



Direktoratet for Byggkvalitet

Energifleksibilitet i bygg -
en studie av konsekvenser av preaksepterte løsninger

Utgave: 2

Dato: 15.06.2016

DOKUMENTINFORMASJON

Oppdragsgiver:	Direktoratet for byggkvalitet
Rapporttittel:	Energifleksibilitet i bygg - en studie av konsekvenser av preaksepterte løsninger
Utgave/dato:	2/ 15.06.2016
Filnavn:	Energifleksibilitet i bygg - en studie av konsekvenser av preaksepterte løsninger.docx
Arkiv ID	
Oppdrag:	607292-01–Kartlegging energiforsyningskrav TEK 10 - EIB
Oppdragsleder:	Espen Løken
Avdeling:	Energi og miljø
Fag	Energi og miljø i bygg
Skrevet av:	Espen Løken og Lars Bugge
Kvalitetskontroll:	Hilde Sæle
Asplan Viak AS	www.asplanviak.no

FORORD

Asplan Viak har vært engasjert av for å fremskaffe underlag som inngår i grunnlaget for å vurdere omfanget av energifleksible energisystemer som følger av TEK10 § 14-4 annet ledd bokstav a. Det skal kartlegges konsekvenser av ulike krav til minimumsytelsen som skal angis i veiledningen til bestemmelsen.

Espen Løken har vært oppdragsleder for Asplan Viak.

Forskell mellom første og andre utgave er at det er inkludert en ekstra tabell som viser kostnader forutsatt bruk av VV-distribusjonsnett som forsyningsnett også for radiator-/gulvvarmenettet i boligblokken.

Sandvika, 15.06.2016

Espen Løken
Oppdragsleder

Hilde Sæle
Kvalitetssikrer

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning – bakgrunn.....	4
2	Sammendrag.....	5
3	Problemstilling.....	6
4	Hva menes med energifleksibilitet (definisjoner, forklaringer, eksempler).....	7
4.1	Hvordan skal uttrykket «energifleksibilitet» oppfattes?	7
4.2	Definisjon «energifleksible systemer» benyttet i utredningen.....	8
5	Forutsetninger for beregningene	9
5.1	Netto energibehov	9
5.2	Effektbehov	10
5.3	Energipriser.....	10
5.4	Virkningsgrader/effektfaktor.....	12
5.5	Levetid, kalkulasjonsperiode og kalkulasjonsrente	12
5.6	Drift- og vedlikeholdskostnader	13
5.7	Investeringskostnader	13
6	Resultater.....	16
6.1	Varmeforsyningsløsninger som dekker kravet.....	16
6.2	Boligblokk.....	18
6.3	Kontorbygg.....	21
6.4	Forretningsbygg	23
6.5	Følsomhetsanalyse	25
7	Drøfting av resultater/Andre vesentlige effekter av løsningsvalg.....	26
8	oppsummering	27
9	Vedlegg 1 Oppsummering av innspill fra interessentene	27
9.1	Spørsmål 1.....	28
9.2	Spørsmål 2.....	29
9.3	Spørsmål 3.....	31
10	Øvrige vedlegg	34

1 INNLEDNING – BAKGRUNN

17. november fastsatte Kommunal- og moderniseringsdepartementet (KMD) nye energikrav i byggteknisk forskrift (TEK10), der det i § 14-4 annet ledd bokstav a kreves at «bygning med over 1 000 m² oppvarmet BRA skal ha energifleksibile varmesystemer».

Tidlig i januar 2016 ble det utgitt en veileder til de reviderte energikravene, der følgende setning var del av de preaksepterte løsningene for et energifleksibelt varmesystem:

«Energifleksibile systemer må dekke minimum 50 % av normert netto varmebehov, beregnet etter NS 3031:2014».

Denne formuleringen vakte mye debatt, og som en følge av dette besluttet DIBK 02.03.2016 å oppheve den aktuelle setningen i veilederen, inntil det er blitt nærmere utredet hvilke konsekvenser ulike innretninger på veiledningen vil få. Inntil videre finnes det derfor ingen godkjente preaksepterte løsninger som definerer «energifleksibile varmesystemer».

Asplan Viak har fått i oppdrag å gjøre en kartlegging av konsekvenser ved ulike krav til minimumsytelsen angitt i veiledningen til bestemmelsen. Denne kartleggingen skal inngå i underlaget for å vurdere omfanget i veilederen. Oppdraget inkluderer kun å gjøre en vurdering av vannbårne løsninger. Luftbårne varmesystemer, tilsvarende løsningene brukt i bl.a. GK-bygget faller følgelig utenfor oppdraget.

Arbeidet har fokusert mest på å gjøre vurderinger av hvordan vi forventer at beslutningstagere vil forholde seg til den endrede forskriften, samt å utarbeide et funksjonelt beregningsverktøy for å sammenligne kostnader for ulike alternativer. Når det gjelder enhetskostnader for systemene, er det i stor grad benyttet kostnader fra kjente utredninger fra Enova/Cowi.

Det understrekes at utredningen kun gir et underlag som skal inngå som en del av DiBKs grunnlag for å vurdere omfanget av energifleksibile varmesystemer. Utredningen inneholder ikke anbefalinger på hva prosentsatsen i minimumsytelsen bør være.

2 SAMMENDRAG

Innledningsvis drøftes hva som menes med energifleksibilitet. Med bakgrunn i en målsetting knyttet til behov for forsyningssikkerhet, kostnadseffektivitet, miljøvennlighet, miljøeffektivitet og samfunnsøkonomi så betyr energifleksibilitet at et bygg skal kunne varmes opp ved hjelp av ulike energikilder, eller ved hjelp av ulike energidistribusjons-systemer. Den definisjonen som benyttes i utredningen er at en med «energifleksible varmesystemer» mener at utskifting mellom energikilder kan skje uten inngrep i bygningskroppen, og utelukkende innen teknisk rom, uten at det gjennomføres vesentlig ombygging.

De forutsetninger som er benyttet i beregningene angis og drøftes. Oppdraget er begrenset til å se på bygningskategoriene boligblokk, kontorbygning og forretningsbygning. Viktige forutsetninger som er tatt i betraktning er netto oppvarmingsbehov, effektbehov, energipriser, virkningsgrader/effektfaktor, levetid, kalkulasjonsperiode og kalkulasjonsrente sammen med investeringskostnader og drift- og vedlikeholdskostnader.

Resultatet mht. hvilke varmforsyningsløsninger som dekker kravet avhenger med den prosentsetningen som settes for fleksibel andel av varmebehovet. Resultatene er oppsummert i rapportens tabell 6.1 og 6.2. Det er forutsatt at en stor andel av beslutningstagerne grunner sine valg av energiforsyningsløsning med fokus på lavest mulig investeringskostnad. Krav om hhv. 30, 50, 60, 70 og 90% energifleksibel varmforsyning drøftes for hver av bygningskategoriene boligblokk, kontorbygg og forretningsbygg. Det er også gjennomført en vurdering av kategoriene i forhold til det tidligere kravet i § 14-7, annet ledd.

Resultater og andre vesentlige effekter av løsningsvalg drøftes i rapportens hoveddel. For boligbygg vil et sentralt plassert anlegg for tappevann kunne tilfredsstillende et krav på 60 % energifleksibilitet. Økes kravet utover dette, vil det være nødvendig å benytte vannbåren romoppvarming. Dette vil kan f.eks. løses gjennom å la tappevannsforsyningen også dekke romoppvarming gjennom forenklet gulvvarmeanlegg e.l.

For næringsbygg er energifleksible/vannbårene systemer for rom- og ventilasjonsoppvarming mer relevante. Hvilke løsninger dette er avhenger av prosentkravet som stilles til energifleksibilitet.

For både boligbygg og næringsbygg ser man at krav om vannbårene systemer vil medføre ekstrakostnader for utbyggerne og brukerne. Det gjelder selv ved de aller enkleste formene for vannbårene anlegg.

Begrunnelsen for å stille krav om energifleksibilitet er sammensatt, og selve begrepet energifleksibilitet oppfattes ulikt relatert til hvilket ståsted man har. Det finner også de som argumenterer for at el-basert oppvarming kan betraktes som energifleksibel, fordi el oppfattes som en energibærer man kan skaffe fra mange kilder. Hvordan man vektlegger drivkreftene bak krav om energifleksibilitet avgjør hvilke løsninger som aksepteres.

En del av oppdraget har vært å innhente synspunkter og vurderinger fra involverte aktører og ta relevante innspill i betraktning i utredningen. Aktørene representerer ulike interessenter og roller relatert til BAE-næringen som byggherrer, eiendomsforvaltere, produsenter, utførende og rådgivende, ulike fagorganisasjoner og myndigheter. Deres innspill er drøftet og essensen i hvert innspill er oppsummert i forhold til den tematiske inndelingen som omfatter definisjon av begrepet «energifleksible varmesystem», synspunkter på om vurderingene i tabell og innspill på angitte enhetskostnader og levetider.

3 PROBLEMSTILLING

Nedenfor angis forskriftens § 14-4 og utdrag av tilhørende veileder til annet ledd:

§ 14-4. KRAV TIL LØSNINGER FOR ENERGIFORSYNING

(1) Det er ikke tillatt å installere varmeinstallasjon for fossilt brensel.

(2) Bygning med over 1 000 m² oppvarmet BRA skal

1. ha energifleksible varmesystemer, og
2. tilrettelegges for bruk av lavtemperatur varmeløsninger.

(3) Kravene i annet ledd gjelder ikke for småhus.

(4) Boenhet i småhus skal oppføres med skorstein. Kravet gjelder ikke dersom

1. boenheten oppføres med vannbåren varme, eller
2. årlig netto energibehov til oppvarming ikke overstiger kravet til passivhus, beregnet etter Norsk Standard NS 3700:2013 Kriterier for passivhus og lavenergibygnings Boligbygninger.

VEILEDNING TIL ANNET LEDD

Energifleksible varmesystemer gjør det mulig å dekke varmebehov med ulike varmekilder. Krav om energifleksible varmesystem innebærer ikke at man må ha flere varmekilder tilgjengelig samtidig, men at bytte av varmekilde er en reell mulighet. De mest aktuelle varmebærerne vil være vann og luft.

Energifleksible systemer kan omfatte romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmt tappevann, se figur 1.

Lavtemperatur varmeløsninger sikrer energifleksibilitet som åpner for effektiv bruk av flere energikilder, for eksempel spillvarme, solvarme og omgivelsesvarme (i luft, grunnvann, sjøvann, berg, jord mv.). Der overføring av varme i hovedsak skjer ved strålevarme, er ikke bestemmelsen om lavtemperatur varmeløsning relevant.

Bakgrunn for å gi minimumsareal for byggets varmesentral, er å gi reell fleksibilitet i byggets livsløp. Arealet avsatt til varmesentralen kan ikke være så lite at for eksempel kun el-kjel(er) har tilstrekkelig plass.

3.1.1.1 Preaksepterte ytelser

Følgende ytelser må minst være oppfylt:

1. *Punkt 1 er opphevet, men opprinnelig tekst var «Energifleksible systemer må dekke minimum 50 % av normert netto varmebehov, beregnet etter NS 3031:2014».*
2. Lavtemperatur varmeløsninger må ha turtemperatur på 60 °C eller lavere ved dimensjonerende forhold. Dette gjelder ikke for varmt tappevann.
3. Minimumareal avsatt til varmesentral skal beregnes etter formelen: $10 \text{ m}^2 + 1 \% \text{ av BRA}$, opptil 100 m².
4. Takhøyden i rom for varmesentral skal være minimum 2,5 meter.
5. Fri bredde for alle dører i transportveien inn til varmesentralen skal være minimum 1,0 meter.

4 HVA MENES MED ENERGIFLEKSIBILITET (DEFINISJONER, FORKLARINGER, EKSEMPLER)

Nedenfor følger først en vurdering av begrepet energifleksibilitet, og deretter følger den tolkningen som etter innspill fra DiBK er lagt til grunn for oppdraget.

4.1 Hvordan skal uttrykket «energifleksibilitet» oppfattes?

Uttrykket energifleksibilitet knytter seg bl.a. til en målsetting om at et bygg skal kunne varmes opp ved hjelp av ulike energikilder, eller ved hjelp av ulike energidistribusjonssystemer. Man skal med andre ord ikke gjøre seg avhengig av én enkelt oppvarmingsløsning. Med oppvarmingsløsning menes her systemer som dekker romoppvarming, samt oppvarming av tappevann og ventilasjonsluft.

