

Alt i alt antar vi at kravet om ev. økt krav til dekningsgrad fra energifleksible varmesystemer ikke vil føre til nevneverdige negative klima- og miljøkonsekvenser, takket være annen regulering (som kvotehandelssystemet og restriksjoner).

Hvis økt fleksibilitet vil føre til mindre utbygging av kraftlinjer, vil det medføre mindre naturinngrep.

7.2 Samlet vurdering av nytte og kostnader

Vi sammenligner nytten med kostnadene ved å velge det billigste alternativet til helelektrisk varmeforsyning. I de fleste tilfeller er det luft-til-vann varmepumpe (alternativ 2 i tabellene i kap. 5).

7.2.1 Neddiskontert nytte og kostnader

Tabell 7.3 viser neddiskontert nytte og kostnader ved de ulike alternativene og for ulike bygg.

Tabell 7.4 viser neddiskontert nytte og kostnader, *relativt til nullalternativet*. For enebolig og firemannsbolig er dagens krav 0 % energifleksibilitet og de andre alternativene sammenlignes mot det. For alle alternative krav (50 % – 60 % – 80 % – 100 %) er kostnadene betydelig høyere enn den verdsatte nytten.

For **eneboliger og firemannsboliger**, der nullalternativet er ingen krav, er kostnadene ved innføring av krav for økt fleksibilitet klart høyere enn de verdsatte nyttevirkningene. Kostnadene er omtrent 150 000 kr høyere enn i nullalternativet for eneboliger, mens de verdsatte nyttevirkningene over 50 år, neddiskontert, er i størrelsesorden 10 000–20 000 kr. De verdsatte nyttevirkningene er med andre ord kun 5–15 % av kostnadene. For firemannsboliger er de verdsatte nyttevirkningene relativt sett større, men fortsatt kun rundt 20 % av kostnadene. Kostnadene er omtrent 250 000 kr høyere enn i

nullalternativet for firemannsboliger, mens de verdsatte nyttevirkningene over 50 år, neddiskontert, er rundt 50 000 kr.

Vi har ikke verdsatt alle nyttevirkinger i kroner, f.eks. færre timer med effektpriser (omtalt i kap. 7.1.1.2) og miljø- og klimavirkninger (omtalt i kap. 7.1.3). Men siden kostnadene er så mye høyere enn de verdsatte nyttevirkningene, er det lite sannsynlig at de ikke-verdsatte virkningene vil endre resultatet.

For **boligblokk og kontorbygg** er nullalternativet dagens krav, som er 60 %. Beregningene viser at det å *øke kravet* til fleksibilitet også vil øke kostnadene, men det motsvares ikke av tilsvarende økning i den verdsatte nytten. For boligblokk er kostnadene ved dagens krav rundt 7 mill. kr. En økning av kravet til 80 % og 100 % vil øke kostnadene med 800 000–900 000 kr. De tallfestede nyttevirkningene er kun i størrelsesorden 100 000–150 000 kr., dvs. rundt 10–20 % av kostnadene. Summen av netto nåverdi er med andre ord negativ. En reduksjon av dagens krav fra 60 % til 50 % vil redusere kostnaden noe, men også nyttevirkningene vil være mindre. I dette tilfellet er netto nåverdien fortsatt negativ. Når kravet om fleksibilitet fjernes helt (0 %), blir netto nåverdi positiv.

For kontorbygg er det omtrent det samme bildet, men her er nytten noe større. En skjerping av kravet til 80 % eller 100 % øker kostnadene 600 000–800 000 kr, fra 4,2 mill. kr til 4,8–5 mill. kr per bygg. Nyttens av redusert kraftpris over 50 år er rundt 25 000–50 000 kr, og nytten av mindre investeringer i kraftnett kun rundt 15 000–30 000 kr. Netto nåverdi er negativ, og det er vanskelig å tro at de ikke-verdsatte virkningene vil endre på dette.

En reduksjon eller fjerning av kravet vil derimot ha positiv netto nåverdi. En fjerning av kravet (0 %) vil spare kostnader på 1,2 mill. kr. Nyttetapet ved at man ikke får lavere kraftpris er rundt 100 000 kr. Her er det med andre ord en positiv netto nåverdi på over 1 mill. kr per bygg.

