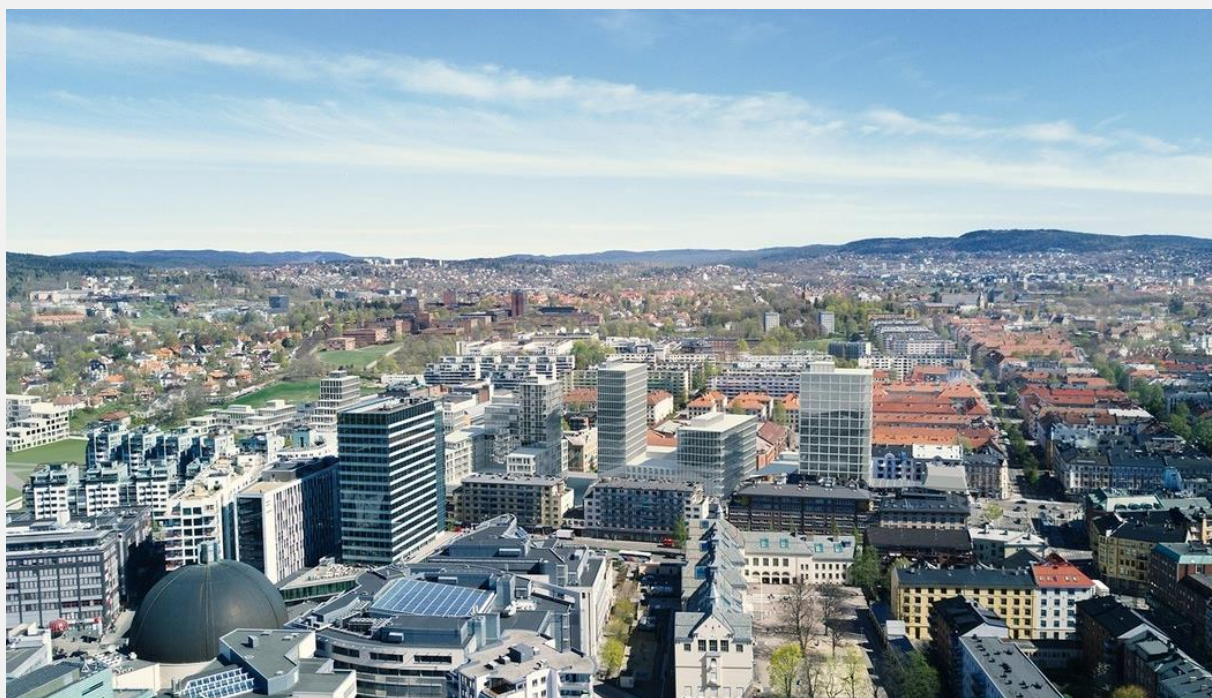


Direktoratet for byggkvalitet

UTREDNING AV MULIG MODELL FOR NNEB I TEK UTREDNINGSRAPPORT

Dato: 22.08.2019
Versjon: 02



Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver: Direktoratet for byggkvalitet
Tittel på rapport: Utredning av mulig modell for nNEB i TEK
Oppdragsnavn: Utredning av nNEB i TEK
Oppdragsnummer: 623473-01
Utarbeidet av: Espen Løken, Mie Fuglseth, Inger Andresen, Oddbjørn Sandstrand-Dahlstrøm, Eivind Selvig
Oppdragsleder: Mie Fuglseth
Tilgjengelighet: Åpen

VERSJON	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KS
02	22.08.19	Oppdatert etter innspill fra DiBK	EL, MF, IA, OSD, ES	
01	11.07.19	Nytt dokument	EL, MF, IA, OSD, ES	IA, ES

Forord

Asplan Viak har, i samarbeid med NTNU og Civitas, utredet problemstillinger knyttet til ny kravinnretning for energikrav i Teknisk byggforskrift på oppdrag fra Direktoratet for byggkvalitet (DiBK). Utredningen vurderer krav i en fleksibel modellinnretning som omfatter både energibruk i drift og klimagassutslipp fra materialbruk. Vurderinger av krav til energibruk i drift og klimagassutslipp fra materialbruk er vurdert adskilt, i hver sin del av rapporten.

Inger Grethe England har vært kontaktperson hos DiBK. Mie Fuglseth har vært oppdragsleder for prosjektgruppen og hatt fagansvar for vurderinger av krav til klimagassberegninger for materialbruk. Oddbjørn Sandstrand-Dahlstrøm har også arbeidet med beregninger og vurderinger knyttet til materialbruk. Espen Løken har hatt fagansvar for vurderinger av energikrav. NTNU, ved Inger Andresen, og Civitas, ved Eivind Selvig, har vært underleverandører til Asplan Viak i oppdraget.

Versjon 2 av rapporten er oppdatert etter diverse innspill fra DiBK.

Sandvika, 22.08.2019

Mie Fuglseth
Oppdragsleder

Inger Andresen, Eivind Selvig
Kvalitetssikrere

Innhold

1	INNLEDNING	6
1.1	Oppdraget – mulig ny modellinnretning i TEK	6
1.1.1	Energikrav	6
1.1.2	Krav til klimagassutslipp fra byggematerialer	7
1.2	Rapportens oppbygning	7
2	METODE FOR VURDERING AV ENERGILTAK	9
3	TEKNISKE INSTALLASJONER	11
3.1	Ventilasjon – luftmengder og styringsystemer (behovsstyring)	11
3.1.1	Luftmengder i boligblokk	11
3.1.2	Luftmengder i kontorbygg	12
3.1.3	Kommentarer luftmengder	12
3.2	Belysningsanlegg	14
3.2.1	Belysning i kontorbygg	15
3.2.2	Belysning i boligbygninger	16
3.3	Teknisk brukerutstyr	17
3.4	Frikjøling	17
4	SYSTEMTAP	18
4.1	Systemtap i varmeanlegget i bygget	18
4.2	Systemtap i tappevannssystemer	20
5	VARMEGJENVINNING	22
5.1	Ventilasjonsvarmegjenvinning	22
5.1.1	Varmegjenvinner i småhus	23
5.1.2	Varmegjenvinner i boligblokk	24
5.1.3	Varmegjenvinner i kontorbygg	25
5.2	Gråvanngjenvinning	26
5.3	Varmtvannstilkoblede hvitevarer	27
5.4	Spillvarme fra kjøleproduksjon	27
5.4.1	Spillvarme fra komfortkjøling	27
5.4.2	Spillvarme fra prosesskjøling	28
5.4.3	Behandling av utnyttelse av spillvarme fra interne prosesser i Energimerkeordningen	28
6	PASSIVE ENERGILTAK	30
6.1	Plassering/orientering av bygget	30
6.2	Utforming av bygget	30
6.3	Fast solskjerming	31
6.3.1	Passiv (ikke-regulerbar) solskjerming i boligbygninger	31
6.3.2	Passiv (ikke-regulerbar) solskjerming i næringsbygg (kontorbygg)	32
6.4	Termisk masse	33
6.4.1	Termisk masse i boligblokk	34
6.4.2	Termisk masse i kontorbygg	34
6.5	Faseendringmaterialer (PCM)	35
6.6	Termisk aktiverte bygningssystemer - TABS (innebygget varme i golv, tak og vegger) ...	36

7	EGENPRODUSERT FORNYBAR ENERGI PÅ EIENDOMMEN TIL EGET BRUK.....	37
7.1	Elektrisitetsproduksjon	37
7.1.1	Solceller.....	37
7.1.2	Vindmøller/-turbiner	41
7.1.3	Andre teknologier for fornybar el-produksjon	42
7.2	Varmeproduksjon – termisk energi	43
7.2.1	Solfangere	43
7.2.2	Varmepumper.....	44
8	FELLES BYGNINGSKATEGORI FOR YRKESBYGG	47
9	METODE FOR VURDERING AV NNEB-NIVÅ FOR KLIMAGASSUTSLIPP FRA BYGGEMATERIALER	49
9.1	Referansenivå	49
9.2	nNEB-nivå for klimagassutslipp	50
10	ANBEFALTE METODISKE RETNINGSLINJER FOR VURDERING AV NIVÅ FOR KLIMAGASSUTSLIPP FRA MATERIALBRUK.....	51
10.1	Systemgrenser i rom.....	51
10.1.1	Bygningsdeler.....	51
10.1.2	Skaleringseffekt	54
10.1.3	Nøktern bygningsutforming.....	54
10.2	Systemgrenser i tid	55
10.2.1	Levetid.....	56
10.2.2	Transport til byggeplass, A4.....	56
10.2.3	Byggefase, A5.....	58
10.2.4	Bruksfase, B1-B5	58
10.2.5	Avhendingsfase, C1-C4	58
10.2.6	Gevinster etter livsløpets slutt, D	58
10.3	Funksjonell enhet for rammekrav	58
10.4	Utslippsfaktorer	59
10.4.1	Betong.....	59
10.4.2	Stålprodukter	59
10.5	Isolasjon	60
11	POTENSIALE FOR REDUKSJON AV KLIMAGASSUTSLIPP FRA MATERIALBRUK	61
11.1	Material- og løsningsvalg.....	61
11.1.1	Lavkarbonbetong	61
11.1.2	Tre	61
11.1.3	Metallprodukter med resirkulert innhold.....	66
11.1.4	Bæresystem	66
11.2	Erfaringstall for reduksjonspotensiale.....	67
11.2.1	Kontorbygg.....	69
11.2.2	Boligblokk.....	69
11.2.3	Småhus.....	69
11.2.4	Andre bygningstyper.....	70
12	DISKUSJON OG ANBEFALINGER	72
12.1	Samlet potensiale for utslippsreduksjon og variasjon mellom bygningstyper	72
12.2	Sammenheng mellom materialbruk og energibruk i drift	73

12.3	Krav til dokumentasjon av klimagassutslipp.....	74
12.4	Tiltakskrav for materialer.....	75
12.5	Behov for videre arbeid	75
13	NIVÅER FOR KLIMAGASSUTSLIPP FRA MATERIALBRUK	76
13.1	Kontor	76
13.1.1	Nivå for klimagassutslipp for kontor, inkludert transport av materialer til byggeplass...	76
13.1.2	Nivå for klimagassutslipp for kontor, ekskludert transport av materialer til byggeplass.	77
13.2	Boligblokk.....	77
13.2.1	Nivå for klimagassutslipp for boligblokk, inkludert transport av materialer til byggeplass 77	
13.2.2	Nivå for klimagassutslipp for boligblokk, ekskludert transport av materialer til byggeplass 78	
13.3	Småhus.....	78
13.3.1	Nivå for klimagassutslipp for småhus, inkludert transport av materialer til byggeplass .	78
13.3.2	Nivå for klimagassutslipp for småhus, ekskludert transport av materialer til byggeplass	79
	VEDLEGG 1: FORUTSETNINGER FOR MODELLBYGG	80
	VEDLEGG 2: JUSTERINGER AV BEREGNINGSFORUTSETNINGER FOR BYGNINGSMODELL I ONE CLICK LCA	81
	VEDLEGG 3: BENCHMARKVERDIER FOR KLIMAGASSUTSLIPP FOR STÅLPRODUKTER, FRA ONE CLICK LCA	82
	VEDLEGG 4: MATERIAL- OG LØSNINGSVALG I MODELLBYGG SOM ER LAGT TIL GRUNN FOR Å VURDERE NNEB-NIVÅ	84
	Material- og løsningsvalg for kontor	84
	Material- og løsningsvalg for boligblokk	86
	Material- og løsningsvalg for småhus.....	88

1 INNLEDNING

1.1 Oppdraget – mulig ny modellinnretning i TEK

Direktorat for byggkvalitet (DiBK) har fått følgende oppdrag fra Kommunal- og moderniseringsdepartementet (KMD):

DIBK skal utarbeide forslag til definisjon av nesten nullenerginivå som kan sendes på høring. I dette arbeidet må direktoratet vurdere om andre forhold enn kun energibehov i drift skal inngå i videreutviklingen av energikrav. Dette innebærer å vurdere mulighet og hensiktsmessighet av å se energibruk i drift og andre miljøkrav til bygg i sammenheng.

DiBK har utarbeidet en foreløpig skisse for modell for kravinnretningen. Denne skissen ble presentert på en dialogkonferanse 21.05.19. De foreslår en todelt kravinnretning:

1. Obligatoriske basiskrav
2. Ulike valgfrie tilleggskrav

De ulike valgfrie tilleggskravene vil iht. den foreløpige skissen gis en vektning, og det vil stilles krav til at hvert prosjekt skal oppnå en viss vektet poengsum, i tillegg til at de obligatoriske basiskravene skal være overholdt.

Ved å regulere flere miljøaspekter enn energibruk i TEK, vil man ivareta bygningers miljøbelastning på en mer helhetlig måte enn kun med krav til energibruk. I denne forbindelse ønsker DiBK å få utredet problemstillinger som kan belyse hvordan man kan definere en modell som omfatter både energibruk i drift og klimagassutslipp fra materialbruk. En utvidelse av kravinnretningen i TEK til å omfatte materialbruk ville være et svært viktig tiltak for å redusere klimapåvirkningen fra bygningsmassen.

1.1.1 Energitiltak

Basiskravene til energi vil iht. skissen enten basere seg på en tiltaksliste (tilsvarende prinsipp som i TEK 17 § 14-2, annet ledd) og/eller de kan basere seg på varmetapstall/netto energibehov (tilsvarende prinsipp som i TEK 17 § 14-2, første ledd).

Iht. forslaget som ble presentert på dialogkonferansen 21.05.19, er hensikten med basiskravene at de skal sikre en god bygningskropp og robusthet. Forslaget som ble presentert inneholder krav innenfor følgende områder:

- U-verdier for bygningskroppen
- Andel vindus- og dørrårel i forhold til oppvarmet BRA
- Infiltrasjon (lekkasjetall)
- Normalisert kuldebroverdi
- Spesifikk vifteeffekt (SFP)

Asplan Viak har fått i oppdrag fra DiBK å vurdere den energimessige virkningen av ulike tilleggskrav innenfor kategoriene:

- Tekniske installasjoner (inkl. systemtap)
- Varmegjenvinning
- Passive energitiltak (bygningplassering/orientering/utforming av bygget/solavskjerming/frikjøling)
- Egenprodusert energi produsert på eiendommen til eget bruk (el og varme)

1.1.2 Krav til klimagassutslipp fra byggematerialer

Som utgangspunkt for mulige krav til klimagassutslipp fra materialbruk, som en del av en mulig todelt nNEB-definisjon i TEK, ønsker DiBK å få utredet hva et standard nivå for klimagassutslipp (CO₂) fra materialbruk vil være for følgende bygningskategorier:

- Småhus
- Boligblokk
- Kontorbygg

For å vurdere hva som vil være et hensiktsmessig nivå for krav til klimagassutslipp fra materialbruk, ønsker DiBK videre at det utredes hvor stort potensialet for klimagassreduksjon (kg CO₂/m²) vil være for disse bygningskategoriene.

For å vurdere hvordan utslippskrav kan utformes, ønsker DiBK svar på hvorvidt det er mulig å beregne klimagassutslipp fra hver enkelt materialgruppe sortert etter bygningsdelstabellen (NS 3451) slik at man får klimagassutslipp fordelt på:

- Grunn (21)
- Bæresystem (22)
- Yttervegger (23)
 - Vinduer spesifisert (234)
- Innervegger (24)
- Dekker (25)
- Gulv på grunn (25)
- Yttertak (26)
- Trapper/balkonger (28)

1.2 Rapportens oppbygning

Rapporten er inndelt i 2 hoveddeler. Del 1 omfatter utredning av tiltak som påvirker energibruk i drift, mens del 2 omhandler utredning av mulig nNEB-nivå for klimagassutslipp fra materialbruk. Metodisk tilnærming er beskrevet i første kapittel for hver hoveddel.

DEL 1 – UTREDNING AV ENERGILTAK

2 METODE FOR VURDERING AV ENERGILTAK

Formålet med denne delen av utredninger har vært å identifisere energisparepotensialet for ulike potensielle tiltak. For tiltakene som er vurdert er det i de fleste tilfeller beregnet hvor store energireduksjoner som kan oppnås ved de ulike tiltakene i forhold til et referansebygg som tilsvarer rammekrav i TEK17. For enkelte av tiltakene er det også gjort kvalitative vurderinger av virkningen, og om tiltaket er relevant/ gjennomførbart (praktisk og økonomisk).

Følgende arbeidsmetodikk er benyttet i de fleste vurderingene av energisparepotensialet for de ulike tiltakene:

- I den grad det er relevant, er det benyttet de beregningsregler som gjelder for kontrollberegninger mot offentlige krav, dvs. beregninger iht. NS 3031:2014 «*Beregning av bygningers energiytelse - Metode og data*» med normerte inndata der slike finnes. Dette er i praksis den gjeldende energiberegningsstandarden i Norge, selv om den offisielt er tilbaketrukket.
- Vi har laget en kopi av SIMIEN-modellene for småhus, boligblokk og kontorbygg, som tidligere er benyttet av DiBK og deres rådgivere i forbindelse med fastsettelse av energiramme i TEK 17. (Dette omtales videre som energirammeberegningene)
- Så langt som mulig er de aktuelle tiltakene modellert i disse SIMIEN-modellene. I enkelte tilfeller er SIMIEN-modellene noe tilpasset for å gi et bedre bilde på energisparepotensialet for tiltaket som vurderes. Bl.a. er det i enkelte tilfeller lagt inn romkjøling i beregningen av kontorbygg, noe som ikke er modellert i energirammeberegningene.
- Enkelte tiltak er ikke egnet til vurderinger i gjeldende utgave av SIMIEN (6.012). I enkelte tilfeller er det derfor brukt en delvis fungerende betaversjon av SIMIEN 7.
- For enkelte tiltak som ikke kan vurderes iht. beregningsmetodikken i NS 3031, er det gjort manuelle beregninger utfra SN/TS 3031:2016 «*Bygningers energiytelse - Beregning av energibehov og energiforsyning*». Dette er en teknisk spesifikasjon (norm) for «helhetlige energiberegninger av bygninger», men som ikke er godkjent som en standard, og som foreløpig kun er tatt i bruk i begrenset grad.

Tiltakene som er vurdert i analysen er som listet opp nedenfor.

- Tekniske installasjoner
 - Ventilasjon – luftmengder og behovsstyring
 - Belysningsanlegg
 - Teknisk brukerutstyr (kun veldig kort omtalt)
 - Frikjøling
- Systemtap
 - I varmeanlegg
 - I tappevannssystemer
- Varmegjenvinning
 - Gjenvinning ventilasjonsanlegg
 - Gråvannsgjenvinner
 - Varmtvannstilkoblede hvitevarer
 - Gjenvinning av spillvarme fra kjøleproduksjon
- Passive energitiltak
 - Plassering/orientering av bygget
 - Fast solskjerming
 - Termisk masse
 - Fasendringmaterialer (PCM)
 - Termisk aktiverte bygningssystemer (TABS)

- Egenprodusert fornybar energi
 - Solceller
 - Vindmøller
 - Annen el-produksjon
 - Solfangere
 - Varmepumper

3 TEKNISKE INSTALLASJONER

3.1 Ventilasjon – luftmengder og styringssystemer (behovsstyring)

Luftmengder i og utenfor byggets driftstid kan ha stor betydning for energiberegninger. Hvilke luftmengder som benyttes har betydning (direkte og indirekte) for mange av energipostene (jfr. NS 3031) i energiberegningen:

- 3a Vifter, direkte betydning
- 1b Ventilasjonsvarme, direkte betydning
- 6b Ventilasjonskjøling, direkte betydning
- 1a Romoppvarming, indirekte betydning
- 6b Romkjøling, indirekte betydning
- 3b Pumper, indirekte betydning

3.1.1 Luftmengder i boligblokk

Nedenfor er det vist et eksempel på hvordan reduserte luftmengder gir utslag på energiberegning av boligbygg. Beregningene er vist for boligblokk, men virkningen vil være i samme størrelsesorden for småhus, ettersom de er beregningsmessig ganske like på dette punktet. Beregninger er gjort ved ni scenarier.

Det er benyttet hhv. 80 %, 70 % og 0 % varmegjenvinning i beregningene. Resultatene viser at ved lavere gjenvinningsgrad, så øker besparelsen ved reduserte luftmengder.

Scenarier:

1. Luftmengder i og utenfor driftstiden med inndata fra energirammeberegningene, dvs. 1,5 m³/m²h hele året og 80 % virkningsgrad.
2. Luftmengder redusert til 1,2 m³/m²h. 80 % virkningsgrad.
3. Luftmengder økt til 2 m³/m²h. 80 % virkningsgrad.
4. Som scenario 1, men med 70 % virkningsgrad
5. Som scenario 2, men med 70 % virkningsgrad
6. Som scenario 3, men med 70 % virkningsgrad
7. Som scenario 1, men med 0 % virkningsgrad
8. Som scenario 2, men med 0 % virkningsgrad
9. Som scenario 3, men med 0 % virkningsgrad

Tabell 3-1: Energiberegninger for ulike scenarier luftmengder i boligblokk

Alle tall angitt i kWh/m ²	Scenario								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1a Romoppvarming	24,8	23,6	26,8	24,8	23,6	27,0	44,6	35,2	61,6
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	3,0	2,4	4,1	7,8	6,2	10,5	31,2	29,5	33,0
2 Varmtvann (tappevann)	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8
3a Vifter	5,5	4,4	7,3	5,5	4,4	7,3	5,5	4,4	7,3
3b Pumper	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4 Belysning	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
5 Teknisk utstyr	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
6a Romkjøling	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Totalt netto energibehov	92,0	89,0	96,9	96,7	92,8	103,4	140,0	127,7	160,6
Differanse fra scenario 1		-3,0	+4,9	+4,7	+0,8	+11,4	+48,0	+35,7	+68,6
Differanse fra scenario 4/7					-3,9	+6,7		-12,3	+26,6

3.1.2 Luftmengder i kontorbygg

Nedenfor er det vist et eksempel på hvordan reduserte luftmengder gir utslag på energiberegning av et kontorbygg. Beregninger er gjort ved ni scenarier.

Det er benyttet hhv. 85 % og 75 % varmegjenvinning i beregningene. Resultatene viser at ved lavere gjenvinningsgrad, så øker besparelsen ved reduserte luftmengder.

Scenarier:

1. Luftmengder i og utenfor driftstiden med inndata fra energirammeberegningene, dvs. $8 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ i driftstida og $3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ utenfor driftstida. 85 % virkningsgrad.
2. Luftmengder redusert til $5/3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ i/utenfor driftstiden. 85 % virkningsgrad.
3. Luftmengder redusert til $5/1 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ i/utenfor driftstiden. 85 % virkningsgrad.
4. Som scenario 1, men med 75 % virkningsgrad
5. Som scenario 2, men med 75 % virkningsgrad
6. Som scenario 3, men med 75 % virkningsgrad
7. Som scenario 1, men med 0 % virkningsgrad
8. Som scenario 2, men med 0 % virkningsgrad
9. Som scenario 3, men med 0 % virkningsgrad

Tabell 3-2: Energiberegninger for ulike scenarier luftmengder i kontorbygg

Alle tall angitt i kWh/m ²	Scenario								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1a Romoppvarming	19,1	14,6	12,4	19,1	14,6	12,4	88,0	52,5	35,2
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	5,8	5,3	2,0	19,2	15,8	8,0	86,0	84,0	52,9
2 Varmtvann (tappevann)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
3a Vifter	14,0	10,0	7,7	14,0	10,0	7,7	14,0	10,0	7,7
3b Pumper	2,4	2,2	2,2	2,6	2,2	2,2	4,1	2,9	3,0
4 Belysning	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
5 Teknisk utstyr	34,5	34,5	34,5	34,5	34,5	34,5	34,5	34,5	34,5
6a Romkjøling	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	13,9	9,8	7,9	13,9	9,8	7,9	13,9	9,8	7,9
Totalt netto energibehov	114,6	101,5	91,6	128,3	112,0	97,7	265,5	218,9	166,2
Differanse fra scenario 1		- 13,1	- 23,0				+ 150,9	+ 104,3	+ 51,6
Differanse fra scenario 4/7					- 16,3	- 30,6		- 46,6	- 99,3

3.1.3 Kommentarer luftmengder

Som vist i beregningene omtalt ovenfor, er det et betydelig energisparepotensial i reduserte luftmengder. Men det forutsetter at det er snakk om reelle reduksjoner i luftmengdene, og ikke bare teoretiske, beregningsmessige reduksjoner som ikke stemmer overens med virkeligheten.

Reduserte luftmengder forutsetter videre gode styringssystemer (behovsstyring), passiv klimatisering (for eksempel utnyttelse av termisk masse, god solavskjerming, etc), gode og effektive ventilasjonsstrategier, og lavemitterende materialer.

Ettersom luftmengdene som benyttes i beregningene har stor betydning for resultatet, så er det en utfordring at beregningsstandardene ikke er entydige på hvilke luftmengder som skal benyttes og hvordan verdiene som skal benyttes skal fastsettes og dokumenteres.

NS 3031 angir at det skal benyttes «*reelle luftmengder dimensjonert ut fra materialbelastning (emisjoner), personbelastning og andre belastninger (...), forutsatt at de er høyere enn angitte minste luftmengder*» (AVs utheving).

NS 3701 angir at det skal benyttes «*luftmengder dimensjonert ut fra normalisert persontetthet (...) og reelle materialbelastninger (emisjoner fra bygningsmaterialer, inventar og installasjoner, forutsatt at dette ikke gir lavere luftmengder enn minste tillatte luftmengder (...))*» (AVs utheving).

Selv om det er benyttet mange av de samme ordene i de to formuleringene, så kan de to formuleringene i mange tilfeller gi veldig forskjellige luftmengder. Det skyldes bl.a. formuleringen «reelle luftmengder» i NS 3031, som kan tolkes på ulike måter. Ofte tolkes kravene slik at dersom et bygg har dokumentert lavemitterende materialer, så vil minste tillatte luftmengde fra beregningsstandardene gi tilstrekkelig med luft til å overholde forskriftskravet. TEK 17 inneholder også krav om at «*produkter til byggverk skal gi ingen eller lav forurensning til inneluften*», noe som iht. veiledningen innebærer at «*produkter til byggverk som kan påvirke inneluften må være dokumentert og bedømt lavemitterende*». Følgelig så skal alle nye bygg kun inneholde lavemitterende materialer, og dermed benyttes i mange tilfeller minste tillatte luftmengder i energiberegningene.

NS 3701 har også angitt lavere minste tillatte luftmengde for beregningene enn de normerte verdiene i NS 3031.

Konsekvensen av dette er at det i mange prosjekter benyttes forskjellige luftmengder i de ulike evalueringene av samme bygg. Dessuten er det i mange tilfeller slik at det benyttes helt andre luftmengder i energiberegningene enn de luftmengdene som faktisk benyttes i bygget. Dette skyldes at norske bygninger i mange tilfeller dimensjoneres med helt andre luftmengder enn det som faktisk kreves i teknisk forskrift. Dette skyldes normalt krav fra bygningseier og/eller leietager, og at ventilasjonsanlegget i mange tilfeller benyttes som eneste mulighet for kjøling av bygget, slik at luftmengdene må være høye for å kunne gi tilstrekkelig kjøling.

I høringsnotatet *Nye Energikrav til bygg*, datert 16.02.2015 var det foreslått å skjerpe kravet til behovsstyring av ventilasjonen i kontorbygg. Forslaget innebærer å redusere den veiledende verdien for spesifikk luftmengde med 20 %, altså fra 10 m³/m²h til 8 m³/m²h. Begrunnelsen for denne endringen er at «*dette samsvarer bra med den reduksjonen som normalt oppnås ved innføring av behovsstyring av ventilasjon*».

Multiconsult har imidlertid brukt luftmengder på 8 m³/m²h i sine energirammeberegninger, slik at det foreslåtte tiltaket ikke innebærer noen reduksjon i energibehovet fra det som per nå ligger inne i energirammene i TEK 17.

Til sammenligning er:

- minste tillatte spesifikke luftmengde i NS 3031 for kontorbygg satt til 7 m³/m²h
- minste tillatte spesifikke luftmengde i NS 3701 for kontorbygg er satt til 6 m³/m²h.
- minste tillatte spesifikke luftmengde i SN/TS 3031:2016 for kontorbygg med behovsstyrt ventilasjon (DCV) og dokumentert lavemitterende materialer er satt til 5 m³/m²h.

Etter vårt syn er den foreslåtte innskjerpingen av kravet til behovsstyring av ventilasjonsanlegg en innskjerping som ikke vil ha noen praktisk betydning for reelt energibehov i nye bygg. Beregningsstandardene gir uansett allerede anledning til å benytte lavere verdi i beregningene enn den verdien som er foreslått i den forslaget til innskjerping, og den muligheten benyttes i stor grad.

Det er også slik at behovsstyring av ventilasjonen bør kunne ansees som en standard løsning i dagens yrkesbygg, slik at det ikke virker hensiktsmessig å anse dette som et energisparetiltak som går utover dagens praksis.

Det er viktig at det blir tydeliggjort hvordan luftmengdene som benyttes i energiberegningene mot forskriftskrav skal beregnes/fastsettes, slik at dette blir gjort på tilsvarende måte i hele bransjen.

3.2 Belysningsanlegg

Ett annet av byggets tekniske systemer, der det potensielt er mye energi å spare, er belysningsanlegget. Iht. energirammeberegningene i TEK 17 utgjør belysning 10-25 % av energibehovet, og 25-55 % av el-behovet i de ulike bygningskategoriene.

Elektrisitetsbehovet kan reduseres både ved å velge energieffektive armaturer/lyskilder, og ved å benytte hensiktsmessige styringssystemer, med styring etter tilstedeværelse og/eller dagslystilgang, og i noen tilfeller tidsstyring. Dagslysstyring benyttes også til konstantlysstyring, som tar hensyn til den overdimensjonering man må designe lysanlegget med, for å kompensere for lyskildens tilbakegang og nedsmussing (vedlikeholdsfaktor).

Det er også energi å spare ved at best mulig løsninger med tanke på utnyttelse av dagslyset framfor elektrisk belysning blir satt som et premiss i prosjektering og til dels bygging av nye bygninger.

Normert energibehov til belysning er oppgitt for ulike bygningskategorier i NS 3031, Tillegg A. Disse normerte verdiene har vært uendret fra NS 3031:2007 ble utgitt¹. I den samme perioden har det skjedd stor teknologisk utvikling inne belysning, bl.a. innen LED-teknologi.

Det er i de normerte beregningene i NS 3031 gitt anledning til å benytte 20 % redusert verdi, uten ytterligere dokumentasjon, dersom det benyttes dagslysstyring eller tilstedeværelsesstyring av belysningen. Det er også åpning for å benytte andre verdier for el til belysning, dersom den aktuelle verdien er dokumentert i en LENI-beregning (Lighting energy numeric indicator), basert på NS-EN 15193. Erfaring tilsier imidlertid at den muligheten sjelden benyttes, bortsett fra i yrkesbygg som skal dokumentere samsvar med passivhusstandarden NS 3701.

I forbindelse med utgivelsen av passivhusstandarden NS 3701 i 2012, så gjennomførte Lyskultur en utredning² der de beregnet realistiske nivåer for det såkalte LENI-tallet, altså beregnet årlig netto energibehov til belysning for de ulike bygningskategoriene. De tok i denne øvelsen utgangspunkt i følgende:

- Nødvendig lysnivå i typiske romtyper i bygningskategorien
- Typiske verdier for Installert effekt for å oppnå nevnte lysnivå, med det som i 2011 var regnet som energieffektiv armaturteknologi
- Aktuell teknologi for behovsstyring i de ulike romtypene (tilstedeværelse, dagslys og konstantlys)

Verdiene på energibehov til belysning som Lyskultur beregnet i 2012 var for de viktigste bygningskategoriene (kontorbygg, skole, forretningsbygg) mellom 37 og 45 % lavere enn de verdiene som fortsatt benyttes i NS 3031.