Bakgrunnen for en slik målsetting knytter seg til behovet for

- Forsyningssikkerhet
- Kostnadseffektivitet
- Miljøvennlighet, miljøeffektivitet
- Samfunnsøkonomi

Forsyningssikkerhet. Energifleksibiliteten skal bidra til at man oppnår en sikker varmetilførsel. Forsyningssikkerhet kan knyttes til en rekke utenforliggende forhold, slik som utfall av strømnnett etter uvær til krig og krise. Imidlertid er de aller fleste varmforsyningssystemer som benyttes i større bygg, avhengig av el i større eller mindre grad. Med mindre man installerer nødaggregat, batteribank, e.l. betyr dette at forsyningssikkerheten for et enkeltbygg i liten grad øker ved valg av alternative varmforsyningssystemer. Økt bruk av elektrisitet til oppvarming kan imidlertid ha betydning for forsyningssikkerheten på systemnivå, fordi økt bruk av el til oppvarming medfører økt belastning på el-nettet, noe som kan påvirke feilraten og øke de samlede tap i nettet.

Samfunnsøkonomi. Det finnes også samfunnsøkonomiske argumenter som kan knyttes til begrepet energifleksibilitet. Et viktig argument kan bl.a. være at investeringene i et el-nett som fullt ut kan dekke alt behov for oppvarming vil by på uforholdsmessig store kostnader. Nettopp behov for mye varmeeffekt på kalde vinterdager er årsaken til vedfyring stadig spiller en viktig forsyningsmessig rolle. Innenfor noen geografiske områder er også el-nettet såpass belastet at det ikke har evne til å dekke økt el-oppvarmingsbehov. Dette har bl.a. vært tilfelle innenfor Lyse Energi sitt forsyningsområde, og situasjonen har også ført til satsning på både naturgass og fjernvarme i dette området.

Miljøvennlighet. Energifleksibiliteten skal dessuten sikre at man har mulighet til å velge en miljøvennlig energiforsyning, f.eks. gjennom fornybar energiproduksjon i, eller nær det aktuelle bygget.

Diskusjoner om energifleksibilitet i bygg handler mye om i hvilken grad man gjør seg avhengig av elektrisitet, både som energibærer og som distribusjonsløsning. Det handler ofte om hva slags primærenergikilde elektrisiteten opprinner 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 el.

Kostnadseffektivitet. Krav til energifleksibilitet innebærer også i varierende grad investeringer i parallell infrastruktur i bygget, økt arealbehov, økte drifts- og vedlikeholds-kostnader og økt teknisk kompleksitet. Nettopp for å holde kostnader nede kan man oppfylle krav til energifleksibilitet gjennom å utruste bygget med et vann- eller luftbårent 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.

Fleksibiliteten skal også sørge for at man kan skifte energibærer dersom prisforskjeller tilsier det (kostnadseffektivitet). Dette har vært forklaringen på at såkalte kombikjeler (el+olje) historisk har vært mye brukt. Et annet eksempel vil være at man ved å installere vedovner eller en biokjel, vil få muligheten til å velge bioenergi dersom prisen på el blir uforholdsmessig høy.

Andre forhold. Det finnes også store næringsinteresser involvert, og det eksisterer tydelige interessekonflikter. Tradisjonelt står tilbydere av elektrisitet og elvarmeløsninger opp mot tilbydere av vannbårne systemer, eller energiteknologi som er avhengig av vannbårne systemer for å kunne fungere. Derfor er det viktig å balansere de ulike hensyn.

4.2 Definisjon «energifleksible systemer» benyttet i utredningen

I den videre utredningen benyttes følgende tolkning av begrepet «energifleksible varmesystemer», jfr. innspill fra DiBKs representanter i 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/nærvarme.

Varmtvannsberedning i en felles varmesentral 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.

5 FORUTSETNINGER FOR BEREGNINGENE

I dette kapittelet angis forutsetninger som er benyttet i beregningene som er gjennomført i forbindelse med utarbeidelsen av rapporten. Stort sett alle forutsetninger angitt i dette kapittelet kan enkelt endres i beregningsverktøyet som er en del av leveransen¹.

5.1 Netto energibehov

Oppdraget er begrenset til å se på bygningskategoriene boligblokk, kontorbygning og forretningsbygning. DIBK har i sin tilbudsforespørsel foreslått bruk av underlaget som er blitt benyttet ved beregning av energirammene for de oppdaterte energikravene i TEK 10 («TEK 16»). Dette er energiberegninger basert på de såkalte SINTEF-kassene (altså typiske bygg med enkel geometrisk utforming) utarbeidet av Multiconsult på vegne av DIBK.

Tabell 5-1 oppsummerer hvordan netto oppvarmingsbehov fordeler seg mellom romoppvarming, ventilasjonsoppvarming og oppvarming tappevann for de tre bygningskategoriene.

Tabell 5-1: Netto oppvarmingsbehov for de tre referansebyggene

Oppvarmet BRA [m ²]	Boligblokk 900			Kontorbygg 3600			Forretningsbygg 3600		
	kWh	kWh/m ²	% av totalt oppvarmingsbehov	kWh		% av totalt oppvarmingsbehov	kWh		% av totalt oppvarmingsbehov
Romoppvarming [kWh/år]	22 168	25	43 %	69 038	19	64 %	150 186	42	68 %
Ventilasjonsvarme [kWh/år]	2 749	3	5 %	20 980	6	19 %	34 225	10	15 %
Oppvarming av tappevann [kWh/år]	26 792	30	52 %	18 040	5	17 %	36 408	10	16 %
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	-			51 917			118 694		
Totalt oppvarmingsbehov [kWh/år]	51 709	57		108 058	30		220 819	61	

Noen viktige observasjoner fra tabellen er:

- For boligblokken utgjør tappevann over 50 % av oppvarmingsbehovet.
- For kontorbygget og forretningsbygget utgjør ventilasjonsvarme og tappevann over 30 % av oppvarmingsbehovet.
- 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 prosentfordelingen vil for virkelige bygg avvike fra den oppgitte fordelingen, da den også er avhengig av evt. energisparetiltak som gjennomføres. I praksis vil evt. energitiltak medføre at prosentandelen for varmtvann økes.

Det gjøres for ordens skyld oppmerksom på at boligblokken som er benyttet som referansebygg er på 900 m², noe som er mindre enn grensa for det nye forskriftskravet på 1000 m². Følgelig gjelder strengt tatt ikke forskriftskravet for referansebygget. Dette er imidlertid uproblematisk for den prinsipielle problemstillingen i prosjektet, og vi benytter derfor referansebygget på 900 m² i analysen.

¹ Et unntak fra dette er at det ikke er lagt inn noen automatikk for endring av levetider, ettersom det medfører at det må gjøres relativt omfattende endringer i beregningsoppsettet. Det er heller ikke lagt inn automatikk for endring av kalkulasjonsperioden, men det er medtatt beregninger for både 15 år og 50 år i beregningsverktøyet.

5.2 Effektbehov

Et anslag på effektbehovet er vesentlig for å kunne estimere investeringskostnader for de ulike løsningene. I denne utredningen benytter vi tankegangen for effektberegninger beskrevet i Enova-rapporten "Hensiktsmessige varme- og kjøleløsninger i bygninger" (utarbeidet av Cowi)².

I Enova-rapporten er det angitt dimensjonerende brutto varme- og kjøleeffektbehov for boligblokk og kontorbygg, samt korreksjonsfaktorer for å beregne netto varmeeffektbehov, samt en anbefalt effektdekningsgrad for grunnlasten (som en andel av netto effektbehov). Det er nedenfor benyttet verdiene som gjelder for lavenergibygg i Enova-rapporten. Det forutsettes at de samsvarer med kravene i «TEK 16». For forretningsbygg finnes det ingen verdier i Enova-rapporten, så disse er angitt ut fra Asplan Viak sine erfaringstall.

Tabell 5-2 Effektbehov for referansebyggene

Effektbehov	Lavenergi (forutsetter at det tilsvarer «TEK 16») ³		
	Boligblokk	Kontorbygg	Forretningsbygg
Dimensjonerende brutto varmebehov [W/m ²]	25	36	45
Korreksjonsfaktor netto varmebehov []	0.94	0.71	0.71
Dimensjonerende netto varmebehov [W/m ²]	24	26	32
Effektdekningsgrad grunnlast (av netto effektbehov) [%]	40	32	32
Grunnlast [W/m ²]	9	8	10

I tillegg kommer tappevann. For boligblokken er det forutsatt at ved sentral tappevannsoppvarming er det nødvendig med en varmtvannsbereder på 12 kW (under forutsetning av at det er 12 leiligheter i bygget på 900 m²). Både for kontorbygget og forretningsbygget (begge er på 3600 m²) er det forutsatt en bereder på 15 kW. Referanse: OSO dimensjoneringsstabeller⁴.

I løsningene med desentral varmtvannsoppvarming er det forutsatt én bereder per leilighet i boligblokken, og 3 beredere per etasje i kontorbygget og forretningsbygget (dvs. 9 beredere i både kontorbygget og forretningsbygget).

5.3 Energipriser

Det har lenge vært ansett som sannsynlig at framtiden vil gi en betydelig økning i energiprisene, men foreløpig er lite skjedd. Vi velger derfor å gjøre denne analysen ut fra det vi faktisk vet om framtidens energipriser, og det er hva markedet selv forventer framover. Alle priser nedenfor er angitt eks. MVA, hvis ikke annet er angitt.

² <http://www2.enova.no/minas27/file.axd?!ID=646&rand=d17d8d5e-b22a-4599-a901-c2a9b7770567>

³ Med «TEK 16» menes bygg som overholder de reviderte energikravene i TEK 10 gjeldende fra 01.01.2016.

⁴ <http://osohotwater.no/industriprodukter-hjelp/dimensjoneringstabeller.html>

5.3.1 Elektrisitetspris

Totalprisen som betales for levert elektrisitet består av tre ledd; selve elektrisitetsprisen (man står fritt til valg av tilbyder), nettleie (fra lokalt nettselskap) og avgifter (forbruksavgift og mva).

Strømpris: Det er benyttet el-pris for terminmarkedet hos OMX (NordPool) for 2017 per uke 14-2016 (17,9 øre/kWh) + påslag strømselger (antatt 3 øre/kWh inkl. påslag knyttet til el-sertifikater) + el-avgift (16 øre/kWh for 2016). Samlet el-pris uten nettleie blir dermed 36,9 øre/kWh.

Nettleie: Nettleia er forutsatt å være 26,2 øre/kWh.

Referanse for nettleie er SSB-statistikk for 2015⁵, og følgelig er det benyttet gjennomsnittlig verdi for hele landet. Denne statistikken gjelder egentlig kun for husholdningskunder, og er i utgangspunktet ikke aktuell for drift av en varmesentral, der man vil ha en tariff med effektavregning. Den benyttes allikevel som en forenkling på nettleia i denne overslagsmessige beregningen. NVE benytter tilsvarende tankegang i sin rapport «Kostnader i energisektoren - Kraft, varme og effektivisering, rapport nr 2, 2015».

I de tilfeller der det brukes el-kjel som spisslast vil effektledet blir betydelig høyere enn angitt ovenfor. Effektledet vil i stor grad avhenge av hvor ofte el-kjelen vil være i bruk, og hvor stor effekt den vil levere når den er i bruk. Vi anser det sannsynlig at nettleia i disse tilfellene vil bli minimum dobbelt så høy som den som er angitt over, altså 52,4 øre/kWh. Men det er betydelige usikkerheter knyttet til dette effektledet.

Total elektrisitetspris (inkl. nettleie) blir følgelig:

El til grunnlast: $0,179 + 0,03 + 0,262 + 0,16 \approx \mathbf{0,63 \text{ kr/kWh}}$ (0,79 kr/kWh inkl MVA)

El til spisslast (el-kjel): $0,179 + 0,03 + 0,524 + 0,16 \approx \mathbf{0,89 \text{ kr/kWh}}$ (1,12 kr/kWh inkl MVA)

5.3.2 Fjernvarmepris

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

Fra 1. juli 2014 er prisen for fjernvarme fra Hafslund fjernvarme definert til å være 2 % lavere enn el-prisen. Dette beregnes ut fra samlet el-pris inkl. nettleie og alle avgifter. Vi forutsetter at tilsvarende prisregime er relevant også for andre fjernvarmetilbydere.