Regnestykkene er som sagt basert på prissatte virkninger. I tillegg kommer ev. ikke-prissatte virkninger. Vi har ikke tallfestet den ev. nytteeffekten ved at det kan bli færre timer med anstrengt effektsituasjon og tilhørende høye kraftpriser. Vi har heller ikke tallfestet ev. klima- og miljøvirkninger. Gitt at kostnadene er såpass mye høyere enn nytten av lavere kraftpris eller lavere investeringer i nettet (som vi har verdsatt), er det lite trolig at det vil snu konklusjonene.

Tabell 7.3 Neddiskontert nytte og kostnader per bygg, 2023-2073, kr

	0 %	50 %	60 %	80 %	100 %
Enebolig:	Nullalternativet				
Diskontert totalkostnad	534 741	719 461	679 485	679 485	693 568
Nytte 1: Redusert kraftpris for alle	0	11 403	20 028	20 028	22 022
Nytte 2: Redusert behov for investeringer i kraftnettet	0	-1 970	1 407	1 407	2 533
Netto nåverdi	-534 741	-710 028	-658 049	-658 049	-669 013
Firemannsbolig:	Nullalternativet				
Diskontert totalkostnad	1 445 624	1 679 611	1 679 611	1 679 611	1 700 639
Nytte 1: Redusert kraftpris for alle	0	47 214	47 214	47 214	52 727
Nytte 2: Redusert behov for investeringer i kraftnettet	0	1 688	1 688	1 688	4 784
Netto nåverdi	-1 445 624	-1 630 709	-1 630 709	-1 630 709	-1 643 128
Boligblokk:	Nullalternativet				
Diskontert totalkostnad	6 629 603	7 090 748	6 913 652	7 712 323	7 794 778
Nytte 1: Redusert kraftpris for alle	0	189 707	238 980	321 426	370 694
Nytte 2: Redusert behov for investeringer i kraftnettet	0	-33 770	16 885	19 699	47 840
Netto nåverdi	-6 629 603	-6 934 810	-6 657 788	-7 371 198	-7 376 243
Kontorbygg:	Nullalternativet				
Diskontert totalkostnad	2 970 176	4 011 103	4 221 815	4 858 807	5 005 671
Nytte 1: Redusert kraftpris for alle	0	85 205	107 760	132 928	155 483
Nytte 2: Redusert behov for investeringer i kraftnettet	0	-2 814	-2 814	11 257	25 327
Netto nåverdi	-2 970 176	-3 928 712	-4 116 870	-4 714 622	-4 824 861

Tabell 7.4 Neddiskonterte nytte og kostnader per bygg, 2023-2073, relativt til nullalternativet, kr

	0 %	50 %	60 %	80 %	100 %
Enebolig:	Nullalternativet				
Diskontert totalkostnad	0	184 720	144 744	144 744	158 827
Nytte 1: Redusert kraftpris for alle	0	11 403	20 028	20 028	22 022
Nytte 2: Redusert behov for investeringer i kraftnettet	0	-1 970	1 407	1 407	2 533
Netto nåverdi	0	-175 287	-123 308	-123 308	-134 272
Firemannsbolig:	Nullalternativet				
Diskontert totalkostnad	0	233 987	233 987	233 987	255 015
Nytte 1: Redusert kraftpris for alle	0	47 214	47 214	47 214	52 727
Nytte 2: Redusert behov for investeringer i kraftnettet	0	1 688	1 688	1 688	4 784
Netto nåverdi	0	-185 085	-185 085	-185 085	-197 504
Boligblokk:	Nullalternativet				
Diskontert totalkostnad	-284 049	177 096	0	798 671	881 126
Nytte 1: Redusert kraftpris for alle	-238 980	-49 272	0	82 446	131 715
Nytte 2: Redusert behov for investeringer i kraftnettet	-16 885	-50 655	0	2 814	30 956
Netto nåverdi	28 185	-277 023	0	-713 411	-718 456
Kontorbygg:	Nullalternativet				
Diskontert totalkostnad	-1 251 639	-210 712	0	636 992	783 856
Nytte 1: Redusert kraftpris for alle	-107 760	-22 555	0	25 169	47 724
Nytte 2: Redusert behov for investeringer i kraftnettet	2 814	0	0	14 071	28 141
Netto nåverdi	1 146 694	188 157	0	-597 753	-707 991