Det har skjedd mye på belysningsfronten siden 2007/2011, og det ansees dermed å være et betydelig energisparepotensial innenfor belysning. Erfaring fra egne prosjekter er at dersom prosjektet fokuserer på å prosjektere og bygge et energieffektivt belysningsanlegg, og sørger for at dette dokumenteres ved en LENI-beregning for bygget, så ender man i mange tilfeller med et LENI-tall betydelig lavere enn passivhuskravet.

Basert på erfaring fra nylige prosjekter, og uten at det er gjennomførte nye beregninger, så legger vi til grunn at potensialet for redusert energibehov til belysning kan ansees å være 50-60 % av de normerte verdiene i NS 3031 i yrkesbygg, altså 10-20 kWh/m² reduksjon i elektrisitetsbehovet for ulike typer yrkesbygg. Noe av dette må kompenseres med økt energibehov til oppvarming. Hvor stor kompensasjonsandelen vil være, vil avhenge av en rekke parametere.

¹ Med unntak av boligbyggkategoriene, der verdien ble justert i 2010

² NLK – Belysningseffekt – Rapport og beregningsforutsetninger og foreslåtte verdier, 2011

Imidlertid viser erfaringer fra to kontorbygg fra forskningsprogrammet Zero Emission Buildings, hvor det er gjort målinger i bruk, viste at energibehovet til belysning er noe større enn det som ble forutsatt i LENI-beregningene. Dette er trolig fordi styringen ikke er så effektiv som man har forutsatt i beregningene^{3,4}.

3.2.1 Belysning i kontorbygg

Nedenfor presenteres det resultater fra energiberegninger for ulike beregningsscenarier.

1. Inndata fra energirammeberegningen, bortsett fra at det er forutsatt belysning uten belysningsstyring (8 W/m² i gjennomsnittlig effektbehov belysning)
2. Inndata fra energirammeberegningen. Her er det brukt 6,4 W/m² i gjennomsnittlig effektbehov belysning, dvs. standardverdi ved belysningsstyring
3. Som scenario 2, men med «state of the art» belysningsstyring (3,2 W/m²)
4. Som scenario 1, men det er forutsatt romkjøling i tillegg til ventilasjonskjøling
5. Som scenario 2, men det er forutsatt romkjøling i tillegg til ventilasjonskjøling
6. Som scenario 3, men det er forutsatt romkjøling i tillegg til ventilasjonskjøling

Tabell 3-3: Energiberegninger for ulike scenarier belysning i kontorbygg

Alle tall angitt i kWh/m ²	Scenario					
	1	2	3	4	5	6
1a Romoppvarming	16,9	19,1	24,5	17,1	19,3	24,5
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	5,7	5,8	6,0	5,7	5,8	6,0
2 Varmtvann (tappevann)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
3a Vifter	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
3b Pumper	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5
4 Belysning	25,1	20,0	10,0	25,1	20,0	10,0
5 Teknisk utstyr	34,5	34,5	34,5	34,5	34,5	34,5
6a Romkjøling	0,0	0,0	0,0	4,9	3,2	1,0
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9
Totalt netto energibehov	117,3	114,6	110,2	122,4	118,1	111,3
Differanse fra scenario 1/4		-2,7	-7,1		-4,3	-11,1

I energirammeberegningen for kontorbygg, så viser beregningene (se scenario 1-3 ovenfor) at 15 kWh/m² reduksjon i el-behovet til belysning (energi post 4) medfører at netto oppvarmingsbehov øker med 8 kWh/m². I denne modellen må altså over halvparten av energibesparelsen til belysning kompenseres med økt energibehov til oppvarming. Kjølebehovet i scenario 1-3 påvirkes ikke av hvor mye varme som kommer fra belysningsanlegget. Det skyldes at energirammeberegningen ikke har romkjøling, kun ventilasjonskjøling, samtidig som ventilasjonsanlegget i denne modellen er modellert med konstante luftmengder. I et slikt tilfelle så påvirkes kjølebehovet kun av settpunkttemperatur, luftmengden og utetemperaturen. Innvendig temperaturnivå har ingen betydning for kjølebehovet i et slikt tilfelle.

Dersom energirammeberegningen i tillegg hadde vært modellert med romkjøling, så ser man at i scenario 4-6 at en reduksjon i energibehovet til belysning samtidig medfører en reduksjon i energibehovet til romkjøling. Følgelig er netto energibesparelse ved forbedret belysningsanlegg over 50 % større i et bygg som har installert romkjøling.

³ https://www.sintefbok.no/book/index/1132/the_visund_office_building_haakonvern_bergen_as_built_report

⁴ https://www.sintefbok.no/book/index/1173/pilot_building_powerhouse_kjoerbo_as_built_report

Netto energibesparelse på tiltak på belysning for kontorbygg kan dermed anslås til 7-11 kWh/m². Man vil i tillegg få en overgang på 4-8 kWh/m² fra el-spesifikt forbruk (belysning) til termisk forbruk (varme).

Evt. besparelser må dokumenteres ved at det gjennomføres en LENI-beregning. Det kan med fordel lages tydeligere beregningsregler for LENI-beregninger, dersom disse skal kunne benyttes som dokumentasjon innen energikravene i TEK.

3.2.2 Belysning i boligbygninger

Når det gjelder bygninger der folk bor (først og fremst småhus og boligblokker, men også delvis sykehjem og hoteller), så må det legges til grunn at energisparepotensialet innen belysning er noe mindre enn for yrkesbyggene. Det skyldes hovedsakelig at det normerte energibehovet er mye lavere for boligbygninger (11 kWh/m²) enn for yrkesbygninger (20-50 kWh/m²). I tillegg er det mer begrenset hvor mye belysningsstyring som egner seg i bebodde rom. I sekundærom som korridorer etc., vil det være tilsvarende muligheter som i yrkesbygg, men i soverom og diverse oppholdsrom, er det i mange tilfeller lite egnet med tilstedeværelsesstyring og dagslysstyring. Det er også ofte slik at beboerne selv kjøper inn belysningsanlegget i boligbygninger. Det vil imidlertid være noe potensiale for besparelser også i de bebodde rommene, som en følge av nye, mer energieffektive belysningsprodukter på markedet.

Utifra betraktningene ovenfor har vi estimert at den potensielle reduksjonen i LENI-tall for boligbygg vil kunne være 2-4 kWh/m² (20-30 % av den normerte verdien). Også for boligbygninger vil deler av reduksjonen i energibehov til belysning måtte kompenseres med økt oppvarmingsbehov.

Nedenfor presenteres det resultater fra energiberegninger for ulike beregningsscenarier.

1. Inndata fra energirammeberegningen (1,95 W/m² i gjennomsnittlig effektbehov belysning)
2. Som scenario 1, men med 1,5 W/m² i gjennomsnittlig effektbehov belysning

Tabell 3-4: Energiberegninger for ulike scenarier belysning i boligbygninger

Alle tall angitt i kWh/m ²	Scenario	
	1	2
1a Romoppvarming	24,8	26,1
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	3,0	3,1
2 Varmtvann (tappevann)	29,8	29,8
3a Vifter	5,5	5,5
3b Pumper	0,0	0,0
4 Belysning	11,4	8,8
5 Teknisk utstyr	17,5	17,5
6a Romkjøling	0,0	0,0
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0,0	0,0
Totalt netto energibehov	92,0	90,7
Differanse fra scenario 1/4		- 1,3

Beregningene ovenfor viser at en reduksjon i 2,6 kWh/m² til belysning medfører en netto energibesparelse på 1,3 kWh/m². Altså måtte man også i boligblokken kompensere over halvparten av besparelsen med økt oppvarmingsbehov.

3.3 Teknisk brukerstyr

Reduksjoner i gjennomsnittlig effektbehov til byggets øvrige tekniske brukerstyr (energipost 5) vil ha samme samlede energimessige virkning som i tabellene omtalt i kap. 3.2. Vi kjenner imidlertid ikke til at det finnes noen hensiktsmessig beregningsmetode for å beregne et byggs energibehov til teknisk brukerstyr.

3.4 Frikjøling

En svært energieffektiv løsning for å dekke kjølebehov i et bygg, er å utnytte frikjøling. Cowi (2013)⁵ definerer frikjøling som «utnyttelse av ellevann, innsjøvann, grunnvann, sjøvann, fjell, berg eller uteluft som direkte kjølekilde (fornybar kjøling).

For at en kjølekilde skal kunne benyttes til frikjøling, må temperaturen på kjølekilden være lavere enn returtemperaturen i kjølenettet fratrukket temperaturtapet i varmevekslere. Jo lavere temperatur man har på kjølekilden, jo bedre egnet er den til frikjøling. Cowi (2013) anslår at COP for frikjøling kan ligge mellom 20 og 30. Dersom det benyttes høyeffektive pumper med permanent-magnet-motor, vil COP kunne bli enda høyere.

Dette betyr at for et kontorbygg med et netto kjølebehov på omkring 14 kWh (ifølge Multiconsults energirammeberegning for kontorbygg), så vil den potensielle besparelsen i levert energibehov dersom 100 % av kjølebehovet dekkes med frikjøling være på 13,5 kWh/m².

For de øvrige bygningskategoriene med yrkesbygg ligger netto energibehov til kjøling på 11-33 kWh/m². Potensialet energibesparelse med 100 % frikjøling vil dermed være 10-30 kWh/m².

⁵ Cowi: Bygningers effekt- og energibehov til oppvarming og kjøling – Vurdering av dagens krav til termisk energiforsyning i bygninger, 2013

4 SYSTEMTAP

4.1 Systemtap i varmeanlegget i bygget

Det er mulig å redusere behov for levert energi ved å isolere byggets varmedistribusjonssystem utover standard isolasjonsløsning.

NS 3031 angir veiledende verdier for årsgjennomsnittlig distribusjonsvirkningsgrad for ulike temperaturnivåer og isolasjonsmengder. Det skiller mellom verdier for småhus og andre bygningskategorier.

De oppgitte verdiene er som følger:

- normalt isolerte rør – Lineært varmetap på 0,4 W/(mK) – årsgjennomsnittlig distribusjonsvirkningsgrad varierer mellom 0,84 og 0,94 for småhus og mellom 0,92 og 0,96 for andre bygningskategorier.
- godt isolerte rør – Lineært varmetap på 0,2 W/(mK) - årsgjennomsnittlig distribusjonsvirkningsgrad varierer mellom 0,92 og 0,97 for småhus og mellom 0,96 og 0,98 for andre bygningskategorier.

I SN/TS 3031:2016 er det oppgitt et formelverk som kan benyttes til å beregne distribusjonstapet for varmedistribusjonsanlegget. Det er angitt både en detaljert og en forenklet metode.

I henhold til den forenklete metoden fra SN/TS 3031:2016 kan varmetapet i uoppvarmede soner beregnes som (per m²)

$$q_{dis-h} = L'' \cdot U' \cdot (\theta_{em,mean} - \theta_u) \cdot \varphi$$

der

- L'' er løpemeter distribusjonsrør per m² oppvarmet BRA [m]
- U' er gjennomsnittlig U-verdi for distribusjonsrørene [W/(K·m)]
- θ_u er omgivelsestemperatur i den uoppvarmede sonen
- $\theta_{em,mean}$ er den gjennomsnittlige temperaturen i varmerørene (snittverdi for tur-/returtemperatur)
- φ er andelen av distribusjonsrørene som går i uoppvarmede soner

Nedenfor er det gjort beregninger av varmetapet for bygget med forenklet metode. Det er som en forenkling sett bort fra varmetapet fra distribusjonsrør i oppvarmede soner. Dvs. at det er forutsatt at varmetapet i oppvarmede soner benyttes til ønsket romoppvarming, og at det dermed ikke er et reelt varmetap.

Det er gjort beregninger for tre scenarier (per m²):

1. Normalt distribusjonssystem, normalt isolerte rør, høy snittrørtemperatur (70 °C), normalt med rør i uoppvarmede rom/soner (0,25)
2. Normalt distribusjonssystem, normalt isolerte rør, lav snittrørtemperatur (35 °C), normalt med rør i uoppvarmede rom/soner (0,25)
3. Normalt distribusjonssystem, meget godt isolerte rør, lav snittrørtemperatur (35 °C), normalt med rør i uoppvarmede rom/soner (0,25)
4. Distribusjonssystem med korte føringer, meget godt isolerte rør, lav snittrørtemperatur (35 °C), lite av distribusjonssystemet i uoppvarmede rom/soner (0,1)
5. Forenklet vannbårent system, sentral varmeavgivelse, meget godt isolerte rør, og lav snittrørtemperatur (30 °C), lite av distribusjonssystemet i uoppvarmede rom/soner (0,1)

$$1: q_{dis-h} = L'' \cdot U' \cdot (\theta_{rør} - \theta_u) \cdot \varphi = 0,35 \text{ m/m}^2 \cdot 0,40 \text{ W/mK} \cdot (70-10) \text{ K} \cdot 0,25 = 2,1 \text{ W/m}^2$$

$$2: q_{dis-h} = L'' \cdot U' \cdot (\theta_{rør} - \theta_u) \cdot \varphi = 0,35 \text{ m/m}^2 \cdot 0,40 \text{ W/mK} \cdot (35-10) \text{ K} \cdot 0,25 = 0,88 \text{ W/m}^2$$

$$3: q_{dis-h} = L'' \cdot U' \cdot (\theta_{rør} - \theta_u) \cdot \varphi = 0,35 \text{ m/m}^2 \cdot 0,16 \text{ W/mK} \cdot (35-10) \text{ K} \cdot 0,25 = 0,35 \text{ W/m}^2$$

$$4: q_{dis-h} = L'' \cdot U' \cdot (\theta_{rør} - \theta_u) \cdot \varphi = 0,25 \text{ m/m}^2 \cdot 0,16 \text{ W/mK} \cdot (35-10) \text{ K} \cdot 0,1 = 0,1 \text{ W/m}^2$$

$$5: q_{dis-h} = L'' \cdot U' \cdot (\theta_{rør} - \theta_u) \cdot \varphi = 0,10 \text{ m/m}^2 \cdot 0,16 \text{ W/mK} \cdot (30-10) \text{ K} \cdot 0,1 = 0,03 \text{ W/m}^2$$

Varmetapene beregnet ovenfor vil i praksis gjelde så lenge det distribueres vann i byggets varme-distribusjonssystem. Dersom vi forutsetter at det vil være i underkant av halve året, så kan vi sette dette til 4000 timer i året.

I de ulike scenariene vil netto varmetap fra varmedistribusjonssystemet dermed bli

Scenario 1: Ca. 8 kWh/m²

Scenario 2: Ca. 3,5 kWh/m²

Scenario 3: Ca. 1,4 kWh/m²

Scenario 4: Ca. 0,4 kWh/m²,

Scenario 5: Ca. 0,1 kWh/m².

80/60-systemet benyttet i scenario 1 er vel kanskje ikke helt realistisk for dagens nybygg, men vi mener at regneøvelsen allikevel indikerer at energisparepotensialet innen varmedistribusjonssystemet er opp mot 8 kWh/m². Det er altså et betydelig energisparepotensial i valg av temperaturnivå, isolasjonsnivå og utforming av varmedistribusjonssystemet.

NS-EN 12828 inneholder for øvrig en Table 3 og Table C.2 med angitte krav til isolasjonsklasser for røranlegg i uoppvarmede rom/soner. I disse tabellene opereres det med 6 isolasjonsklasser. Det kan evt. stilles krav til hvilken isolasjonsklasse iht. til denne tabellen som skal overholdes for røranlegg i uoppvarmede soner for at man skal kunne få «godskrevet» isolering av varmedistribusjonsanlegg som et energisparetiltak.

Tabell 4-1: Typiske verdier/inndata for beregninger av systemtap i varmeanlegg, jfr. SN/TS 3031:2016

Tabell H.1 – Typiske verdier for løpemetere distribusjonsrør per kvadratmeter oppvarmet bruksareal

Type distribusjonssystem	Løpemetere rør per BRA m/m ²
Komplisert distribusjonssystem, lange strekk	0,45
Normalt distribusjonssystem	0,35
Distribusjonssystem med korte føringer	0,25
Forenklet vannbårent system, sentral varmeavgivelse	0,10

Tabell H.2 – Typiske gjennomsnittsverdier for lineær varmetapskoeffisient for distribusjonsrør

Varmeisolasjon	Lineær varmetapskoeffisient, U ^r W/(K·m)
Uisolerte rør	1,00
Dårlig isolerte rør	0,60
Normalt isolerte rør	0,40
Godt isolerte rør	0,20
Meget godt isolerte rør	0,16

Tabell H.3 – Typisk andel av distribusjonsanlegg som er i uoppvarmede rom/soner eller ute

Plassering av distribusjonssystem	Andel, φ
Hele distribusjonssystemet i oppvarmede rom/soner	0
Lite av distribusjonssystem i oppvarmede rom/soner	0,10
Normalt med rør i oppvarmede rom/soner, fleretasjers bygning	0,25
Betydelig med rør i oppvarmede soner, bygning med få etasjer	0,35
Mange rør i oppvarmede rom/soner, bygg med 1 til 2 etasjer (oppvarmede)	0,50

4.2 Systemtap i tappevannssystemer

En betydelig del av energibehovet til varmtvannssystemer ligger i varmetap i sirkulasjonssystemer. Sirkulasjon av varmtvann foregår hele året, uavhengig av om tapet kan nyttiggjøres til romoppvarming eller ikke.

SN/TS 3031:2016 skiller mellom åpne varmtvannssystemer og lukkede sirkulasjonssystemer. Det er angitt i normen at mindre bygg (som eneboliger) ofte benytter åpne systemer, mens større bygg som oftest har lukkede sirkulasjonssystemer. Nedenfor er det sett nærmere på lukkede sirkulasjonssystemer.

Det benyttes tilsvarende formelverk som i beregning av systemtapet i varmeanlegget (kap. 4.1), men det er angitt andre tabeller med standardverdier, gjengitt nedenfor.

Det er gjort beregninger for to scenarier (per m²):

1. Sirkulasjonssystem med normalt lange rørstrekk, normalt isolerte rør, 70 °C, normal andel av systemet i uoppvarmede rom/soner (0,40)
2. Sirkulasjonssystem med korte rørstrekk, meget godt isolerte rør, 70 °C, liten andel av systemet i uoppvarmede rom/soner (0,10)

$$1: q_{circ-u} = L''_{circ} \cdot U' \cdot (\theta_{DHW} - \theta_u) \cdot \varphi = 0,03 \text{ m/m}^2 \cdot 0,40 \text{ W/mK} \cdot (70-10) \text{ K} \cdot 0,4 = 0,29 \text{ W/m}^2$$

$$2: q_{circ-u} = L''_{circ} \cdot U' \cdot (\theta_{DHW} - \theta_u) \cdot \varphi = 0,01 \text{ m/m}^2 \cdot 0,16 \text{ W/mK} \cdot (70-10) \text{ K} \cdot 0,1 = 0,01 \text{ W/m}^2$$

Dette varmetapet vil man ha 8760 timer per år. I scenario 1 vil netto varmetap fra varmedistribusjonssystemet bli ca. 2,5 kWh/m², mens varmetapet i scenario 2 vil bli knapt 0,1 kWh/m².

I tillegg kommer den delen av varmetapet fra sirkulasjonsledningene som ligger i oppvarmede rom, men som man ikke klarer å utnytte fordi det kommer i de deler av året der det ikke er behov for romoppvarming.

Tabell 4-2: Typiske verdier/inndata for beregninger av systemtap i varmtvannsanlegg, jfr. SN/TS 3031:2016

Tabell H.6 – Typiske verdier for løpemeter sirkulasjonsrør per kvadratmeter oppvarmet bruksareal

Type distribusjonssystem	Løpemeterrør per BRA m/m ²
Sirkulasjonssystem med lange rørstrekk	0,06
Sirkulasjonssystem med normalt lange rørstrekk	0,03
Sirkulasjonssystem med korte rørstrekk	0,01

Tabell H.7 – Typisk andel av sirkulasjonsanlegg som er i uoppvarmede rom/soner eller ute

Plassering av distribusjonssystem	Andel, φ
Mye av sirkulasjonssystemet i uoppvarmede rom	0,70
Normal del av sirkulasjonssystemet i uoppvarmede rom	0,40
Lite av sirkulasjonssystemet i uoppvarmede rom	0,10

5 VARMEGJENVINNING

5.1 Ventilasjonsvarmegjenvinning

Iht. den foreløpige skissen fra DiBK til reviderte energikrav i teknisk forskrift (som presentert på dialogmøtet 21.05) er det foreslått at varmegjenvinning i ventilasjonsanlegg ikke skal inngå blant basiskravene/minstekravene. Dette betyr at det i så fall i større grad enn i dagens byggeforskrifter (TEK 17) vil åpnes for at også grunnventilasjonen ivaretas med naturlig ventilasjon.

I de neste avsnittene vil det sees nærmere på hvor stor betydning ventilasjonsvarmegjenvinning, dvs. varmegjenvinning av varme i avkastlufta i ventilasjonsanlegget, vil ha for byggets energibehov.

Gjenvinning fra ventilasjonen kan løses både med direkte gjenvinning fra avtrekkslufta til tilluften via en ordinær varmegjenvinner eller det kan benyttes en avtrekksvarmepumpe. Det siste er en løsning, som benyttes mest i boligbygninger, men prinsipielt er det ingenting i veien for at den også kan benyttes i næringsbygg.

Energikravene i TEK 17 inneholder ingen spesifikke minstekrav til ventilasjonsvarmegjenvinning i § 14-3. Imidlertid så er følgende årsgjennomsnittlige temperaturvirkningsgrad lagt til grunn i de offisielle energirammeberegningene⁶:

- Småhus og boligblokk: 80 %
- Øvrige bygningskategorier: 85 %

Dette medfører at det i de fleste tilfeller ikke er mulig å overholde energirammekravene uten bruk av en form for ventilasjonsvarmegjenvinning, enten ordinær gjenvinning av avtrekksluft til tillufta eller bruk av en avtrekksvarmepumpe. I de nedenstående avsnittene er det gjort beregninger for seks scenarier for varmegjenvinning for hver av de tre bygningskategoriene som vurderes.

1. Balansert ventilasjon med varmegjenvinning (80 % for boligbyggene og 85 % for næringsbygg), tilsvarende forutsetningene i de offisielle energirammeberegningene.
2. Balansert ventilasjon uten varmegjenvinning
3. Kun mekanisk avtrekk => All oppvarming må dekkes av romoppvarmingen. Det er forutsatt at SFP er redusert til halvparten av det foreslåtte basiskravet, altså 0,75 kW/m³/s, som en følge av at det bare er mekanisk avtrekk.
4. Samme som scenario 3, men med avtrekksvarmepumpe som leverer varme kun til produksjon av varmtvann.
5. Samme som scenario 3, men med avtrekksvarmepumpe som leverer varme til produksjon av varmtvann og til romoppvarming.
6. Kun naturlig ventilasjon (gir ikke mulighet for varmegjenvinning)

⁶ Multiconsult/DiBK: «151113-MCnotatEnergirammer.xlsx», tilsendt fra DiBK

5.1.1 Varmegjenvinner i småhus

Tabell 5-1: Energiberegninger for ulike scenarier varmegjenvinning i småhus

Alle tall angitt i kWh/m ²	Scenario					
	1	2	3	4	5	6
1a Romoppvarming	43,6	43,6	79,1	79,1	79,1	79,1
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	2,7	41,5	0,0	0,0	0,0	0,0
2 Varmtvann (tappevann)	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8
3a Vifter	4,4	4,4	2,2	2,2	2,2	0,0
3b Pumper	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4 Belysning	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
5 Teknisk utstyr	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
6a Romkjøling	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Levert avtrekksvarmepumpe iht. NS 3031:2014 tillegg N	0,0	0,0	0,0	-29,7	-63,0	0,0
Energibruk til drift av avtrekksvarmepumpe	0,0	0,0	0,0	10,1	24,4	0,0
Totalt netto energibehov inkl. avtrekksvarmepumpe	109,4	148,2	139,9	120,4	101,4	137,8
Differanse fra scenario 1		+ 38,8	+ 30,5	+ 11,0	- 8,0	+ 28,4
Differanse fra scenario 3	- 30,5	+ 8,3		- 19,5	- 38,5	- 2,2

Kommentarer:

Scenario 1: Varmegjenvinneren dekker 34 % av det totale oppvarmingsbehovet⁷.

Scenario 3: Merk at sammenlignet med scenario 2 blir det totale oppvarmingsbehovet en del lavere når det ikke benyttes mekanisk ventilasjon. Dette skyldes at infiltrasjonstapet blir mye lavere når bygget har et rent avtrekksanlegg, fordi dette anlegget skaper undertrykk, og fører til at luft trekkes inn i bygget gjennom utettheter (dette inngår i beregningen som ventilasjonstap), mens det er lite luft som trekkes ut gjennom utetthetene (lite eksfiltrasjon).

Energisparepotensialet for ordinær varmegjenvinning i småhus er 30-40 kWh/m², forutsatt 80 % gjenvinningsgrad.

Scenario 4: Avtrekksvarmepumpa dekker i dette tilfellet netto 18 % av det totale oppvarmingsbehovet i bygget (romvarme + varmtvann) når det tas hensyn til el-bruken til drift av varmepumpa. Energisparepotensialet for avtrekksvarmepumpe kun tilkoblet varmtvann i småhus er ca. 20 kWh/m². Dette medfører samtidig en overgang på 10 kWh/m² fra termisk forbruk (varme) til el-spesifikt forbruk (drift av avtrekksvarmepumpe).

Scenario 5: Avtrekksvarmepumpa dekker i dette tilfellet netto 35 % av det totale oppvarmingsbehovet i bygget (romvarme + varmtvann) når det tas hensyn til el-bruken til drift av varmepumpa. Som man kan se ved å sammenligne med scenario 1, er dette noe høyere enn det man oppnår med en ordinær roterende gjenvinner med 80 % gjenvinningsgrad. I tillegg er netto energibehov til viftedrift lavere når bygget ikke har balansert ventilasjon. Energisparepotensialet for avtrekksvarmepumpe tilkoblet både varmtvann og romoppvarming i småhus er ca. 40 kWh/m², sammenlignet med et alternativ uten noen form for varmegjenvinning. Videre er energisparepotensialet er 8 kWh/m² ved bruk av avtrekksvarmepumpe i stedet for balansert ventilasjon med 80 % gjenvinning. Dette medfører samtidig en overgang på ca. 24 kWh/m² fra termisk forbruk til el-spesifikt forbruk.

⁷ $1 - (43,6 + 2,7 + 29,8) / (43,6 + 41,5 + 29,8) = 0,338$

5.1.2 Varmegjenvinner i boligblokk

Tabell 5-2: Energiberegninger for ulike scenarier varmegjenvinning i boligblokk

Alle tall angitt i kWh/m ²	Scenario					
	1	2	3	4	5	6
1a Romoppvarming	24,8	44,6	67,7	67,7	67,7	67,7
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	3,0	31,2	0,0	0,0	0,0	0,0
2 Varmtvann (tappevann)	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8
3a Vifter	5,5	5,5	2,7	2,7	2,7	0,0
3b Pumper	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4 Belysning	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
5 Teknisk utstyr	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
6a Romkjøling	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Levert avtrekksvarmepumpe iht. NS 3031:2014 tillegg N	0,0	0,0	0,0	-29,7	-71,5	0,0
Energibruk til drift av avtrekksvarmepumpe	0,0	0,0	0,0	10,1	27,7	0,0
Totalt netto energibehov inkl. avtrekksvarmepumpe	92,0	140,0	129,1	109,5	85,3	126,4
Differanse fra scenario 1		+ 48,0	+ 37,1	+ 17,5	- 6,7	+ 34,4
Differanse fra scenario 3	- 37,1	+ 11,9		- 19,6	- 43,8	- 2,7

Kommentarer:

Scenario 1: Varmegjenvinneren dekker 46 % av det totale oppvarmingsbehovet⁸.

Scenario 3: Merk at sammenlignet med scenario 2 blir det totale oppvarmingsbehovet en del lavere når det ikke benyttes mekanisk ventilasjon. Se forklaring på dette i kap. 5.1.1. Energisparepotensialet for ordinær varmegjenvinning i boligblokk er 35-50 kWh/m², forutsatt 80 % gjenvinningsgrad.

Scenario 4: Avtrekksvarmepumpa dekker i dette tilfellet netto 45 % av det totale oppvarmingsbehovet i bygget (romvarme + varmtvann) når det tas hensyn til el-bruken til drift av varmepumpa. Energisparepotensialet for avtrekksvarmepumpe kun tilkoblet varmtvann i boligblokk er ca. 20 kWh/m². Dette medfører samtidig en overgang på 10 kWh/m² fra termisk forbruk (varme) til el-spesifikt forbruk (drift av avtrekksvarmepumpe).

Scenario 5: Avtrekksvarmepumpa dekker i dette tilfellet netto 45 % av det totale oppvarmingsbehovet i bygget (romvarme + ventilasjon) når det tas hensyn til el-bruken til drift av varmepumpa. Som man kan se ved å sammenligne med scenario 1, er dette noe høyere enn det man oppnår med en ordinær roterende gjenvinner med 80 % gjenvinningsgrad. I tillegg er netto energibehov til viftedrift lavere når bygget ikke har balansert ventilasjon. Energisparepotensialet for avtrekksvarmepumpe tilkoblet både varmtvann og romoppvarming i boligblokk er ca. 45 kWh/m², sammenlignet med et alternativ uten noen form for varmegjenvinning. Videre er energisparepotensialet 7 kWh/m² ved bruk av avtrekksvarmepumpe i stedet for balansert ventilasjon med 80 % gjenvinning. Dette medfører samtidig en overgang på ca. 28 kWh/m² fra termisk forbruk til el-spesifikt forbruk.

⁸ $1 - (24,8 + 3,0 + 29,8) / (44,6 + 31,2 + 29,8) = 0,455$

5.1.3 Varmegjenvinner i kontorbygg

Tabell 5-3: Energiberegninger for ulike scenarier varmegjenvinning i kontorbygg

Alle tall angitt i kWh/m ²	Scenario					
	1	2	3	4	5	6
1a Romoppvarming	19,1	88,0	170,2	170,2	170,2	170,2
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	5,8	86,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2 Varmtvann (tappevann)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
3a Vifter	14,0	14,0	7,0	7,0	7,0	0,0
3b Pumper	2,4	4,1	2,1	2,1	2,1	2,1
4 Belysning	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
5 Teknisk utstyr	34,5	34,5	34,5	34,5	34,5	34,5
6a Romkjøling	0,0	0,0	11,1	11,1	11,1	11,1
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	13,9	13,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Levert avtrekksvarmepumpe iht. NS 3031:2014 tillegg N	0,0	0,0	0,0	-4,8	-171,1	0,0
Energibruk til drift av avtrekksvarmepumpe	0,0	0,0	0,0	1,6	70,9	0,0
Totalt netto energibehov inkl. avtrekksvarmepumpe	114,6	265,5	249,9	246,7	149,7	242,9
Differanse fra scenario 1		+ 150,9	+ 135,3	+ 132,1	+ 35,1	+ 128,3
Differanse fra scenario 3	- 142,3	+ 8,6		- 3,2	- 100,2	- 7,0

Kommentarer:

Scenario 1: Varmegjenvinneren dekker 83 % av det totale oppvarmingsbehovet⁹.

Scenario 3: Ettersom bygget ikke har mekanisk ventilasjon, kan det heller ikke ha ventilasjonskjøling. Følgelig er det forutsatt romkjøling (ikke vannbåren) i dette scenariet. Merk at det totale oppvarmingsbehovet blir litt høyere når det ikke benyttes mekanisk ventilasjon. Energisparepotensialet for ordinær varmegjenvinning i kontorbygg er 140-150 kWh/m² (forutsatt 85 % gjenvinningsgrad).