Fjernvarmeprisen blir da:

$0,63 \text{ kr/kWh} \cdot 0,98 = \mathbf{0,62 \text{ kr/kWh}}$

5.3.3 Biopellets

Prisen for biopellets har det siste året vært 28-30 øre/kWh. Denne prisen gjelder bulk-leveranser opplastet på fabrikk. Transportkostnader forutsettes å være ca. 0,05 kr/kWh til kunder innenfor en radius på 250 km fra Oslo-området. (Kilde: «Energirapporten» fra Tekniske Nyheter DA, per uke 14-2016).

⁵<https://www.ssb.no/statistikkbanken/selecttable/hovedtabellHjem.asp?KortNavnWeb=elkraftpris&CMSSubjectArea=energi-og-industri&checked=true>

5.4 Virkningsgrader/effektfaktor

Følgende virkningsgrader/effektfaktorer er benyttet i beregningene. Alle verdier er hentet fra NS 3031:2014. Det er i alle tilfeller forutsatt vannbåren varme (radiatorer) i godt isolerte rør med temperaturnivå 35-45 °C. Systemvirkningsgraden finner man ved å multiplisere produksjons-, distribusjons- og romvirkningsgraden.

Tabell 5-3 Systemvirkningsgrad romoppvarming for ulike energisystemer

Energiløsning	Produksjonsvirkningsgrad	Distribusjonsvirkningsgrad	Romvirkningsgrad	Systemvirkningsgrad romoppvarming
Ekstern fjernvarme	0,98	0,97	0,91	0,87
Varmepumpe, luft-vann	2,4	0,97	0,91	2,21
Biokjel/pellets	0,77	0,97	0,91	0,71
Ei-kjel	0,97	0,97	0,91	0,89
Direktevirkende elektrisitet (panelovn)	1,0	1,0	0,92	0,92

Systemvirkningsgraden for ventilasjons- og tappevannsoppvarming er også utledet fra NS 3031:2014, samt standard distribusjons- og avgivningsvirkningsgrad for ventilasjonsoppvarmingen fra SIMIEN.

Tabell 5-4 Systemvirkningsgrad ventilasjons- og tappevannsoppvarming for ulike energisystemer

Energiløsning	Systemvirkningsgrad ventilasjonsoppvarming	Systemvirkningsgrad varmt tappevann
Ekstern fjernvarme	0,90	0,98
Varmepumpe, grunnvarme	2,76	3,0
Varmepumpe, luft-vann	2,21	2,4
Biokjel/pellets	0,71	0,77
Ei-kjel	0,89	0,97
Direktevirkende elektrisitet	0,92	0,98

5.5 Levetid, kalkulasjonsperiode og kalkulasjonsrente

Begrepet «levetid» kan ha forskjellige betydninger/tolkninger, og det skilles ofte mellom teknisk, funksjonell, estetisk og økonomisk levetid. I denne rapporten anser vi det mest relevant å forholde oss til teknisk levetid. Det er benyttet to ulike levetider i beregningene, 15 år for teknisk utstyr (kjeler/varmepumpe/tappevannsbereder og varmebatterier) og 50 år for distribusjonssystemet. Disse er definert ut fra innspill fra diverse interessenter, som fikk anledning til å kommentere bl.a. levetider. Detaljer om levetidene som er benyttet, finnes i Tabell 5-6 og Tabell 5-7.

Det er gjort investeringsanalyse med en kalkulasjonsperiode på 50 år, tilsvarende byggets levetid. Beregningsverktøyet inneholder også en investeringsanalyse med kalkulasjonsperiode på 15 år.

En viktig parameter i analyser som dette er kalkulasjonsrenta, dvs. diskonteringsrenta. Det er i denne analysen benyttet en kalkulasjonsrente på 4 % for alle alternativer. Dette samsvarer med diskonteringsrenta som NVE legger til grunn i rapporten «Kostnader i energisektoren - Kraft, varme og effektivisering» (2015). Beregningsverktøyet inneholder imidlertid en følsomhetsanalyse, der beregningen er gjort også ved andre kalkulasjonsrenter.

Restverdien er beregnet iht. annuitetsprinsippet. Det betyr at det er forutsatt at objektets verdi reduseres med annuiteten av investeringen hvert år.

5.6 Drift- og vedlikeholdskostnader

I tillegg til energikostnadene er det medtatt et årlig beløp til drifts- og vedlikeholdskostnader (D&V-kostnader). Dette er ment å dekke kostnader til jevnlig vedlikehold samt personellkostnader. D&V-kostnadene er angitt som en prosentandel (AVs erfaringstall) av den totale investeringskostnaden til alternativet. Procentsatsen er forutsatt å være høyere for bioenergiløsninger enn for de øvrige alternativene.

Procentsatsen i tabellen gjelder kun for energiforsyningsanlegget, dvs. kjeler og VP. I tillegg er det medtatt D&V-kostnad på 1 % for øvrige investeringer.

Tabell 5-5: Drift og vedlikeholdskostnader energiforsyningsanlegg

Alternativ	Procentsats D&V energiforsyningsanlegg
Alt. 1: Fjernvarme	2 %
Alt. 2: Luft-vann VP + el-kjel	2 %
Alt. 3: Pelletskjel + el-kjel	4 %
Alt. 4: El-kjel	2 %

5.7 Investeringskostnader

Tabellene nedenfor angir enhetskostnadene som er benyttet i beregningene. Det er forutsatt at kostnader knyttet til prosjektering og byggeledelse er medtatt i enhetskostnadene oppgitt i tabellen. Enhetskostnadene reflekterer kostnaden for en bruker/beboer uten skatter og avgifter.

Det er i denne analysen ikke medtatt et alternativ med vann-vann varmepumpe (med brønnpark). En slik løsning vil kunne være et godt alternativ i mange tilfeller, spesielt for bygg der man også har kjølebehov, ettersom det samme anlegget også vil kunne levere kjøling, delvis i form av frikjøling med svært gunstig effektfaktor.

Et slikt alternativ vil få en høyere investeringskostnad enn de øvrige, og vil dermed neppe velges av de beslutningstagerne som er mest sensitive for høye investeringskostnader (jfr. oppdragsbeskrivelsen). Alternativet kompliserer dessuten analysen, ettersom det i praksis medfører at løsning for å dekke kjølebehovet i analysen må medtas (eller så går man glipp av en av de viktige fordelene med dette alternativet).

Tabell 5-6: Enhetskostnader energiforsyningsanlegg

Kostnadspost	Enhetskost ~ 10 kW	Enhetskost ~ 150 kW		Levetid/ avskrivning [år]	Referanse
VP luft-vann	10 700	6694	kr/kW	15	NVE 2016 ⁶
El-kjel	3100	1405	kr/kW	15	NVE 2016
Biokjel (inkl lager)	9900	7320	kr	15	NVE 2016
Tilknytningsavgift fjernvarme fastledd		50 000	kr/kW	60	Hafslund fjernvarme ⁷
Tilknytningsavgift fjernvarme effektledd		500	kr/kW	60	Hafslund fjernvarme. Gjelder opp til 400 kW
Tilknytningsavgift fjernvarme effektledd		250	kr/kW	60	Hafslund fjernvarme. Gjelder over 400 kW

Tabellen ovenfor inneholder enhetskostnader til energiforsyningsanlegget i bygget. I tillegg kommer varmedistribusjonsanlegg i bygget (radiator/gulvvarme), samt varmebatterier og varmtvannsbereder. Kostnadene for dette varierer svært mye mellom ulike kilder (se Tabell 5-7). Dersom man ser nøyere på tallene, så avhenger forskjellen i første rekke av om man har kostnadsberegnet et standard varmeanlegg, eller om det er et forenklet varmeanlegg.

Nærmere forklaring på mange av tallene er lagt inn i selve beregningsverktøyet, og spesifiseres ikke også i rapporten. En del av innspillene fra interessentene påpekte at det for elvarmealternativene også må medtas kostnader til økt trafostørrelse mm. Cowis faktastudie (2012 og 2015) angir at kostnaden til nødvendig forsterking av el-tilkoblinga er medtatt, og denne kommentaren er dermed ivaretatt.

Det er sett bort fra kostnader til teknisk rom, ettersom VTEK (preaksepterte ytelser) stiller krav om størrelsen til dette. Vi kunne evt. ha medtatt en merkostnad til større teknisk rom i alternativet med pellets-kjel, grunnet behov for areal til pellets-lager.

Ut fra de røde verdiene i Tabell 5-7 ser man at det forutsettes en merkostnad til romvarmeanlegget på 180 kr/m² for vannbårent anlegg, sammenlignet med et elvarmeanlegg. Dette tilsvarer 13 500 kr per boenhet. Flere av interessentene påpekte imidlertid løsningen som selges av LK systems/Agder Energi m.fl. som en meget kostnadseffektiv løsning. Denne er angitt å ha en merkostnad på ca. 8000 kr per boenhet. Dette tilsvarer en merkostnad på ca. 105 kr/m² for blokken på 900 m² med 12 boenheter. Dette gir en kostnad på 130+105 = 235 kr/m², som er noe lavere enn angitt i Cowis faktastudie (310 kr/m²). Denne løsningen blir kort nevnt også i resultattabellene i kap. 6.2.2.

⁶ Siden arbeidet med kostnadsstudien «Kostnader i energisektoren - Kraft, varme og effektivisering, rapport nr 2, 2015» har NVE jobbet videre med å fremskaffe kostnader for mindre anlegg på ca. 10 kW, og oppdatert kostnadene for de større anleggene på 150 kW. Med bakgrunn i dette arbeidet har Karen B. Lindberg i NVE oppgitt investeringskostnader som vist i tabellen. AV har fått tillatelse til å benytte verdiene i dette oppdraget for DiBK, men tallene er foreløpig ikke offisielle. De oppgitte verdiene er ment å skulle benyttes i neste utgave av NVEs kostnadsrapport.

⁷ Standard minimumspriser for tilknytning, og disse vil i enkelte tilfeller kunne avvikes (dersom reell tilknytningskostnad for fjernvarmeleverandøren er høyere).

Tabell 5-7: Enhetskostnader varmedistribusjon mm. Tall med *grønn*, *blå* og *rød* farge er de som er benyttet i beregningene omtalt i utredningen for hhv. *kontor*, *forretning* og *bolig*. I tillegg benyttes tall i *oransje* farge for «tradisjonell løsning», i de beregninger der det er aktuelt.

Kostnadspost	AV erfarings- tall kontor ⁸	AV erfarings- tall forretning	AV erfaring stall bolig	EBA ⁹	Cowi Faktastudie Kontor ¹⁰ 3600m ² (forenklet)	COWI Faktastudie bolig ¹⁰ 1200 m ² (forenklet)	Cowi Faktastudie Bolig ¹⁰ 1200 m ² (trad.)	LK Systems (bolig) ¹¹	Enhet	Levetid/ avskrivning [år]
Benkeberedere	9 000	9 000	12 000						kr/ enhet	15
Tappevannsbereder felles for hele bygget	7 000	7 000	6 000						kr/kW	15
Distribusjonsnett varmt tappevann fra felles varmesentral	80	80	100	80					kr/m ²	50
Radiator-/ gulvvarmeanlegg til hele bygget	500	400	450	500	211	310		235	kr/m ²	50
Vannbårent varmebatteri (felles anlegg)	150	120	33	150	100	33			kr/m ²	15
El-varme				200	90	130	193		kr/m ²	50
Elektrisk varmebatterier			20	100	46	20	20		kr/m ²	15

⁸ Tallene som er angitt som AV erfaringstall gjelder for det som må oppfattes som standard anlegg, altså ikke forenklet type

⁹ Angitt fra EBA v/Torild Engh i tilsendt notat 11.05.2016. Det er benyttet de verdier som i notatet fra EBA er oppgitt som kostnader til entreprenør (500-800 kr/m²). Kostnadene var ikke separert mellom rom, ventilasjon og tappevann, så vi har fordelt etter beste evne. Angitt intervall stemmer bra overens med AV erfaringstall for vannbårent anlegg i kontorbygg. Verdien for elektrisk løsning inkluderer strengt tatt også varmtvannsberedere.