7.2.2 Sensitivitet med høyere verdsetting av forsyningsikkerhet

I basisberegningen la vi til grunn en kostnad ved nettinvestering som tilsvarer samfunnets gjennomsnittlige betalingsvillighet for å unngå et strømbrudd på 1 time. Strømbrudd kan selvfølgelig vare lenger enn det. Det er usikkerhet rundt samfunnets verdsetting av forsyningsikkerhet, kanskje særlig i et samfunn som Norge, der strømbrudd er relativt sjeldne. Det er også usikkert om hvor mye økt energifleksibilitet vil bidra til å unngå strømbrudd, og om det bidrar til å redusere kortere eller lengre strømbrudd.

Vi har derfor også beregnet den samfunnsøkonomiske nytten ved høyere verdsetting av å unngå strømbrudd, eksemplifisert ved verdsetting for å unngå et strømbrudd som varer 8 timer (basert på KILE-funksjoner som vist på Figur 7.3). Resultatene er i Tabell 7.5. I dette tilfelle øker nytten av å unngå nettinvesteringer, men netto nåverdi er fortsatt negativ. For enebolig utgjør de samlede nyttevirkningene nå rundt 20 % av kostnadene når kravet er 60 %, 80 % eller 100 %, for firemannsbolig utgjør den samlede nytten rundt 25-30 % av kostnadene. Virkningene er omtrent i samme størrelsesorden også ved skjerping av kravet for boligblokk og kontorbygg. Tabell 7.6 viser tilsvarende tall for et avbrudd som varer 24 timer.

Det er usikkerhet rundt verdsetting av forsyningsikkerhet, men med forutsetningene som vi har lagt til grunn, er fortsatt kostnader ved økt energifleksibilitet langt høyere enn de verdsatte nyttevirkningene.

7.2.3 Sensitivitet med fjernvarme som alternativ for kontorbygg

Beregningene ovenfor var basert på alternativ 2 (luft-vann varmepumpe). For kontorbygg kan det være billigere med fjernvarme, men fjernvarme er ikke tilgjengelig overalt. Vi har beregnet de samfunnsøkonomiske kostnadene ved å bruke fjernvarme, som sensitivitet. Resultatene er vist i Tabell 7.7.

Fjernvarme har lavere kostnad i tilfeller med 50 %, 80 % og 100 % fleksibilitet. Men kostnadene er kun litt lavere enn i basisberegningen (2 % lavere i tilfellet med 50 % fleksibilitet, og 5–6 % lavere i tilfellet med 80–100 % fleksibilitet). Kostnadene er fortsatt langt høyere enn de tallfestede nyttevirkningene. Den samfunnsøkonomiske nettonytten er fortsatt negativ også i tilfellet med fjernvarme som alternativ for kontorbygg.

Tabell 7.5 Sensitivitet med avbruddskostnad for 8 timers avbrudd: Neddiskontert nytte og kostnader per bygg, relativt til nullalternativet, kr

	0 %	50 %	60 %	80 %	100 %
Enebolig:					
Diskontert totalkostnad	0	184 720	144 744	144 744	158 827
Nytte 1: Redusert kraftpris for alle	0	11 403	20 028	20 028	22 022
Nytte 2: Redusert behov for investeringer i kraftnettet	0	-10 368	7 406	7 406	13 331
Netto nåverdi	0	-183 685	-117 310	-117 310	-123 474
Firemannsbolig:					
Diskontert totalkostnad	0	233 987	233 987	233 987	255 015
Nytte 1: Redusert kraftpris for alle	0	47 214	47 214	47 214	52 727
Nytte 2: Redusert behov for investeringer i kraftnettet	0	8 887	8 887	8 887	25 180
Netto nåverdi	0	-177 886	-177 886	-177 886	-177 108
Boligblokk:					
Diskontert totalkostnad	-284 049	177 096	0	798 671	881 126
Nytte 1: Redusert kraftpris for alle	-238 980	-49 272	0	82 446	131 715
Nytte 2: Redusert behov for investeringer i kraftnettet	-88 872	-266 615	0	14 812	162 931
Netto nåverdi	-43 802	-492 983	0	-701 413	-586 480
Kontorbygg:					
Diskontert totalkostnad	-1 251 639	-210 712	0	636 992	783 856
Nytte 1: Redusert kraftpris for alle	-107 760	-22 555	0	25 169	47 724
Nytte 2: Redusert behov for investeringer i kraftnettet	14 812	0	0	74 060	148 119
Netto nåverdi	1 158 691	188 157	0	-537 764	-588 013