Scenario 4: Avtrekksvarmepumpa dekker i dette tilfellet netto 2 % av det totale oppvarmingsbehovet i bygget (romvarme + varmtvann) når det tas hensyn til el-bruken til drift av varmepumpa. Energisparepotensialet for avtrekksvarmepumpe kun tilkoblet varmtvann i kontorbygg er ca. 3 kWh/m². Dette medfører samtidig en overgang på 2 kWh/m² fra termisk forbruk (varme) til el-spesifikt forbruk (drift av avtrekksvarmepumpe).

Scenario 5: Avtrekksvarmepumpa dekker i dette tilfellet netto 57 % av det totale oppvarmingsbehovet i bygget (romvarme + ventilasjon) når det tas hensyn til el-bruken til drift av varmepumpa. Dette er betydelig lavere enn en ordinær roterende gjenvinner med 85 % gjenvinningsgrad, som dekker omtrent 83 % av det totale oppvarmingsbehovet (jfr. scenario 1). Grunnen til at dette blir annerledes for kontorbygg enn for boligbyggene er at i et kontorbygg, så utgjør tappevann en mye mindre del av netto energibehov. Energisparepotensialet for avtrekksvarmepumpe tilkoblet både varmtvann og romoppvarming i kontorbygg er ca. 100 kWh/m². Dette medfører samtidig en overgang på ca. 71 kWh/m² fra termisk forbruk til el-spesifikt forbruk.

⁹ $1 - (19,1 + 5,8 + 5,0) / (88,0 + 86,0 + 5,0) = 0,83$

5.2 Gråvanngjenvinning

Det finnes en rekke teknologier for å gjenvinne varme fra varmtvann fra dusjanlegg eller annet varmt avløpsvann.

Tillegg G i SN/TS 3031:2016 angir hvordan man kan regne på energibesparelsen ved bruk av gråvannsgjenvinnere. Beregningsnormen skiller på følgende teknologier:

- Stående rørgjenvinner
- Liggende gjenvinner
- Gjenvinner med tank

Gjenvunnet varme Q_{EX} kan beregnes som:

$Q_{EX} = Q_{DHW} \cdot \eta \cdot K_t \cdot K_s \cdot K_a$, der

η er momentan virkningsgrad ved balansert flow. Denne varierer mellom 0,25 og 0,55 for ulike typer gjenvinnere. Høyest virkningsgrad vil normalt oppnås for gjenvinner med tank, mens liggende gjenvinnere har den laveste virkningsgraden.

K_t er en faktor for tilkoblingsvarianter. Denne er 1,0 dersom den er tilkoblet både varmtvannstank og kaldtvann til dusj, og 0,8 dersom den kun er koblet til én av disse.

K_s er en faktor som benyttes for ikke-ideelt tappemønster. Denne faktoren varierer avhengig av om gråvannsgjenvinneren har akkumulering eller ikke, og om den betjener en bolig (0,30-0,65) eller et dusjanlegg (0,50-0,70).

K_a beskriver andelen dusjvann som gjenvinnes.

Dersom man benytter denne formelen med angitte faktorer, ser man at gråvannsgjenvinneren med tank og akkumulering, som er koblet til både varmtvannstank og dusjanlegg (f.eks. idrettsbygg), og henter vann fra alle dusjer i bygget, vil kunne gjenvinne:

Bolig: $0,50 \cdot 1,0 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 33\%$ av energibehovet til dusjvann.

Dusjanlegg: $0,50 \cdot 1,0 \cdot 0,70 \cdot 1,0 = 35\%$ av energibehovet til dusjvann

Med en enklere løsning med liggende gjenvinner uten akkumulering, og kun tilkoblet dusjanlegget, kan man gjenvinne:

Bolig: $0,30 \cdot 0,8 \cdot 0,3 \cdot 1,0 = 7\%$ av energibehovet til dusjvann

Dusjanlegg $0,30 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 12\%$ av energibehovet til dusjvann

Forenklet sett kan vi forutsette at tilnærmet all vannoppvarming benyttes til dusjanlegget. En boligblokk/et småhus har iht. tillegg A i NS 3031 et netto energibehov til tappevann på 30 kWh, mens i et idrettsbygg er netto energibehov til tappevann på 50 kWh/m². Følgelig vil besparelse i netto energibehov med gråvannsgjenvinning variere fra:

Bolig: 2 - 10 kWh/m²

Idrettsbygg: 6 - 18 kWh/m²

5.3 Varmtvannstilkoblede hvitevarer

Hvitevarer bruker normalt elektrisitet til oppvarming av vann og luft, noe som utgjør en betydelig del av energibruken til slikt utstyr. Prinsipielt er det mulig å dekke dette energibehovet med termisk energi (varme), og i så fall vil en del av el-behovet i bygget konverteres til et økt varmebehov. Varmtvannstilkoblede hvitevarer gir altså ingen reduksjon i netto energibehov, mens behov for levert energi vil påvirkes avhengig av løsningen som benyttes for produksjon av varme (f.eks. el-kjel, fjernvarme, varmepumpe eller gråvanngjenvinning).

Retningslinjer for fastsettelse av termisk energibehov til varmtvannstilkoblede hvitevarer er nærmere beskrevet i tillegg G i SN/TS 3031:2016.

Det er i hovedsak tre hvitevarekategorier som egner seg for varmtvannstilkobling. Det er oppvaskmaskiner, vaskemaskiner, og tørketromler/tørkeskap. Normen omtaler to teknologier for varmtvannstilkoblede hvitevarer.

1. Varmtvann brukes direkte som prosessvann (vaskemaskiner og oppvaskmaskiner)
2. Varmtvann brukes indirekte ved varmeveksling (kan benyttes for alle tre hvitevarekategoriene)

SN/TS 3031:2016 angir 8 % av energiposten til teknisk utstyr i boliger kan konverteres til termisk energibehov for hver av de tre hvitevarekategoriene.

Energibehovet til teknisk utstyr er iht. tillegg A i NS 3031 17,5 kWh/m². Det betyr at den potensielle konverteringen fra netto el-behov til termisk energibehov er 1,4 kWh/m² for hver av hvitevarekategoriene som er tilkoblet varmtvann.

SN/TS 3031:2016 angir videre at for andre typer bygningskategorier må den potensielle energikonverteringen beregnes separat. Det kan nok være aktuelt for restauranter/hoteller som har mye oppvask.

Det kunne potensielt også være aktuelt for sykehjem og hoteller, der det er stort behov for vask av sengetøy, men de fleste bedrifter av denne typen setter bort vask av sengetøy til andre leverandører, og dermed blir det ikke aktuelt. Vi anser ikke vaskerier som aktuelle i denne øvelsen, da varmtvann til vaskerier må ansees som prosessvarme.

5.4 Spillvarme fra kjøleproduksjon

5.4.1 Spillvarme fra komfortkjøling

Overskuddsvarme fra kjøleproduksjon kan benyttes som en energikilde til oppvarming. Temperaturnivået på slik overskuddsvarme vil i de aller fleste tilfeller være for lav til at den er egnet til direkte bruk til oppvarming via varmeveksler.

Overskuddsvarmen fra kjøleproduksjonen er imidlertid en gunstig varmekilde for en varmepumpe, da den vil ha et stabilt høyt temperaturnivå, så lenge kjøleanlegget er i drift. Som en følge av den ganske høye temperaturen på denne varmekilden, vil det kunne oppnås høy produksjonseffektfaktor (COP) for varmepumpa. Denne vil normalt ligge i størrelsesorden 4-6 (det er i denne verdien ikke tatt hensyn til distribusjonstap etc, kun COP for selve varmepumpa).

Spillvarme fra komfortkjøleanlegg av bygninger vil sjelden være godt egnet til romoppvarming og ventilasjonsoppvarming. Det skyldes at de kun i begrenset grad er samtidig behov for komfortkjøling og komfortoppvarming i et bygg. Det vil kunne være enkelte tidspunkt, spesielt i overgangsperiodene mellom oppvarmingssesong og kjølesesong, der det kan være slikt samtidig behov på ulike sider av bygget, eller ulike etasjer, men dette normalt være ganske beskjedent. (Det finnes for øvrig en aktør i det norske markedet som har utviklet teknologi som utnytter slike små forskjeller i behovet i ulike deler av bygget).

Tappevannsoppvarming er bedre egnet for å utnytte overskuddsvarme fra komfortkjøling. Det skyldes at det vil være behov for tappevann hele året. For kontorbygg er imidlertid behovet for tappevann ganske beskjedent. Det normerte behovet for tappevannsoppvarming i et kontorbygg, jfr. Tillegg A i NS 3031 er satt til 5 kWh/m², og kun en liten andel av dette vil produseres i perioder med behov for komfortkjøling.

En løsning der man utnytter overskuddsvarme fra komfortkjøling til produksjon av varmt tappevann vil kunne være mer aktuelt i andre bygningskategorier med større behov for varmt tappevann, f.eks. idrettsbygg. I idrettsbygg vil man imidlertid ha mindre behov for komfortkjøling.

Løsningen er kanskje mest aktuell dersom man har bygg med stort tappevannsbehov som ligger nær bygg med stort komfortkjølebehov.

5.4.2 Spillvarme fra prosesskjøling

Prosesskjøling (f.eks. av datasenter eller kjøledisker/kjølerom i dagligvarebutikker og restauranter mm.) vil kunne være bedre egnet for utnyttelse av spillvarme enn komfortkjøling. Disse prosessene har behov for kjøling hele året, og dermed vil de gi en varmekilde med stabil temperatur som hele året kan benyttes som varmekilde for en varmepumpe. Det betyr at spillvarmen fra et prosesskjøleanlegg også kan benyttes som varmekilde for romoppvarming og ventilasjonsoppvarming.

Eksempel for kontorbygg med betydelig prosesskjøling:

- Rammekravsberegningen for kontorbygg angir et netto totalt oppvarmingsbehov (rom-, ventilasjons- og tappevannsoppvarming) på ca. 30 kWh/m².
- Det forutsettes at kontorbygget har betydelig prosesskjøling (til kjøling av serverpark + evt. kjølerom i kantiner etc)
 - o dette kjølebehovet anses stort nok til at det kan benyttes som en stabil varmekilde for en varmepumpe
- Det legges til grunn en systemeffektfaktor over året (SCOP) på mellom 3,5 og 5. Grunnen til at det er forutsatt en såpass høy SCOP i dette tilfellet, er at det er ansett at spillvarme som varmekilde gir svært gode driftsbetingelser for varmepumpa.
- Energisparepotensialet vil i dette scenariet være 20-25 kWh/m²
- Dette vil nok imidlertid være ganske få kontorbygg som har såpass stort behov for prosesskjøling til at dette regneeksempelet er aktuelt.

5.4.3 Behandling av utnyttelse av spillvarme fra interne prosesser i Energimerkeordningen

Tematikken omkring utnyttelse av overskuddsvarme/spillvarme fra interne prosesser (f.eks. datakjøling og kjøledisker) er behandlet i NVEs veiledere «*Veileder til forskrift om energivurdering av tekniske anlegg og energimerking av bygninger*» fra 2012 og «*Praktisk veileder for energimerking*» fra 2013.

I den første av disse veilederne er det spesifisert at:

Bruk av overskuddsvarme skal ikke tas hensyn til i beregning av energi- og oppvarmingskarakteren. Overskuddsvarme fra for eksempel en serverpark i en bygning vil dermed ikke komme eieren "til gode" i merkeberegningen, selv om det vil være fornuftig å utnytte denne. Energibruken til den samme serverpark er heller ikke "belastet" eieren ved at bygningen er energiberegnet ved normal bruk (energi til belysning og elektrisk utstyr er faste normerte poster i henhold til NS 3031:2007 Tillegg A, Tabell A.1 og A.2). Dersom man inkluderte utnyttelse av spillvarme i energiberegningen, ville man kunne få den uheldige effekten at energisløsende belysning og elektrisk utstyr med mye tap til varme, ville gi bedre energikarakter.

Videre inneholder den praktiske veilederen retningslinjer og eksempler på hvordan slik overskuddsvarme skal behandles i forbindelse med energimerking. Det er presisert at i den grad varme fra slike

prosesser benyttes som varmekilde, så skal de i forbindelse med energimerking anses som bruk av elektrisk oppvarming.

Det er videre understreket i den praktiske veilederen at:

Selv om overskuddsvarme fra interne prosesser ikke kommer bygningen «til gode» ved energimerkingen, er det likevel viktig å understreke ovenfor byggeiere at bruk av overskuddsvarme som regel er et kostnadseffektivt tiltak.

6 PASSIVE ENERGILTAK

6.1 Plassering/orientering av bygget

For boliger er det et potensial for utnyttelse av passiv solenergi til reduksjon av oppvarmingsbehov. Potensialet vil være avhengig av vindusareal, solfaktor, tilgjengelig termisk masse, plassering av vinduer, soneinndeling, samt klima.

Det vil også være et potensial for reduksjon av oppvarmingsbehov gjennom en kompakt og enkel bygningsform, spesielt for boliger.

For yrkesbygg er det et potensial for reduksjon av kjølebehov gjennom strategier for passiv kjøling, som omfatter en rekke tiltak i kombinasjon med orientering av bygget: solavskjerming, vindusplassering og utforming, termisk masse, ventilasjonsstrategi, og sonedeling.

Under har vi tatt utgangspunkt i 'SINTEF-kassa' for boligblokk og vist noen enkle eksempler på effekter av orientering og kompakthet.

Tabell 6-1: Netto energibehov for boligblokk med ulike orientering og størrelse

	Vindusareal mot nord/sør/øst/vest [m ²]	Antall etasjer	Netto energibehov [kWh/m ²]	Endring [kWh/m ²]
Referanse – 'SINTEF-kassa'	112/113/0/0	3	92,0	
Økt vindusareal mot sør	56/169/0/0	3	89,9	- 2,1
Økt størrelse	224/226/0/0	6	88,5	- 3,5

6.2 Utforming av bygget

Det finnes en rekke metoder og tiltak som kan benyttes i utformingen av et bygg for å redusere energibehovet. Dette kan f.eks. handle om romplassering, altså at man plasserer de rommene som har størst nytte av tilgang på solvarme (og sollys) i de himmelretninger som har størst potensiale for soltilskudd (normalt mot sør). Samtidig bør man unngå å plassere rom der soltilskudd er en ulempe mot sør.

Man kan også tenke på hvordan ulike rom plasseres i forhold til hverandre. F.eks. vil det energimessig være hensiktsmessig å plassere rom med tilsvarende temperaturkrav i tilstøtende områder,

6.3 Fast solskjerming

Solskjerming fører til at kjølebehovet reduseres, mens oppvarmingsbehovet øker.

Solskjerming kan enten være aktiv (regulerbar (screens, persiener, elektrokromatiske glass, etc)) eller passiv (fast/ikke-regulerbar). Regulerbar solskjerming behandles ikke her, da det ikke er et passivt tiltak.

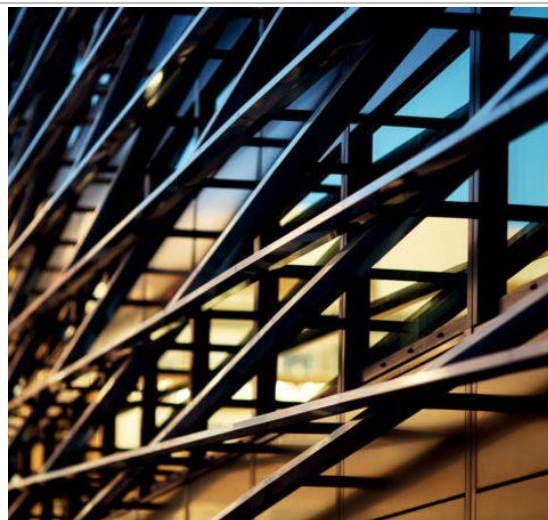
Det finnes ulike løsninger for passiv (ikke-regulerbar) solavskjerming, f.eks.

- Overheng
- Vertikale utspring
- Faste lameller
- Faste profiler
- Spiler
- Solskjerming i glasset
 - o Solbeskyttelsesglass
 - o Silketrykk
 - o Solceller i glasset
 - o Mikrolameller (f.eks. Microshade)

Ikke-regulerbar (passiv) solskjerming er innebygget i konstruksjonene, og er dermed ansett som en mer robust løsning enn de fleste regulerbare løsninger for solskjerming (screens, persiener, markiser mm). Fast solavskjerming ansees ofte også som fordelaktig mtp. investeringskostnad, robusthet, samt drift- og vedlikeholdsbehov (pga. ingen bevegelige deler).



Figur 6-1: Faste horisontale lameller, Lundekroken Billingstad. Foto: E&H + Glass- og fasadeforeningen¹⁰



Figur 6-2: Fasadelameller på NCCs hovedkontor på Østensjø. Foto: bygg.tekna.no

6.3.1 Passiv (ikke-regulerbar) solskjerming i boligbygninger

Boligbygninger (småhus/boligblokker) er i Norge normalt ikke utstyrt med kjøling, og kjølebehovet kan dermed ikke reduseres. Det betyr at evt. solskjerming kun vil ha en negativ innvirkning på energibehovet i bygget, fordi oppvarmingsbehovet øker.

Solskjerming har selvfølgelig også positive virkninger, knyttet til forbedringer av termisk komfort og forbedret blendingskomfort, men det er virkninger som ikke er relevante for energibehovet, og må dermed behandles andre steder i forskriftene.

¹⁰ Erichsen & Horgen + Glass- og fasadeforeningen: «Glass i fasader og solskjerming»

6.3.2 Passiv (ikke-regulerbar) solskjerming i næringsbygg (kontorbygg)

Norske næringsbygg, f.eks. kontorbygg, er i stor grad utstyrt med kjøling, dvs. ventilasjonskjøling og/eller romkjøling (kjøletak, kjølebafler mm). Vi har flere scenarier:

- Kjøling kun ved ventilasjonskjøling. Faste ventilasjonsluftmengder. Solskjerming vil ikke medføre noe redusert energibehov knyttet til kjøling.
- Kjøling kun ved ventilasjonskjøling. Varierende ventilasjonsluftmengder. Luftmengdene vil reduseres ved solskjerming, og dette vil redusere energibehovet både til viftedrift og ventilasjonskjøling.
- Kjøling kun med romkjøling. Energiforbruket til kjøling vil reduseres ved solskjerming. Se beregninger nedenfor.
- Løsningene ovenfor kan også varieres.

Det er utført beregninger for å se på virkningen av solskjerming i et tilfelle med romkjøling.

Nedenfor presenteres det resultater fra energiberegninger for åtte ulike beregningsscenarier.

1. Inndata tilsvarende energirammeberegningen, men med romkjøling. Beregningene omtalt i denne tabellen er gjort i en noe mer avansert SIMIEN-modell med flere soner for å ta hensyn til varierende soltilskudd. I dette scenariet er det lagt til grunn at bygget har utvendig solskjerming.
2. Som scenario 1, men med overheng over alle vinduer (1 m dybde, 0,1 m avstand fra topp vindu til overhenget)
3. Som scenario 1, men med vertikalt utspring på høyre side av alle vinduer (2 m dybde, 0,1 m avstand fra vinduet til overspringet)
4. Som scenario 1, men med overheng over sørvendt vindu (som beskrevet ovenfor)
5. Som scenario 1, men uten utvendig solskjerming.
6. Som scenario 2, men uten utvendig solskjerming.
7. Som scenario 3, men uten utvendig solskjerming.
8. Som scenario 4, men uten utvendig solskjerming.

Tabell 6-2: Energiberegninger for ulike scenarier fast solskjerming i kontorbygg

Alle tall angitt i kWh/m ²	Scenario							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1a Romoppvarming	20,4	22,5	21,6	21,1	18,2	20,6	19,7	19,2
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	5,6	5,6	5,6	5,6	5,4	5,5	5,5	5,5
2 Varmtvann (tappevann)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
3a Vifter	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
3b Pumper	4,0	4,0	3,9	4,0	4,9	4,4	4,4	4,8
4 Belysning	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
5 Teknisk utstyr	34,5	34,5	34,5	34,5	34,5	34,5	34,5	34,5
6a Romkjøling	4,4	3,1	3,5	4,0	19,5	7,0	11,5	9,8
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4
Totalt netto energibehov	122,2	123,1	122,5	122,5	135,8	125,8	129,0	127,0
Differanse fra scenario 1		+ 0,9	+ 0,3	+ 0,3	+ 13,6	+ 3,6	+ 6,8	+ 4,8
Differanse fra scenario 4					- 10,0	- 6,8	- 8,8	

Beregningene (scenario 5-8) viser at dersom bygget ikke har utvendig solskjerming, så er det relativt store potensielle energibesparelser på passiv solskjerming i form av overheng, vertikale utspring. I scenariene som ble vurdert ovenfor, ble det oppnådd reduksjoner på inntil 10 kWh/m², men det vil være mulig å øke dette ved å gjøre ytterligere tiltak. Men vær oppmerksom på at er begrensninger på hvor mye energi som kan spares på slike tiltak. Dersom man allerede har mye skjerming på et vindu, vil ytterligere skjerming på det samme vinduet medføre at energibehovet øker. Det skyldes at økningen i netto oppvarmingsbehov blir større enn reduksjonen i netto kjølebehov.

Tilsvarende virkning ser man i scenario 1-4 ovenfor. Der er det vurdert virkningen av passiv solskjerming i et tilfelle der man allerede har regulerbar solskjerming. Beregningene viser at passiv solskjerming i det tilfellet gir en økning i totalt netto oppvarmingsbehov.

Merk at det er vanskelig å si noe generelt om virkningen av denne typen tiltak, da virkningen vil være svært forskjellig i ulike situasjoner.

6.4 Termisk masse

Termisk tunge konstruksjoner virker som lager for varmeenergi (energireservoar) når det produseres overskuddsvarme i et bygg fra soloppvarming, belysning, personer og teknisk utstyr i drift. Denne varmen frigjøres når temperaturen i bygget synker.

Hvor mye energi som kan lagres i konstruksjonene avhenger av hvor godt materialet holder på varmen (varmekapasitet), hvor godt det leder varme (konduktivitet), og hvordan disse egenskapene harmonerer med døgnsyklusen i byggets temperatur.

Noen eksempler:

- Isolasjon leder og binder varme dårlig, og er dermed dårlig egnet for varmelagring
- Metaller, f.eks. stål har god varmekapasitet, men har også høy varmeledningsevne, og vil dermed raskt avgi varme til rommet, og er dermed lite egnet til varmelagring.
- Treverk har relativt høy varmekapasitet, men lav varmeledningsevne, og det går dermed veldig sakte å lagre varme i tre. Det er dermed lite egnet til varmelagring i bygninger.
- Betong, stein og mur har høy varmekapasitet, og middels varmeledningsevne. Disse materialene er dermed godt egnet for varmelagring dersom man har temperaturendringer med syklus på døgnnivå.

Endringer i termisk masse har i utgangspunktet størst betydning for kjølebehovet i bygget (romkjøling). Dersom bygget har tilstrekkelig høy termisk masse, så vil det ta så lang tid å varme opp bygget at nedkjølingen i stor grad kan utsettes til kveldstid, der man ofte vil ha mulighet til frikjøling mot den kjøligere kvelds- og nattelufta. Dersom dette skal fungere, må den termiske massen være eksponert mot de rommene som har kjølebehov.

Termisk masse vil også kunne gi utslag på oppvarmingsbehovet, samt på ventilasjonsbehovet, dersom luftmengder styres etter innvendig temperatur.

Det er ikke nødvendigvis hensiktsmessig å beregne effekten av dette tiltaket alene, da det er avhengig av ventilasjonsstrategi, styringsstrategi for temp og solavskjerming, samt plassering og tilgang til termisk masse.

Nedenfor er det vist noen forenklete regneeksempler med utgangspunkt i energiberegningene som ble benyttet for å fastsette energirammekravene i TEK 17. Det er gjort tester der alle innvendige materialer er endret til lette materialer (f.eks. gips), og der alle innvendige materialer er endret til tunge materialer (f.eks. betong). Se nedenfor for detaljer.

6.4.1 Termisk masse i boligblokk

Nedenfor presenteres det resultater fra energiberegninger for ulike beregningsscenarier.

1. Inndata tilsvarende energirammeberegningen (normalisert varmekapasitet 73 Wh/m²K)
2. Som scenario 1, men med lette materialer (normalisert varmekapasitet 8 Wh/m²K)
3. Som scenario 1, men med tunge materialer og tungt møblert (normalisert varmekapasitet 165 Wh/m²K)

Tabell 6-3: Energiberegninger for ulike scenarier termisk masse i boligblokk

Alle tall angitt i kWh/m ²	Scenario		
	1 (middels)	2 (lett)	3 (tungt)
1a Romoppvarming	24,8	28,6	24,9
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	3,0	3,3	2,9
2 Varmtvann (tappevann)	29,8	29,8	29,8
3a Vifter	5,5	5,5	5,5
3b Pumper	0,0	0,0	0,0
4 Belysning	11,4	11,4	11,4
5 Teknisk utstyr	17,5	17,5	17,5
6a Romkjøling	0,0	0,0	0,0
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0,0	0,0	0,0
Totalt netto energibehov	92,0	96,1	92,0
Differanse fra scenario 1/4		+ 4,1	0,0

Beregningene viser at energisparepotensialet i å endre fra lette til middels tunge innvendige materialer i en boligblokk er på omkring 4 kWh/m². Det er ingen ytterlige energisparepotensiale i å endre fra middels tunge til tunge materialer i dette beregningseksempelet.

6.4.2 Termisk masse i kontorbygg

Nedenfor presenteres det resultater fra energiberegninger for ulike beregningsscenarier.

1. Inndata tilsvarende energirammeberegningen (normalisert varmekapasitet 68 Wh/m²K)
2. Som scenario 1, men med lette materialer (normalisert varmekapasitet 7 Wh/m²K)
3. Som scenario 1, men med tunge materialer og tungt møblert (normalisert varmekapasitet 145 Wh/m²K)
4. Som scenario 1, men det er forutsatt vannbåren romkjøling i tillegg til ventilasjonskjøling
5. Som scenario 2, men det er forutsatt vannbåren romkjøling i tillegg til ventilasjonskjøling
6. Som scenario 3, men det er forutsatt vannbåren romkjøling i tillegg til ventilasjonskjøling

Tabell 6-4: Energiberegninger for ulike scenarier termisk masse i kontorbygg

Alle tall angitt i kWh/m ²	Scenario					
	1	2	3	4	5	6
1a Romoppvarming	19,1	31,3	18,5	19,3	33,0	18,5
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	5,8	5,9	5,8	5,8	6,0	5,8
2 Varmtvann (tappevann)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
3a Vifter	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
3b Pumper	2,4	2,5	2,4	3,8	5,1	3,6
4 Belysning	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
5 Teknisk utstyr	34,5	34,5	34,5	34,5	34,5	34,5
6a Romkjøling	0,0	0,0	0,0	3,3	16,5	1,9
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9
Totalt netto energibehov	114,6	127,0	114,0	119,5	147,9	117,2
Differanse fra scenario 1/4		+ 12,4	- 0,6		+ 28,4	- 2,3

Beregningene viser at ved å endre fra lette til middels tunge innvendige materialer i et kontorbygg med kun ventilasjonskjøling, kan man redusere netto energibehov med omkring 12 kWh/m². Videre viser beregningene at det kun har marginal betydning for energibehovet å endre fra middels tunge til tunge materialer i denne bygningskategorien.

Beregningene viser videre at dersom bygget har romkjøling, så er energisparepotensialet i økt termisk masse betydelig høyere. Som vist i tabellen over, medfører en endring fra et svært lett bygg til et middels tungt bygg en reduksjon i netto energibehov på nesten 30 kWh/m². Også i dette tilfellet ser man at en endring fra et middels tungt bygg til et veldig tungt bygg har beskjeden betydning for energiberegningene for bygget.

Rasmus Høseggen (NTNU) har for øvrig skrevet en doktorgradsavhandling¹¹, der han har utført en mye grundigere analyse av virkningen av økt termisk masse i kontorbygg enn det som er utført i forbindelse med denne utredningen. Han anslø i avhandlingen sin at et tungt (og medium tungt) rom vil ha 10-20 % redusert kjøle-/ventilasjonsbehov, sammenlignet med et lett rom. Og oppvarmingsbehovet i et tungt rom vil være 3-7 % lavere enn i et lett rom.

6.5 Faseendringmaterialer (PCM)

Faseendringmaterialer kan være et hensiktsmessig alternativ til ordinær termisk masse. Det handler om å utnytte smelte- og størkneegenskapene i disse materialene til å lagre varme. For at dette skal kunne benyttes til varmelagring i bygninger, må faseendringmaterialene smelte og størkne innenfor de temperaturnivåer som er aktuelle i bygningen, og de må være egnet for å smelte og størkne gjentatte ganger uten at materialene forringes.

Ifølge et innlegg fra en SINTEF-forsker høsten 2018¹² så er teknologimodenheten for faseendringmaterialer nå slik «at de snart kan være klare for kommersiell lagring av termisk energi. Det vil si at de kan absorbere overskuddsvarme eller -kulde, og utnytte den senere når det er behov for det.»

Tanken er at slike materialer skal kunne fungere tilsvarende som lagring av elektrisk energi i batterier ved hjelp av lading og utlading. Ifølge innlegget nevnt over, så «kan en med faseendringmaterialer produsere mer kompakte termiske lagringssystemer som kan brukes innenfor et mindre temperaturområde, noe som innebærer mindre varmetap». Et annet viktig moment med varmelagring (dette

¹¹ Rasmus Z. Høseggen: Dynamic use of the building structure - energy performance and thermal environment, PhD-thesis NTNU 2008

¹² Alexis Sevault: «Har du hørt om faseendringmaterialer?», #SINTEFblogg 13.08.18

gjelder for så vidt både PCM og vanlig termisk masse), er at man reduserer effekttopper. SINTEF anser at nettopp spisslastproblematikk kan være blant de viktigste pådriverne for at videre forskning på PCM blir prioritert i Norge.

Per dags dato er det svært begrenset erfaring med PCM i kommersielle bygningsprosjekter, og vi har derfor ikke vurdert det nærmere her. I praksis vil den energimessige betydningen være tilsvarende som ved ordinære endringer i termisk masse, dersom PCM benyttes som ordinære bygningsdeler plassert rundt omkring i bygget.

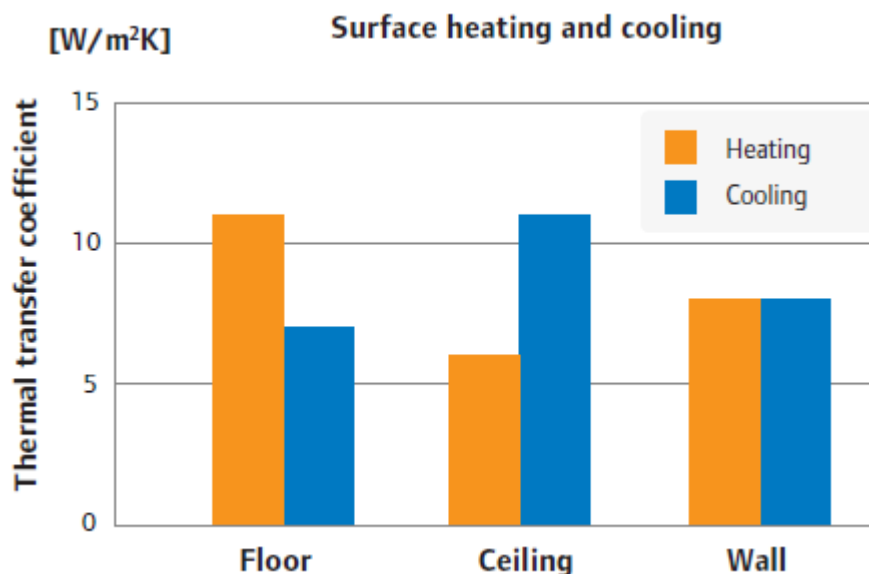
PCM kan imidlertid også benyttes som varmebatterier, der overskuddsvarme kan lagres på døgnnivå eller månedsnivå. Slike løsninger er ikke vurdert i denne utredningen.