¹⁰ Enova/Cowi: «Faktastudie 2015 - Kostnader vassborne- og elektriske varmeanlegg». Kostnadene i referansen tolkes dithen at den er komplett for romvarmeanlegg og tilkobling til ventilasjonsbatteri. Fordelingen mellom disse er gjort skjønsmessig av AV. Kostnadene for el-oppvarming er angitt å inkludere nødvendig forsterking av eltilkoblinga.

¹¹ Det kom en rekke innspill som påpekte at løsningen som selges av LK systems/Agder Energi m.fl. er en meget kostnadseffektiv løsning. Se kommentarer om denne på forrige side.

6 RESULTATER

6.1 Varmeforsyningsløsninger som dekker kravet

Avhengig av hvilken prosentsetsats for fleksibel andel av varmebehovet som defineres som preakseptert ytelse til krav om «*energifleksible varmesystemer*», vil det være et varierende antall varmforsyningsløsninger som overholder kravet. Jo lavere prosentsetsatsen settes, jo flere forskjellige løsninger vil kunne ansees som preaksepterte løsninger, og vil dermed kunne velges av aktørene i markedet/beslutningstagerne (bygherrer/totalentreprenører).

Det må forventes at en stor andel av beslutningstagerne kommer til å gjøre valg av energiforsyningsløsning først og fremst ut fra investeringskostnader, ettersom det ofte ikke er de samme som gjør denne beslutningen som skal betale for energibruken i bygget. Tabell 6-1 og Tabell 6-2 nedenfor angir hvilke løsninger som vi mener det er sannsynlig at blir valgt av aktører med fokus på lavest mulig investering, ved ulike prosentsetser i preakseptert ytelse.

Tabellene må ansees som det vi oppfatter som de minst kostnadskrevene (investeringskostnad) varmforsyningsløsningene som innebærer tilstrekkelig høy grad av energifleksibilitet for hvert av de angitte prosentkravene (30, 50, 70 og 90 %). Tabellen er satt opp iht. definisjonen på begrepet «*energifleksible varmesystemer*» omtalt i kap. 4.2. Et premiss i tabellen er at de som investerer, så langt som mulig vil ønske å «slippe» å bygge vannbårent romoppvarmingssystem, fordi mange oppfatter det som kostnadskrevene.

NB: Det understrekes at tabellen ikke viser hvilke løsninger som Asplan Viak anbefaler at blir valgt, men hvilke løsninger som vi tror at mange aktører, spesielt de med ekstra fokus på investeringskostnaden, vil velge.

I tabellen er det også angitt 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.5.1. Virkelige bygg vil ha en noe annen fordeling.

Fargekoding i tabellene er:

Grønn: Energifleksible varmesystemer iht. definisjonen ovenfor

Rød: Ikke energifleksibelt varmesystem

Tabell 6-1: Forventede energiforsyningsløsninger for boligblokk

		Sannsynlig/minimum varmforsyningsløsning ved krav om x % energifleksibel varmforsyning									
		x = 30%	Dekn. grad.	x = 50 %	Dekn. grad.	x = 60 %	Dekn. grad.	x = 70 %	Dekn. grad.	x = 90 %	Dekn. grad.
Boligblokk	Romoppvarming	Elektrisk panelovn		Elektrisk panelovn		Elektrisk panelovn. Energiltak på bygningskroppen.		Vannbårent (radiator/vannbåren gulvvarme)	> 30 %	Vannbårent (radiator/vannbåren gulvvarme)	> 30 %
	Romoppvarming bad	Elvarme i badegulv		Elvarme i badegulv		Elvarme i badegulv		Elektrisk gulvvarme		Vannbåren gulvvarme	10 %
	Ventoppvarming	Helelektrisk varmebatteri		Helelektrisk varmebatteri		Helelektrisk varmebatteri		Helelektrisk varmebatteri		Helelektrisk varmebatteri	
	Varmt tappevann	Felles elektrisk tappevannsbereder	> 50 %	Felles elektrisk tappevannsbereder	> 50 %	Felles elektrisk tappevannsbereder	> 60 %	Felles elektrisk tappevannsbereder	> 50 %	Felles elektrisk tappevannsbereder	> 50 %
Sum energifleksibel v-forsyning			> 50 %		> 50 %		> 60 %		> 80 %		> 90 %

Tabell 6-2: Forventede energiforsyningsløsninger for kontor- og forretningsbygg

		Sannsynlig/minimum varmforsyningsløsning ved krav om x % energifleksibel varmforsyning									
		x = 30%	Dekn. grad.	x = 50 %	Dekn. grad.	x = 60 %	Dekn. grad.	x = 70%	Dekn. grad.	x = 90 %	Dekn. grad.
Kontor-/forretningsbygg	Romoppvarming	Div tiltak for å redusere andel. Elektrisk panelovn		Radiatoranlegg	> 60 %	Radiatoranlegg	> 60 %	Radiatoranlegg	> 60 %	Radiatoranlegg	> 60 %
	Ventoppvarming	Div tiltak for å øke andel. Vannbårent varmebatteri	> 30 %	Helelektrisk varmebatteri		Helelektrisk varmebatteri		Vannbårent varmebatteri	> 15 %	Vannbårent varmebatteri	> 15 %
	Varmt tappevann	Benkeberedere		Benkeberedere		Benkeberedere		Benkeberedere		Felles elektrisk tappevannsbereder	> 15 %
Sum energifleksibel v-forsyning			> 30 %		> 60 %		> 60 %		> 75 %		100 %

Nedenfor beregnes kostnader knyttet til hver av løsningene i tabellen. Følgende verdier er beregnet:

- Investeringskostnader ved oppføring av bygget (år 0)
- Totale investeringskostnader i byggets levetid
- Driftskostnader første år
- Totalkostnader over byggets levetid
- Merforbruket av energi (kan være både positivt og negativt) sammenlignet med en helelektrisk løsning («panelovnalternativ»).

I alle tabeller er det medtatt et alt. 5 der det ikke er noen form for vannbåren varme, altså et helelektrisk alternativ.

I radene for «Total inv. Byggets levetid» er oppgitte investeringskostnader ikke diskontert, og det er ikke tatt hensyn til restverdien. Disse effektene er imidlertid medtatt ved beregning av årlige kapitalkostnader, totale årskostnaden, ekv. energikostnad og diskontert totalkostnad over byggets levetid på 50 år.

6.2 Boligblokk

6.2.1 Boligblokk 30, 50 og 60 %

Ved krav om 30, 50 og 60 % energifleksibel varmforsyning, vil det være tilstrekkelig at kun tappevannsbehovet er energifleksibelt, dvs. sentralisert tappevannsoppvarming. Dersom krav på 60 % vil det i så fall være nødvendig å gjør enkelte energitiltak for å redusere andel rom- og ventilasjonsoppvarming. Det betyr at man som en kompensasjon for å bygge ekstra energieffektivt unngår krav om vannbåren romoppvarming og ventilasjonsoppvarming. Prinsipielt kan dette også være aktuelt ved krav om 70 % energifleksibel varmforsyning, men det kreves i så fall ganske omfattende energitiltak.

I alternativet med kun el-kjel er det forutsatt at man klarer seg med selve varmtvannsberederen, og det er altså ikke lagt inn noen ekstrakostnad til el-kjel. Dette forklarer hvorfor det er medtatt 0 kr til varmekilde i alt. 4. Det er sannsynlig at anleggsbidraget til fjernvarme og selve fjernvarmetariffen (i alt. 1) vil bli noe høyere enn angitt i tabellen for et anlegg som kun skal dekke tappevann (dersom FV-leverandøren i det hele tatt er interessert i å levere fjernvarme i et slikt tilfelle).

Tabell 6-3: Kostnader og behov for levert energi for boligblokk med sentralisert tappevannsoppvarming, samt panelovn/elektrisk gulvvarme samt elektriske varmebatterier (desentralisert ventilasjon).

	1 FV	2 LV-VP	3 Pellets	4 Elkjel	5 Helelekt
Investering år 0 [NOK]	355 000	425 000	415 000	295 000	280 000
(hvorav varmekilde [NOK])	55 000	130 000	120 000	0	0
Total inv. Byggets levetid [NOK]	355 000	810 000	770 000	295 000	280 000
(hvorav varmekilde [NOK])	55 000	520 000	480 000	0	0
Annuitet (kapitalkostnader) år 1 [NOK/år]	20 337	29 279	28 416	17 731	20 017
Kostnader innfyrt energi år 1 [NOK/år]	33 993	25 894	30 107	34 516	34 338
Drift og vedlikehold år 1 [NOK/år]	3 530	5 538	7 722	2 970	2 790
Årskostnad innfyrt energi + D&V år 1 [NOK/år]	37 523	31 432	37 829	37 486	37 128
Total årskostnad inkl kapitalkost år 1 [NOK/år]	57 861	60 711	66 245	55 217	57 145
Ekv. energikostnad år 1 [kr/kWh]	1.12	1.17	1.28	1.07	1.11
Diskontert totalkostnad over levetid på 50 år [NOK]	1 159 078	1 220 304	1 339 190	1 102 280	1 076 593
Årlig energiforbruk til varme (levert energi) [kWh]	54 419	39 889	61 157	54 700	54 419
Merforbruk sammenlignet med helekt [kWh]	0	-14 530	6 739	282	0

6.2.2 Boligblokk 70 og 90 %

Ved krav om 70 og 90 % energifleksibel varmforsyning vil det i tillegg til sentralisert tappevannsoppvarming være nødvendig med vannbåren romoppvarming, dvs. gulvvarme og/eller radiatorer. Beregningene nedenfor er gjort med et forenklet varmesystem, dvs. ett til to varmelegemer plassert sentralt i leiligheten.

Det er i beregningen sett bort fra at 70 % 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 sitt innspill 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 varmbatteri. Som nevnt i Vedlegg bunner dette 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, så vil man også legge vannbåren varme på badet.»

Tabell 6-4: Kostnader og behov for levert energi for boligblokk med sentralisert tappevannsoppvarming, samt radiatorer/vannbåren gulvvarme og elektriske varmbatterier (desentral ventilasjon). Forenklet varmesystem.

	1 FV	2 LV-VP	3 Pellets	4 Elkjel	5 Helelekr
Investering år 0 [NOK]	570 000	650 000	640 000	525 000	280 000
(hvorav varmekilde [NOK])	110 000	195 000	185 000	65 000	0
Total inv. Byggets [NOK]	570 000	1 230 000	1 190 000	715 000	280 000
(hvorav varmekilde [NOK])	110 000	780 000	740 000	260 000	0
Annuitet (kapitalkostnader) år 1 [NOK/år]	30 409	42 592	41 728	31 043	20 017
Kostnader innfyrt energi år 1 [NOK/år]	34 636	18 944	27 107	35 649	34 338
Drift og vedlikehold år 1 [NOK/år]	5 694	8 441	11 909	5 873	2 790
Årskostnad innfyrt energi + D&V år 1 [NOK/år]	40 329	27 385	39 016	41 522	37 128
Total årskostnad inkl kapitalkost år 1 [NOK/år]	70 738	69 977	80 744	72 565	57 145
Ekv. energikostnad år 1 [kr/kWh]	1.37	1.35	1.56	1.40	1.11
Diskontert total kostnad over levetid på 50 år [NOK]	1 435 707	1 419 364	1 650 668	1 474 967	1 076 593
Årlig energiforbruk til varme (levert energi) [kWh]	55 949	27 800	69 004	56 495	54 419
Merforbruk sammenlignet med helekr [kWh]	1 531	-26 619	14 586	2 077	0

Dersom man velger løsningen fra LK systems/Agder Energi der radiator-/gulvvarmeanlegget tilkobles distribusjonsnett for varmt tappevann (omtalt i kap. 5.7), vil dette redusere investeringskostnaden i år 0 med 75 kr/m², dvs. en reduksjon på nesten 70 000 kr i alt. 1-4 i Tabell 6-4. I alt. 2, 3 og 4 klarer man seg også uten separat el-kjel (ettersom det kan forutsettes at varmtvannsbereederen dekker den delen av varmeproduksjonen som ikke leveres av evt. varmepumpe/pellets-kjel), noe som reduserer investeringskostnadene med ytterligere 65 000 kr. Dette forutsetter imidlertid at effekten på varmtvannsbereederen ikke må økes (eller at den nødvendige økningen allerede er inkludert i kostnadsestimatene som er gitt for løsningen).