Tabell 7.6 Sensitivitet med avbruddskostnad for 24 timers avbrudd: Neddiskontert nytte og kostnader per bygg, relativt til nullalternativet, kr

	0 %	50 %	60 %	80 %	100 %
Enebolig:					
Diskontert totalkostnad	0	184 720	144 744	144 744	158 827
Nytte 1: Redusert kraftpris for alle	0	11 403	20 028	20 028	22 022
Nytte 2: Redusert behov for investeringer i kraftnettet	0	-23 715	16 939	16 939	30 490
Netto nåverdi	0	-197 032	-107 776	-107 776	-106 314
Firemannsbolig:					
Diskontert totalkostnad	0	233 987	233 987	233 987	255 015
Nytte 1: Redusert kraftpris for alle	0	47 214	47 214	47 214	52 727
Nytte 2: Redusert behov for investeringer i kraftnettet	0	20 327	20 327	20 327	57 593
Netto nåverdi	0	-166 446	-166 446	-166 446	-144 695
Boligblokk:					
Diskontert totalkostnad	-284 049	177 096	0	798 671	881 126
Nytte 1: Redusert kraftpris for alle	-238 980	-49 272	0	82 446	131 715
Nytte 2: Redusert behov for investeringer i kraftnettet	-203 269	-609 807	0	33 878	372 660
Netto nåverdi	-158 200	-836 175	0	-682 347	-376 752
Kontorbygg:					
Diskontert totalkostnad	-1 251 639	-210 712	0	636 992	783 856
Nytte 1: Redusert kraftpris for alle	-107 760	-22 555	0	25 169	47 724
Nytte 2: Redusert behov for investeringer i kraftnettet	33 878	0	0	169 391	338 782
Netto nåverdi	1 177 758	188 157	0	-442 432	-397 351

Tabell 7.7 Sensitivitet med fjernvarme som alternativ i kontorbygg: Neddiskontert nytte og kostnader per bygg, relativt til nullalternativet, kr

	0 %	50 %	60 %	80 %	100 %
Diskontert totalkostnad	-1 251 639	-273 994	0	332 032	578 081
Nytte 1: Redusert kraftpris for alle	-107 760	-22 555	0	25 169	47 724
Nytte 2: Redusert behov for investeringer i kraftnettet	2 814	0	0	14 071	28 141
Netto nåverdi	1 146 694	251 439	0	-292 793	-502 216

7.3 Fordelingsvirkninger av kravet

I en nytte-kostnadsanalyse ser en i utgangspunktet på kostnadene og nytten av et tiltak for samfunnet som sådan, og ikke hvilke aktører som berøres. Ofte er det imidlertid ulike aktører som tjener og taper på tiltaket, dvs. hvem belastes med kostnadene og hvem nyter godt av effektene.

I tilfellet krav om økt krav til dekningsgrad fra energifleksible varmesystemer blir innført, er det flere aktører som blir berørt:

- I utgangspunktet er det den enkelte **byggherre** som må betale merkostnadene ved økte krav om fleksible varmeløsninger. Hvis bygget selges, vil man kunne sende merkostnadene videre til kjøperen (**eieren** av bygget). Også **utleiere** vil antakelig kunne sende økte kostnader videre til leietakeren gjennom økt husleie, i den grad leietakere har større betalingsvillighet for energieffektive løsninger. I et velfungerende marked vil prisene (salgsprisen og leieprisen) gjenspeile betalingsvilligheten for fleksibilitet.
- Nyttens, i form av reduserte kostnader til varmeforsyning og muligheten til å velge den rimeligste varmekilden, vil i stor grad tilfalle **brukeren** (som kan være eieren eller leietakeren) av bygget. Hvis prisene gjenspeiler betalingsvilligheten, tilfaller nytten og kostnader samme aktør.
- Tiltaket vil også kunne bidra til å redusere kraftpriser og reduserte muligheter for rasjonering i knapphetssituasjoner, noe som vil komme **alle kraftforbrukere** til gode. Videre vil økt fleksibilitet bidra til mindre behov for nettinvesteringer. Ettersom slike investeringer betales gjennom nettleien, som er regulert, vil lavere nettinvesteringer til sist gi reduserte kostnader for kraftforbrukerne, både lokalt og gjennom sentralnettstariffen i hele landet.
- **Produsenter av teknologier** som brukes til fleksible løsninger vil tjene på at det innføres et krav: de vil få drahjelp for omsetningen av sine produkter (utover det markedet etter spurte uten kravet).
- **Byggebransjen** vil sannsynligvis dra nytte av tiltaket gjennom økt omfang på oppdragene og mulig økt fortjeneste derigjennom.
- **Ingeniører og konsulenter** vil kunne dra nytte av tiltaket, hvis det blir behov for flere utredninger om hva som vil være det beste alternativet til hvert enkelt bygg.

Referanser

- Asplan Viak (2016): Energifleksibilitet i bygg – en studie av konsekvenser av preaksepterte løsninger, Asplan Viak, 15.06.2016. https://www.dibk.no/globalassets/energi/energifleksibilitet-i-bygg--en-studie-av-konsekvenser-av-preaksepterte-losninger_asplan-viak_juni_2016.pdf
- COWI (2012): Faktastudie 2012 – Kostnader for elektriske og vassborne varmeanlegg i mindre bygg. Utgitt som Enova-rapport 2-2012. https://www.enova.no/download?objectPath=upload_images/CD4265A6CEC0499DA8FB4BEAE02C8232.pdf
- COWI (2015): Faktastudie 2015 – Kostnader for elektriske og vassborne varmeanlegg i mindre bygg
- DFØ (2023): Veileder for samfunnsøkonomisk analyse. Direktoratet for forvaltning og økonomistyring. Juni 2023. <https://dfo.no/fagomrader/utredning-og-analyse-av-statlige-tiltak/samfunnsokonomiske-analyser/veileder-i-samfunnsokonomiske-analyser>
- EnergiAktuelt (2023): Energirapporten. EnergiAktuelt AS. Hentet i uke 23-2023. <https://www.energiaktuelt.no/energirapporten.573794.no.html>
- Erichsen og Horgen (2011): Varmeløsninger og deres dekningsgrader. 14. desember 2011 https://www.erichsen-horgen.no/media/1421/2011-varmelosninger_og_deres_dekningsgrader.pdf
- Finansdepartementet (2021): Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser. Rundskriv R-109/2021, Finansdepartementet https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fin/vedlegg/okstyring/rundskriv/faste/r_109_2021.pdf
- HRP (2020a): Kostnadsanalyse av regelverksendringer – Energi, desember 2020.
- HRP (2020b): Inndatatabeller til energiberegninger. Udatert dokument, benyttet som underlag til HRP (2020a).
- HRP (2020c): Kostnadsanalyse av regelverksendringer – Fase 1: Etablere analysemodell. HRP rapport. Mars 2020.
- Norsk Varme (2021): Klimabaserte energikrav til bygg. Høringssvar til DiBK, 30.09.2021. https://www.dibk.no/regelverk/horinger/hoyringar/klimabaserte-energikrav-til-bygg/_attachment/inline/1ffb1575-6cec-4b92-a3a9-c105d52c1da2:c856cd44b9760f9becc6974ab9b081ee51fa7d94/norsk-varme.pdf
- Norsk Ved (2021): Jo tørrere veden er, jo mer varme får vi ut av den. <https://www.norsk-ved.no/fuktighetsprosent-og-varme>. 08.06.2021. Hentet 21. august 2023
- NVE (2015): Kostnader i energisektoren. Kraft varme og effektivisering. NVE rapport 2/2015. https://publikasjoner.nve.no/rapport/2015/rapport2015_02a.pdf