6.6 Termisk aktiverte bygningssystemer - TABS (innebygget varme i gulv, tak og vegger)

Termisk aktiverte bygningssystemer (TABS) innebærer termisk aktivering av betongelementer, dvs. at man utnytter den termiske massen i betongen ved å støpe vannførende rørsløyfer direkte i betongdekket. Med denne løsningen vil varmen trekkes ut av det termiske dekket og føres ut av bygget. Løsningen brukes oftest for å ivareta et kjølebehov, men det kan også benyttes til å dekke varmebehovet. Det anses at et termisk aktivt dekke normalt kan ivareta hele kjølebehovet i et bygg som benyttes på dagtid, og ikke er i bruk på natta.

En fordel med TABS framfor ordinære kjøleløsninger, er at TABS er et høytemperatur kjølesystem, der man kan benytte turtemperaturer på opptil 18 °C. Man utnytter altså temperaturdifferansen mellom rommets overtemperatur (f.eks. 26 °C) og turtemperaturen på 18 °C. Muligheten for å benytte såpass høye turtemperaturer i kjølekretsen innebærer at det kan benyttes betydelig mindre energi til kjøling enn med ordinære kjøleløsninger. Man oppnår også at kjølemaskinen vil få mye lavere toppeffekt.

I et bygg med TABS vil det også være slik at ventilasjonsanlegget ikke benyttes til kjøleeffekt. Dermed kan ventilasjonsanlegget dimensjoneres slik at det kun dekker ventilasjonskravet for personbelastning og emisjoner. Man trenger altså ikke økt dimensjonering fordi ventilasjonsanlegget også skal benyttes til kjøling.



Figur 6-3: Varmeoverføringskoeffisienten uttrykker hvor stor varmeeffekt som den aktuelle flaten kan overføre til/fra rommet. Naturlig konveksjon medfører at TABS i gulvet er best egnet til oppvarming, mens TABS i himlingen egner seg best ved kjøling. Illustrasjon fra Uponor: «Free cooling guide», 2013

7 EGENPRODUSERT FORNYBAR ENERGI PÅ EIENDOMMEN TIL EGET BRUK

7.1 Elektrisitetsproduksjon

7.1.1 Solceller

NTNU har i forbindelse med utarbeiding av FutureBuilts reviderte kriterier for plusshus¹³ og nærnull-energinivå¹⁴ i 2018 laget en oversikt over effekten av solceller på tak og fasade på en noe omarbeidet utgave av de såkalte SINTEF-kassene, altså de skoeskeformede byggene som er benyttet ved fastsettelse av energirammer i teknisk forskrift. Denne øvelsen ble utført for å fastsette egnede kravnivåer for vektet levert energibehov i FutureBuilts definisjon for plusshus og nærnullenerginivå.

I vurderingene ang. potensiell energiproduksjon fra solceller omtalt nedenfor, er det i all hovedsak benyttet de sanne inndata som i beregningene fra NTNU. Imidlertid er beregningene omtalt her utført i SIMIEN (SIMIEN har en egen modell for beregning av el-produksjon fra solceller).

Følgende viktige forutsetninger er brukt i beregningene:

- Byggene er plassert i Oslo
- Alle beregninger er gjort med standard SINTEF-kasser tilpasset til TEK 17, dvs. de samme Simien-modellene som er brukt som utgangspunkt ellers i denne rapporten.
- I beregningene er det forutsatt middels høy totalvirkningsgrad på solcelleanlegget på taket (15 %), mens det er forutsatt noe lavere totalvirkningsgrad for solcelleanlegget på fasaden (12 %), for å gi mulighet til å bruke ulike typer bygningsintegreerte solcellemoduler (dvs. solcellemoduler som erstatter annen fasade), som normalt har lavere virkningsgrad.
- Det er forutsatt at solcellene ikke er utsatt for noen form for skyggevirkninger fra andre bygg/terreng etc.
- Det er forutsatt at solceller på taket er sørvendte med 20 grader helningsvinkel
- Det er forutsatt at solceller på fasaden er direkte sørvendte
- Det er forutsatt at solcellene ikke er dekket av snø om vinteren.

Kun deler av el-produksjonen fra et solcelleanlegg vil være nyttbar i eget bygg/egen bygningsmasse. DiBK har i sitt forslag til ekstratiltak som kan velges spesifisert at det aktuelle forslaget «*gjelder egenprodusert fornybar energi til eget bruk*».

Nedenfor er det gitt noen regneeksempler for å se nærmere på potensiell el-produksjon fra solceller, andel av elektrisiteten som produseres som er nyttbar i eget bygg, og andel av byggets totale netto energibehov som dekkes av solcellene (både for total produksjon og for andel til egen bruk).

I regneeksemplene er solcelleanleggene plassert på de såkalte SINTEF-kassene. Det er undersøkt hvor stor grad elektrisiteten som produseres, kan benyttes i eget bygg. Overskuddproduksjonen må enten lagres i batteriløsninger eller selges til det lokale nettselskapet (plusskundeordningen).

NB: Det er i den forbindelse sett bort fra at det ikke vil være plass til de største solcellearealene på taket og fasadene til SINTEF-kassene. Beregningene gir allikevel en indikasjon på hvordan andelen egenbruk varierer med ulik fordeling mellom tak og fasade.

¹³ NTNU/FutureBuilt: Kriterier for FutureBuilt Plusshus - Revisjon des-2018

¹⁴ NTNU/FutureBuilt: Kriterier for nZEB for FutureBuiltprosjekter - Revisjon des-2018

Tabell 7-1: Småhus – solceller på tak:

	Solcelleareal på tak – Sørvendt/20 grader helning				
Alle verdier per m ² oppvarmet BRA	10 m ²	25 m ²	50 m ²	85 m ²	125 m ²
Total el-produksjon [kWh/m ²]	10	25	49	83	123
El-prod til eget bruk [kWh/m ²]	10	19	25	29	33
Andel til eget bruk	100 %	76 %	50 %	35 %	27 %
Andel av netto energibehov ¹⁵	9 %/9 %	23 %/17 %	45 %/23 %	76 %/27 %	113 %/30 %

Beregningen viser at solcelleanlegget på 10 m² produserer 10 kWh/m² BRA, noe som tilsvarer 9 % av byggets netto energibehov. Tilnærmet all el som produseres kan benyttes i eget bygg.

Solcelleanlegget på 125 m² produserer 123 kWh/m², dvs. 113 % av byggets netto energibehov. Pga. manglende samtidighet mellom el-produksjon og el-behov er det kun 27 % av produksjonen som kan benyttes i eget bygg. Produksjonen i solcelleanlegget dekker dermed ikke mer enn 30 % av byggets netto energibehov.

Tabell 7-2: Småhus – solceller på fasade:

	Solcelleareal på fasade – Sørvendt				
Alle verdier per m ² oppvarmet BRA	5 m ²	10 m ²	15 m ²	25 m ²	40 m ²
Total el-produksjon [kWh/m ²]	2,7	5,4	8,1	13,5	21,6
El-prod til eget bruk [kWh/m ²]	2,7	5,4	8,1	12,3	15,8
Andel til eget bruk	100 %	100 %	100 %	91 %	73 %
Andel av netto energibehov ¹⁵	2 %/2 %	5 %/5 %	7 %/7 %	12 %/11 %	20 %/14 %

Tabell 7-3: Småhus – solceller på både tak og fasade (totalt PV-areal likt som i tabell med kun PV på tak):

	Solcelleareal på tak – Sørvendt/20 grader helning + Solcelleareal på fasade – Sørvendt				
Alle verdier per m ² oppvarmet BRA	5+5 m ²	15+10 m ²	35+15 m ²	60+25 m ²	85+40 m ²
Total el-produksjon [kWh/m ²]	8	20	42	72	105
El-prod til eget bruk [kWh/m ²]	8	17	23	28	31
Andel til eget bruk	100 %	83 %	55 %	38 %	30 %
Andel av netto energibehov ¹⁵	7 %/7 %	18 %/16 %	39 %/21 %	66 %/26 %	96 %/37 %

¹⁵ Første verdi angir hvor stor del av netto energibehov som dekkes av den totale el-produksjonen. Andre verdi angir hvor stor del av netto energibehov som dekkes av den delen av el-produksjonen som er ansett å være til eget bruk (uten bruk av batterier eller annen intern lagring)

Tabell 7-4: Boligblokk – solceller på tak:

	Solcelleareal på tak – Sørvendt/20 grader helning				
Alle verdier per m ² oppvarmet BRA	50 m ²	150 m ²	250 m ²	350 m ²	500 m ²
Total el-produksjon [kWh/m ²]	9	26	44	61	87
El-prod til eget bruk [kWh/m ²]	9	19	24	27	29
Andel til eget bruk	100 %	74 %	54 %	43 %	34 %
Andel av netto energibehov ¹⁵	10 %/10 %	28 %/21 %	48 %/26 %	66 %/29 %	95 %/32 %

Tabell 7-5: Boligblokk – solceller på fasade:

	Solcelleareal på fasade – Sørvendt				
Alle verdier per m ² oppvarmet BRA	25 m ²	50 m ²	100 m ²	150 m ²	200 m ²
Total el-produksjon [kWh/m ²]	2	5	10	14	19
El-prod til eget bruk [kWh/m ²]	2	5	10	13	15
Andel til eget bruk	100 %	100 %	99 %	90 %	79 %
Andel av netto energibehov ¹⁵	2 %/2 %	5 %/5 %	11 %/11 %	15 %/14 %	21 %/16 %

Tabell 7-6: Boligblokk – solceller på både tak og fasade (totalt PV-areal likt som i tabell med kun PV på tak):

	Solcelleareal på tak – Sørvendt/20 grader helning + Solcelleareal på fasade – Sørvendt				
Alle verdier per m ² oppvarmet BRA	25+25 m ²	100+50 m ²	150+100 m ²	200+150 m ²	300+200 m ²
Total el-produksjon [kWh/m ²]	7	22	36	49	72
El-prod til eget bruk [kWh/m ²]	7	18	22	24	28
Andel til eget bruk	100 %	79 %	61 %	50 %	39 %
Andel av netto energibehov ¹⁵	8 %/8 %	24 %/20 %	39 %/24 %	53 %/26 %	78 %/30 %

Tabell 7-7: Kontorbygg – solceller på tak:

	Solcelleareal på tak – Sørvendt/20 grader helning				
Alle verdier per m ² oppvarmet BRA	200 m ²	800 m ²	1200 m ²	1600 m ²	2500 m ²
Total el-produksjon [kWh/m ²]	9	35	57	70	109
El-prod til eget bruk [kWh/m ²]	8	27	35	41	48
Andel til eget bruk	89 %	77 %	68 %	58 %	44 %
Andel av netto energibehov ¹⁵	8 %/7 %	30 %/23 %	50 %/30 %	61 %/36 %	95 %/42 %

Tabell 7-8: Kontorbygg – solceller på fasade:

Alle verdier per m ² oppvarmet BRA	Solcelleareal på fasade – Sørvendt				
	100 m ²	250 m ²	400 m ²	600 m ²	800 m ²
Total el-produksjon [kWh/m ²]	2,4	6,0	9,6	14	19
El-prod til eget bruk [kWh/m ²]	2,3	5,5	8,4	12	16
Andel til eget bruk	98 %	92 %	88 %	85 %	83 %
Andel av netto energibehov ¹⁵	2 %/2 %	5 %/5 %	8 %/7 %	12 %/10 %	17 %/14 %

Tabell 7-9: Kontorbygg – solceller på både tak og fasade (totalt PV-areal likt som i tabell med kun PV på tak):

Alle verdier per m ² oppvarmet BRA	Solcelleareal på tak – Sørvendt/20 grader helning + Solcelleareal på fasade – Sørvendt				
	100+100 m ²	550+250 m ²	800+400 m ²	1000+600 m ²	1700+800 m ²
Total el-produksjon [kWh/m ²]	7	30	44	58	93
El-prod til eget bruk [kWh/m ²]	6	24	32	37	45
Andel til eget bruk	91 %	79 %	72 %	64 %	48 %
Andel av netto energibehov ¹⁵	6 %/5 %	26 %/21 %	38 %/28 %	50 %/32 %	81 %/39 %

Det er flere elementer som er relevante når det gjelder hvor stor del av el-produksjonen som kan ansees å være «til eget bruk». Noen av disse kommet fram fra beregningene ovenfor, og andre er basert på annen erfaring.

- Jo mindre solcelleareal man installerer, jo større del av produksjonen kan ansees å «være til eget bruk». 100 % egen utnyttelse kan oppnås dersom solcelleanlegget gjøres så lite at maksimal produsert effekt tilsvarer minimum effektuttak på bygget/egen bygningsmasse.
- Det vil i mange tilfeller være bedre samsvar mellom el-behov og el-produksjon ved solceller på sørfasade enn solceller på et skråtak, og dermed høyere andel egenbruk.
- Ved å kombinere solceller med varierende himmelretninger og varierende helningsvinkler, kan man få en døgn- og årsprofil på el-produksjonen, som i større grad samsvarer med el-behovet. Normalt vil det oppnås større grad av egenbruk i et anlegg som kombinerer solceller på tak og fasade enn i et anlegg som kun har én av delene (gitt samme totalareal).
- Et bygg med et stabilt el-behov (f.eks. til serverparker etc.) vil kunne oppnå at andelen el-produksjon som går til eget bruk vil være høyere enn i et bygg der el-behovet er svært ujevnt over døgnet/året.
- Ved bruk av ulike løsninger for elektrisk effektstyring, kan man flytte noe av det elektriske effektuttaket til tidspunkter der det er produksjon i solcelleanlegget.
- Løsninger for energilagring (batterier) der man lagrer overskuddsproduksjon framfor å overføre/selge overskuddet til el-nettselskapet vil øke andelen som går til eget bruk.

7.1.2 Vindmøller/-turbiner

Vindmøller må ansees å ha et begrenset potensial for lokal energiproduksjon i de aller fleste tilfeller, i hvert fall med dagens hyllevareteknologi. Man kan imidlertid tenke seg enkelte bygg, der småskala/mikroskala vindmøller kan gi et beskjedent tilskudd. Det kan f.eks. være et aktuelt tiltak for bygg på spesielt vindutsatte lokasjoner, og evt. bygg som stikker høyt opp i terrenget. Det er også mulig å gjøre bygningsmessige tiltak som kan bidra til å akselerere vinden der man plasserer vindmøllene.

Det skilles ofte på vindturbiner med horisontalaks rotor og med vertikalaks rotor. Begge de to typene kan installeres i ulike varianter:

- Bygningsmontert (building mounted)
- Bygningsintegrert (building integrated)
- Bygningstilpasset (building augmented)

Så vidt vi kjenner til, så er slike mindre vindmøller i liten grad benyttet i Norge, men det finnes enkelte eksempler, f.eks. de som er avbildet nedenfor på Bryne videregående skole, og ved Posten Brings nye logistikkentral i Trondheim. Entra Eiendom AS har gjennomført et prøveprosjekt med vindmøller på toppen av deres hovedkontor i Posthuset (tidligere Postgirobygget) i Oslo¹⁶. Det sistnevnte prøveprosjektet var ikke spesielt vellykket, og de opplevde i liten grad stabil vind med høy nok vindstyrke til at man fikk noen signifikant produksjon. Alle de nevnte byggene har vindmøller av typen vertikalaks rotor.



Figur 7-1: Vindmøller og solceller ved Posten Brings nye logistikkentral i Trondheim. Bilder fra www.bygg.no



Figur 7-2: Vindmøller på Bryne videregående skole, et pilotprosjekt for gjennomføring av fylkeskommunens miljøpolitikk. Bilde fra www.bryne.vgs.no

¹⁶ <https://www.tu.no/artikler/tester-ut-vindkraft-pa-posthuset/234896>



Figur 7-3: Eksempel på bygningsintegrert horisontalakse vindturbin (Strata SE 1, London). Bilde fra SINTEF-rapport¹⁷



Figur 7-4: Eksempel på bygningstilpasset vertikalakse vindturbin (Greenway Self Park, Chicago). Bilde fra SINTEF-rapport¹⁷

SINTEF skrev i 2015 en rapport¹⁷ om tematikken bygningsintegrerte småskala/mikroskala vindmøller og integrering av disse i det norske kraftsystemet. Resultatene i SINTEFs undersøkelser var at «*plassering, størrelse og utforming av vindturbinene er avgjørende for om det er lønnsomt å installere vindkraftverk i og på bygninger. I tillegg har topografien i området og eventuelle vindtunneleffekter stor betydning.*» Bl.a. så vil andre bygg kunne medføre såkalte vindskygger, som det må tas hensyn til. På den annen side, så er det også mulig å bygge på en måte som medfører at vinden i vil kunne akselerere. I 2016 meldte SINTEF at de var i gang med å planlegge et nytt prosjekt der målet er å få mer kunnskap om vindforhold i byer og små, bygningstilpassede vindturbiner. Vi har vært i kontakt med den aktuelle forskeren i SINTEF, og han kunne fortelle at det nevnte prosjektet ikke har fått finansiering.

Prinsipielt burde evt. el-produksjon fra vindmøller kunne behandles på tilsvarende måte i byggeforskriftene som el-produksjon fra solceller, slik at metodikken er teknologinøytral. Dersom det oppnås en total lokal el-produksjon fra solceller, vindmøller, og/eller evt. andre fornybare energikilder som overstiger en angitt grenseverdi, så kan det gis mulighet for økning i energirammen.

7.1.3 Andre teknologier for fornybar el-produksjon

Det finnes også andre mulige teknologier kan benyttes til fornybar, lokal el-produksjon, f.eks. flere typer kraftvarmemaskiner (CHP, Combined Heat and Power), basert på ulike sorter biobrensel. Prinsipielt bør muligheten for å få godkjent lokal energiproduksjon som et tiltak innenfor den nye kravsinnetningen til energikravene i byggeforskriftene være teknologinøytral. Alle potensielle teknologier bør dermed behandles likt, forutsatt at de overholder diverse minstekrav, som kan defineres. Slike minstekrav kan bl.a. tilsi at den aktuelle teknologien skal være fornybar, og ikke medføre andre typer skadelige utslipp. Evt. kan det også gjelde utslippskrav til produksjonen av el-produksjonsutstyret.

¹⁷ SINTEF: BAWT – Building augmented wind turbines, 2015
<http://www.sintefbok.no/Product.aspx?sectionId=65&productId=1080&categoryId=17>
<https://www.sintef.no/siste-nytt/utforsker-vindkraftverk-i-bygg/>

7.2 Varmeproduksjon – termisk energi

7.2.1 Solfangere

Solfangere er en felles betegnelse for ulike produkter som kan benyttes til å produsere nyttbar varme fra direkte innstrålt solenergi.

En fordel med solfangere framfor solceller, er at solfangerne kan nyttiggjøre en større andel av den innstrålte energien, enn det man klarer med solceller. Gode solfangere er ansett å kunne utnytte inntil 85 % av den direkte solinnstrålingen. Et solcellepanel derimot vil ha en nominell virkningsgrad på inntil 22 %, men her utvikles teknologien fortløpende. En solcelle kan imidlertid utnytte både direkte og indirekte solinnstråling. Dette er viktig i Norge, der inntil halvparten av solinnstrålingen er indirekte. Forskjellen mellom virkningsgraden på solceller og solfangere er dermed mindre enn tallene i første rekke legger opp til.

Tilsvarende som energien som produseres i solceller, så må energien fra solfangere brukes der og da, enten i eget bygg, eller den kan selges til andre varmebrukere, eller så kan varmen lagres i akkumulatortanker. Jo mindre akkumulatortank man har, jo mindre andel av den produserte solvarmen klarer man å utnytte. Store akkumulatortanker vil være forholdsvis kostnadskrevende, og i tillegg så vil store tanker kunne kreve et stort areal, noe som også medfører kostnader.

Solfangere har størst potensiale i bygningstyper som har jevnt varmebehov hele året, eller høyere varmebehov i sommermånedene enn resten av året. Følgende bygningskategorier er mest aktuelle:

- Badeanlegg, dersom drift i sommermånedene
- Andre idrettsbygg med garderobeanlegg, dersom drift i sommermånedene
- Hoteller med høyt belegg i sommermånedene
- Industribygg med prosesser som trenger varme hele året

Man kunne tenke seg at idrettshaller i skolebygg kunne være aktuelle, men normalt er skolebygg ikke i drift (eller kun i begrenset drift) i de deler av året der det er høyest varmebehov, og dermed får man ikke utnyttet varmeproduksjonen i særlig grad.

En annen ulempe med solfangere er at det er vanskeligere å selge overskuddsproduksjonen i sommerperioden. Salg av overskuddsvarme krever at man har en kunde. Dette kan prinsipielt være enten et nærliggende nabobygg med stort varmebehov i de aktuelle månedene, eller det kan være et fjernvarmenett, dersom den som eier fjernvarmenettet er interessert i å overta varmeoverskudd i sommermånedene. Det siste er ikke alltid tilfelle, spesielt ikke i de fjernvarmeanleggene som benytter avfallsforbrenning som varmekilde, rett og slett fordi de normalt allerede produserer for mye varme i sommermånedene. Til sammenligning, så er det normalt mye enklere å selge overskudds-el fra et solcelleanlegg til et el-nettselskap, ettersom det er utarbeidet universelle regler for slikt salg i Norge.

Ifølge Lavenergiprogrammet, 2011¹⁸ så vil et godt dimensjonert system «kunne produsere 300-700 kWh/m² solfangerareal i året». Dette stemmer godt overens med Asplan Viaks erfaringer. Samme rapport angir at et solfangeranlegg normalt vil kunne dekke 20-30 % av romoppvarmings- og ventilasjonsvarmebehovet, og 50 % av tappevannsbehovet.

Det har vært relativt lite videreutvikling innen solfangere de siste årene. Det betyr at solfangerne har hatt beskjedne endringer både når det gjelder kostnader og produksjonskapasitet. I den samme perioden har solceller hatt en betydelig utvikling både når det gjelder kostnader og virkningsgraden. Dette betyr at forskjellen i produksjonskapasiteten mellom solfangere og solceller er blitt mindre enn den tidligere var.

¹⁸ Lavenergiprogrammet + Erichsen og Horgen: Varmeløsninger og deres dekningsgrader, 2011

I dette oppdraget er det ikke rom for å gjøre detaljerte beregninger av potensialet for termisk solvarme i ulike bygningskategorier. Enova oppgir imidlertid at potensialet for energisparing for en enebolig i Oslo med et sørvendt solfangeranlegg på 7 m², med 45 graders helningsvinkel, kun benyttet til tappevannsoppvarming er 2570 kWh/år¹⁹, dvs. en utnyttbar varmeproduksjon på ca. 365 kWh/m² solfangerareal. Det gir et For et litt større anlegg (25 m²) som går til både rom- og tappevannsoppvarming, oppgir Enova en energisparing på 7800 kWh/år for en bolig i Oslo (dvs. ca. 310 kWh/m² solfangerareal).

7.2.2 Varmepumper

I varmepumper benytter man en andel elektrisk energi på å hente ut en større andel varmeenergi fra en energikilde med lav energi, f.eks. luft, jord, sjø, fjell, grunnvarme, spillvarme mm. Varmepumpa hever temperaturen, slik at varmeenergien kan benyttes til oppvarming.

Det skilles ofte mellom:

- Luft-luft varmepumpe – Henter varme fra uteluft og leverer varme til huset i form av varm luft
- Luft-vann varmepumpe – Henter varme fra uteluft og leverer varme til huset i form av vannbåren varme
- Væske-væske varmepumpe – Henter varme fra berg, jord, sjø mm, og leverer varme til huset i form av vannbåren varme

Ulike varmepumpeløsninger er grundig behandlet i andre rapporter, bl.a. NVE-rapporten «Varmepumper i energisystemet» fra 2016.

En kombinasjon av grunnvarmepumpe og solfangeranlegg kan også være en aktuell løsning. Solfangeranlegget kan da brukes til å lade energibrønnene i sommerhalvåret, noe som vil øke årsvarmefaktoren til varmepumpesystemet.

En kombinasjon av solcelleanlegg og varmepumper kan i mange tilfeller være en gunstig løsning. Solcellene vil da kunne dekke deler av behovet for tilført elektrisitet til varmepumpene. Dersom varmepumpa er tilknyttet en akkumulatortank, kan man lagre overskuddsproduksjon fra solcellene i form av varmtvann, og dermed kan man redusere behovet for tilført energi på nattestid.

Varmepumper har lave driftskostnader per kWh og forholdsvis høye investeringskostnader per kW. Derfor unngår man normalt å dekke effekttoppene (spisslasten) med varmepumper. I stedet velger man en annen energiløsning med lavere investeringskostnad per kW til å dekke spisslasten. Hvor stor andel av varmebehovet som kan dekkes med varmepumper avhenger av hvilken varmepumpe-teknologi som benyttes. Man dimensjonerer varmepumper slik at de kan gi følgende energidekningsgrader:

- luft-luft: 75-90 % av romoppvarmingsbehovet i de rommene der VP er montert; 0 % av behovet til ventilasjons- og tappevannsoppvarming
- luft-vann og væske-væske: 75-90 % av rom-, ventilasjon og tappevannsoppvarming

Energidekningsgradene oppgitt ovenfor forutsettes at man har separate varmepumper for ulike temperaturnivåer, dvs. separat varmepumpe til produksjon av varmt tappevann som leverer varme med et høyere temperaturnivå. Dersom man benytter samme varmepumpe til alle formål, så vil den normalt bare kunne dekke forvarming av tappevannet (pga. for lavt temperaturnivå). Følgelig vil energi energidekningsgraden til tappevannsoppvarming ved felles varmepumpe til alle formål reduseres til omkring 50 %.

¹⁹ <https://www.enova.no/privat/alle-energitiltak/solenergi/solfanger/>

Energiforsyningsløsninger som f.eks. varmepumper gir ingen utslag på netto energibehov, så for å vurdere energisparepotensialet for varmepumper, må vurderinger gjøres på levert energibehov. Nedenfor gjøres det vurderinger av potensielle reduksjoner i levert energibehov ved bruk av varmepumper til å dekke deler av energibehovet. Det sammenlignes med en løsning med el-kjel som dekker all oppvarming.

Øverste del av tabellen nedenfor viser beregning av systemvirkningsgraden som er brukt i vurderingene. De gjelder ved godt isolerte rør, med middeltemperatur 45-55 °C og radiatoranlegg m/termostatventil med turtemp < 55 °C.

Tabell 7-10: Beregning av potensielle reduksjoner i levert energibehov ved bruk av varmepumper til å dekke deler av energibehovet

	Produksjon	Distribusjon	Rom	Systemvirkningsgrad romoppvarming	Ventilasjonsdistr	Systemvirkningsgrad ventilasjonsoppv.	Systemvirkningsgrad tappevann
El-kjel	0,97	0,98	0,92	0,87	0,92	0,89	1,00
Varmepumpe (vann-vann)	3,3	0,98	0,92	2,98	0,92	3,04	3,30
Varmepumpe (luft-luft)	2,5	0,98	0,92	2,25	0,92	2,30	2,50

Oppvarming med 100 % el-kjel

Energibehov [kWh/m ²]	Småhus		Boligblokk		Kontorbygg	
	Netto	Levert	Netto	Levert	Netto	Levert
Romoppvarming	44	52	25	29	19	23
Ventilasjonsoppvarming	3	3	3	3	6	6
Tappevann	30	30	30	30	5	5
Totalt referanse	76	84	58	62	30	34

Oppvarming med 85 % luft-luft-VP og 15 % el-kjel til romoppvarming, for øvrig 100 % el-kjel

Energibehov [kWh/m ²]	Småhus		Boligblokk		Kontorbygg	
	Netto	Levert	Netto	Levert	Netto	Levert
Romoppvarming	44	25	25	14	19	11
Ventilasjonsoppvarming	3	3	3	3	6	6
Tappevann	30	30	30	30	5	5
Totalt	76	58	58	47	30	22
Besparelse sml. med referanse		26		15		12

Oppvarming med 85 % vann-vann-VP og 15 % el-kjel til all oppvarming

Energibehov [kWh/m ²]	Småhus		Boligblokk		Kontorbygg	
	Netto	Levert	Netto	Levert	Netto	Levert
Romoppvarming	44	21	25	12	19	9
Ventilasjonsoppvarming	3	1	3	1	6	3
Tappevann	30	14	30	14	5	2
Totalt	76	36	58	27	30	14
Besparelse sml. med referanse		48		35		20

Som vist i beregningene ovenfor, så er potensielle reduksjoner i levert energibehov ved bruk av varmepumper til å dekke deler av energibehovet fra 12-26 kWh/m² for de ulike bygningskategoriene for luft-luft-varmepumper og 20-48 kWh/m² for vann-vann-varmepumper. Energisparepotensialet er størst for småhus og minst for kontorbygg.

8 FELLES BYGNINGSKATEGORI FOR YRKESBYGG

DiBK har stilt spørsmål om det kan være mulig og hensiktsmessig å benytte en felles bygningskategori for yrkesbygg i kravsoppbyggingen til energikravene. Tanken bak dette er at metodikken og komponentverdier etc som er benyttet ved fastsettelse av rammekravene i dagens byggeforskrifter i stor grad er like for de enkelte yrkesbyggene.

I tillegg så er det en problemstilling for dagens energikrav at de henviser til en metodikk som er beskrevet i NS 3031:2014, og denne standarden er formelt tilbaketrukket. Grunnen til at den er tilbaketrukket, er at den er i konflikt med den europeiske standarden NS-EN ISO 52000-1 Bygningers energiytelse - Overordnet vurdering av bygningers energiytelse - Del 1: Generelt rammeverk og prosedyrer. NS 3031 må derfor revideres for å tilpasses den nevnte standarden, et arbeid som per dags dato er i gang, med ukjent dato for ferdigstilling.

DiBK har fått en del kritikk for at de norske energikravene henviser til en utgått standard, og vurderer om kravsinnetningen kan løses på en annen måte. De tenker seg at å benytte en felles bygningskategori for yrkesbygg, vil være enklere dersom det skal etableres en helt ny kravsinnetning. Eksakt løsning for løsningen de ser for seg, var ikke klar ennå da DiBK presenterte sine tanker om dette i et møte med Asplan Viak 05.07.19, men de så bl.a. for seg at man kunne frigjøre seg for NS 3031, og i større grad la det være opptil energirådgiveren å finne en egnet beregningsstandard for å vurdere virkningen av ulike tiltak.

Vi ser for oss flere ulemper med en slik felles bygningskategori og med en større endring i kravsinnetningen.

- Det er ganske stor forskjell på ulike kategorier med yrkesbygg, f.eks. mellom en barnehage og et sykehus.
 - o Dagens krav til normerte inndata for energiberegningene for de ulike bygningskategoriene er tilpasset disse forskjellene.
 - o Rammekravene for de enkelte bygningskategoriene er fastsatt utfra de såkalte SINTEF-kassene (skoeformede bygg). Disse SINTEF-kassene har en utforming som tar hensyn til den del prinsipielle forskjeller i utformingen av ulike bygningskategorier, f.eks. ulike romhøyder etc.
 - o Pga. forskjellene omtalt ovenfor, så sikrer man at den enkelte utbygger må fokusere på de tiltakene som har størst betydning for den aktuelle bygningskategorien. F.eks. vil det være viktigere med tiltak på varmegjenvinning i bygningskategorier med høyt ventilasjonsbehov, det vil være viktigere med tiltak på varmforsyning i bygningskategorier med høyt oppvarmingsbehov, osv.
 - o Dersom man benytter en felles bygningskategori for alle yrkesbygg, går man glipp av betydningen av disse forskjellene.
- Norge har i dag en felles beregningsstandard som brukes for alle energiberegninger. Denne standarden er godt innarbeidet, og godt kjent blant rådgiverne som skal brukes den, og for byggherrer/entreprenører etc. som skal forholde seg til kravene. Det finnes også programvare med relativt lav brukerterskel, som er tilpasset beregningsstandarden. Dette medfører at man på en enkel måte kan sammenligne forventet energibehov mellom ulike bygg.