6.3 Kontorbygg

6.3.1 Kontorbygg 30 %

Ved krav om 30 % energifleksibel varmforsyning, vil det være tilstrekkelig at kun ventilasjonsvarmebehovet er energifleksibelt. Dette krever imidlertid at man i større grad enn normalt i Norge velger å benytte ventilasjonsvarme til å dekke romoppvarmingsbehovet. Det blir altså en tilsvarende løsning som benyttes i GK-bygget.

Vi har fått innspill fra interessentene om at denne løsningen vil også kunne være aktuelt helt opp til krav om 70 % energifleksibel varmforsyning.

Tabell 6-7: Kostnader og behov for levert energi for kontorbygg med sentral ventilasjonsoppvarming med vannbårne varmebatterier, panelovner og elektriske benkeberedere

	1 FV	2 LV-VP	3 Pellets	4 Elkjel	5 Helelekt
Investering år 0 [NOK]	840 000	930 000	940 000	845 000	570 000
(hvorav varmekilde) [NOK]	75 000	165 000	175 000	80 000	0
Total inv. Byggets levetid [NOK]	840 000	1 425 000	1 455 000	1 090 000	570 000
(hvorav varmekilde [NOK])	75 000	660 000	700 000	320 000	0
Annuitet (kapitalkostnader) år 1 [NOK/år]	58 331	69 616	70 266	62 032	37 262
Kostnader innfyrt energi år 1 [NOK/år]	73 337	66 452	70 034	73 782	73 337
Drift og vedlikehold år 1 [NOK/år]	16 840	18 606	28 127	16 920	11 412
Årskostnad innfyrt energi + D&V år 1 [NOK/år]	90 177	85 059	98 161	90 702	84 749
Total årskostnad inkl kapitalkost år 1 [NOK/år]	148 508	154 674	168 426	152 733	122 011
Ekv. energikostnad år 1 [kr/kWh]	1.37	1.43	1.56	1.41	1.13
Diskontert total kostnad over levetid på 50 år [NOK]	2 779 208	2 911 675	3 207 096	2 869 977	2 391 203
Årlig energiforbruk til varme (levert energi) [kWh]	116 689	104 338	122 417	116 928	116 224
Merforbruk sammenlignet med helekt [kWh]	465	-11 886	6 193	704	0

6.3.2 Kontorbygg 50 og 60 %

Ved krav om 50 og 60 % energifleksibel varmforsyning, vil det være vanskeligere å klare seg med å bruke ventilasjonsanlegget til å dekke romoppvarmingsbehovet, men antagelig fortsatt mulig (vi mottok som nevnt over en del innspill som mente at en slik løsning kommer til å bli vesentlig mer brukt i Norge framover). Løsninger med økt bruk av luftbåren oppvarming faller imidlertid utenfor oppdragsbeskrivelsen, som var avgrenset til vannbårne systemer.

Vi forutsetter følgelig at kravet vil oppnås ved at det benyttes radiatoranlegg i hele bygget. Ventilasjonsoppvarming og tappevannsoppvarming vil med dette kravet kunne være elektrisk.

Tabell 6-8: Kostnader og behov for levert energi for kontorbygg med radiatoranlegg, sentral ventilasjonsoppvarming med elektriske varmebatterier og elektriske benkeberedere)

	1 FV	2 LV-VP	3 Pellets	4 Elkjel	5 Helelekt
Investering år 0 [NOK]	1 095 000	1 240 000	1 250 000	1 120 000	570 000
(hvorav varmekilde [NOK])	90 000	235 000	245 000	115 000	0
Total inv. Byggets levetid [NOK]	1 095 000	1 935 000	1 980 000	1 460 000	570 000
(hvorav varmekilde [NOK])	90 000	940 000	980 000	460 000	0
Annuitet (kapitalkostnader) år 1 [NOK/år]	61 635	78 466	79 381	67 792	37 262
Kostnader innfyrt energi år 1 [NOK/år]	75 338	51 694	63 994	76 865	73 337
Drift og vedlikehold år 1 [NOK/år]	21 884	24 778	37 471	22 404	11 412
Årskostnad innfyrt energi + D&V år 1 [NOK/år]	97 222	76 471	101 466	99 269	84 749
Total årskostnad inkl kapitalkost år 1 [NOK/år]	158 858	154 937	180 847	167 061	122 011
Ekv. energikostnad år 1 [kr/kWh]	1.47	1.43	1.67	1.55	1.13
Diskontert total kostnad over levetid på 50 år [NOK]	3 182 748	3 098 532	3 655 122	3 358 971	2 391 203
Årlig energiforbruk til varme (levert energi) [kWh]	120 991	78 576	140 663	121 814	116 224
Merforbruk sammenlignet med helekt [kWh]	4 767	-37 649	24 439	5 590	0

6.3.3 Kontorbygg 70 %

Dette blir likt som for 50 og 60 %, bortsett fra at det sannsynligvis i tillegg vil være nødvendig med vannbåren ventilasjonsoppvarming.

Tabell 6-9: Kostnader og behov for levert energi for kontorbygg med radiatoranlegg, sentral ventilasjonsoppvarming med vannbårene varmebatterier og elektriske benkeberedere)

	1 FV	2 LV-VP	3 Pellets	4 Elkjel	5 Helelekt
Investering år 0 [NOK]	1 365 000	1 600 000	1 615 000	1 395 000	570 000
(hvorav varmekilde [NOK])	165 000	400 000	415 000	195 000	0
Total inv. Byggets levetid [NOK]	1 365 000	2 795 000	2 860 000	1 980 000	570 000
(hvorav varmekilde [NOK])	165 000	1 600 000	1 660 000	780 000	0
Annuitet (kapitalkostnader) år 1 [NOK/år]	82 704	110 820	112 385	92 562	37 262
Kostnader innfyrt energi år 1 [NOK/år]	75 338	44 809	60 691	77 309	73 337
Drift og vedlikehold år 1 [NOK/år]	27 312	31 972	48 480	27 912	11 412
Årskostnad innfyrt energi + D&V år 1 [NOK/år]	102 650	76 781	109 171	105 221	84 749
Total årskostnad inkl kapitalkost år 1 [NOK/år]	185 355	187 601	221 556	197 783	122 011
Ekv. energikostnad år 1 [kr/kWh]	1.72	1.74	2.05	1.83	1.13
Diskontert total kostnad over levetid på 50 år [NOK]	3 570 753	3 619 004	4 348 438	3 837 745	2 391 203
Årlig energiforbruk til varme (levert energi) [kWh]	121 456	66 689	146 856	122 518	116 224
Merforbruk sammenlignet med helekt [kWh]	5 232	-49 535	30 632	6 294	0

6.3.4 Kontorbygg 90 %

Dette blir likt som ovenfor, bortsett fra at dersom man skal klare å oppnå 90 % energifleksibel varmforsyning vil det også være nødvendig med vannbåren tappevannsoppvarming (dvs. felles tappevannsproduksjon i teknisk rom).

Tabell 6-10: Kostnader og behov for levert energi for kontorbygg med radiatoranlegg, sentral ventilasjonsoppvarming med vannbårne varmebatterier og sentralisert tappevannsoppvarming

	1 FV	2 LV-VP	3 Pellets	4 Elkjel	5 Helelekt
Investering år 0 [NOK]	1 730 000	1 910 000	1 930 000	1 710 000	570 000
(hvorav varmekilde [NOK])	215 000	400 000	415 000	195 000	0
Total inv. Byggets levetid [NOK]	1 730 000	3 105 000	3 175 000	2 295 000	570 000
(hvorav varmekilde [NOK])	215 000	1 600 000	1 660 000	780 000	0
Annuitet (kapitalkostnader) år 1 [NOK/år]	100 597	126 385	127 950	108 127	37 262
Kostnader innfyrt energi år 1 [NOK/år]	75 106	39 123	57 842	77 429	73 337
Drift og vedlikehold år 1 [NOK/år]	34 552	38 212	57 840	34 152	11 412
Årskostnad innfyrt energi + D&V år 1 [NOK/år]	109 658	77 335	115 682	111 581	84 749
Total årskostnad inkl kapitalkost år 1 [NOK/år]	210 255	203 720	243 632	219 708	122 011
Ekv. energikostnad år 1 [kr/kWh]	1.95	1.89	2.25	2.03	1.13
Diskontert total kostnad over levetid på 50 år [NOK]	4 083 293	3 942 904	4 800 311	4 286 366	2 391 203
Årlig energiforbruk til varme (levert energi) [kWh]	121 456	56 906	151 393	122 708	116 224
Merforbruk sammenlignet med helekt [kWh]	5 232	-59 318	35 169	6 484	0

6.3.5 Kontorbygg iht. det tidligere kravet i § 14-7, annet ledd

Inntil 01.01.2016 sa veileder til teknisk forskrift at «bygning over 500 m² oppvarmet BRA skal prosjekteres og utføres slik at minimum 60 % av netto varmebehov kan dekket med annen energiforsyning enn direktevirkende elektrisitet eller fossile brensler hos sluttbruker».

Alternativ 1, 2 og 3 i Tabell 6-8 til Tabell 6-10 vil overholde dette kravet.

6.4 Forretningsbygg

6.4.1 Forretningsbygg 30 %

Ved krav om 30 % energifleksibel varmforsyning, vil det være tilstrekkelig at kun ventilasjonsvarmebehovet er energifleksibelt. Dette krever imidlertid at man i større grad enn normalt i Norge velger å benytte ventilasjonsvarme til å dekke romoppvarmingsbehovet. Det blir altså en tilsvarende løsning som benyttes i GK-bygget.

Vi har fått innspill fra interessentene om at denne løsningen vil også kunne være aktuelt helt opp til krav om 70 % energifleksibel varmforsyning.

Tabell 6-11: Kostnader og behov for levert energi for kontorbygg med sentral ventilasjonsoppvarming med vannbårne varmebatterier, panelovner og elektriske benkeberedere

	1 FV	2 LV-VP	3 Pellets	4 Elkjel	5 Helelekt
Investering år 0 [NOK]	870 000	1 100 000	1 115 000	925 000	570 000
(hvorav varmekilde [NOK])	105 000	335 000	350 000	160 000	0
Total inv. Byggets levetid [NOK]	870 000	2 105 000	2 165 000	1 415 000	570 000
(hvorav varmekilde [NOK])	105 000	1 340 000	1 400 000	640 000	0
Annuitet (kapitalkostnader) år 1 [NOK/år]	59 588	84 847	86 178	69 317	37 262
Kostnader innfyrt energi år 1 [NOK/år]	149 894	138 662	144 505	150 619	149 894
Drift og vedlikehold år 1 [NOK/år]	17 380	21 993	33 434	18 540	11 412
Årskostnad innfyrt energi + D&V år 1 [NOK/år]	167 274	160 655	177 939	169 159	161 306
Total årskostnad inkl kapitalkost år 1 [NOK/år]	226 861	245 502	264 117	238 475	198 567
Ekv. energikostnad år 1 [kr/kWh]	1.03	1.11	1.20	1.08	0.90
Diskontert total kostnad over levetid på 50 år [NOK]	4 462 403	4 862 845	5 262 732	4 711 903	4 035 797
Årlig energiforbruk til varme (levert energi) [kWh]	238 308	218 159	247 652	238 698	237 549
Merforbruk sammenlignet med helekt [kWh]	758	-19 390	10 103	1 149	0

6.4.2 Forretningsbygg 50 og 60 %

Ved krav om 50 og 60 % energifleksibel varmforsyning, vil det være vanskeligere å klare seg med å bruke ventilasjonsanlegget til å dekke romoppvarmingsbehovet, men antagelig fortsatt mulig (vi mottok som nevnt over en del innspill som mente at en slik løsning kommer til å bli vesentlig mer brukt i Norge framover). Løsninger med økt bruk av luftbåren oppvarming faller imidlertid utenfor oppdragsbeskrivelsen, som var avgrenset til vannbårene systemer.

Vi forutsetter følgelig at kravet vil oppnås ved at det benyttes radiatoranlegg i hele bygget. Ventilasjonsoppvarming og tappevannsoppvarming vil med dette kravet kunne være elektrisk.