- NVE (2021a): Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2021–2040. Forsterket klimapolitikk påvirker kraftprisene. NVE rapport 29/2021. https://publikasjoner.nve.no/rapport/2021/rapport2021_29.pdf
- NVE (2021b): KILE-ordningen. Et faktaark i serien om økonomisk regulering av strømnetselskap RME Fakta nr. 6/2021 (Oppdatert 14.12.21)
- NVE (2023): Lavt klimagassutslipp knyttet til norsk strømforbruk i 2022. <https://www.nve.no/nytt-fra-nve/nyheter-energi/lavt-klimagassutslipp-knyttet-til-norsk-stroemforbruk-i-2022/>, publisert 25. mai 2023
- Vista Analyse (2016): KILE for husholdninger. Vista Analyse rapport 2016/05. Av Silje Elise Harsem, Berit Tennbakk og Haakon Vennemo. <https://www.vista-analyse.no/no/publikasjoner/kile-for-husholdninger/>
- Vista Analyse (2017): Nye KILE-funksjoner for husholdninger. Vista Analyse rapport 2017/32. Av Sofie Waage Skjeflo, Kristin Magnussen, Ståle Navrud, Berit Tennbakk og Haakon Vennemo. <https://www.vista-analyse.no/no/publikasjoner/nye-kile-funksjoner-for-husholdninger/>
- Vista Analyse (2018): KILE-funksjoner for husholdninger bygget på erfaringer med lange avbrudd. Vista Analyse rapport 2018/05. Av Magnus Aagaard Skeie, Berit Tennbakk og Haakon Vennemo. <https://www.vista-analyse.no/no/publikasjoner/kile-funksjoner-for-husholdninger-bygget-pa-erfaringer-med-lange-avbrudd/>
- Vista Analyse (2019): Virkemidler for å redusere utslipp fra vedfyring. Vista Analyse rapport 2019/02. Av Anne Maren Erlandsen, Christian Grorud og Orvika Rosnes. <https://www.vista-analyse.no/no/publikasjoner/virkemidler-for-a-redusere-utslipp-fra-vedfyring/>
- Vista Analyse (2021): Husholdningenes kostnader og ulemper ved strømbrudd i og utenfor hjemmet. Vista Analyse rapport 2021/49. Av Andreas Skulstad, Orvika Rosnes, Haakon Vennemo og Anne Maren Erlandsen. <https://www.vista-analyse.no/no/publikasjoner/husholdningenes-kostnader-og-ulemper-ved-strombrudd-i-og-utenfor-hjemmet/>