DEL 2 – UTREDNING AV NNEB-NIVÅ FOR MATERIALBRUK

9 METODE FOR VURDERING AV NNEB-NIVÅ FOR KLIMAGASSUTSLIPP FRA BYGGEMATERIALER

Formålet med denne delen av utredninger har vært å identifisere et mulig nivå for klimagassutslipp fra materialbruk for nye bygninger som tilsvarer ambisjonsnivået for nesten nullenergibygg, nNEB. Dette har omfattet å identifisere dagens standardnivå, referansenivået, samt potensialet for å redusere utslipp fra byggematerialene med tiltak som er gjennomførbare i dagens norske marked. nNEB-nivået for klimagassutslipp fra materialbruk er dermed ment å være oppnåelig med løsninger som er tilgjengelige per i dag.

Iht. oppdragsbeskrivelsen er følgende bygningskategorier vurdert:

- Kontor
- Boligblokk
- Småhus

Vurdering av krav til dokumentasjon av beregninger, for eksempel med hensyn til datakvalitet og dokumentasjonsformat har ikke vært en del av utredningsoppdraget og er følgelig ikke vurdert.

9.1 Referansenivå

Å benytte såkalte standard referansebygg som grunnlag for å vurdere måloppnåelse har i de siste årene vært praksis i byggeprosjekter med ambisjoner om utslippsreduksjon. Per i dag mangler man imidlertid omforente referansebygninger for klimagassutslipp fra materialbruk i bygninger i Norge. Det har blant annet hatt sammenheng med mangel på felles metodisk rammeverk. En definisjon av referansebygg er utarbeidet av FutureBuilt²⁰. Definisjonen gir imidlertid lite metodiske retningslinjer, og utslippsnivå for referansebygg kan dermed variere mye innenfor disse rammene.

Innføringen av norsk standard for klimagassberegninger for bygninger, NS 3720:2018 er et viktig verktøy som vil gi langt større sammenliknbarhet i slike beregninger fremover. Denne standarden kan anvendes som utgangspunkt for etablering av referansebygninger, men den omtaler ikke referansebygg utover å beskrive *funksjonell ekvivalent* for beregninger. Derfor er det fortsatt flere forutsetninger og kvalitetskrav som man må enes om, blant annet valg av 'standard' materialtyper, krav til styrke og brannklasse.

Tidligere var det åpent tilgjengelige verktøyet Klimagassregnskap.no (nedlagt 2018) i utbredt bruk som «referansebygg-generator» i bransjen. Klimagassregnskap.no tok utgangspunkt i en skoeskeformet bygningsgeometri, kombinert med forutsetninger om standard materialbruk, for å anslå klimagassutslipp fra materialbruk. Beregningene av bygningsgeometri i Klimagassregnskap.no var basert på den samme bygningsmodellen som ble lagt til grunn av DiBK og deres rådgivere i utarbeidelsen av energikrav fra 2007 til 2017. Materialvalget var basert på Bygganalysens database for kostnadsberegninger for ulike bygningstyper samt faglige vurderinger av 'dagens praksis'.

I vår analyse har vi definert et referansenivå for klimagassutslipp fra materialbruk med utgangspunkt i modellbyggene som ligger til grunn for beregning av energikrav. Forutsetninger for modellbygg er gitt i Vedlegg 1: Forutsetninger for modellbygg. Klimagassutslipp fra materialbruk for disse modellbyggene for kontor, boligblokk og småhus er beregnet ved bruk av verktøyene One Click LCA og ByggLCA. Disse to modellene har litt ulike databaser for utslipp fra materialer. Dette er per i dag de to foretrukne modellene og vil etter vår vurdering gi realistiske referansenivåer og som kan anvendes til å vurdere potensiale for reduksjon av utslipp ned til nNEB-nivå.

²⁰ <https://www.futurebuilt.no/content/download/12110/85713>

Bygningsmodellene i One Click LCA er justert noe i forhold til standardverdiene som per i dag ligger i verktøyet. Det er gjort for å sikre at verdiene er mer representative for et gjennomsnitt i dagens norske marked for bygningsmaterialer. Justeringer av utslippstall og levetider er gitt i Vedlegg 2. Disse justeringene er benyttet alle steder der beregninger er gjort ved bruk av One Click LCA.

9.2 nNEB-nivå for klimagassutslipp

For å vurdere potensialet for reduksjon av klimagassutslipp har vi tatt utgangspunkt i modellbygg-beregningene og sett hvilke reduksjoner som kan oppnås ved å endre materialbruk i de bygningsdelene som inneholder de største materialmengdene og mest utslippsintensive materialtypene. Innenfor rammene av denne delen av oppdraget har vi sett på følgende tiltak:

- Bruk av lavkarbonbetong
- Bruk av tre i bærende elementer
- Valg av konsept for bæresystem
- Materialbruk i utvendig kledning

En annen mulig tilnærming er å benytte erfaringstall fra tidligere utførte klimagassberegninger i prosjekterte bygg. Imidlertid har det tidligere, dvs. før NS 3720, ikke vært omforente retningslinjer for klimagassberegninger av bygninger og tidligere beregninger er dermed utført med ulike systemgrenser. Nivåene kan derfor ikke uten videre sammenlignes og det er svært tidkrevende å gå inn i beregningsgrunnlaget. Det har vært en vesentlig utvikling i retning av høyere detaljeringsnivå og kompletthet i klimagassberegninger for bygninger i de senere år og spesielt etter at NS 3720 ble etablert som standard metode. Eldre beregninger er derfor lite sammenliknbare med beregninger gjort iht. NS3720. Av disse grunner har vi ikke valgt denne tilnærmingen. Imidlertid har vi benyttet erfaringstall fra tidligere utførte beregninger til å vurdere og til en viss grad kalibrere våre anbefalinger om nivåer.

Det er et krav at nNEB-nivået for klimagassutslipp fra materialbruk skal være oppnåelig med tilgjengelige løsninger i dagens norske marked. Det er videre forutsatt at en kombinasjon av tiltak med utgangspunkt i en nøktern bygningsutforming med standard dimensjonering, må gjennomføres for å nå nNEB.

10 ANBEFALTE METODISKE RETNINGSLINJER FOR VURDERING AV NIVÅ FOR KLIMAGASSUTSLIPP FRA MATERIALBRUK

Dette kapitlet gir anbefalinger for metodiske valg og avklaringer som er nødvendige for å kunne definere et nivå for klimagassutslipp fra materialbruk. Dette omfatter følgende:

- Systemgrenser i rom - avgrensning av hvilke deler av bygningskroppen som skal medregnes og hvordan
- Systemgrenser i tid – avgrensning av hvilke deler av verdikjeden/livsløpet for et bygg som skal medregnes
- Valg av funksjonell enhet - hvordan beregnede klimagassutslipp fra materialbruk skal presenteres og sammenliknes

Norsk standard for klimagassberegninger av bygninger, NS 3720, angir retningslinjer for klimagassberegninger av bygninger. Krav til klimagassberegninger for materialer i TEK bør være i tråd med NS3720 så langt det er mulig. I dette kapitlet har vi drøftet og gitt anbefalinger for tilfeller hvor det er vurdert som hensiktsmessig at krav til klimagassberegninger i TEK avviker fra NS 3720, eller NS 3720 ikke gir klart definerte retningslinjer. For metodiske spørsmål som ikke er dekket her kan det derfor forutsettes at NS3720 skal følges.

10.1 Systemgrenser i rom

10.1.1 Bygningsdeler

NS 3720 angir 4 ulike forhåndsdefinerte omfang for helhetlige klimagassberegninger av bygninger, gjengitt i Tabell 10-1:

Tabell 10-1 Ulike forhåndsdefinerte omfang for helhetlige klimagassberegninger i NS 3720

	Uten lokalisering	Med lokalisering
Basis	Klimagassberegningen skal inkludere klimagassutslipp fra byggeplass (7.3), materialer (7.4), energi i drift (7.5). Materialer (7.4) skal inkludere innhold i bygningsdelsnummer 2 Bygning i henhold til NS 3451 samt materialer som inngår i lokalt energiproduksjonsutstyr som ikke er dekket av NS 3451.	Klimagassberegningen skal inkludere klimagassutslipp fra tomtebearbeiding (7.2), byggeplass (7.3), materialer (7.4), energi i drift (7.5), transport i drift (7.6). Materialer (7.4) skal inkludere innhold i bygningsdelsnummer 2 Bygning i henhold til NS 3451 samt materialer som inngår i lokalt energiproduksjonsutstyr som ikke er dekket av NS 3451.
Avansert	Klimagassberegningen skal inkludere klimagassutslipp fra byggeplass (7.3), materialer (7.4), energi i drift (7.5) og inkludere materialer som inngår i bygningsdelsnummer 2 Bygning, 3 VVS-installasjon, 4 Elkraft, 6 Andre installasjoner, 7 Utendørs i henhold til NS 3451 samt materialer som inngår i lokalt energiproduksjonsutstyr som ikke er dekket av NS 3451.	Klimagassberegningen skal inkludere klimagassutslipp fra tomtebearbeiding (7.2), byggeplass (7.3), materialer (7.4), energi i drift (7.5), transport i drift (7.6) og inkludere materialer som inngår i bygningsdelsnummer 2 Bygning, 3 VVS-installasjon, 4 Elkraft, 6 Andre installasjoner, 7 Utendørs i henhold til NS 3451 samt materialer som inngår til lokalt energiproduksjonsutstyr som ikke er dekket av NS 3451.

Forskjell mellom basis- og avansert beregning for materialbruk er hvorvidt materialbruk i VVS-installasjoner, tekniske systemer og utendørs skal medregnes. Forskjellen mellom beregning med og uten lokalisering er hvorvidt tomtebearbeiding og transport i bruk av bygningen skal inkluderes.

Fram til i dag har det vært mest vanlig at klimagassberegninger for bygninger omfatter selve bygningskroppen (hovedpost 2), ekskludert VVS-installasjoner, tekniske systemer og utendørs. Det kan forventes at det vil bli vesentlig mer utbredt å inkludere bygningsdeler utover hovedpost 2 som følge av at NS3720 tas i bruk og tilgangen til miljøinformasjon knyttet til materialbruk i disse

bygningdelene (tilgang på EPD for produkter o.l.) øker. Per i dag er det begrenset tilfang av EPD'er for tekniske systemer, mv., sammenliknet med andre byggevarerprodukter.

For krav til klimagassberegning for materialbruk i TEK vurderes det derfor per i dag som mest hensiktsmessig å avgrense omfanget til å kun omfatte selve bygningskroppen, dvs. ekskludert tekniske systemer, VVS og utendørs materialbruk. Ved kommende revisjoner, når man har opparbeidet erfaring med klimagassberegninger for materialbruk i TEK og tilfanget av EPD'er for disse bygningselementene har økt, bør systemgrensene utvides f.eks. til «Avansert uten lokalisering», jf. Tabell 10-1. Dette vil dermed på sikt også omfatte aktiviteter på byggeplass, inkludert tomtebearbeiding.

NS 3720 spesifiserer at «Alle deler av objektet som skal inngå i klimagassberegningene, skal klassifiseres og kodes i henhold til inndelingen i NS 3451 Bygningsdelstabell». Bygningsdelinndeling for Hovedpost 2 er angitt i Tabell 10-2.

Tabell 10-2 Inndeling i bygningselementer i hovedpost 2 Bygning i NS3451 Bygningsdelstabell

21 Grunn og fundamenter	215 - Pelefundamentering
	216 - Direkte fundamentering
22 Bæresystemer	222 - Søyler
	223 - Bjelker
23 Yttervegger	231 - Bærende yttervegger
	234 - Vinduer, dører, porter
	235 - Utvendig kledning og overflate
24 Innervegger	241 - Bærende innervegger
	243 - Systemvegger, glassfelt
	244 - Vinduer, dører, foldevegger
25 Dekker	251 - Frittstående dekker
	252 - Gulv på grunn
	255 - Gulvoverflate
	256 - Faste himlinger og overflatebehandling
26 Yttertak	261 - Primærkonstruksjon
	262 - Taktekning
28 Trapper og balkonger	281 - Innvendige trapper
	284 - Balkonger og verandaer

Basert på erfaringstall (se kapittel 11.2), vil klimagassutslipp fra trapper og balkonger stå for en neglisjerbar andel av totale utslipp (ca. 1%). Bygningsdel 28 kan derfor utelates fra krav til klimagassberegninger for materialbruk i TEK.

Materialbruk knyttet til bygningsdel 21 Grunn og fundamenter vil variere mye med grunnforholdene der bygget oppføres. For klimagassutslipp for denne bygningsdelen er derfor svært vanskelig å etablere referansenivåer.

Energiberegninger som skal dokumentere overensstemmelse med energikrav i TEK skal gjøres med forutsetning om «Oslo-klima». Analogt til dette kan man legge til grunn at man i krav til klimagassutslipp fra materialer forutsetter «enkle grunnforhold» (fjell/hard morene), slik at variasjoner i grunnforhold ikke påvirker muligheten til å nå kravet til nNEB-nivå. Det fører til at tiltak for å redusere klimagassutslipp fra materialbruk konsentreres om selve bygningen og som er av mer universell karakter.

Behov for kjeller varierer mye på tvers av bygningskategorier, og materialbruk i kjeller vil også i stor grad påvirkes av grunnforhold og terreng. Hvis kjeller skal medregnes må også det standardiseres for

hver bygningskategori, f.eks. med en kjelleretasje under bakken og normal etasjehøyde. Da ser man bort fra skrånende terreng, vanskelig grunnforhold, osv. Erfaring viser imidlertid at det er så store variasjoner om kjeller bygges, hvordan de utformes og hva de anvendes til at det anbefales å holde kjeller utenfor beregningsgrunnlaget.

Samlet anbefales det dermed at et krav til klimagassberegninger for materialbruk i TEK avgrenses til å omfatte bygningskroppen over bakken, dvs. ekskludert kjeller og bygningsdel 21 Grunn og fundamentering. Materialbruk som inngår i gulv på grunn (bunnplate, isolasjon) skal medregnes og inngår i bygningsdel 25 Dekker, iht. Bygningsdelstabellen.

10.1.1.1 Energiproduserende enheter

Drevet frem av forsknings- og pilotprogram og prosjekter i regi av FME ZEB, FutureBuilt og Powerhousealliansen, har det blitt vanligere å installere lokal fornybar energiproduksjon i byggeprosjekter med høye miljøambisjoner. NS3720 spesifiserer at materialer som inngår i lokalt energiproduksjonsutstyr skal inngå i alle beregninger (de 4 forhåndsdefinerte som angir helhetlig klimagassberegning).

Spesielt har man sett at materialbruk i PV-paneler kan ha stor betydning for klimagassutslipp fra materialbruk, som eksemplifisert i klimagassregnskap for prosjektet Powerhouse Telemark, vist i post 49 i Tabell 10-3:

Tabell 10-3 Bidrag til klimagassutslipp, per bygningsdel, for Powerhouse Telemark, forprosjekt

Bygningsdel	Bidrag til totale klimagassutslipp
21 Grunn og fundamenter	7 %
22 Bæresystemer	9 %
23 Yttervegger	5 %
24 Innervegger	9 %
25 Dekker	24 %
26 Yttertak	6 %
28 Trapper, balkonger m.m.	1 %
33 Brannslukningsanlegg	0 %
36 Luftbehandling	13 %
43 Lavspent forsyning	6 %
49 Andre elkraftinstallasjoner	17 %
62 Person- og varetransport	2 %
SUM	100 %

I den foreslåtte modellstrukturen for energikrav i ny TEK er lokal fornybar energiproduksjon et av tiltakene som kan benyttes for å nå nNEB-nivå. Når energiproduserende enheter i tillegg kan ha stor innvirkning på klimagassutslipp, er dette et argument for at krav i TEK bør innrettes slik at den fulle klimakonsekvensen av lokal energiproduksjon synliggjøres.

En mulighet kan være å skille ut materialbruk i energiproduserende enheter som en egen post i rammekravnivå for klimagassutslipp fra materialbruk. Et slikt krav ville imidlertid vært svært utfordrende å utforme, ettersom det finnes svært lite produsentspesifikk dokumentasjon av klimagassutslipp for PV-paneler. Det er ingen EPD i databasen til EPD-Norge for PV-moduler²¹.

²¹ Det eksisterer en EPD for EPD for elektrisitet produsert med PV for et PV-anlegg i Chile, men denne er basert på PCR for produksjon av strøm, damp og kaldt/varmt vann, og kan derfor ikke benyttes som dokumentasjon på klimapåvirkning fra PV som et bygningsprodukt.

Som nevnt over, finnes det også lite dokumentasjon av klimagassutslipp fra produksjon av andre typer lokalt energiproduksjonsutstyr. Det er dessuten flere materialtyper som påvirker byggets energibruk (for eksempel vinduer og isolasjon), som man ikke belyser den totale klimakonsekvensen av med en modellinnretning som stiller adskilte krav til energibruk og klimagassutslipp. Å behandle PV spesielt i denne sammenhengen ville således kunne betraktes som en forskjellsbehandling.

Ettersom bygningsintegrerte PV-paneler oppfyller flere funksjoner i bygget, kan de formelt sett regnes inn som en del av hovedpost 2. Imidlertid vil PV-paneler i mange tilfeller medføre høyere klimagassutslipp enn tilsvarende fasade- eller takplater. Dersom krav til klimagassutslipp fra materialbruk i TEK avgrenses til å omfatte hovedpost 2, uten videre spesifisering, kan dette dermed gi et incentiv for å ikke benytte bygningsintegrert PV, men i stedet velge PV-løsninger som ikke oppfyller noen bygningsteknisk funksjon og som dermed i praksis vil gi et høyere utslipp enn bygningsintegrert. Alternativt vil man ikke velge PV i det hele tatt og dermed heller ikke oppnå redusert behov for levert energi.

På grunn av disse vanskelighetene og manglende datatilfang anbefales det per i dag at krav til klimagassberegninger for materialbruk i TEK bør avvike fra NS3720 å ekskludere energiproduserende enheter.

Det må også gjelde der disse oppfyller bygningsfunksjoner som inngår i hovedpost 2, slik at man unngår å straffe valg av bygningsintegrert PV. Der det velges bygningsintegrerte PV-løsninger skal utslippet fra denne bygningsdelen beregnes med standard materialvalg fra referansemodellen. For eksempel vil et kontorbygg der PV-paneler utgjør 10% av utvendig kledning, og de resterende 90% av kledningen er aluminiumsplater, regne utslipp fra aluminiumsplatene iht. EPD-verdi, og utslipp per m² PV iht. en generisk verdi som representerer standard materialvalg for fasadeplater, angitt i TEK.

10.1.2 Skaleringseffekt

Anbefalinger for nNEB-nivå for klimagassutslipp fra materialbruk bygger på estimert materialbruk for modellbyggene, som har en definert bygningsgeometri (se Vedlegg 1). I virkeligheten påvirkes materialbruk av bygningsstørrelse – for eksempel øker materialbruk i bæresystem med økende bygningshøyde. Dette kan være et argument for at rammenivå for at klimagassutslipp fra materialer burde justeres med en skaleringsfaktor som tar hensyn til bygningsareal og antall etasjer. I verktøyet One Click LCA er det benyttet slike skaleringsfaktorer.

Imidlertid viser en sammenlikning i One Click LCA av et kontorbygg på 5072 m² BTA med et tilsvarende kontorbygg 13500 m² BTA at forskjellen i beregnede klimagassutslipp kun er 0.28 kg CO₂e/m²/år. Forskjellen i beregnede utslipp er dermed så liten at den ligger innenfor usikkerhetsmarginen som kan forventes for denne typen beregninger, og det vil være tilstrekkelig å legge modellbyggene med fast geometri til grunn, dvs. de som er benyttet. Det vil dessuten være en fordel å unngå bruk av skaleringsfaktorer som vil komplisere beregnings- og dokumentasjonsprosessen for å tilfredsstille et eventuelt krav i TEK.

Det anbefales ikke å benytte skaleringsfaktorer i krav til nNEB-nivå for klimagassutslipp for materialbruk i TEK.

10.1.3 Nøktern bygningsutforming

Modellbyggene er definert som enkle, skoeskeformede bygg. At krav til klimagassutslipp tar utgangspunkt i en slik nøktern bygningsutforming medfører at det vil være mer utfordrende å nå nNEB-nivå for bygninger med komplisert geometrisk form som krever økte materialmengder og spesifikke materialtyper for å kunne bygges.

Det kan argumenteres for at TEK burde gi incentiver for å bygge mest mulig nøkternt, spesielt dersom TEK skal bidra til å redusere klimagassutslipp fra materialbruk i nye bygg. Et nøkternt utgangspunkt for nNEB-nivå gir dessuten et incentiv for å unngå overdimensjonering, noe som har vært og er

relativt utbredt i byggebransjen. Det vurderes derfor som hensiktsmessig at nNEB-nivå for materialbruk er basert på en enkel og nøktern bygningskropp, slik at dette er premissgivende for prosjekter som skal bruke utslippsreduksjon for materialbruk for å nå nNEB-nivå.

10.2 Systemgrenser i tid

Livsløpet for en bygning inndeles i moduler som følger:

Modul A

Produkt-stadiet

- A1 Råvarer
- A2 Transport
- A3 Produksjon

Gjennomføringsstadiet

- A4 Transport
- A5 Anlegg-, bygge- og monteringsarbeid

Modul B

Bruksstadiet

- B1 Bruk
- B2 Vedlikehold
- B3 Reparasjon
- B4 Utskiftning
- B5 Ombygging
- B6 Energibruk i drift
- B7 – Vannforbruk i drift (omfattes ikke av NS 3720)
- B8 – Transport i drift (ny modul sammenliknet med NS-EN 15978)

Modul C

Livsløpets slutt-stadiet

- C1 Riving
- C2 Transport
- C3 Avfallsbehandling
- C4 Avhending

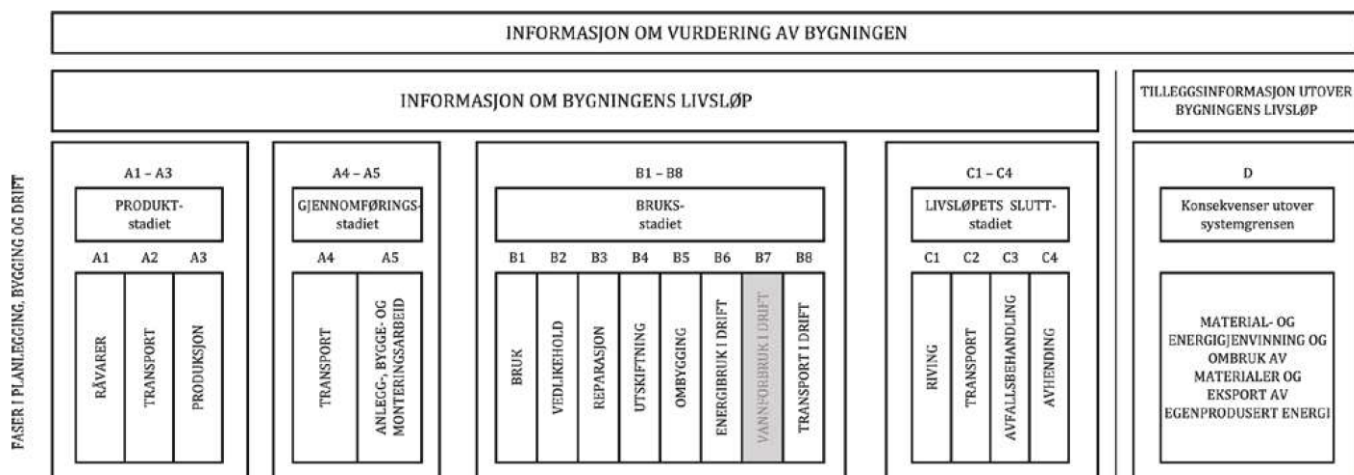
Tilleggsinformasjon utover bygningens livsløp - Modul D

Konsekvenser utover systemgrensen

Material- og energigjenvinning og ombruk av materialer og eksport av egenprodusert energi

Inndelingen, slik den er gitt i NS 3720, er vist i Tabell 10-4:

Tabell 10-4 Livsløpet for en bygning, som definert i NS 3720



10.2.1 Levetid

NS 3720 spesifiserer ikke hvilken levetid som skal legges til grunn i klimagassberegninger, men angir at «klimagassberegningen skal gjennomføres på grunnlag av påkrevd levetid gitt i byggherrens spesifisering. (...) Dersom byggherren ikke oppgir påkrevd levetid, skal klimagassberegningen benytte 60 års levetid for bygningen.» For å kunne angi et rammenivå i TEK som tar hensyn til klimagassutslipp over livsløpet, er det nødvendig å legge til grunn en fast levetid som grunnlag for sammenlikning.

Det anbefales at 60 års levetid benyttes, ettersom dette er anbefalt i NS3720 og er etablert praksis i bransjen.

10.2.2 Transport til byggeplass, A4

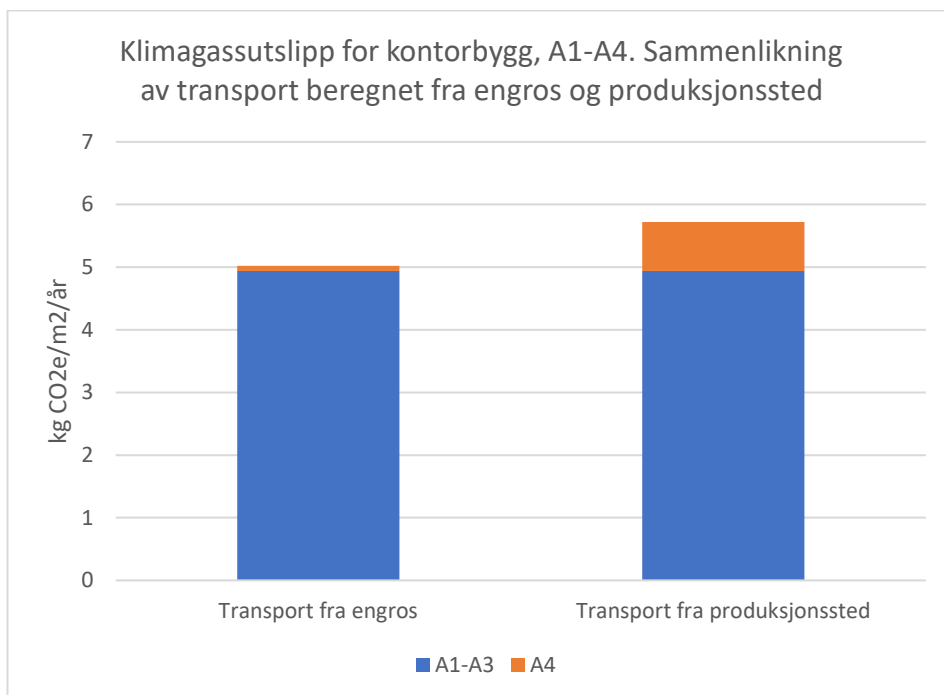
Etter ønske fra DiBK, angis anbefalte nivåer for klimagassutslipp for referansebygg og nNEB i denne utredningen inkludert og ekskludert utslipp fra transport av materialer til byggeplass (A4).

Transport til byggeplass utgjør en viktig del av det totale utslippsbildet for byggematerialer, og bør medregnes for å få et helhetlig bilde av materialenes klimapåvirkning. Iht. NS3720 skal utslipp i A4 medregnes. Transport av materialer som skiftes ut i B4/B5 må også inkluderes dersom A4 regnes med. DiBK har

Transport av materialer til byggeplass (A4 og B4/B5) kan i hovedsak regnes på to måter:

- Fra sentrallager/engros til byggeplass
- Fra produksjonssted/fabrikkport til byggeplass

Verktøyet One Click LCA benytter transportdistanse fra engros til byggeplass som grunnlag for beregning av utslipp i A4. Dette medfører at transport av importerte byggevarer med lange transportavstander underestimeres, sammenliknet med lokale varer. En sammenlikning av utslipp fra A1-A4 basert på mengder for modellbygg i OneClick LCA, med utslipp fra transport som beregnet i verktøyet (fra engros), og med transport regnet iht. gjennomsnittlig produksjonssted for byggevarer er vist i Figur 10-1



Figur 10-1 Sammenlikning av beregnede klimagassutslipp fra materialbruk A1-A4 for kontor, med transport regnet fra engros og fra produksjonssted

Dersom transport regnes fra engros, utgjør transportutslipp 2 % av utslippene i A1-A4. Dersom hele transporten fra produksjonssted legges til grunn, øker andelen til 14 %.

Beregning av transportdistanser fra produksjonssted kan være en kompliserende faktor når klimagassberegninger skal utføres. Derfor anbefales det å definere regneregler for hvordan transport av materialer til byggeplass skal medregnes ved dokumentasjon av klimagassutslipp fra materialbruk i TEK. Dette ansees som et første trinn mot mer nyansert beregning når man etter hvert får opparbeidet erfaring og bedre kompetanse i bransjen. Det vil være stor variasjon i transportdistanser knyttet til byggeprosjektets plassering i landet. Imidlertid vil transportdistanser definert ut fra forutsetning om «sentral plassering på Østlandet» være analogt til forutsetningen om «Oslo-klima» i beregningene for dokumentasjon av energikravet i TEK.

Det anbefales at utslipp fra transport av materialer til byggeplass i A4 og B4/B5 regnes iht. forhåndsdefinerte standard distanser, basert på produksjonsland:

- Lokalt: 50 km (lastebil)
- Norge/Norden: 500 km (lastebil)
- Europa: 2 000 km (lastebil)
- Utenfor Europa: 20 000 km skip + 700 km lastebil

Utslipp per tonnkm (tkm) byggevare transportert kan eventuelt også forhåndsdefineres, slik at utslipp fra A4 regnes med en gitt utslippsfaktor (kg CO2e/tkm), avhengig av opprinnelsesland. Utslippsfaktorer som er benyttet for å regne utslipp fra transport i denne utredningen er gitt i Tabell 10-5:

Tabell 10-5 Utslippsfaktorer for transport av materialer

Transportmiddel	Utslippsfaktor (kg CO2e/tkm)	Kilde
Lastebil	0.166	ecoinvent v3.2, lorry 16-32 t, RER, Euro 5
Båt	0.00595	ecoinvent v3.2, transoceanic tanker, GLO

Opprinnelsesland for byggevarer kan dokumenteres med EPD på samme måte som utslippstall.

10.2.3 Byggefase, A5

Utslipp fra aktiviteter i byggefasen (A5) har hittil ikke vært vanlig å medregne i klimagassberegninger for materialbruk, på grunn av utilstrekkelig tallgrunnlag for energibruk og utslipp fra ulike aktiviteter. Ettersom NS3720 stiller krav til at aktiviteter i A5 skal medregnes for alle 4 forhåndsdefinerte omfang for helhetlige klimagassberegninger (se Tabell 10-1), forventes det at dette vil bli mer utbredt fremover.

Det anbefales imidlertid at klimagassutslipp fra A5 ikke inkluderes i krav til klimagassutslipp fra materialbruk i TEK på nåværende tidspunkt.

10.2.4 Bruksfase, B1-B5

Det anbefales at utskifting av byggematerialer i byggets levetid medregnes, ettersom utslipp i denne fasen knytter seg direkte til valgte materialer og løsninger og teknisk levetid.

Det kan være utfordrende å skille hvilke aktiviteter som inngår under B4 og B5, og det anbefales at disse modulene regnes samlet. Det er gjort i våre beregninger av referanse- og nNEB-nivåer.

Transport av materialer som skiftes ut i levetiden skal medregnes, se kapittel 10.2.2.