Tabell 6-12: Kostnader og behov for levert energi for kontorbygg med radiatoranlegg, sentral ventilasjonsoppvarming med elektriske varmebatterier og elektriske benkeberedere)

	1 FV	2 LV-VP	3 Pellets	4 Elkjel	5 Helelekt
Investering år 0 [NOK]	1 085 000	1 175 000	1 180 000	1 085 000	570 000
(hvorav varmekilde [NOK])	75 000	165 000	175 000	80 000	0
Total inv. Byggets levetid [NOK]	1 085 000	1 675 000	1 705 000	1 330 000	570 000
(hvorav varmekilde [NOK])	75 000	660 000	700 000	320 000	0
Annuitet (kapitalkostnader) år 1 [NOK/år]	61 123	72 589	73 255	64 824	37 262
Kostnader innfyrt energi år 1 [NOK/år]	154 246	102 810	129 568	157 567	149 894
Drift og vedlikehold år 1 [NOK/år]	21 664	23 471	35 428	21 744	11 412
Årskostnad innfyrt energi + D&V år 1 [NOK/år]	175 910	126 280	164 996	179 311	161 306
Total årskostnad inkl kapitalkost år 1 [NOK/år]	237 034	198 869	238 251	244 135	198 567
Ekv. energikostnad år 1 [kr/kWh]	1.07	0.90	1.08	1.11	0.90
Diskontert total kostnad over levetid på 50 år [NOK]	4 862 139	4 042 287	4 888 290	5 014 691	4 035 797
Årlig energiforbruk til varme (levert energi) [kWh]	247 920	155 648	290 714	249 710	237 549
Merforbruk sammenlignet med helekt [kWh]	10 371	-81 901	53 164	12 160	0

6.4.3 Forretningsbygg 70 %

Dette blir likt som for 50 og 60 %, bortsett fra at det sannsynligvis i tillegg vil være nødvendig med vannbåren ventilasjonsoppvarming.

Tabell 6-13: Kostnader og behov for levert energi for kontorbygg med radiatoranlegg, sentral ventilasjonsoppvarming med vannbårene varmebatterier og elektriske benkeberedere)

	1 FV	2 LV-VP	3 Pellets	4 Elkjel	5 Helelekt
Investering år 0 [NOK]	1 380 000	1 705 000	1 725 000	1 445 000	570 000
(hvorav varmekilde [NOK])	180 000	500 000	525 000	245 000	0
Total inv. Byggets levetid [NOK]	1 380 000	3 210 000	3 295 000	2 175 000	570 000
(hvorav varmekilde [NOK])	180 000	2 000 000	2 100 000	980 000	0
Annuitet (kapitalkostnader) år 1 [NOK/år]	83 449	120 174	122 171	96 879	37 262
Kostnader innfyrt energi år 1 [NOK/år]	154 246	91 578	124 180	158 292	149 894
Drift og vedlikehold år 1 [NOK/år]	27 632	34 052	51 744	28 872	11 412
Årskostnad innfyrt energi + D&V år 1 [NOK/år]	181 878	125 630	175 924	187 164	161 306
Total årskostnad inkl kapitalkost år 1 [NOK/år]	265 328	245 804	298 094	284 043	198 567
Ekv. energikostnad år 1 [kr/kWh]	1.20	1.11	1.35	1.29	0.90
Diskontert total kostnad over levetid på 50 år [NOK]	5 288 745	4 869 335	5 992 648	5 690 797	4 035 797
Årlig energiforbruk til varme (levert energi) [kWh]	248 678	136 258	300 816	250 859	237 549
Merforbruk sammenlignet med helekt [kWh]	11 129	-101 291	63 267	13 309	0

6.4.4 Forretningsbygg 90 %

Dette blir likt som ovenfor, bortsett fra at dersom man skal klare å oppnå 90 % energifleksibel varmforsyning vil det også være nødvendig med vannbåren tappevannsoppvarming (dvs. felles tappevannsproduksjon i teknisk rom).

Tabell 6-14: Kostnader og behov for levert energi for kontorbygg med radiatoranlegg, sentral ventilasjonsoppvarming med vannbårene varmebatterier og sentralisert tappevannsoppvarming

	1 FV	2 LV-VP	3 Pellets	4 Elkjel	5 Heleletr
Investering år 0 [NOK]	1 745 000	2 015 000	2 035 000	1 755 000	570 000
(hvorav varmekilde [NOK])	230 000	500 000	525 000	245 000	0
Total inv. Byggets levetid [NOK]	1 745 000	3 520 000	3 610 000	2 485 000	570 000
(hvorav varmekilde [NOK])	230 000	2 000 000	2 100 000	980 000	0
Annuitet (kapitalkostnader) år 1 [NOK/år]	101 342	135 739	137 736	112 444	37 262
Kostnader innfyrt energi år 1 [NOK/år]	153 778	80 102	118 430	158 534	149 894
Drift og vedlikehold år 1 [NOK/år]	34 872	40 292	61 104	35 112	11 412
Årskostnad innfyrt energi + D&V år 1 [NOK/år]	188 650	120 394	179 534	193 646	161 306
Total årskostnad inkl kapitalkost år 1 [NOK/år]	289 991	256 134	317 270	306 090	198 567
Ekv. energikostnad år 1 [kr/kWh]	1.31	1.16	1.44	1.39	0.90
Diskontert total kostnad over levetid på 50 år [NOK]	5 796 204	5 068 866	6 382 209	6 142 037	4 035 797
Årlig energiforbruk til varme (levert energi) [kWh]	248 678	116 513	309 974	251 242	237 549
Merforbruk sammenlignet med heleletr [kWh]	11 129	-121 036	72 424	13 692	0

6.5 Følsomhetsanalyse

Beregningsverktøyet som er utarbeidet inneholder funksjonalitet for å gjennomføre sensitivitetsanalyse for en rekke sentrale parametere. De utarbeidede tabellene gjelder for investeringsanalysen med 15 års analyseperioder, og viser hvordan ekvivalent energikostnad påvirkes av endringer i parameterne (ekvivalent energikostnad er beregnet som årlig kostnad/årlig energibehov, der årlig kostnad inkluderer finanskostnader, innkjøp av energi-varer og drift/vedlikehold).

- Investeringskostnad energiforsyning (her legges det inn en prosentvis økning/reduksjon i investeringskostnaden for alternativene)
- Investeringskostnad vannbåren varme (her legges det inn en prosentvis økning/reduksjon i investeringskostnaden for vannbåren varme)
- El-pris (eksl. nettleie men inkl. forbruksavgift)
- Fjernvarmepris
- Kalkulasjonsrente
- Varmeenergibehov (viser hvordan kostnadsbildet endrer seg, dersom energibehovet blir annerledes enn forventet i analysen)
- Produksjonsvirkningsgrad varmepumpe

Resultatene fra følsomhetsanalysen legges ikke inn i rapporten, men kan finnes i vedlagt beregningsverktøy.

7 DRØFTING AV RESULTATER/ANDRE VESENTLIGE EFFEKTER AV LØSNINGSVALG

Som beskrevet i kap 4.1, er årsaken til å stille krav om energifleksibilitet sammensatt. Og selve begrepet energifleksibilitet oppfattes ulikt av mange. De ulike interessentene vi har forespurt, har også ulike faglige ståsteder og drivkrefter for sine virksomheter. Dette gjør at svarene man får når man undersøker blant ulike interessenter, nødvendigvis blir forskjellige.

Kanskje er avhengighet av elektrisitet det viktigste enkelttemaet i diskusjonen om energifleksibilitet. Det å bruke el til oppvarming har vært, og er fortsatt, et ømtålig tema blant aktører i bygg- og energibransjen. Både forsyningsikkerhet og hensyn til miljø og klimagassutslipp er viktige stikkord i debatten. Men ettersom energieffektiviteten har bedret seg slik at varmebehovet i mange tilfelle er redusert med 70-80 %, sammenlignet med «gårsdagens» byggestandard, hevder mange at man igjen bør kunne tillate bruk av el til oppvarmingsformål. Dette skyldes bl.a. at kostnader for vannbårne varmeanlegg blir relativt store med tilhørende lav kapitalutnyttelse. Økonomi, både privatøkonomisk så vel som samfunnsøkonomisk får større betydning i dette bildet.

Enkelte av interessentene har i sine innspill også påpekt at bruk av vannbåren varme i mange tilfeller benyttes som et salgsfremmende argument. Dermed er det ikke nødvendigvis slik at det blir helt slutt på vannbåren romoppvarming, selv om byggeforskriftene også åpner for andre teknologier. De påpeker at det allerede i dagens marked en viss grad av differensiering, hvor noen utbyggere klarer å ta ut betydelig høyere priser gjennom å fokusere på kvalitetsløsninger markedet etterspør. Et eksempel på dette er Entra, som har vært tydelig på at det å velge noen dyrere løsninger i byggefasen kan gi dokumentert høyere bygningsverdi og dermed mulighet for økt salgssum eller økte leieinntekter.

Fra el-bransjen pekes det på at el-basert oppvarming kan betraktes som energifleksibel fordi el oppfattes som en energibærer man kan skaffe fra mange kilder. Med såpass lavt effektbehov som kan oppnås i nye bygg er det f.eks. ingen stor sak å investere i et biodrivstoffdrevet el-aggregat som kan levere el både ved nettutfall og på spesielt kalde vinterdager når kraftsystemet er anstrengt. Selv om en slik løsning er uvanlig, vil en slik løsning måtte kunne kalles energifleksibel. Det påpekes også at man ved de høye prosentgrensene i praksis forbyr enkelte løsninger (som panelovner) og gir dermed monopol til enkeltteknologier. På den annen side er det i enkelt områder i landet en svært relevant problemstilling at el-nettet (både lokalt distribusjonsnett og til dels sentralnettet) ikke i alle tilfeller er tilstrekkelig dimensjonert til å ivareta betydelig økt bruk av elektrisk oppvarming.

Et annet dilemma knytter seg til fyring med ved og pellets i kaminer og peisovner (punktoppvarming). Mange boligutbyggere ønsker å tilby høystandardboliger med peis/ovn. I disse tilfellene, der man også har tatt kostnadene med skorstein, har man, i kombinasjon med eloppvarming, en energifleksibel løsning som TEK i prinsippet bør ta høyde for. Dette bl.a. fordi slik punktoppvarming, i et forsyningsikkerhetsperspektiv, er mer robust enn f.eks. en biofyrte sentralt plassert kjel som uansett trenger en viss el-mengde for å kunne la seg drive. På den annen side, kan slike løsninger også gi problemstillinger knyttet til økte lokale utslipp, noe som er spesielt relevant i tettbebygde strøk.

Beskrivelsene over viser at man langt på vei kan forsvare andre løsninger enn de som fremgår av tabell 6.1. Det er måten man vektlegger drivkreftene bak krav om energifleksibilitet som avgjør hvilke løsninger som aksepteres. Dette er også påpekt av RIF i deres innspill til prosjektet, der de påpeker at det er «*helt sentralt at TEK legger premisser for hva som gir robuste og driftssikre systemer, er samfunnsøkonomisk best og som sikrer miljøvennlig forsyningsikkerhet. Og dette bør være funksjonskrav som er mest mulig teknologinøytrale.*»

8 OPPSUMMERING

Boligbygg

Med økt energieffektivitet i boligbygg vil tappevann representere en stor del av boligenes varmebehov. Dette betyr at et sentralt plassert anlegg (varmesentral) for tappevann og for øvrig elektrisk oppvarming vil kunne tilfredsstille et krav til opptil 60 % energifleksibilitet. Økes kravet utover dette, vil det være nødvendig å benytte vannbåren romoppvarming. Dette vil kan f.eks. løses gjennom å la tappevannsforsyningen også dekke romoppvarming gjennom forenklet gulvvarmeanlegg e.l.

Næringsbygg

For næringsbygg utgjør tappevannsoppvarming en forholdsvis liten del av det samlede oppvarmingsbehovet, så her vil det være mest aktuelt å se på energifleksible/vannbårene systemer for andre deler av oppvarmingssystemet. Hvilke løsninger som ansees mest relevante, avhenger i stor grad av prosentkravet som stilles til energifleksibilitet (i den preaksepterte løsningen i veileder).

Avhengig av hva det prosentmessige kravet settes til, vil man i praksis stille et visst minimumskrav til løsningen som velges. Ved krav om 30 % må det minimum installeres vannbårent ventilasjonsbatteri; ved krav om 50 % vil man normalt måtte installere radiatoranlegg. Settes kravet enda høyere, f.eks. 70 % vil det normalt være nødvendig med både radiator og vannbårent ventilasjonsbatteri. Her finnes det nødvendigvis unntak, og i alle tilfeller vil det være en viss mulighet for valg av mindre tradisjonelle løsninger, f.eks. økt bruk av luftbåren oppvarming. Det kan også tilfeller der aktørene velger å bygge ekstra energi-effektivt for å redusere kravet til vannbårene anlegg.