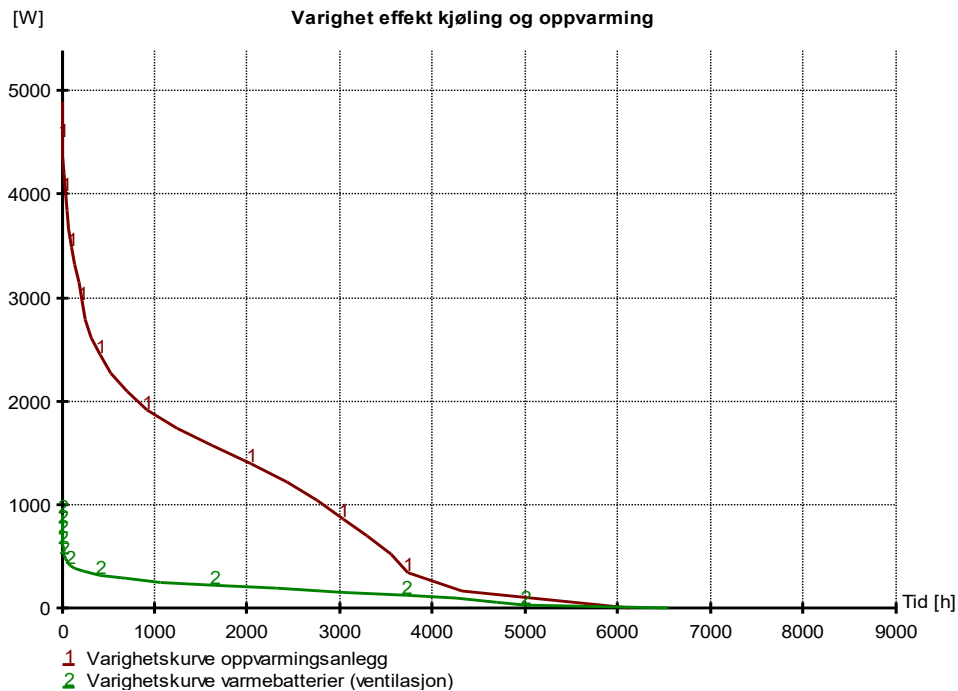


Vedlegg

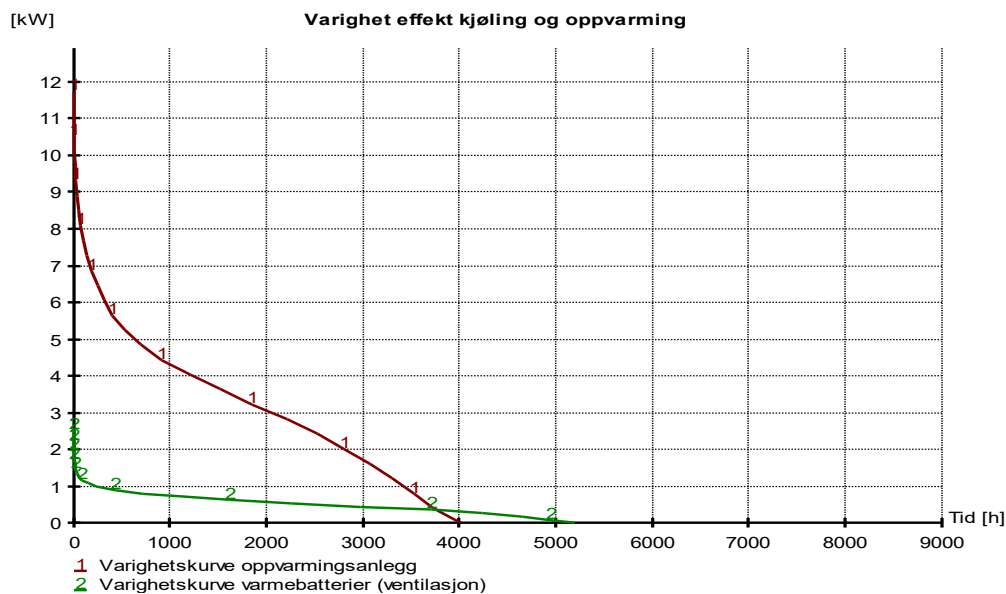
A Effektvarighetskurver

Figurene nedenfor viser effektvarighetskurvene for de fire referansebyggene som ble omtalt i kap. 3.2. Alle figurene er hentet fra Simien-modellen av referansebyggene.