10.2.5 Avhendingsfase, C1-C4

Iht. NS 3720 skal utslipp fra avhending av materialer etter endt levetid medregnes i klimagassberegninger for bygninger. Imidlertid er det relativt utfordrende å kvantifisere utslipp for modul C, som følge av at det er knyttet stor usikkerhet til hvordan ulike materialer vil avhendes i fremtiden. I tillegg indikerer erfaringstall at utslipp i avhendingsfasen står for en relativt liten andel av totale utslipp over livsløpet, slik at beregninger ekskludert modul C likevel vil gi en god representasjon av totale utslipp.

Det anbefales av hensyn til gjennomførbarhet, å utelate modul C i krav til klimagassberegninger for materialbruk i TEK.

10.2.6 Gevinster etter livsløpets slutt, D

Dersom gevinster i form av reduserte utslipp etter livsløpets slutt (for eksempel som følge av gjenbruk av byggematerialer etter riving) medregnes, angir NS3720 at dette skal rapporteres separat.

Det anbefales at krav til klimagassutslipp fra materialbruk i TEK ikke omfatter modul D.

10.3 Funksjonell enhet for rammekrav

Den mest utbredte måten å presentere resultater for klimagassutslipp for bygninger på, er relativt til byggets areal og forventede levetid. NS 3720 anbefaler at bruttoareal (BTA) skal legges til grunn ved presentasjon av resultater med areal som referanseenheter.

For å følge etablert praksis, samt gi et rettferdig sammenlikningsgrunnlag som tar hensyn til byggets livsløp, anbefales det at krav til klimagassutslipp fra materialbruk regnes per år og per m² totalt bruttoareal BTA ((kg CO₂e/år)/m²).

Dette vil være viktig å poengtere tydelig, ettersom energikrav forholder seg til ramme per oppvarmet BRA.

10.4 Utslippsfaktorer

I dette delkapitlet drøftes innvirkning av valg av utslippsfaktorer for de materialgruppene der dette kan forventes å ha vesentlig betydning for totale klimagassutslipp, og der det er grunnlag for å definere generelle nivåer som kan legges til grunn for standard referansenivå og nNEB-nivå. Dette omfatter betong, stålprodukter og isolasjon.

Benchmark-funksjonen for EPD'er i One Click LCA er benyttet i vurderingen av utslippsnivå for enkeltmaterialer.

10.4.1 Betong

For utslippsfaktorer for produksjon av betong bør verdier fra Norsk Betongforenings Publikasjon 37 legges til grunn. Denne er p.t. under revisjon, og ny versjon er ventet høsten 2019.

I revidert NB37 vil trolig bransjereferansen endres til å tilsvare lavkarbonklasse C. Lavkarbonklasse C er derfor lagt til grunn for beregning av referansenivå i denne utredningen. Det er ellers forventet at utslippsnivå for de definerte lavkarbonklassene (A, B og C) vil justeres noe fra forrige versjon, men svært lite. Justeringene i revidert NB37 kan dermed forventes å gi lite utslag på totale beregnede utslipp for et bygg. Dersom endringene mot formodning likevel skulle bli større etter høringsperioden for NB37, bør man vurdere å justere rammene for klimagassutslipp for materialbruk iht. dette.

Det kan være praktiske utfordringer knyttet til å få levert lavkarbonklasse A i enkelte landsdeler, men ettersom krav til klimagassberegninger for materialbruk vil være valgfritt med den foreslåtte modellinnretningen, og at nNEB-nivå bør være en driver for endring, legges lavkarbonklasse A til grunn for plasstøpt betong.

For betongelementer er det foreløpig mindre utbredt å bruke lavkarbonklasse A og B, som følge av hensyn til produksjonstid (lavkarbonbetong kan ha noe lengre herdetid enn standard betong). Lavkarbonklasse C er lagt til grunn for betongelementer i beregning av referansenivå. For nNEB-nivå er det lagt til grunn lavkarbonklasse B i betongelementer. Betongelementer omfatter her også plasstøpte hulldekker.

Potensialet for utslippsreduksjon ved valg av lavkarbonbetong er vurdert i kapittel 11.1.

10.4.2 Stålprodukter

10.4.2.1 Armeringsstål

Ifølge EPD fra Celsa SteelService²² har norskprodusert armeringsstål et utslipp fra produksjonsfasen på 0.36 kg CO₂e/kg stål (99% resirkulert andel). Imidlertid er det ikke rimelig å forutsette at norsk produksjon er tilstrekkelig til å dekke samtlige nye byggeprosjekter. One Click LCA legger til grunn en verdi på ca. 0.6 kg CO₂e/kg stål for standard referansebygg. Dette er valgt på bakgrunn av benchmarkberegning for det norske markedet hentet fra One Click LCA, gjennomsnitt av i utvalget av EPDer med 90 % resirkulert andel (se Vedlegg 3 for detaljert oversikt).

Denne verdien legges derfor til grunn for beregning av referansenivå. For nNEB-nivå legges det til grunn en verdi på 0.5 kg CO₂e/kg armering.

For hulldekker legges det til grunn at det benyttes standard spennarmering i både beregning av referansenivå og nNEB-nivå.

²² https://www.epd-norge.no/getfile.php/138647-1519641284/EPDer/Byggevarer/St%C3%A5lkonstruksjoner/NEPD-434-305-EN_Steel-reinforcement-products-for-concrete_1.pdf

10.4.2.2 Konstruksjonsstål

Utslippsfaktor for stålprodukter er sterkt avhengig av innholdet av skrapstål. For konstruksjonsstålprodukter varierer andelen skrapstål med produkttype. Hulprofiler har typisk lavere andel skrapstål enn valseprofiler.

For hulprofiler legges det til grunn en utslippsverdi på 3.6 kg CO₂e/kg stål for referansenivå, og 3.0 kg CO₂e/kg stål for nNEB-nivå. Dette er valgt på bakgrunn av benchmarkberegning for det norske markedet hentet fra One Click LCA, gjennomsnitt av i utvalget av EPDer (se Vedlegg 3 for detaljert oversikt). Tilsvarende er gjort for valseprofiler. Her er utslippsverdi på 2.1 kg CO₂e/kg stål for referansenivå, og 1.5 kg CO₂e/kg stål for nNEB-nivå.

10.5 Isolasjon

Utslippsfaktorer for isolasjonsprodukter varierer med trykkfasthet, tetthet og isoleringsevne. Dette er igjen avhengig av bruksområde. Det skiller kun på utslippsfaktor for varmeisolasjon i vegg (bindingsverk) mellom modellbyggene.

EPD for Glava ligger på 0,5-0,7 kg CO₂e/m² R=1 og Rockwool rett over 1 kg CO₂e/m² R=1. Disse to produsentene dominerer det norske markedet. Hunton med sin trefiberisolasjon Nativo har foreløpig ikke EPD, men estimerer angir at verdiene her ligger lavere enn Glava.

For isolasjon i vegg (forutsatt ingen krav til trykkfasthet) legges det til grunn en utslippsverdi på 1.5 kg CO₂e/m² R=1, for referansenivå, og 1 kg CO₂e/m² R=1 for nNEB-nivå. Begrunnelsen for dette er at "best practice" i Norden ble i 2016 angitt²³ til 1,5 kg CO₂e/m² R=1.

²³ GBA og Byggevarindustrien, mfl. Nordic guide to sustainable materials WP 2: The criteria Author: Trine D. Pettersen, Construction Products Norway Reference group: NGBC, SGBC, GBCF and IGBC, January 2016.

11 POTENSIALE FOR REDUKSJON AV KLIMAGASSUTSLIPP FRA MATERIALBRUK

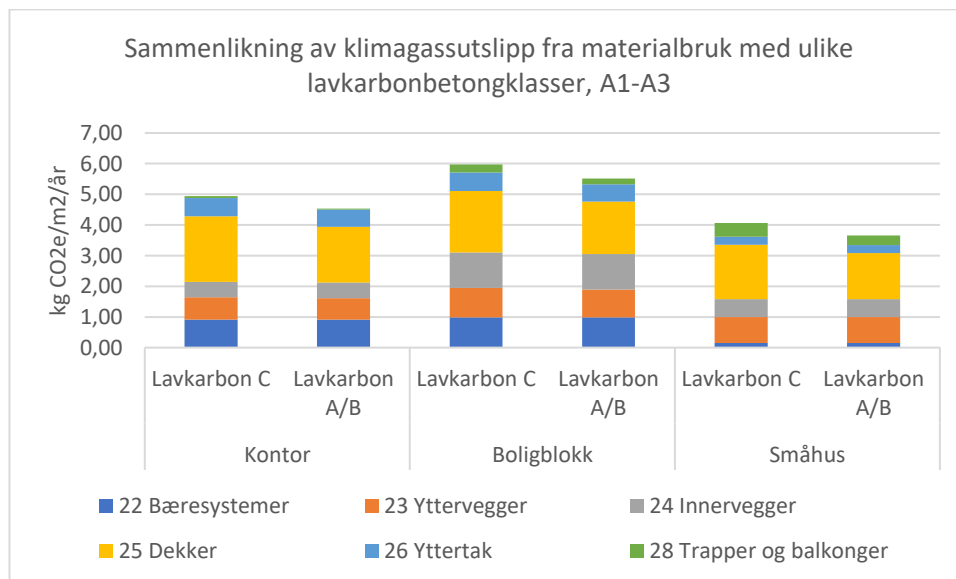
Vurdering av potensiale for reduksjon av klimagassutslipp fra materialbruk er i gjort på grunnlag av scenariovurderinger for modellbyggene, ved bruk av OneClick LCA og ByggLCA. Scenariovurderingene tar utgangspunkt i mengdene beregnet med de respektive modellene. Det er ikke gjort scenarioberegninger som vurderer potensiale for utslippsreduksjon som følge av mengdeoptimalisering, ettersom dette ikke var mulig å gjennomføre innenfor tids- og kostnadsrammene for oppdraget. Ettersom bygningsmodellene allerede er svært nøkternt utformet, vurderes ikke dette som noen stor svakhet ved utredningen, men det anbefales at det gjennomføres en grundigere vurdering av denne forutsetningen i forbindelse med videre detaljering av kravutforming.

11.1 Material- og løsningsvalg

11.1.1 Lavkarbonbetong

Potensiale for utslippsreduksjon er basert på forutsetninger om utslippsfaktorer for betong for referanse- og nNEB-nivå som beskrevet i kapittel 10.4.1.

Figur 11-1 viser beregnede klimagassutslipp (A1-A3) for modellbygg med standard materialvalg ved bruk av lavkarbonklasse C for all betong, sammenliknet med hhv. lavkarbonklasse A/B for hhv. plasstøpt og prefab:



Figur 11-1 Sammenlikning av klimagassutslipp for materialbruk (A1-A3) i kontorbygg (3800 m²) ved bruk av lavkarbonbetong, klasse B/C og A/B

Samlet utslippsreduksjon for materialbruk ved bruk av lavkarbonbetong, klasse A/B er 0.4 kg CO₂e/m²/år for kontorbygg og småhus og 0.46 kg CO₂e/m²/år for boligblokk. Dette tilsvarer en utslippsreduksjon på 8% for kontor og boligblokk, og 10% for småhus.

11.1.2 Tre

For å vurdere det overordnede potensialet for å redusere utslipp fra materialer ved å bruke tre, er trebygg-funksjonen i OneClick LCA benyttet for modellbyggene. Ettersom OneClick LCA forutsetter lik utvendig kledning og innerveggoppbygning for standardbygg og trebygg, er trebyggene justert til å ha utvendig kledning i tre og kun bindingsverksvegg med trestender i innervegger, for å vurdere det

fulle potensialet ved trebruk. I tillegg er plasstøpt betong forutsatt å tilsvare lavkarbonklasse C (OneClick legger til grunn lavkarbonklasse B som standard). Materialbruk i standardbyg og trebygg er gjengitt i Tabell 11-1 (bygningselementer som ikke er beskrevet er forutsatt å være like i begge tilfeller):

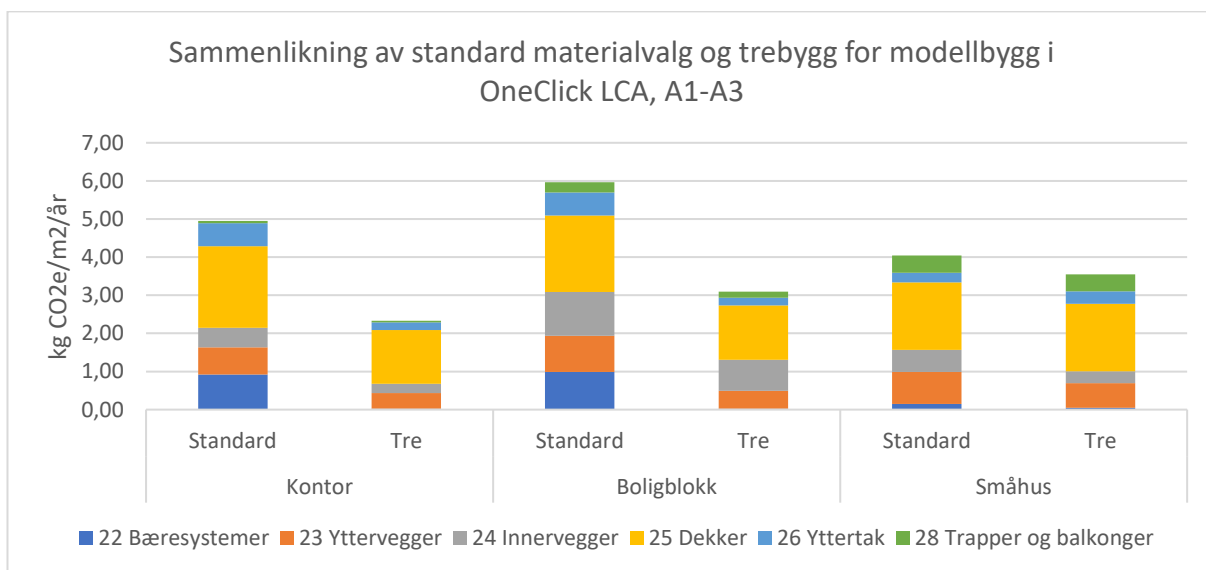
Tabell 11-1 Forskjeller i materialbruk mellom standard referansebyggetform og trebygg i OneClick LCA med tilleggsjusteringer

KONTORBYGG		
Bygningsdel	Standard materialbruk, OneClick LCA	Trebygg OneClick LCA + trekledning og bindingsverk i innervegg
Bæresystem	80% stålsøyler hulprofil 20% betongsøyler 100% stålbjelker	100% limtresøyler 100% bjelker i konstruksjonsvirke
Yttervegger	70% bindingsverkveggsystem m/ glassull og trestender 20% betongvegg 10% murt lettklinkerblokk <u>Kledning</u> 70% sement fasadeplate 30% murstein med mørtel	100% bindingsverksveggsystem m/ glassull og trestender <u>Kledning</u> 100% trekledning
Innervegger	60% bindingsverk m/ glassull og stålstender 15% betongvegg 20% glassvegg med treramme 5% innvendig dør	75% bindingsverk m/ glassull og trestender 20% glassvegg med treramme 5% innvendig dør
Dekker	100% hulldekker <u>Himling</u> 50% gipsplater 50% nedsenket himling glassull	100% trebjelkelag med glassull <u>Himling</u> 50% gipsplater 50% nedsenket himling glassull
Yttertak	Hulldekker, EPS	Tretak med glassull
Trapper og balkonger	Balkonger og verandaer i betong	Betongtrapp, Balkonger og verandaer i tre

BOLIGBLOKK		
Bygningsdel	Standard materialbruk	Trebygg
Bæresystem	100% stålsøyler hulprofil 100% stålbjelker	100% limtresøyler 100% bjelker i konstruksjonsvirke
Yttervegger	70% bindingsverkveggsystem m/ glassull og trestender 20% betongvegg 10% murt lettklinkerblokk <u>Kledning</u> 70% trekledning 30% murstein med mørtel	100% bindingsverkveggsystem m/ glassull og trestender <u>Kledning</u> 100% trekledning
Innervegger	55% bindingsverk m/ glassull og stålstender 20% betongvegg 8% lecablokkvegg 17% innvendig dør	83% bindingsverk m/ glassull og trestender 17% innvendig dør
Dekker	80% hulldekker 20% trebjelkelag med glassull <u>Himling</u> 100% gipsplater	100% trebjelkelag med glassull <u>Himling</u> 100% gipsplater
Yttertak	Hulldekker, EPS, asfalttekkning	Tretak med glassull
Trapper og balkonger	Trapper og balkonger i betong	Betongtrapp, balkong i tre

SMÅHUS		
Bygningsdel	Standard materialbruk	Trebygg
Bæresystem	100% limtresøyler 90% bjelker i konstruksjonsvirke 10% stålbjelker	100% limtresøyler 100% bjelker i konstruksjonsvirke
Yttervegger	80% bindingsverk m/ glassull og trestender 20% murt lettklinkerblokk <u>Kledning</u> 100% trekledning	100% bindingsverk m/ glassull og trestender <u>Kledning</u> 100% trekledning
Innervegger	60% bindingsverk m/ glassull og stålstender 30% lecablokkvegg 10% innvendig dør	90% bindingsverk m/ glassull og trestender 10% innvendig dør
Dekker	100% trebjelkelag med glassull <u>Himling</u> 100% gipsplater	100% trebjelkelag med glassull <u>Himling</u> 100% gipsplater
Trapper og balkonger	Betongtrapp, balkong i tre	Betongtrapp, balkong i tre

Resulterende klimagassutslipp for produktfasen (A1-A3) for modellbyggene er vist i Figur 11-2:

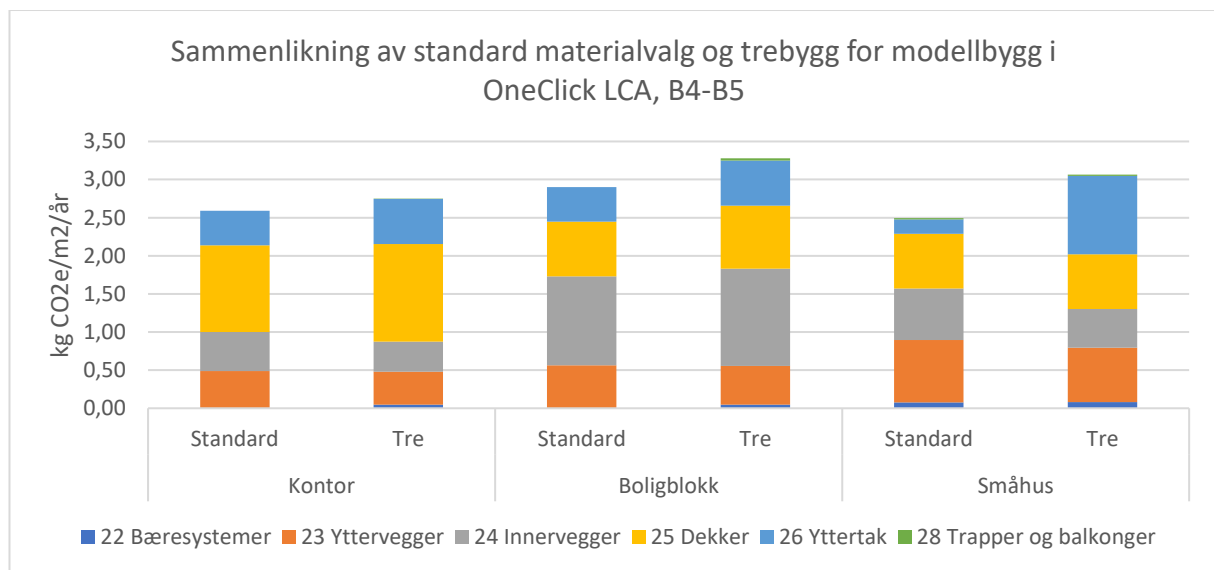


Figur 11-2 Sammenlikning av klimagassutslipp for modellbygg med standard materialbruk og tre, A1-A3

Sammenlikningen indikerer at reduksjonspotensialet ved bruk av tre er størst for kontorbygg. Bruk av tre i bæresystem, yttervegger, dekker og yttertak reduserer klimagassutslipp fra materialbruk med 53 % for modellbygget for kontor i A1-A3. For boligblokk er reduksjonen ved bruk av tre noe mindre – 48 %. For småhus er reduksjonspotensialet kun 12 %. Dette skyldes at det i stor grad er standard praksis å bruke mye tre i småhus. Forskjellene mellom trebygget versus standardbygget er noe mer trebjelker (100 % vs. 90 %), bindingsverk i yttervegger (100 % vs. 80 %) og innervegger (90 % vs. 60 %) og tretrapp i stedet for betongtrapp innvendig.

For trealternativene ligger utslipp per m² og år høyere for boligblokk enn for småhus. Dette skyldes høyere materialeffektivitet per areal for boligblokk enn for småhus, og at materialbruk for trealternativene er forutsatt å være relativt lik for begge bygningstyper.

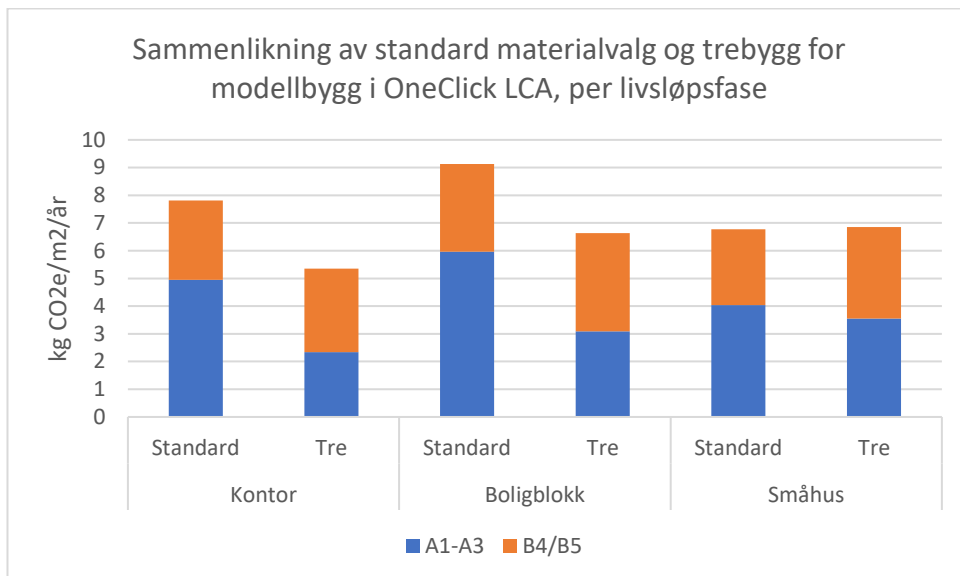
Selv om bruk av tre reduserer utslipp i A1-A3, økes utslippene noe i utskiftingsfasen (B4/B5). Klimagassutslipp i utskiftingsfasen for modellbyggene er vist i Figur 11-3:



Figur 11-3 Sammenlikning av klimagassutslipp for modellbygg med standard materialbruk og tre, B4/B5

Utslippene i utskiftingsfasen øker med hhv. 6 %, 13 % og 23 % for kontor, boligblokk og småhus. Dette skyldes økt bruk av gips som følge av høyere andel bindingsverksvegger, sammenliknet med betong- og lecavegger. Fordi gips forutsettes å ha kortere levetid enn betong/leca, øker utslipp i utskiftingsfasen. Det er knyttet relativt stor usikkerhet til denne forutsetningen, ettersom tekniske materiallevetider og faktiske utskiftingsfrekvenser varierer mye, og spesielt mye for gipsplater. Det har imidlertid ikke vært anledning til å undersøke dette nærmere innenfor rammene av dette oppdraget, men det bør undersøkes i videre arbeid med kravnivå, for å vurdere om det er mulig å gjøre andre materialvalg som ikke fører til økte utslipp i B4-B5.

Når både produksjon og utskifting av materialer over 60 år sees samlet, blir utslippsreduksjonen ved bruk av tre derfor mindre enn for A1-A3 alene. Dette er illustrert i Figur 11-4:



Figur 11-4 Sammenlikning av klimagassutslipp for modellbygg med standard materialbruk og tre, A1-A3 + B4/B5

Samlet utslippsreduksjon for bruk av tre i kontorbygg og boligblokk er rundt 30 % (30 % for kontor, 28 % for boligblokk), mens totale utslipp faktisk øker marginalt (1 %) for småhus. Dette er igjen knyttet til økt bruk av gips i trealternativet, og forutsetninger om kort levetid for gipsplater. Som nevnt over, er dette en usikkerhet i modellen. Det er ikke gitt at økt bruk av tre i småhus vil måtte føre til økt gipsbruk. Det kan derfor forventes at utslipp fra utskiftingsfasen for småhus overestimeres noe med denne beregningsmodellen.

11.1.3 Metallprodukter med resirkulert innhold

Klimapåvirkning fra produksjon av stål- og aluminiumsprodukter er sterkt avhengig av andelen skrapmetall som benyttes i produksjonen. Dette er et argument for å etterspørre metallprodukter med så høy resirkulert andel som mulig. Imidlertid er det ikke alle produkttyper som kan leveres med høy skrapandel. Det er noe usikkerhet knyttet til hvordan det å etterspørre produkter med høy skrapandel påvirker tilgjengeligheten på skrapmetall globalt. For at det skal være et godt miljøtiltak å bruke resirkulerte metallprodukter, er det en forutsetning at dette fører til en høyere utnyttelse av skrapmetall i det globale produksystemet. Bruk av metallprodukter med høyere andel resirkulert innhold er derfor ikke lagt til grunn for å vurdere potensialer for utslippsreduksjon, utover det som er beskrevet under forutsetninger for utslippsfaktorer, se kapittel 10.4.2.

11.1.4 Bæresystem

En sammenlikning av materialbruk i modellbygg for kontor med OneClick LCA Carbon Designer og tilsvarende bygningsmodell i ByggLCA, basert på grunnlagsdata fra ISY Calcus (basert på tall fra Bygganalyse) i kombinasjon med Asplan Viaks erfaringstall indikerer at konsept for bæresystem i bygget har stor innvirkning på materialbruk og klimagassutslipp.

Bygningsmodellen i Carbon Designer forutsetter at alle yttervegger er bærende, slik at det er mindre behov for bærende søyler. I ISY Calcus forutsettes det derimot at yttervegger ikke har bærende funksjon, og at behovet for bærende søyler derfor er større. Ettersom dette kun er et isolert funn, gir det ikke grunnlag for å si noe generelt om potensiale for å minimere utslipp knyttet til valg av bærekonsept i bygg, men indikerer at dette er noe som burde undersøkes nærmere. Det bør også vurderes hvordan bruk av tre i bæresystemet eventuelt påvirker det totale bærekonseptet. Generelt understøtter dette funnet prinsippet om at bygningskroppen må vurderes som en helhet når man vurderer klimagassutslipp fra materialbruk, fordi løsningsvalg i de ulike bygningsdelene påvirker hverandre gjensidig.

11.2 Erfaringstall for reduksjonspotensiale

Erfaringstall for klimagassutslipp fra materialbruk er i hovedsak hentet fra Asplan Viaks prosjekter i perioden 2014-2019. Kun prosjekter der det er foretatt sammenlikning mot et standard referansebygg er inkludert. Hvilke beregningsverktøy som har vært brukt og systemgrenser som er lagt til grunn varierer noe mellom de ulike prosjektene. I tillegg er det variasjon knyttet til når i prosjektet beregningene er utført. Det har ikke vært mulig å gjøre en korrigering av verdier for disse ulikhetene innenfor rammen i dette oppdraget. Erfaringsgrunnlaget omfatter totalt 15 prosjekter, hvorav 4 kontorbygg, 6 skole-/universitetsbygg, 2 kulturbygg, 1 rekkehus, 1 enebolig og 1 sykehjem.

En oversikt over prosjektene som er lagt til grunn, inkludert systemgrenser og oppnådd utslippsreduksjon sammenliknet med referansebygg er gitt i

Tabell 11-2. Merk også at det varierer hvorvidt areal er gitt som bruttoareal (BTA) eller bruksareal (BRA), ettersom dette har noe betydning for størrelsesorden på erfaringstall, ettersom klimagassutslipp er angitt per areal og år.

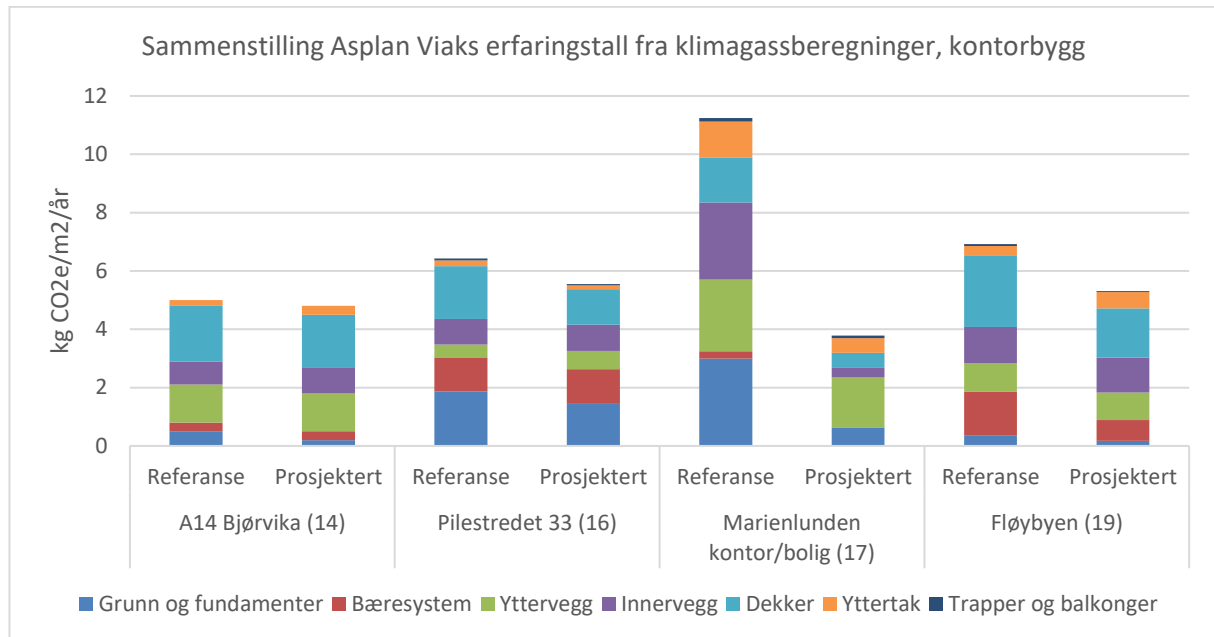
Utslipp fra materialbruk i grunn og fundamenter er medregnet, ettersom det tidligere har vært vanlig å regne gulv på grunn inn under bygningsdel 21.