Både for boligbygg og næringsbygg ser man at krav om vannbårene systemer vil medføre en del ekstrakostnader for utbyggerne og brukerne. Det gjelder selv ved de aller enkleste formene for vannbårene anlegg.

9 VEDLEGG 1 OPPSUMMERING AV INNSPILL FRA INTERESSENTENE

En del av oppdraget har vært å innhente synspunkter og vurderinger fra involverte aktører og ta relevante innspill i betraktning i utredningen. I samarbeid med oppdragsgiver ble, følgende interessenter plukket ut og kontaktet med brev datert 04.05.2016: (interessenter i kursiv har ikke besvart vår henvendelse)

- Norske boligbyggelag (NBBL)
- Boligprodusentenes forening
- Entreprenørforeningen Bygg og Anlegg (EBA)
- NELFO
- Norsk Fjernvarme
- Norsk varmepumpeforening (NOVAP)
- *VVS-foreningen*
- Elvarme Norge
- Energi Norge
- Norsk Bioenergiforening (NoBio)
- *Norges bygg- og eiendomsforening (NBEF)*
- Norsk Eiendom
- Rådgivende ingeniørers forening (RIF)
- Enova
- NVE
- Grønn Byggallianse
- *Forbrukerrådet*
- *Norsk Varme*
- *Norske Arkitekters Landsforbund (NAL)*

I tillegg bad Elektroforeningen om å få gi innspill.

Nedenfor oppsummeres det vi anser som essensen i hvert enkelt innspill, sortert alfabetisk på navn på interessentene. DIBK får også tilsendt alle besvarelsene, slik vi fikk dem.

9.1 Spørsmål 1

Følgende definisjon på begrepet «energifleksibile varmesystem» var gitt;

Med «*energifleksibile varmesystemer*» menes at det forholdsvis enkelt kan byttes mellom ulike energikilder. 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/nærvare. Følgende spørsmål ble stilt;

Vi ber om tilbakemelding på denne tolkningen av begrepet «energifleksibile varmesystemer»

Boligprodusentene, Elektroforeningen, Nelfo og NVE er enige i denne tolkningen av begrepet «energifleksibile varmesystemer». Boligprodusentene peker på at begrepet "energifleksibile varmesystemer" krever en mer entydig og presis definisjon/beskrivelse for å bli operativt.

EBA mener at varmfordelingsanlegg basert på vann er det eneste type system blant vann, luft og strøm som kan betjenes av alle de fire hovedkategoriene som de definerer som energikilder. Denne grunngir de med at «energifleksibile varmesystemer» betyr at varmfordelingssystemet skal kunne betjenes av alle hovedkategorier energikilder. Hovedkategoriene er energikilder basert på væske (fjernvarme, brønnpark), strøm (elektrokjele, solcellepanel), fyring (pellets) og luft (luft til vann varmpumpe). Varmefordelingsanlegg basert på strøm og luft mener EBA ikke er energifleksibile løsninger.

Elvarme Norge mener at energifleksibilitet innebærer at energien kan produseres fra ulike energikilder og at det medfører at den interne distribusjonen ikke må være vann eller luft. Energifleksibile varmesystem må defineres ut fra fleksibilitet i energiforsyningen. Elvarme Norge sitt synspunkt er at elektrisitet er en energibærer som kan transportere energi fra ulike typer energikilder som vann, vind, sol, bølger, biomasse, metangass eller kjernekraft.

Enova mener at en tolkning av energifleksibilitet der det er begrenset til kortsiktig bytte mellom ulike varmekilder, ikke vil ivareta intensjonen med kravet. Det er viktig å legge til rette for varmesystemer som gir økt fleksibilitet i det totale energisystemet, herunder gjør det mulig å redusere effektuttaket fra kraftsystemet og utnytte den effekt- og kraftreserven som oppvarming vil kunne utgjøre.

Grønn Byggallianse/Norsk Eiendom har ingen kommentarer til definisjonen.

NBBL mener man bør vurdere andre alternativer løsninger enn kun det å etablere alternative interne varmedistribusjonsnett. Byggene må legge til rette for bruk av fremtidige kilder som sol. Herunder bør egne el-aggregater defineres inn som et alternativ slik at solenergi er en del av et fleksibelt system. Pipeløp/bioenergi bør også kunne være en valgmulighet.

Nobio påpeker forskjellen på lang og kort tidshorisont mht. fleksibilitet, herunder om fleksibilitet handler om muligheten til å bytte system i løpet av byggets levetid eller om å kunne avlaste strømmettet ved effektknapphet.

Energi Norge, Norsk Fjernvarme (NFV) og Nobio er enige i definisjon av "energifleksibile varmesystemer" men peker på at påstanden om "at det forholdsvis enkelt kan byttes mellom ulike energikilder" gir rom for tolkning. Det bør fremkomme at dette innebærer at utskifting kan skje uten inngrep i bygningskroppen, og utelukkende innen teknisk rom. Det bør ikke kunne anses som fleksibelt dersom det må gjennomføres vesentlig ombygging.

Norsk varmepumpeforening (Novap) er enig i begrepsapparatet rundt energifleksible varmesystemer. De mener det er behov for å vurdere den reelle fleksibiliteten man har med ulike energikilder. Varmtvannsberedning i en felles varmesentral mener de kun kan anses som energifleksibelt system dersom anlegget har reell mulighet til å bytte energikilde. Med kun standard helelektriske varmtvannsberedere kan man ikke enkelt bytte til en annen energikilde. Novap anser ikke luft/luft varmepumper som energifleksible i en definisjon der man skal tilrettelegge for flere energikilder.

RIF peker på at formuleringen «Med «energifleksible varmesystemer» menes at det forholdsvis enkelt kan byttes mellom ulike energikilder», innebærer installasjon av back-up-system som overtar ved utfall av hovedenergikilde. Ut i fra dette perspektivet er et energisystem ikke energifleksibelt når det tar uker eller måneder å installere alternativ energikilde. Energifleksible varmesystemer innebærer at rådgiver/byggherre vurderer energilagring og hvilke to energisystemer som skal legges til grunn. Det vil ikke være avgrenset til energivare eller energibærer.

9.2 Spørsmål 2

Asplan Viak har satt opp en tabell som viser det vi anser som sannsynlige energiforsyningsløsninger ved ulike prosentkrav til energifleksible systemer, jf. kap. 6.1. Følgende spørsmål ble stilt:

«Vi ber om synspunkter på om vurderingene i tabellen ovenfor deles av dere, eller om dere mener det er andre løsninger som er mer sannsynlige.»

Boligprodusentene er i all hovedsak enig i tabellen som vi har satt opp. De mener at for boliger vil man forsøke å unngå å benytte vannbårent varmebatteri. De er imidlertid også inne på luftbåren oppvarming som en god løsning.

EBA har en del kommentarer til om hvilke faktorer som styrer beslutningen av energiløsning, og påpeker at «Slik TEK 10 og forslaget til nye bestemmelser er utformet, gis det ingen incitament for utbygger og entreprenør til å velge noe annet enn billigste investeringskost.»

De mener at det går en grense omkring en kravverdi på 55-60 % for når det er sannsynlig at «både tappevann, ventilasjonsvarme og romoppvarming sannsynligvis gjøres i form av vannbåren varme». *(Det er ikke presisert om de tenker på boliger eller næringsbygg, men påstanden stemmer godt overens med tabellen vi har medtatt for næringsbygg.)* De opplever «selv varmedelingssystemet for romoppvarming som for stort og kostbart. Det var bedre egnet for boliger med langt lavere krav til klimaskall. En bør derfor se på muligheten for å regulere energikilden på annen måte enn gjennom varmedelingssystemet.»

Elektroforeningen (EFO) er enig i tabellen som er satt opp forutsatt det premisset som er benyttet, men mener at premisset er feil. De nevner bl.a. at enkelte boligprosjekter faktisk reklamerer for «vannbåren varme», og viser til Entra som er tydelige på at «det å velge noen dyrere løsninger i byggefasen kan gi dokumentert høyere bygningsverdi». Understreker derfor at selv om prosentkravet blir satt lavt, så betyr ikke det at ingen vil bygge med vannbårne systemer, og videre at høye prosentkrav forbyr panelovner og gir monopol til vannbårne systemer.

Elvarme Norge er uenig i definisjonen som er brukt for energifleksible varmesystemer, og mener at det er feil å anse elektriske panelovner og annen elektrisk oppvarming som et «ikke energifleksible varmesystem. Nevner løsningene i GK-bygget som en god og kostnads-effektiv løsning. De er også uenige i den prosentvise fordelingen mellom romoppvarming, ventilasjonsoppvarming og tappevann som er brukt. *(Vi er enig i at denne fordelingen vil avhenge av tilluftstemperatur, og det er klart at dersom man benytter høyere temperaturer i*

ventilasjonsanlegget ved behov, så vil romoppvarmingsbehovet reduseres. Tallene er imidlertid oppgitt av DiBK.)

De savner luftbåren varme som en energifleksibel løsning. *(Vi er for så vidt enig at i at dette kunne være aktuelt å vurdere, men dette er utenfor DiBKs oppgavebeskrivelse som sier at «Oppdraget begrenses til å kartlegge tilfeller der andelen energifleksibelt system er vannbårent».)*

Energi Norge er enig i tabellen, men foreslår å inkludere en egen rad for baderomsvarme i boligblokkene. De angir at dette tilsvarer ca. 10 % av det totale varmebehovet i en bolig (jfr. MC-rapport).

Ønsker begrunnelse for hvorfor vi mener at det vil kunne se annerledes ut i områder med fjernvarme. *(Grunnen til påstanden om at den vil se annerledes ut i områder med fjernvarme og tilknytningsplikt, var en forventning om at man i slike tilfeller ville velge å benytte fjernvarme framfor el-kjel. Men vi endrer på tabellen slik at den ikke spesifiserer varmekilde, kun om det er vannbårent eller ikke. Da vil tabellen ikke være annerledes i områder med fjernvarme.)*

Enova er enig i tabellen som er satt opp forutsatt det premisset som er benyttet. De er imidlertid ikke enig i logikken bak et prosentkrav til fleksibilitet, og mener at det i for stor grad åpner for omregninger for å omgå kravet.

De nevner også luftbåren varme som en mulig løsning, og mener at kontorbygg med $x=70$ %, kan løses med vannbårent varmebatteri og for øvrig elektrisk oppvarming.

Grønn byggallianse og Norsk Eiendom (felles uttalelse) er i utgangspunktet enig i at mange byggherrer må forventes å agere som angitt i tabellen, men påpeker at deres medlemmer er *«blant de mest langsiktige og miljøbevisste byggherrene og vil ikke alltid tenke slik»*.

NBBL mener at tappevannsbehovet for boligblokker ofte er høyere enn de 30 kWh/m² som er angitt i NS 3031. De mener det er sannsynlig at felles varmtvannsbereder er en løsning som blir foretrukket for boligblokker. Videre understreker de at det ikke bare er investeringskostnaden som medfører at mange vil unngå vannbårne systemer. Slike systemer medfører også økte service- og driftsoppfølgingskostnader, pga. ekstra komponenter som krever service/vedlikehold.

NELFO stiller spørsmål til premisset for tabellen, og mener at mange vil velge ut fra LCC, energimerking, BREEAM etc. De mener at også ved et krav om 30 % energifleksibilitet vil de fleste yrkesbygg måtte ha energifleksibel romvarme. NELFO har vedlagt noen regneeksempler på dette.

Norsk Fjernvarme (NFV) er enig i at tabellen angir et sannsynlig utfall, men nevner også GK-løsningen med luftbåren oppvarming, som åpner for at tappevann kan løses med benkeberedere. NFV er heller ikke sikre på om tabellen ville se annerledes ut i fjernvarmeområder. *Se kommentar om det sistnevnte under Energi Norge.*

De påpeker videre at faktisk energibruk normalt er høyere enn beregnet, og dette gir mulighet for å beregne seg fram til unntak for energifleksible systemer, noe de mener svekker kravet.