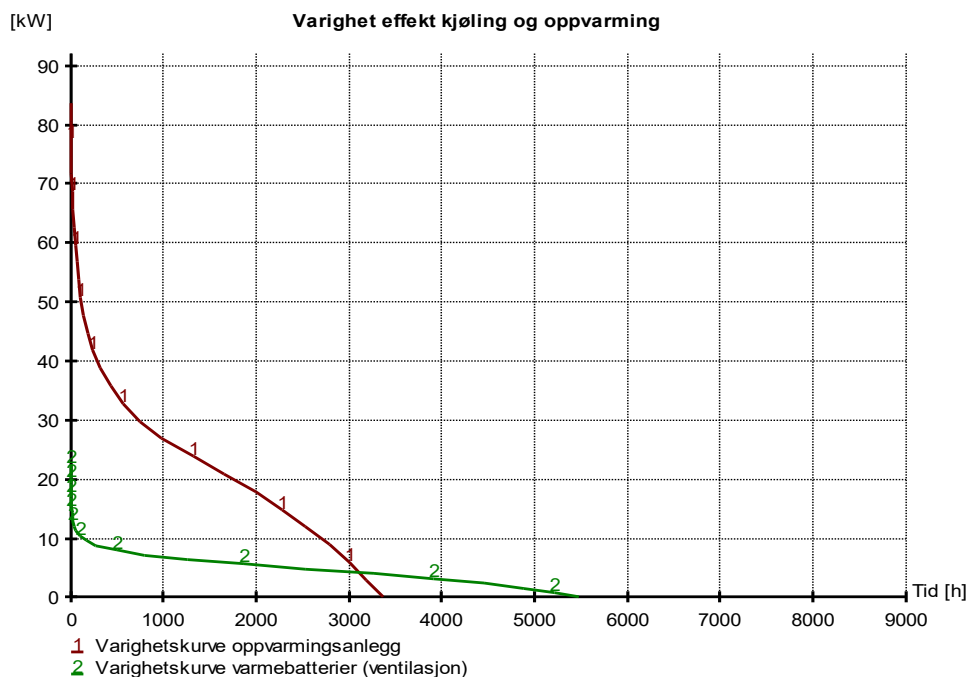
Figur A.1 Effektvarighetsdiagram romoppvarming og varmebatterier for enebolig



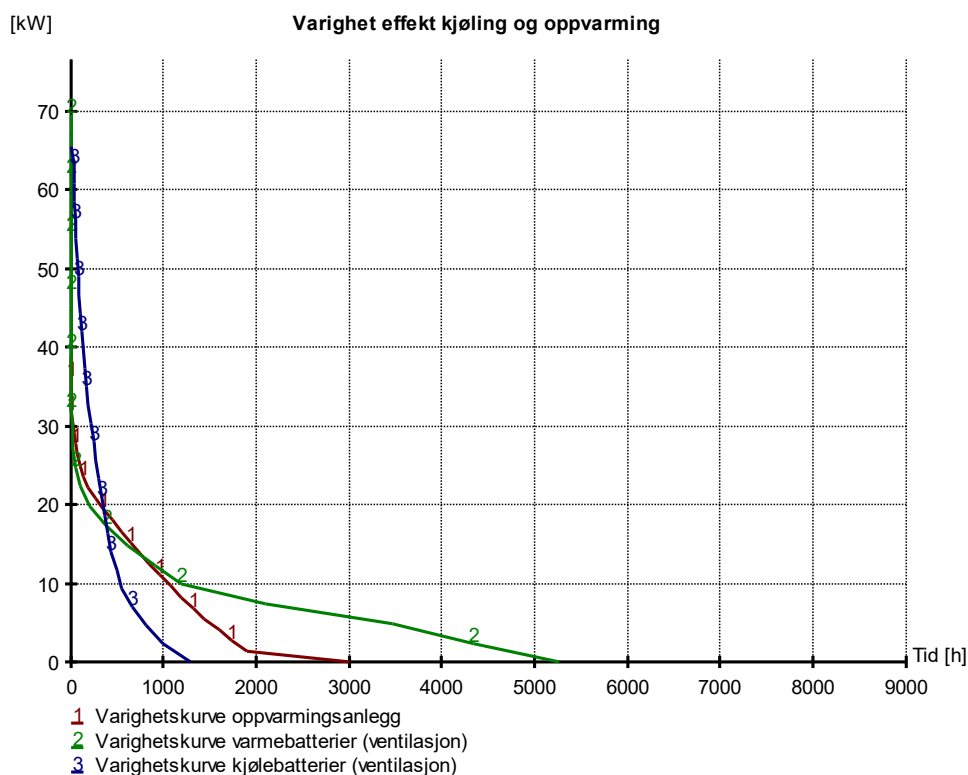
Figur A.2 Effektvarighetsdiagram romoppvarming og varmebatterier for firemannsbo-lig



Figur A.3 Effektvarighetsdiagram romoppvarming og varmebatterier for boligblokk



Figur A.4 Effektvarighetsdiagram romoppvarming og varmebatterier for kontorbygg





Vista Analyse AS
Meltzers gate 4
0257 Oslo

post@vista-analyse.no
vista-analyse.no