Tabell 11-2 Prosjekter som utgjør erfaringsgrunnlag for klimagassutslipp fra materialbruk

Prosjekt	Bygningstype	Størrelse	År	Livsløpsfaser medregnet	Reduksjon, sammenliknet med standard referansebygg
Masteroppgave O. Dahlstrøm	Enebolig	187 m ² BTA	2013	A1-C4	17 %
Råstølen sykehjem	Sykehjem	8076 m ² BRA	2014	A1-A3 + B4/B5	-61 %
A14 Bjørvika	Kontor/forretning	4291 m ² BRA	2014	A1-A3 + B4/B5	-4 %
Nytt Munchmuseum	Kulturbygg	22108 m ² BRA	2015	A1-A3 + B4/B5	-51 %
Deichman	Kulturbygg	19700 m ² BTA	2015	A1-A3 + B4/B5	-53 %
Pilestredet 33	Kontor	13400 m ² BTA	2016	A1-A3 + B4/B5	-14 %
NTNU Gjøvik	Høyskole/universitet	5053 m ² BTA	2016	A1-A3 + B4/B5	-24 %
Marienlunden	Kontor + bolig	719 m ² BRA	2017	A1-A4 + B4/B5	-66 %
Flesberg skole	Skole m/ idrettshall	6664 m ² BRA	2018	A1-A3 + B4/B5	-50 %
Østensjø skole	Skole	3629 m ² BRA	2018	A1-A4 + B4/B5	-31 %
Hakadal skole	Skole m/ idrettshall	10869 m ² BTA	2018	A1-A3 + B4/B5	-45 %
Ruseløkka skole	Skole	10 231 m ² BTA	2018	A1-A4 + B4/B5	-40 %
Hurdal økolandsby	Rekkehus	100 m ² BRA	2018	A1-A4 + B4/B5	-53 %
Hartvig Nissens skole	Skolebygg	3042 m ² BRA	2019	A1-A3 + B4/B5	-27 %
Fløybyen	Kontor	5608 m ² BRA	2019	A1-A4 + B4/B5	-23 %

11.2.1 Kontorbygg

En sammenstilling av beregnede klimagassutslipp fra materialbruk de 4 kontorbyggene som er inkludert i erfaringsgrunnlaget er illustrert i Figur 11-5:



Figur 11-5 Sammenstilling av Asplan Viaks erfaringstall for klimagassutslipp fra materialbruk for kontorbygg

Beregnete utslipp for de prosjekterte byggene varierer fra 3.8 til 5.6 kg CO₂e/m²/år. Gjennomsnittlig reduksjon av klimagassutslipp fra materialbruk for kontorbyggene er 27 %. Ettersom dette snittet kun representerer 4 bygg med stor variasjon mellom prosjektene (fra 4 % til 66 %), har det begrenset relevans som målestokk for hva som kan forventes i et standard kontorbyggprosjekt.

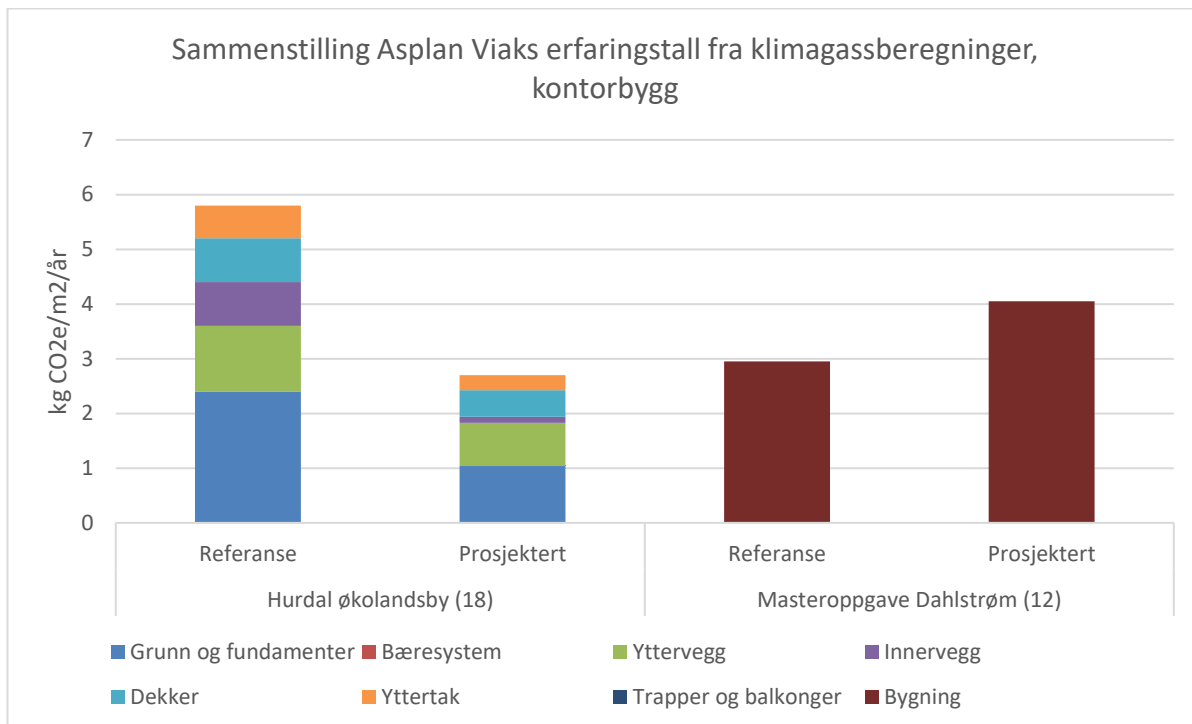
11.2.2 Boligblokk

Det har ikke vært mulig å oppdrive erfaringstall for klimagassberegninger for materialbruk i boligblokk.

11.2.3 Småhus

Erfaringstall for klimagassutslipp fra materialbruk omfatter utbyggingsprosjektet Hurdal økolandsby, samt en masteroppgave fra NTNU der en enebolig bygget etter passivhusstandard ble sammenliknet med en tilsvarende bolig bygget etter TEK07-standard. Det er relevant å påpeke at begge bygninger er prosjektert med utstrakt bruk av trematerialer.

Ettersom resultatene fra masteroppgaven ikke er inndelt iht. bygningsdelstabellen, er resultatene vist som totalsum, merket «Bygning». Referanse refererer i dette tilfellet til TEK07-bygg, mens prosjektert er passivhus.

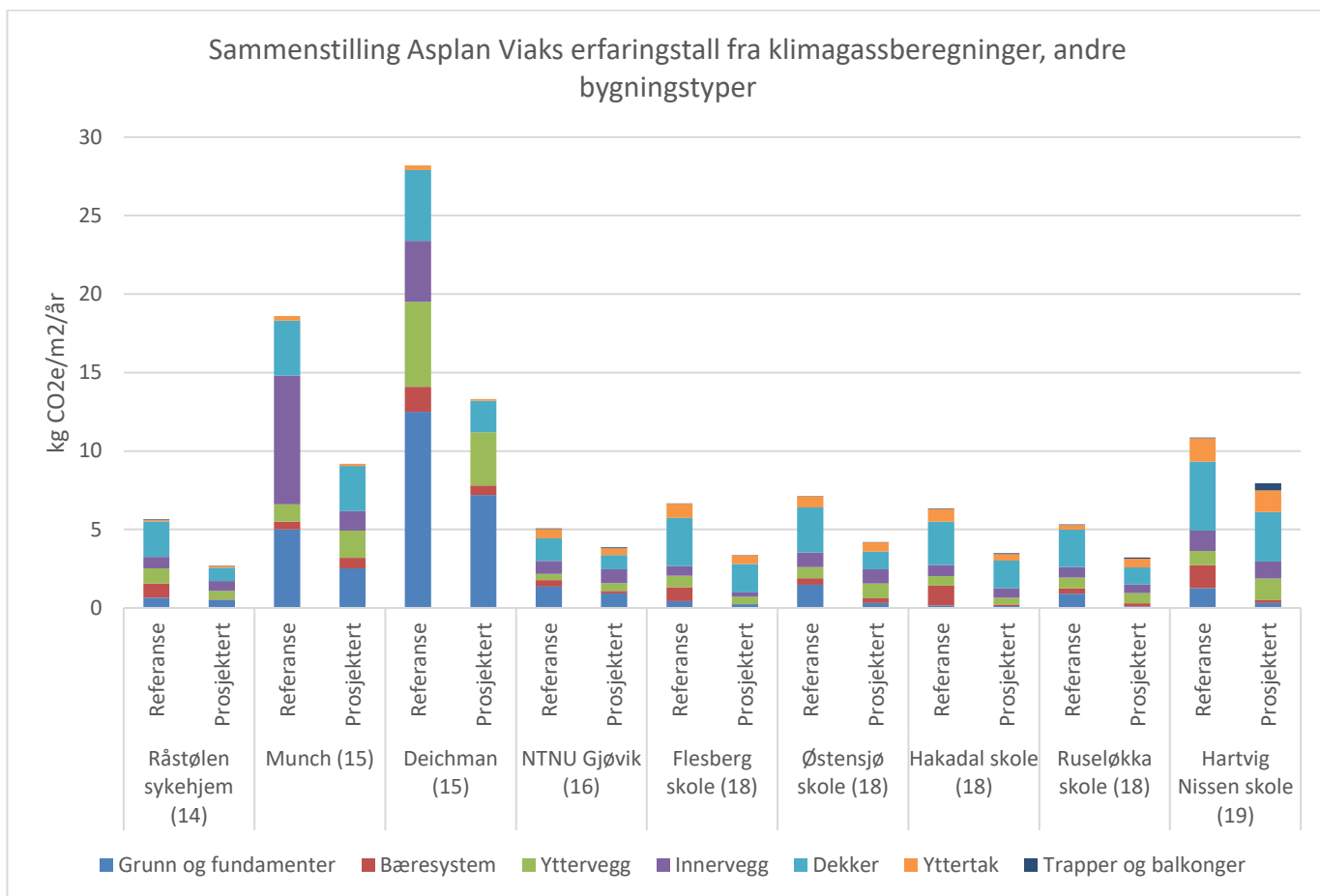


Figur 11-6 Sammenstilling av Asplan Viaks erfaringstall for klimagassutslipp fra materialbruk for småhus

Beregnete klimagassutslipp for Hurdal økolandsby, prosjektert bygg, ligger 53 % lavere enn et standard referansebygg. Ifølge masteroppgaven gir passivhusboligen 37 % høyere materialutslipp enn TEK07-boligen.

11.2.4 Andre bygningstyper

En sammenstilling av beregnede klimagassutslipp fra materialbruk de øvrige 9 bygningene som er inkludert i erfaringsgrunnlaget er gitt i Figur 11-7:



Figur 11-7 Sammenstilling av Asplan Viaks erfaringstall for klimagassutslipp fra materialbruk for andre bygningstyper enn kontor, boligblokk og småhus

Det fremgår tydelig at de to kulturbyggene (Nytt Munchmuseum og Deichman) har vesentlig høyere utslipp enn de øvrige byggene. De øvrige prosjekterte byggene varierer mellom 2.2 og 7.9 kg CO2e/m²/år. Blant disse er det imidlertid ett prosjekt som skiller seg ut med spesielt høy verdi, og dersom man ser de resterende byggene under ett, er variasjonen bare 1.7 kg CO2e/m²/år. 5 av de 6 undervisningsbyggene ligger relativt jevnt i verdi – mellom 3.1 og 3.9 kg CO2e/m²/år.

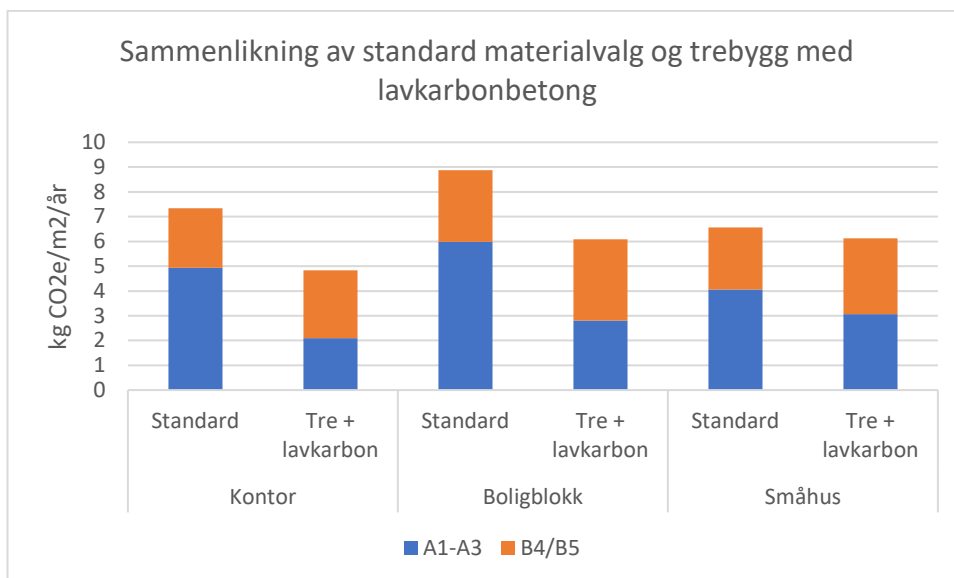
Reduksjon av klimagassutslipp fra materialbruk for byggene varierer fra 24 % til 61 %, og er i gjennomsnitt 42 %.

12 DISKUSJON OG ANBEFALINGER

12.1 Samlet potensiale for utslippsreduksjon og variasjon mellom bygningstyper

For å finne samlet reduksjonspotensiale for hver bygningstype kan man ikke legge sammen reduksjonspotensialer identifisert i kapittel 11, fordi de avhenger av materialsammensetningen som velges. For eksempel vil potensialet for reduksjon av utslipp fra betong være vesentlig mindre for trebyggene presentert i kapittel 11.1.2 enn for standardbyggene, ettersom mengden betong er sterkt redusert i trebyggene.

For å vurdere effekten av å kombinere bruk av lavkarbonbetong og tre for modellbyggene, er trebyggene som beskrevet i kapittel 11.1.2 vurdert med ulike utslippsfaktorer for betong. For referansen er lavkarbon C lagt til grunn for plasstøpt og prefab, mens for nNEB-nivå er lavkarbon A lagt til grunn for plasstøpt og lavkarbon B for prefab. Forutsetninger om utslippsfaktorer som beskrevet i kapittel 10.4 er lagt til grunn. Figur 12-1 Viser forskjell i beregnede utslipp, fordelt på produksjon av materialer (A1-A3) og utskifting (B4/B5).



Figur 12-1 Sammenlikning av klimagassutslipp fra materialbruk, A1-A3 + B4/B5 for standardbygg vs. trebygg med lavkarbonbetong

Tabell 12-1 Beregnede klimagassutslipp fra materialbruk, A1-A3 + B4/B5, for standardbygg vs. trebygg med lavkarbonbetong

	Kontor		Boligblokk		Småhus	
	Standard	Tre + lavkarbon	Standard	Tre + lavkarbon	Standard	Tre + lavkarbon
A1-A3	4.9	2.1	6.0	2.8	4.1	3.1
B4/B5	2.7	3.0	3.2	3.5	2.7	3.3
SUM, bygning	7.6	5.1	9.1	6.4	6.8	6.4

Denne sammenlikningen viser et samlet reduksjonspotensial fra materialbruk på 35 % for kontorbygg, 31 % for boligblokk og 6 % for småhus. Det er interessant å merke seg at beregnede utslipp per m² og år blir høyere for bolig enn for kontorbygg når man benytter materialer med lave klimagassutslipp, som også kommentert i 11.1.2.

Som diskutert i kapittel 10.2.2, anbefales det at nNEB-nivå for utslipp fra materialbruk settes inkludert utslipp fra transport av materialer fra produksjonssted til byggeplass i fase A4.

Ettersom One Click LCA kun regner med transport fra engros til byggeplass, er ikke disse tallene lagt til grunn for nivåberegningene. Utslipp fra A4 er derfor beregnet i henhold til materialmengder for modellbyggene fra One Click LCA, med 'normerte' forutsetninger om transportdistanser og utslippsfaktorer som angitt i kapittel 10.2.2.

Resulterende klimagassutslipp for fullstendige scenarioberegninger, A1-A4 + B4/B5, som er lagt til grunn for å vurdere hensiktsmessig nNEB-nivå er gitt i Tabell 12-2. Detaljerte forutsetninger knyttet løsnings- og materialvalg som ligger til grunn for scenarioberegningene er gitt i Vedlegg 4.

Tabell 12-2 Scenarioberegninger som grunnlag for nNEB-nivå, A1-A4 + B4/B5

	Standard/referanse				Utgangspunkt for nNEB				Reduksjon			
	A1-A3	A4	B4-B5	SUM	A1-A3	A4	B4/B5	SUM	A1-A3	A4	B4/B5	SUM
Kontor	4.9	0.8	3.0	8.74	2.1	0.3	3.5	5.9	-58 %	-66 %	17 %	-33 %
Boligblokk	6.0	1.0	3.9	10.9	2.8	0.6	4.5	7.8	-53 %	-46 %	15 %	-28 %
Småhus	4.1	0.9	3.3	8.3	3.1	0.5	4.2	7.8	-25 %	-49 %	27 %	-7 %

Scenarioberegningene indikerer at en sannsynlig utslippsreduksjon for kontor og boligbygg vil ligge rundt 30 % for A1-A4 + B4/B5. Dette gjelder også dersom man regner ekskludert transport av materialer til byggeplass i A4 og B4/B5. Dette stemmer relativt godt overens med erfaringstall for tilsvarende bygg. Forutsetningen i scenarioberegningene om bæresystem i limtre og konstruksjonsvirke kan vurderes å være noe usannsynlig for kontorbygg, og vil gi utslipp fra bæresystemet som ligger i det aller mest ambisiøse sjiktet, basert på erfaringstall. Derfor er det også hensiktsmessig å sette ambisjonsnivået for nNEB noe lavere enn scenarioberegningene, som angir 33 % reduksjon.

Som nevnt i kapittel 11.1.2, er det sannsynlig at utslipp fra gipsplater og utskifting av materialer er overestimert i scenarioberegningene for småhus. Basert på dette og erfaringstall, vurderes en reduksjon på 7 % for småhus å være et for konservativt utgangspunkt for nNEB-nivå.

Basert på vurderinger og erfaringstall presentert i kapittel 11, er følgende reduksjonspotensialer lagt til grunn for nNEB-nivå, sammenliknet med standard referansebygg. Reduksjonspotensialene gjelder både for nNEB-nivå regnet inkludert og ekskludert utslipp fra A4.

Tabell 12-3 Reduksjonspotensialer relativt til standard referansebygg som er lagt til grunn for å definere nNEB-nivå for klimagassutslipp for materialbruk, for sum av A1-A4 + B4/B5 og sum av A1-A3 + B4/B5

Bygningstype	Utslippsreduksjon, sammenliknet med standard referansebygg
Kontor	- 30 %
Boligblokk	- 30 %
Småhus	- 10 %

I kapittel 13 angis nivåer for standard referanse og nNEB for de tre bygningstypene som er vurdert i utredningen. Nivåene er inndelt per bygningsdel, for å gi et bilde av hvordan det forventes at potensialet for utslippsreduksjon fordeler seg per bygningsdel i gjennomsnitt. Det anbefales imidlertid ikke at et kravnivå i TEK inndeles per bygningsdel, ettersom det totale utslippet avhenger av sammensetningen av materialbruk samlet i hvert enkelt bygg. For eksempel, som påpekt i kapittel 11.1.4, vil valg av konsept for bærende konstruksjoner avgjøre hvordan utslipp fordeler seg på yttervegger og innvendig bæresystem.

12.2 Sammenheng mellom materialbruk og energibruk i drift

En fleksibel modellinnretning som den som er foreslått av DiBK, der krav til energibruk og klimagassutslipp fra materialbruk regnes hver for seg og med ulike enheter (kWh for energibruk og

kg CO₂-ekvivalenter for klimagassutslipp) vil ikke ta hensyn til hvordan materialbruk og energibruk påvirker hverandre over levetiden. Dermed oppstår det en viss risiko for at tiltak kan ha motstridende effekt på bygningens energibruk og klimagassutslipp fra materialbruk.

Eksempler på dette er redusert energibehov ved å forbedringer av klimaskallet for å redusere U-verdien gjennom å anvende 3-lagsglass i vinduer og øke isolasjonstykkelsen med tilhørende økt vegg-, gulv- og taktykkelse som vil øke materialmengdene og utslipp fra disse (gitt samme produkter). Denne måten å forbedre bygningens energieffektivitet og redusere utslipp fra energibruk vil dermed gi økt utslipp fra materialer.

Motsatt kan det være ønskelig å redusere materialmengder i deler av konstruksjonen fordi det rent styrkemessig og konstruksjonsteknisk ikke er nødvendig og det vil gi reduserte utslipp fra materialer. Dette kan føre til høyere U-verdi og energibehov med økte utslipp fra energibruk.

Hvilke av disse tiltakene som har størst betydning for samlet klimagassutslipp fra bygningen er avhengig av flere faktorer og hvilken vekt de tillegges:

- Utslippsfaktor fra energi som leveres til bygningen – fornybare kilder eller ikke
- Utslippsfaktor på de materialene som anvendes – lav- eller høyutslippsmaterialer
- Tidspunktet for utslippene har betydning sett i lys av de klimapolitiske målene om å begrense den globale oppvarmingen til 1,5-2°C (Parisavtalen).

Er det svært lave utslipp fra energi levert bygningen gir det liten klimagassreduksjon å redusere energibehovet gjennom å øke materialmengdene. Det kan derfor argumenteres med at det begrunnet i klimagassreduksjoner, ikke er hensiktsmessig å forbedre energieffektiviteten til bygningen, og at man heller bør prioritere å redusere utslipp fra materialer.

Det samme argumentet kan ikke nødvendigvis anvendes hvis utslippsfaktoren til energi levert bygningen er høyere, f.eks. elektrisitet basert på europeisk gjennomsnittlig produksjonsmik. Da kan redusert energibehov og -bruk redusere klimagassutslippene vesentlig mer og kan akkumulert gjennom levetiden til bygningen gi reduksjoner som overstige utslippøkningen fra materialene som må anvendes for å redusere energibehovet.

Økt materialbruk gir først og fremst høye utslipp i dag, mens utslippsreduksjoner fra energieffektivisering fordeler seg over bygningens levetid. Tradisjonelt vektet utslipp i livsløpsvurderinger likt, uavhengig av når de oppstår. Sett i lys av tidsfristen for utslippskutt iht. Parisavtalen har imidlertid tidspunktet for utslipp betydning. For å ta hensyn til dette, vil materialutslippene som skjer i dag kunne vektet høyere enn de årlige utslippsreduksjonene fra redusert energibehov. Reduksjoner som skjer sent i livsløpet får tilsvarende liten vekt. Dette resonnementet kan dermed føre til samme konklusjon, dvs. at det er viktigst å sørge for utslippsreduksjoner fra materialer fremfor å forbedre energieffektiviteten ytterligere.

Hva som er en optimal tilnærming vil være avhengig av totalbildet: utslippsfaktoren på energi som leveres til bygningen; utslippsfaktoren for materialene og materialmengdene; vektning av tidspunkt for utslippøkningene og reduksjonene. Optimum vil være umulig å finne med mindre man anvender klimagassutslipp som optimaliseringsparameter. En kravsinnretning som behandler energi- og materialbruk på en helhetlig måte over livsløpet til bygningen bør ha et rammekrav for bygningens klimagassutslipp i et livsløpsperspektiv der både energi- og materialbruk inkluderes.

12.3 Krav til dokumentasjon av klimagassutslipp

Med den foreslåtte fleksible modellinnretningen, er det uvisst hvor stor andel av nye bygg som vil gjennomføre klimagassberegninger for materialbruk for å tilfredsstille krav i TEK. Dersom man hadde stilt krav til at det skulle utarbeides klimagassberegninger for alle nye bygg, ville man få frem dokumentasjon som kunne brukes som grunnlag for å videreutvikle og spesifisere krav og rammekravnivå for klimagassutslipp for materialbruk. Dette ville være svært nyttig for å kunne

stramme inn krav til klimagassutslipp fra materialbruk i nye utgaver av TEK, og ikke minst som grunnlag for å kunne stille rammekrav til materialbruk for alle bygg på sikt (og ikke kun som et alternativ i en fleksibel modell).

12.4 Tiltakskrav for materialer

En rekke byggherrer stiller i dag maksimumskrav til klimagassutslipp fra utvalgte materialer som f.eks. betong, stål og isolasjon. Begrunnelsen er en forenkling av kravspesifikasjoner i prosjektering og bestilling, redusert krav til dokumentasjon (kan velge bort beregninger), enklere kontroll og oppfølging. Samtidig så inkluderes de materialene som i mange prosjekter bidrar med det alt vesentligste av klimagassutslippene for bygningen. På denne måten, med med maksimumskrav eller ulike kravklasser (A-C) til CO_{2e} per kg (eller m³/m²/stk.) sikrer at utslipp fra materialbruk i bygningen reduseres og blir en mer klimaeffektiv bygning enn hva den ville blitt med det som i dag er standardvalg av materialkvaliteter.

En slik «tiltaksmodell» kunne også vært introdusert i TEK f Dette vil kunne gjennomføres av både små byggmesterfirmaer og store entreprenører. Det vil bidra til at produsentene forbedrer sine produkter og produksjonsprosesser i retning av lavere klimagassutslipp.

Det er ingenting i veien for en slik tiltaksmodell kan anvendes på alle bygningstyper og størrelser. Imidlertid kan de store prosjektene som gjennomføres av entreprenører med et bredt utvalg av rådgivere, kunne oppnå bedre resultater (kostnader og klima) gjennom å optimalisere bygningen og materialbruken ved helhetlige klimagassberegninger.

Vi vil på denne bakgrunn anbefale å anvende tiltaksmodellen kun på bygninger under 1.000 m² oppvarmet BRA, dvs. samme arealgrense som legges til grunn for valgfrihet mellom enten A. «oppfyllelse av rammekrav dokumentert ved beregning av energibehov» eller B. «tiltaksmodell for energiløsninger».

Det er i denne utredningen ikke foreslått hvilke nivåer man for de ulike materialene skal legge et maksimumskrav på. Det kan gjøres en markedsanalyse for det norske markedet og avdekke hva som er volumkorrigert gjennomsnittsnivå i dag, eller hva som er gjennomsnittet av produkter på markedet. Det kan så lages en gradert skala basert på en slik analyse. Skalaen må oppdateres med jevne mellomrom.

12.5 Behov for videre arbeid

Vurdering av hva som er et hensiktsmessig nivå for rammekrav til klimagassutslipp for bygg i TEK er et omfattende arbeid som bør bygges på grundige vurderinger. Det har ikke vært mulig å undersøke alle aspekter innenfor rammen av denne utredningen, og det er identifisert behov for grundigere vurderinger av blant annet følgende tema:

- Innvirkning av valg av bærekonsept på klimagassutslipp, herunder også effekt av bruk av tre i bærende konstruksjoner
- Innvirkning av bruk av trematerialer på behov for bruk av gips
- Innvirkning av valg av fasadeløsning på utslipp fra yttervegg, inkludert betydning for valg av veggoppbygning og bærekonsept
- Arkitektonisk utforming og design
- Bygning med og uten kjeller (en eller flere etasjer)
- Bruk av trematerialer i bygninger i brannklasse 2 og 3 som krever utviklede brannkonsepter med fullsprinkling
- Usikkerhet i produkters utslippsfaktor (EPD-data, generiske data)

13 NIVÅER FOR KLIMAGASSUTSLIPP FRA MATERIALBRUK

I dette kapitlet presenteres anbefalte rammekravsnivåer for klimagassutslipp for materialbruk for nNEB i TEK. Nivå for standard referansebygg og utslippsreduksjon for nNEB-nivå, sammenliknet med referanse er også angitt.

For alle tre bygningskategorier er følgende presentert:

- Referanse- og nNEB-nivå for klimagassutslipp, per bygningsdel og livsløpsfase
 - Inkludert transport til byggeplass (i A4 og B4/B5)
 - Ekskludert transport til byggeplass

13.1 Kontor

13.1.1 Nivå for klimagassutslipp for kontor, inkludert transport av materialer til byggeplass

Tabell 13-1 Nivå for klimagassutslipp for referanse, nNEB og reduksjon relativt til referanse for kontorbygg, per bygningsdel. Inkludert transport av materialer til byggeplass.

Bygningsdel	Klimagassutslipp (kg CO ₂ e/m ² BTA)											
	Standard/referanse				nNEB				Reduksjon (%)			
	A1-A3	A4	B4-B5	SUM	A1-A3	A4	B4-B5	SUM	A1-A3	A4	B4-B5	SUM
22 Bæresystemer	0.9	0.1	0.0	1.05	0.0	0.0	0.1	0.1	-97 %	-96 %	-	-91 %
23 Yttervegger, ekskl. 234	0.4	0.2	0.2	0.84	0.1	0.0	0.2	0.4	-72 %	-82 %	-2 %	-57 %
234 Vinduer, dører, porter	0.3	0.0	0.4	0.72	0.3	0.0	0.4	0.7	0 %	4 %	4 %	3 %
24 Innervegger	0.5	0.2	0.5	1.21	0.2	0.1	0.6	0.9	-51 %	-78 %	25 %	-28 %
25 Dekker	2.1	0.1	1.3	3.61	1.3	0.1	1.6	3.0	-41 %	-13 %	19 %	-18 %
26 Yttertak	0.6	0.0	0.6	1.26	0.2	0.0	0.8	1.0	-67 %	-8 %	32 %	-17 %
28 Trapper og balkonger	0.1	0.0	0.0	0.06	0.0	0.0	0.0	0.0	-41 %	11 %	-	-28 %
SUM, bygning	4.9	0.8	3.0	8.7	2.2	0.3	3.7	6.1	-56 %	-64 %	21 %	-30 %

13.1.2 Nivå for klimagassutslipp for kontor, ekskludert transport av materialer til byggeplass

Tabell 13-2 Nivå for klimagassutslipp for referanse, nNEB og reduksjon relativt til referanse for kontorbygg, per bygningsdel. Ekskludert transport av materialer til byggeplass.