NOBIO har ingen konkrete kommentarer til tabellen, bortsett fra at også de påpeker forskjellen mellom faktisk og beregnet energibruk, tilsvarende kommentarene fra NFV. De understreker også at det er viktig å velge robuste løsninger, og problematiserer effektbelastningen på el-nettet, dersom nye bygg baseres på helelektrisk oppvarming.

NVE har gjort en meget grundig vurdering av tabellen, og har mange nyttige kommentarer, som vi tar hensyn til i rapporten vår. De har også vurdert 60 %-krav, jfr. Stortingsvedtaket, uten at det er tatt hensyn til forskjellig ordlyd i «energifleksibile varmesystemer» og «annen energiforsyning enn direktevirkende elektrisitet».

Under 70 og 90 % på boligblokk er de ikke enig i at byggherrene nødvendigvis vil velge elektrisk gulvvarme på bad (*det er for så vidt uproblematisk for konklusjonen*), samt at de påpeker at deres vurdering er at, dersom boligblokken har sentral ventilasjon og vannbåren varme, så er det sannsynlig at det vil velges vannbårent varmebatteri (*vår konklusjon i tabellen var basert på at det ofte vil benyttes desentral løsning, og vi har også fått en kommentar fra Boligprodusentene som mener at de i størst mulig grad unngår vannbårent batteri.*) De gir også innspill på (tolket ut fra tabell) at dersom man legger vannbåren varme på bad, så trenger man ikke vannbårent varmebatteri og tilhørende sentral ventilasjon.

For næringsbygg og krav om 30 % mener NVE at det er sannsynlig at man vil forsøke å gjøre diverse justeringer på varmforsyningen til bygget for å oppnå at en større del av byggets oppvarmingsbehov vil være ventilasjonsvarme (vannbårent ventilasjonsanlegg). Man vil i så fall kunne slippe felles tappevannsanlegg.

Under 50 % er kommentaren at felles tappevannsanlegg ikke vil være nødvendig. For 70 % mener de at det er mer sannsynlig at det vil velges vannbårent vannbatteri enn felles tappevannsoppvarming.

RIF angir at «tabellen vil nok sannsynligvis representere valgene som kommer hvis det stilles et suboptimalt krav kun basert på én energikilde uten mulighet for å velge energilagring for å oppnå det energifleksibilitet». RIF skriver videre at «det er derfor helt sentralt at TEK legger premisser for hva som gir robuste og driftssikre systemer, er samfunnsøkonomisk best og som sikrer miljøvennlig forsyningssikkerhet. Og dette bør være funksjonskrav som er mest mulig teknologinøytrale.» De mener at det ikke er samfunnsøkonomisk å legge til rette for å bygge ut el-nettet til at el skal benyttes som enerådende energibærer. Antyder i stedet at det bør stilles føringer om «miljøvennlig forsyningssikkerhet».

De påpeker også at når et system kun har én energikilde for oppvarming (elektrisitet, fornybare eller fossile oljer og gasser, fjernvarme etc.) og uten energi- og effektlagring, er det ikke energifleksibelt.

9.3 Spørsmål 3

«En annen del av Asplan Viak sitt oppdrag er å sammenligne løsningene fra tabellen i kap. 6.1. med andre relevante energiforsyningsløsninger med tanke på totale levetidskostnader. Hva slags oppvarmingsløsning som velges beror i stor grad på løsningens enhetskostnader. Det er derfor av interesse å undersøke om de enhetskostnader vi har lagt til grunn, er sammenfallende med kostnadsnivåer dere normalt opererer med.»

«Vi ber om innspill på om enhetskostnadene og levetidene som er angitt virker hensiktsmessige.»

Boligprodusentene har ingen konkrete tallmessige kommentarer til tabellen. De henviser imidlertid til at de tidligere har angitt en merkostnad på kr 100 000 per boenhet ved vannbåren varme. Nylig kostnadsinnhenting ga total kostnader på 132 000 kr per boenhet. Dette inkluderte tilknytningsavgift på ca. 10 000 kr per boenhet. De anslår total kostnad for elektrisk varme på kr 20 000 per boenhet. (*Boligprodusentene har imidlertid ikke presisert om den verdien inkluderer økte nettkostnader.*)

De spør om det kan «være mer hensiktsmessig å snu problemstillingen og beregne hvor store merinvesteringer som faktisk kan aksepteres gitt et så lavt varmebehov, eller beregne hva den resulterende energikostnaden over livsløpet vil være for alternative investeringskostnader (gitt antakelse om levetid)?». (*Det kan muligens være hensiktsmessig, men faller utenfor oppdraget vi har fått.*)

EBA argumenterer for en mer helhetlig betraktning (LCC). De påpeker at det bør angis om investeringskostnadene som er oppgitt er kostnad for beboer, kostnad fra totalentreprenør eller kostnad fra underentreprenør. *Vi har undersøkt dette med NVE, og fått til svar at kostnadene i kostnadsrapporten reflekterer kostnaden for en bruker/beboer uten skatter og avgifter. Dette er tydeliggjort i rapporten.* EBA angir noen dimensjoneringskriterier for effekt. Angir videre at fordelingen i investeringskost mellom brønnpark og varmepumpe er 76 %/24 %, mens det utfra NVEs/AVs tall blir 59 %/41 %.

EBA angir følgende kostnader:

	Sum for bruker, inkl MVA samt påslag fra UE, TE og BH	TEs kostnad, inkl påslag fra UE og TE	NVE-rapport
Brønnpark:	22 040 kr/kW	11 970 kr/kW	7956 kr/kW
VP	6960 kr/kW	3780 kr/kW	5500+800 kr/kW
Totalt	29 000 kr/kW	15 750 kr/kW	14 256 kr/kW
EI-kjel	4625 kr/kW	2500 kr/kW	1405 kr/kW

Vi merker oss at summen per kW for VP + brønnpark på TEs kostnad faktisk ikke er så langt unna NVE-rapporten (10 % høyere). Kostnad brønnpark for TE er tilnærmet lik oppdatert tall fra NVE. NVEs oppdaterte kostnadstall for VP er imidlertid betydelig høyere enn EBAs tall, mens EBAs kostnad for el-kjel er imidlertid betydelig høyere enn NVEs kostnadstall.

EBA mener også at levetid for brønnparken er høyere enn 60 år, men mener det er mulig at røret må byttes ut. *Det er muligens korrekt, men man regner normalt uansett en viss avskrivning. Pga. diskontering, så har det begrenset betydning hva som skjer om mer enn 60 år.*

EBA påpeker at «For fullt varmeanlegg til entreprenør (tappevann, ventilasjonsvarme og romvarme), vil vannbårent fordelingsanlegg koste mellom kr 500-800 pr m². Et tilsvarende elektrisk opplegg med varmtvannsbereder etc. vil koste i overkant av kr 300 pr m². Det er mange år siden sist noe sånt er levert, men det er beste anslag etter diskusjon med utførende elektriker. For bruker vil summene bli fra kr 925 – 1480 pr m² for vannbårent anlegg og rundt kr 550 pr m² for elektrisk anlegg.» *Disse kostnadene er omtrent de dobbelte av de som er angitt i Cowi-rapporten (for kostnad til entreprenør), noe som antagelig delvis kan forklares med at Cowi har neddimensjonert så mye som mulig. Vi inkluderer også tallene fra EBA i beregningsverktøyet.*

Elektroforeningen (EFO), Grønn byggallianse og Norsk Eiendom (felles uttalelse) og NELFO angir at tabellen oppfattes hensiktsmessig.

Elvarme Norge angir at de savner en post for luftbåren varme. De angir videre at levetid på elvarme må kunne settes til 50 år. Angir kostnad for elvarme fra en SINTEF-utredning på kr 63 kr/m², og lurer på om tallet vi har oppgitt på 150 kr/m² inkluderer avansert styring. *Tallene fra Cowi inkluderer nettkostnader. Dette er nå presisert.* Angir at samme utredning tilsier 350-380 kr/m². *Dette stemmer godt med verdien vi hadde angitt i tabellen.* Mener at levetid VP på 20 år virker for høyt. *Vi reduserer til 15 år utfra div. innspill.* Henviser videre til Holte kalkulasjonsnøkkel.

Energi Norge påpeker at NVE-rapporten oppgir levetid VP til 15 år. *Vi reduserer til 15 år utfra div. innspill.* Videre påpeker de at de synes levetid på 20 år for vannbårent anlegg virker lavt. *Vi øker til 50 år utfra div. innspill.* Viser dessuten til at det skjer mye ang. kostnader vannbårent anlegg, og henviser til varmforsyningsløsningen som ofte benyttes i Kristiansand (fra Agder Energi/LK systems) med en merkostnad på 7-8000 kr per leilighet.

Enova nevner samme løsning som Energi Norge, men her oppgis en merkostnad på kr 6500 kr/boenhet, og de mener at den kan halveres ved masseproduksjon. De oppgir også at levetid for vannbårent anlegg er langt over 20 år, opptil 80-90 år i boligsektoren. Enova påpeker at man kan få ytterligere effektprising og omlegging av effekttariffer i framtida, noe som kan gi store utslag i lønnsomhetsberegninger.

NBBL mener at levetid VP bør reduseres til 15 år og brønnpark settes til 50 år. *Ivaretatt*

Norsk Fjernvarme (NFV) påpeker at NVE-rapporten oppgir levetid VP til 15 år, og at levetid for vannbårent anlegg bør økes. De nevner også samme løsning som Energi Norge med en merkostnad på 7-8000 kr per leilighet. De hevder også at vannbåren varme og elvarme i baderskabiner har samme kostnad.

De savner effektkostnad/anleggsbidrag økt elektrisk effekt. *Det skal være inkludert i kostnadene for elvarme i Cowi-rapporten, men dette skal presiseres i rapporten vi utarbeider.* Spør om 4 % internrente er fornuftig, og om beslutninger normalt tas ved en slik lav rente/avkasting. *Det var for så vidt ikke en del av spørsmålet vi stilte, men det vil i praksis ivaretas med sensitivitetsanalysen som utarbeides.*

NOBIO sier seg enig i merkostnaden for vannbårent anlegg, men påpeker at det skjer mye innovasjon på vannbårne systemer. De mener også at anleggsbidrag for el-effekt må inkluderes. *Det skal være inkludert i kostnadene for elvarme i Cowi-rapporten, men dette må presiseres i rapporten vi utarbeider.* Påpeker at «Bioenergi og fjernvarme utnytter lokale ressurser og bør i et samfunnsperspektiv komme bedre ut enn elektrisitet til oppvarming dersom dette krever investeringer i effektkapasitet og infrastruktur.

NOVAP hadde en del kommentarer til kostnadene og mener tabellen er for enkel. *Dette skyldes at spørsmålsstillingen i dokumentet vi sendte til interessentene ikke var tilstrekkelig tydeliggjort. Har svart ut dette direkte til NOVAP.*

NVE har siden 2015 oppdatert kostnadsdataene i sin rapport 2-2015. Vi har fått de nyeste dataene tilsendt, og fått tillatelse til å benytte dem i vår rapport, selv om de foreløpig ikke er offentliggjorte. Generelt er kostnadene økt en del, spesielt for brønnpark. De påpeker også at kostnaden er høyere for mindre anlegg, og har lagt inn egnede kostnader til anlegg for ca. 10 kW. *Vi benytter de nye tallene fra NVE, både for boligblokken og næringsbyggene. Boligblokken har et totalt effektbehov varme på ca. 20 kW.*

RIF angir at tabellen oppfattes hensiktsmessig dersom man ser isolert på hvert enkelt system, men mener det bør inkluderes øvre og nedre estimater. *Dette vil ivaretas ved sensitivitetsanalysen.* De mener også at anleggsbidrag for el-effekt må inkluderes. *Det skal være inkludert i kostnadene for elvarme i Cowi-rapporten, og dette er presisert i kap. 5.7.*

10 ØVRIGE VEDLEGG

- Vedlegg 2: Beregningsverktøy. For å gjøre det enkelt for mottaker, leverer vi verktøyet i 4 versjoner, der det er ferdigutfyllt for tilfellene:
 - Boligblokk forenklet
 - Boligblokk tradisjonelt
 - Kontorbygg
 - Forretningsbygg
- Vedlegg 3: Innspillene til prosjektet fra alle de inviterte interessentene. Alle er samlet i en zip-fil og er inkludert i det formatet vi fikk dem tilsendt.