Bygningsdel	Klimagassutslipp (kg CO ₂ e/m ² BTA)								
	Standard/referanse			nNEB			Reduksjon (%)		
	A1-A3	B4-B5	SUM	A1-A3	B4-B5	SUM	A1-A3	B4-B5	SUM
22 Bæresystemer	0.9	0.0	0.9	0.0	0.0	0.1	-97 %	-	-92 %
23 Yttervegger, ekskl. 234	0.4	0.2	0.6	0.1	0.1	0.3	-71 %	-25 %	-58 %
234 Vinduer, dører, porter	0.3	0.3	0.6	0.3	0.3	0.6	2 %	6 %	4 %
24 Innervegger	0.5	0.3	0.8	0.2	0.4	0.7	-50 %	31 %	-19 %
25 Dekker	2.1	1.1	3.3	1.3	1.4	2.6	-40 %	19 %	-19 %
26 Yttertak	0.6	0.5	1.1	0.2	0.6	0.8	-67 %	38 %	-22 %
28 Trapper og balkonger	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	-40 %	-	-35 %
SUM	4.9	2.4	7.3	2.2	2.9	5.1	-55 %	22 %	-30 %

13.2 Boligblokk

13.2.1 Nivå for klimagassutslipp for boligblokk, inkludert transport av materialer til byggeplass

Tabell 13-3 Nivå for klimagassutslipp for referanse, nNEB og reduksjon relativt til referanse for boligblokk, per bygningsdel, inkludert transport av materialer til byggeplass

Bygningsdel	Klimagassutslipp (kg CO ₂ e/m ² BTA)											
	Standard/referanse				nNEB				Reduksjon (%)			
	A1-A3	A4	B4-B5	SUM	A1-A3	A4	B4-B5	SUM	A1-A3	A4	B4-B5	SUM
22 Bæresystemer	1.0	0.1	0.0	1.13	0.0	0.0	0.1	0.1	-97 %	-97 %	-	-93 %
23 Yttervegger, ekskl. 234	0.7	0.3	0.3	1.35	0.2	0.1	0.3	0.5	-76 %	-84 %	-3 %	-61 %
234 Vinduer, dører, porter	0.3	0.0	0.4	0.68	0.3	0.0	0.4	0.7	8 %	-3 %	-3 %	1 %
24 Innervegger	1.2	0.3	1.6	3.03	0.8	0.3	1.7	2.7	-33 %	-12 %	7 %	-10 %
25 Dekker	2.0	0.2	1.0	3.15	1.2	0.2	1.1	2.4	-41 %	-12 %	13 %	-23 %
26 Yttertak	0.6	0.0	0.6	1.26	0.2	0.0	0.8	1.0	-69 %	-14 %	23 %	-22 %
28 Trapper og balkonger	0.3	0.0	0.0	0.29	0.1	0.0	0.1	0.2	-58 %	11 %	-	-34 %
SUM	6.0	1.0	3.9	10.9	2.7	0.5	4.4	7.6	-54 %	-47 %	12 %	-30 %

13.2.2 Nivå for klimagassutslipp for boligblokk, ekskludert transport av materialer til byggeplass

Tabell 13-4 Nivå for klimagassutslipp for referanse, nNEB og reduksjon relativt til referanse for boligblokk, per bygningsdel, ekskludert transport av materialer til byggeplass

Bygningsdel	Klimagassutslipp (kg CO ₂ e/m ² BTA)								
	Standard/referanse			nNEB			Reduksjon (%)		
	A1-A3	B4-B5	SUM	A1-A3	B4-B5	SUM	A1-A3	B4-B5	SUM
22 Bæresystemer	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.1	-97 %	-	-93 %
23 Yttervegger, ekskl. 234	0.7	0.3	1.0	0.2	0.2	0.4	-76 %	-16 %	-59 %
234 Vinduer, dører, porter	0.3	0.3	0.6	0.3	0.3	0.6	8 %	6 %	7 %
24 Innervegger	1.2	1.2	2.3	0.8	1.4	2.1	-33 %	16 %	-9 %
25 Dekker	2.0	0.7	2.7	1.2	0.9	2.1	-41 %	23 %	-24 %
26 Yttertak	0.6	0.5	1.1	0.2	0.6	0.8	-69 %	38 %	-23 %
28 Trapper og balkonger	0.3	0.0	0.3	0.1	0.0	0.1	-58 %	-	-46 %
SUM	6.0	2.9	8.9	2.7	3.5	6.2	-54 %	20 %	-30 %

13.3 Småhus

13.3.1 Nivå for klimagassutslipp for småhus, inkludert transport av materialer til byggeplass

Tabell 13-5 Nivå for klimagassutslipp for referanse, nNEB og reduksjon relativt til referanse for småhus, per bygningsdel, inkludert transport av materialer til byggeplass

Bygningsdel	Klimagassutslipp (kg CO ₂ e/m ² BTA)											
	Standard/referanse				nNEB				Reduksjon (%)			
	A1-A3	A4	B4-B5	SUM	A1-A3	A4	B4-B5	SUM	A1-A3	A4	B4-B5	SUM
22 Bæresystemer	0.1	0.0	0.1	0.27	0.0	0.0	0.1	0.2	-69 %	-64 %	0 %	-44 %
23 Yttervegger	0.6	0.3	0.8	1.64	0.3	0.1	0.6	1.1	-39 %	-64 %	-16 %	-33 %
234 Vinduer, dører, porter	0.3	0.0	0.4	0.68	0.3	0.0	0.4	0.6	-10 %	-4 %	-4 %	-6 %
24 Innervegger	0.6	0.3	0.8	1.74	0.3	0.1	0.7	1.0	-51 %	-78 %	-21 %	-41 %
25 Dekker	1.8	0.2	1.0	2.91	1.4	0.2	0.9	2.5	-21 %	-4 %	-4 %	-14 %
26 Yttertak	0.3	0.1	0.2	0.54	0.3	0.1	1.3	1.7	18 %	-7 %	495 %	212 %
28 Trapper og balkonger	0.4	0.0	0.0	0.52	0.3	0.0	0.0	0.4	-33 %	-4 %	-4 %	-29 %
SUM	4.1	0.9	3.3	8.30	3.0	0.5	4.1	7.5	-27 %	-50 %	23 %	-10 %

13.3.2 Nivå for klimagassutslipp for småhus, ekskludert transport av materialer til byggeplass

Tabell 13-6 Nivå for klimagassutslipp for referanse, nNEB og reduksjon relativt til referanse for småhus, per bygningsdel, ekskludert transport av materialer til byggeplass

Bygningsdel	Klimagassutslipp (kg CO ₂ e/m ² BTA)								
	Standard/referanse			nNEB			Reduksjon (%)		
	A1-A3	B4-B5	SUM	A1-A3	B4-B5	SUM	A1-A3	B4-B5	SUM
22 Bæresystemer	0.1	0.1	0.2	0.0	0.1	0.1	-69 %	1 %	-45 %
23 Yttervegger, ekskl. 234	0.6	0.5	1.1	0.3	0.4	0.8	-39 %	-22 %	-31 %
234 Vinduer, dører, porter	0.3	0.3	0.6	0.3	0.3	0.5	-10 %	-4 %	-7 %
24 Innervegger	0.6	0.7	1.3	0.3	0.5	0.8	-51 %	-28 %	-38 %
25 Dekker	1.8	0.7	2.5	1.4	0.7	2.1	-21 %	-4 %	-16 %
26 Yttertak	0.3	0.2	0.5	0.3	1.0	1.3	18 %	420 %	188 %
28 Trapper og balkonger	0.4	0.0	0.5	0.3	0.0	0.3	-33 %	-4 %	-32 %
SUM	4.1	2.5	6.6	3.0	3.0	5.9	-27 %	18 %	-10 %

VEDLEGG 1: FORUTSETNINGER FOR MODELLBYGG

De fleste beregningene som er omtalt i denne rapporten er utført med utgangspunkt i de såkalte modellbyggene, som også er kjent som SINTEF-kassene. Modellbyggene ble første gang utviklet i 2003, men de ble noe revidert i 2006²⁴, i forbindelse med arbeidet med å fastsette energirammekrav i revidert TEK 97 (disse kravene omtales ofte som TEK 07, noe som formelt sett ikke er korrekt). I ettertid har disse modellbyggene blitt brukt i noe omarbeidet form for reviderte energikrav i forskriftene (TEK 10, TEK 17), samt i passivhusstandardene (NS 370x) mm.

SINTEF²⁴ skriver at «Bygningsmodellene lagt til grunn for foreliggende forslag til energirammer er basert på en kompakt og energieffektiv bygningsform».

Følgende inndata gjelder for energirammeberegningene som er omtalt i denne rapporten.

Bygnings-kategori	Grunnflate m	Antall etasjer	Oppvarmet areal m	Bruttoareal m	Etasje- høyde m	Areal- andel vinduer/ dører av oppvarmet areal	Fasade- arealer m	Vindus/ dørarealer m	g-verdi glass/ total
Småhus	80 (10x8)	2	160	191	3,17 ²⁵	25 %	232	40	0,40/0,40
Boligblokk	300 (10x30)	3	900	986	3,0	25 %	696	225	0,40/0,40
Kontorbygg	1200 (20 x 60)	3	3600	3800	3,5	25 %	1632	900	0,40/0,05

Forøvrig gjelder følgende viktigste premisser for det som i rapporten er omtalt som energirammeberegningene.²⁶

Energiltak / komponentverdier	Småhus	Boligblokk	Kontorbygg
Ventilasjonsluftmengder i driftstid [m ³ /(hm ²)]	Ref: NS3031:2014 tabell B1. Boliger: 100% av tabellverdi. Kontorbygg: 80 % av tabellverdi for VAV-anlegg		
Ventilasjonsluftmengder utenfor driftstid [m ³ /(hm ²)]	Ref: NS3031:2014 tabell B1.		
Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad [%]	80 %	80 %	85 %
SFP-faktor i driftstiden ²⁾ [kW/(m ³ /s)]	1,5	1,5	1,5
Gjennomsnittlig effektbehov belysning [W/m ²]	Ref: NS3031:2014 tabell A1. Boliger: 100% av tabellverdi. Næringsbygg: 80 % av tabellverdi for styringssystem		
Solskjerming solfaktor ³⁾ , fast / ikke aktivisert stilling	0,4	0,4	0,4
Solskjerming solfaktor ³⁾ , aktivisert stilling	-	-	0,05
Automatisk solskjerming etter solflux [W/m ²]	-	-	175
Tiltak som eliminerer bygningens behov for lokal kjøling	Ja	Ja	Ja
Ventilasjonskjøling	Nei	Nei	Ja
Vannbåren varme og kjøling	Nei	Nei	Ja

²⁴ SINTEF Byggforsk AS: Nye energikrav - Bygningsmodeller og faste inndata i energirammeberegningene - Nye energirammeberegninger, 2006

²⁵ Gjennomsnitt 1. og 2.etg

²⁶ Mutliconsult: *Energiltak / komponentverdier og øvrige input som ligger til grunn for energirammeberegningene*, 2016

VEDLEGG 2: JUSTERINGER AV BEREGNINGSFORUTSETNINGER FOR BYGNINGSMODELL I ONE CLICK LCA

Justering av utslippsfaktorer:

Materiale	Org utslipp	Justerte utslipp	Enhet
Glassull isolasjonsplater, generisk, L= 0.031 W/mK, 25 kg/m ³ , (applicable for densities: 0-25 kg/m ³)	0,1784 61538	1,2	kg CO2 e/kg
Hulldekker, generisk, B30, C30/37 (4400/5400 PSI), 0% (typical) recycled binders in cement (300 kg/m ³), incl. reinforcement	40,523 88472	62,2	kg CO2 e/m ²
Planglass, enkeltglasert, generisk, 3 - 12 mm, 10 kg/m ² (for 4 mm), 2500 kg/m ³	0,8022 36842	1,99	kg CO2 e/kg

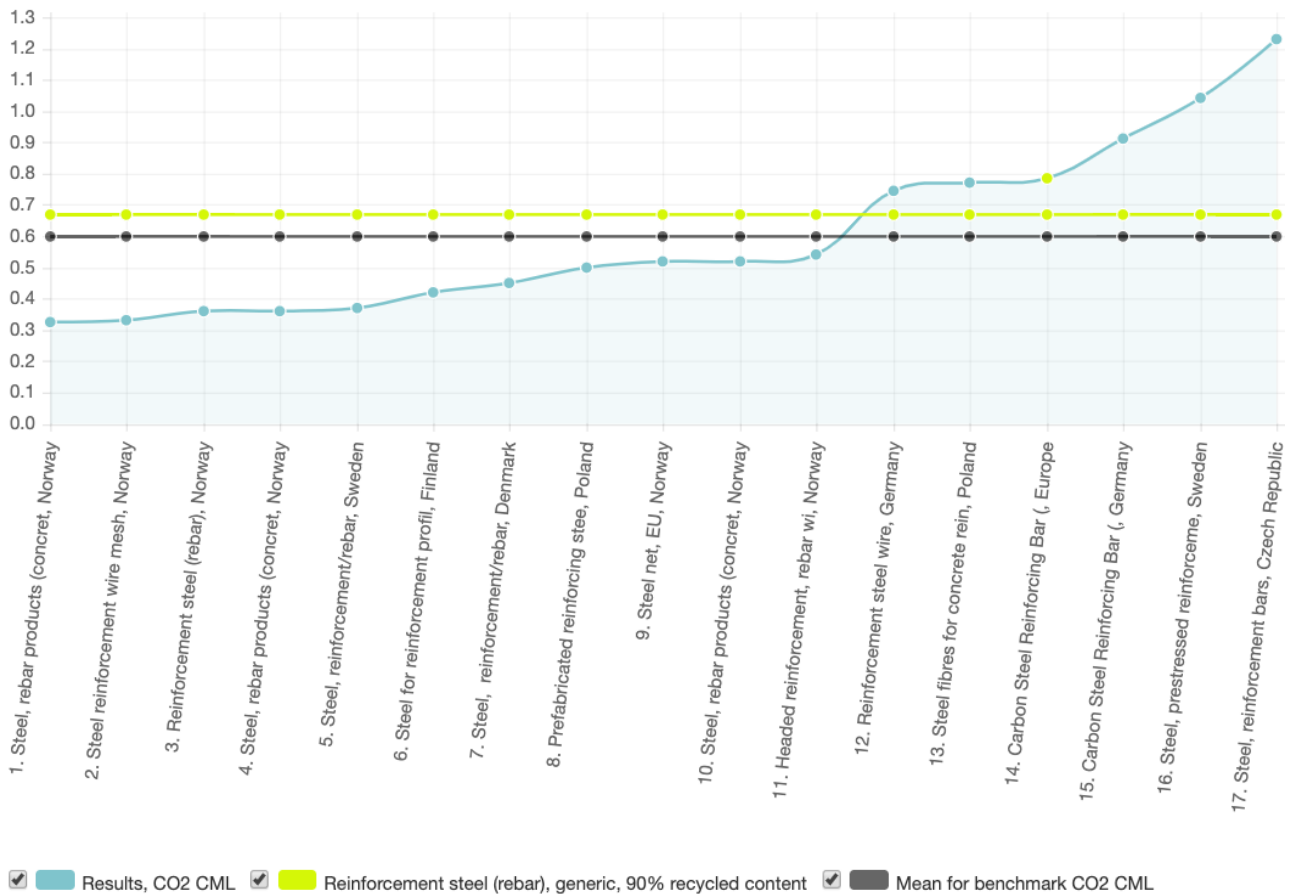
Justering av levetider:

Materiale	Kommersiell levetid (år)	Justert levetid	Kommentar
Aluminum profile for windows and doors	Som bygning	24	byttes ut sammen med vindu
Glass wool, acoustic ceiling panel	Som bygning	40	settes lik gipsplater
Glassveggsystem	Som bygning	40	settes lik gipsplater
Insulation, semi rigid glass wool	Som bygning	60	Settes til 60 år

VEDLEGG 3: BENCHMARKVERDIER FOR KLIMAGASSUTSLIPP FOR STÅLPRODUKTER, FRA ONE CLICK LCA

Armeringsstål

Armeringsstål 90 % resirkandel – Benchmark i One Click LCA er 0,6 kg CO₂e/kg armering, det norske markedet er her angitt med leverandører fra Norge, Sverige, Danmark, Finland, Polen, Tyskland og Tsjekkia.



Konstruksjonsstål

Stålprofiler I, H, U, L og T. Benchmark fra One Click LCA. (figuren vises i to deler, av hensyn til lesbarhet)



VEDLEGG 4: MATERIAL- OG LØSNINGSVALG I MODELLBYGG SOM ER LAGT TIL GRUNN FOR Å VURDERE NNEB-NIVÅ

Material- og løsningsvalg for kontor

Bygningsdel	Materialvalg	
	Standard/referanse	nNEB
22 Bæresystemer	<p><u>Søylar:</u> 80% stålsøyle hulprofil 10% resirk 20% betongsøyle B45 lavkarbon C, 100 kg arm stål/m³</p> <p><u>Bjelker:</u> 100% stålbjelke HILUT, 60% resirk</p>	<p><u>Søylar:</u> 100% limtresøylar</p> <p><u>Bjelker:</u> 100% bjelker i konstruksjonsvirke</p>
23 Yttervegger	<p><u>Reisverk:</u> 70% Bindingsverksveggsystem: trestenderverk 250 mm, glassull, malt trekledning, vindsperre, dampsperre 20% betongvegg: betong B35 200 mm, lavkarbon C, K virke 250 mm, mineralull, gipsplater 10% murt lettklinkerblokk: leca murblokk 200 mm, mørtel, puss 15mm, maling, 250 mm k virke, 250 mm mineralull, gipsplate, dampsperre</p> <p><u>Kledning:</u> 30% sement fasadeplate, utlekting 12 mm, 70% murstein med mørtel</p> <p>3 lags vindu med aluminiumsprofil ytterdør</p>	<p><u>Reisverk:</u> 100% bindingsverksveggsystem: trestenderverk 250 mm, glassull, malt trekledning, vindsperre, dampsperre</p> <p><u>Kledning:</u> 100% trekledning</p> <p>3 lags vindu med aluminiumsprofil ytterdør</p>
24 Innervegger	<p>60% 100 mm bindingsverk: gipsplate 1 lag, maling, stålstender, mineralull, gipsplate 1 lag 15% innvendig betong 150 mm, mørtel 1 mm på hver side, maling, armering 20% glassveggsystem med treramme 5% innvendig dør</p>	<p>75% 100 mm bindingsverk: gipsplate 1 lag, maling, stålstender, mineralull, gipsplate 1 lag 20% glassveggsystem med treramme 5% innvendig dør</p>

25 Dekker	<p><u>Frittstående dekker:</u></p> <p>100% Hulldekke B30 265 mm, betong B35 lavkarbon C 50 mm, armering 90% resirk 50 kg/m³, glassullhimling, avretting 20 mm</p> <p><u>Gulv på grunn:</u></p> <p>EPS: 250 mm, betong lavkarbon C B35: 300 mm, dampspærre, armering 90% resirk (90 kg/m³), avretting 20 mm</p> <p><u>Gulvbelegg:</u></p> <p>15% Parkett med membran 10% vinyl 70% teppe 5% keramisk flis</p> <p><u>Himling:</u></p> <p>50% gipsplater 50% nedsenket himling glassullplate med stål oppheng</p>	<p><u>Frittstående dekker:</u></p> <p>100% Trebjelkelag: Høvellast (K-virke 223 mm), mineralull 225 mm, gips, sponplate, avretting 20 mm</p> <p><u>Gulv på grunn:</u></p> <p>EPS: 250 mm, betong lavkarbon A B35: 300 mm, dampspærre, armering 90% resirk (90 kg/m³), avretting 20 mm</p> <p><u>Gulvbelegg:</u></p> <p>15% Parkett med membran 10% vinyl 70% teppe 5% keramisk flis</p> <p><u>Himling:</u></p> <p>50% gipsplater 50% nedsenket himling glassullplate med stål oppheng</p>
26 Yttertak	HD B30 265 mm, EPS 300 mm, dampspærre, asfalttekkning dobbelt lag	100% Tretak: dampspærre, K virke 300 mm, glassull, OSB-plater, PVC membran, lekter 23 mm
28 Trapper og balkonger	Betong lavkarbon C, armering 90% resirk	Betongtrapp (lavkarbon A), balkonger og verandaer i tre

Material- og løsningsvalg for boligblokk

Bygningsdel	Materialvalg	
	Standard/referanse	nNEB
22 Bæresystemer	<p><u>Søylar:</u> 100% stålsøyle hulprofil 10% resirk</p> <p><u>Bjelker:</u> 80% stålbjelke HILUT, 60% resirk 20% betongbjelke B45 lavkarbon C, 190 kg arm stål/m³</p>	<p><u>Søylar:</u> 100% limtresøylar</p> <p><u>Bjelker:</u> 100% bjelker i konstruksjonsvirke</p>
23 Yttervegger	<p><u>Reisverk:</u> 70% Bindingsverksveggsystem: trestenderverk 250 mm, glassull, malt trekledning, vindsperre, dampsperre</p> <p>10% murt lettklinkerblokk: leca murblokk 200 mm, mørtel, puss 15mm, maling, 250 mm k virke, 250 mm mineralull, gipsplate, dampsperre</p> <p>20% betongvegg: betong B35 200 mm lavkarbon C, K virke 250 mm, mineralull, gipsplater</p> <p><u>Kledning:</u> 70% malt trekledning 30% murstein med mørtel</p> <p>3 lags vindu med aluprofil</p>	<p><u>Reisverk:</u> 100% Bindingsverksveggsystem: trestenderverk 250 mm, glassull, malt trekledning, vindsperre, dampsperre</p> <p><u>Kledning:</u> 100% malt trekledning</p> <p>3 lags vindu med aluprofil</p>
24 Innervegger	<p>55% 100 mm bindingsverk: gipsplate 1 lag, maling, stålstender, mineralull, gipsplate 1 lag</p> <p>8% leca blokk vegg: leca 150 mm, maling, mørtel 15 mm på hver side</p> <p>20% innvendig betong 150 mm, lavkarbon C, mørtel 1 mm på hver side, maling, armering</p> <p>17% innvendig dør</p>	<p>83% 100 mm bindingsverk: gipsplate 1 lag, maling, stålstender, mineralull, gipsplate 1 lag</p> <p>17% innvendig dør</p>

25 Dekker	<p><u>Frittstående dekker:</u></p> <p>80% Hulldekke B30 265 mm, betong B35 lavkarbon C 50 mm, armering 90% resirk 50 kg/m³, glassullhimling, avretting 20 mm</p> <p>20% Trebjelkelag: Høvellast (K-virke 223 mm), mineralull 225 mm, gips, sponplate, avretting 20 mm</p> <p><u>Gulv på grunn:</u></p> <p>EPS: 250 mm, betong lavkarbon C B35: 300 mm, dampspærre, armering 90% resirk (90 kg/m³), avretting 20 mm</p> <p><u>Gulvbelegg:</u></p> <p>60% Parkett med membran</p> <p>20% vinyl</p> <p>20% keramisk flis</p> <p><u>Himling:</u></p> <p>100% gipsplater</p>	<p><u>Frittstående dekker:</u></p> <p>100% Trebjelkelag: Høvellast (K-virke 223 mm), mineralull 225 mm, gips, sponplate, avretting 20 mm</p> <p><u>Gulv på grunn:</u></p> <p>EPS: 250 mm, betong lavkarbon A B35: 300 mm, dampspærre, armering 90% resirk (90 kg/m³), avretting 20 mm</p> <p><u>Gulvbelegg:</u></p> <p>60% Parkett med membran</p> <p>20% vinyl</p> <p>20% keramisk flis</p> <p><u>Himling:</u></p> <p>100% gipsplater</p>
26 Yttertak	HD B30 265 mm, EPS 300 mm, dampspærre, asfaltteking dobbelt lag	Tretak: dampspærre, K virke 300 mm, glassull, OSB-plater, PVC membran, leker 23 mm
28 Trapper og balkonger	Betong lavkarbon C, armering 90% resirk	Betongtrapp (lavkarbon A), balkonger og verandaer i tre

Material- og løsningsvalg for småhus

Bygningsdel	Materialvalg	
	Standard/referanse	nNEB
22 Bæresystemer	<p><u>Søylar:</u> 100% Limtresøylar</p> <p><u>Bjelker:</u> 90% trebjelker 10% stålbjelker 60% resirk</p>	<p><u>Søylar:</u> 100% Limtresøylar</p> <p><u>Bjelker:</u> 90% trebjelker 10% stålbjelker 60% resirk</p>
23 Yttervegger	<p><u>Reisverk:</u> 80% Bindingsverksveggsystem: trestenderverk 250 mm, glassull, malt trekledning, vindsperre, dampsperre</p> <p>20% murt lettklinkerblokk: leca murblokk 200 mm, mørtel, puss 15mm, maling, 250 mm k virke, 250 mm mineralull, gipsplate, dampsperre</p> <p><u>Kledning:</u> 70% malt trekledning, 30% murstein med mørtel</p> <p>50 m² 3 lags vindu med aluprofil 2,5 m² ytterdør</p>	<p><u>Reisverk:</u> 100% Bindingsverksveggsystem: trestenderverk 250 mm, glassull, malt trekledning, vindsperre, dampsperre</p> <p><u>Kledning:</u> 100% malt trekledning,</p> <p>50 m² 3 lags vindu med aluprofil 2,5 m² ytterdør</p>
24 Innevegger	<p>60% 100 mm bindingsverk: gipsplate 1 lag, maling, K virke, mineralull, gipsplate 1 lag</p> <p>30% leca vegg: leca murstein 150 mm, mørtel 15 mm på hver side, maling</p> <p>10% innvendig dør (28 m²)</p>	<p>60% 100 mm bindingsverk: gipsplate 1 lag, maling, K virke, mineralull, gipsplate 1 lag</p> <p>30% leca vegg: leca murstein 150 mm, mørtel 15 mm på hver side, maling</p> <p>10% innvendig dør (28 m²)</p>

25 Dekker	<p>Trebjelkelag: Høvellast (K-virke 223 mm), mineralull 225 mm, gips, sponplate, avretting 20 mm</p> <p><u>Gulvbelegg:</u> 70% Parkett med membran 15% vinyl 15% keramisk flis</p> <p><u>Himling:</u> 100% gipsplater</p> <p><u>Gulv på grunn:</u> EPS: 250 mm, betong lavkarbon C B35: 300 mm, dampspærre, armering 90% resirk (90 kg/m³), avretting 20 mm</p>	<p>Trebjelkelag: Høvellast (K-virke 223 mm), mineralull 225 mm, gips, sponplate, avretting 20 mm</p> <p><u>Gulvbelegg:</u> 70% Parkett med membran 15% vinyl 15% keramisk flis</p> <p><u>Himling:</u> 100% gipsplater</p> <p><u>Gulv på grunn:</u> EPS: 250 mm, betong lavkarbon A B35: 300 mm, dampspærre, armering 90% resirk (90 kg/m³), avretting 20 mm</p>
26 Yttertak	Tretak: dampspærre, K virke 300 mm, glassull, OSB-plater, PVC membran, lekter 23 mm	Tretak: dampspærre, K virke 300 mm, glassull, OSB-plater, PVC membran, lekter 23 mm
28 Trapper og balkonger	Betongtrapp innvendig (lavkarbon C), trebalkong	Betongtrapp innvendig (lavkarbon A), trebalkong

NOTAT Gjennomgang utslippsfaktorer som er benyttet i referansebygg, standard bygg, i utredningen om nær nullutslippsbygg og nær nullenergibygg (nNEB)

Eivind Selvig, Civitas, og Oddbjørn Dahlstrøm, Asplan Viak, 16.1.2020, rev. 1.3.2020.

Innholdsfortegnelse

INNLEDNING	2
1. JUSTERTE UTSLIPPSTALL	2
1.1. Hulldekker	2
1.1.1. One Click LCA	2
1.1.2. Kontrollberegning.....	3
1.1.3. Begrunnelse for valgene i kontrollberegningen og foreslåtte justering	3
1.1.4. Justering av referansebygningene	4
1.2. Planglass	4
1.2.1. One Click LCA	4
1.2.2. Kontrollberegning.....	4
1.2.3. Begrunnelse for valgene i kontrollberegningen og foreslåtte justering	5
1.2.4. Justering av referansebygningene	5
1.3. Isolasjon, mineralull	6
1.3.1. One Click LCA	6
1.3.2. Kontrollberegning.....	6
1.3.3. Begrunnelse for valgene i kontrollberegningen og foreslåtte justering	6
1.3.4. Justering av referansebygningene	6
1.4. Plasstøpt betong	7
1.4.1. One Click LCA	7
1.4.2. Kontrollberegning.....	7
1.4.3. Begrunnelse for valgene i kontrollberegningen og foreslåtte justering	7
1.4.4. Justering av referansebygningene	8
2. JUSTERT LEVETID	9
2.1. Aluminiumsprofil vindu	9
2.1.1. One Click LCA	9
2.1.2. Begrunnelse for valgene i kontrollberegningen og foreslåtte justering	9
2.1.3. Justering av referansebygningene	9
2.2. Himlingsplater av mineralull	9
2.2.1. One Click LCA	9
2.2.2. Begrunnelse for valgene i kontrollberegningen og foreslåtte justering	9
2.2.3. Justering av referansebygningene	10
2.3. Glassveggssystem	10
2.3.1. One Click LCA	10
2.3.2. Begrunnelse for valgene i kontrollberegningen og foreslåtte justering	10
2.3.3. Justering av referansebygningene	10
2.4. Isolasjon, mineralull	10
3. OPPSUMMERING	11
3.1. Justerte utslippstall	11
3.2. Justert levetid	11
3.3. Rammekravsnivå for klimagassutslipp fra materialer, jf konsept i rapport «Utredning av mulig modell for nNEB i TEK, v2, 22.8.19»	12
3.4. Utslippsdata for materialer er «ferskvare»	12
4. TILLEGGSINFORMASJON VEDRØRENDE LEVETIDER I BEREKNINGENE	14
5. REFERANSER	15
VEDLEGG: MATERIALMENGDER	16
5.1. nNEB Kontorbygg	16
5.2. nNEB Boligblokk	18
5.3. nNEB Småhus	20

INNLEDNING

Dette notatet oppsummerer forskjeller i utslippsdata og levetider mellom standardverdier i One Click LCA og verdier benyttet for beregninger for standard bygg som vist i rapporten *Utredning av mulig modell for nNEB i TEK, 22.08.19. Asplan Viak, Civitas, NTNU*.

Notatet er delt i 2 kapitler og omfatter følgende materialer:

1. Justerte utslippstall

- 1.1. Hulldekker
- 1.2. Planglass
- 1.3. Mineralull
- 1.4. Plasstøpt betong

2. Justerte levetider

- 1.1. Aluminiumsprofil vindu
- 1.2. Himlingsplater av mineralull
- 1.3. Glassveggsystem
- 1.4. Isolasjon, mineralull

For hvert materiale beskrives følgende:

1.1.

1.1.1. One Click LCA

Beskrivelse av materialkvaliteter og utslippsfaktor/levetid hentet fra «One Click LCA carbon designer», dvs. de valg som «automatisk» kommer opp ved bruk av de predefinerte modellbyggene i modellen.

1.1.2. Kontrollberegning

Kontrollberegning ved bruk av utslippsfaktorer fra EPDer for tilsvarende materialer for å kontrollere One Click LCAs valgte utslippsfaktorer.

1.1.3. Begrunnelse for valgene i kontrollberegningen og foreslåtte justeringer av referansebygningene til bruk i nNEB-grunlaget

Kort begrunnelse for hvorfor det er valgt å endre materialenes kvaliteter og utslippsdata/levetid sammenlignet med One Click LCA carbon designer.

1.1.4. Justering av referansebygningene

Beregninger som viser utslippseffektene av justerte materialvalg og/eller utslippsdata/levetid, sammenliknet med originale tall fra One Click LCA carbon designer.

1. JUSTERTE UTSLIPPSTALL

1.1. Hulldekker

1.1.1. One Click LCA

Typebeskrivelse:

Hulldekker, generisk, B30, C30/37 (4400/5400 PSI), 0% (typical) recycled binders in cement (300 kg/m3), incl. reinforcement

Mengdebeskrivelse:

- Tykkelse: 265mm

- 300 kg/m³ Portland sement og tilslag.
- Armeringsstål: 5 kg/m².
- Total vekt hulldekke: 371 kg/m²

Utslippsfaktor livsløpsmodulene A1-A3 oppgitt One Click LCA:

Originalt fra One Click LCA har hulldekker et utslippstall (A1-A3) på: **40,52 kg CO₂e/m²**.

1.1.2. Kontrollberegning

Ved å regne med samme materialmengde som One Click LCA men justere materialkvaliteter og utslippsfaktorer basert på EPDer eller lignende anerkjente kilder, gir dette følgende resultat:

Betong: Lavkarbonbetong klasse C, B35: 320 kg CO₂e/m³ [1]

Armeringsstål: Spennarmering: 2,68 kg CO₂e/kg [2]

Beregning:

- 371 kg/m² minus 5,0 kg armeringsstål = 366 kg betong/m²
- 366 kg betong / 2400 kg/m³ = 0,1525 m³ betong per m²
- 0,1525 m³ betong * 320 kg CO₂e/m³ = 48,8 kg CO₂e/m² hulldekke
- 5,0 kg spennarmering/m² * 2,68 kg CO₂e/kg = 13,4 kg CO₂e/m² hulldekke
- **Sum: 48,8 kg CO₂e + 13,4 kg CO₂e = 62,2 kg CO₂e/m² hulldekke**

1.1.3. Begrunnelse for valgene i kontrollberegningen og foreslåtte justering

Betong:

I One Click LCA ser det ut til at man har valgt en betongkvalitet som tilsvarer lavkarbonklasse B.

I *Utredning av mulig modell for nNEB i TEK, 22.08.19*. kapittel 10.4.1 Betong står det følgende:

For betongelementer er det foreløpig mindre utbredt å bruke lavkarbonklasse A og B, som følge av hensyn til produksjonstid (lavkarbonbetong kan ha noe lengre herdetid enn standard betong). Lavkarbonklasse C er lagt til grunn for betongelementer i beregning av referansenivå.

I *Materialveileder, Hvordan jobbe godt med materialvalg i BREEAM-NOR prosjekter* [3] står det følgende om valg av betong i referansebygg.

Definering av referansebygg

Betong i betongelementer: Lavkarbonbetong C definert i Tabell 1 i Publikasjon nr. 37 - Lavkarbonbetong (Norsk Betongforening, 2015)

Lavkarbonbetong klasse C bør derfor benyttes som standard betongvalg for prefabrikkerte betongelementer.

Armeringsstål:

I One Click LCA benyttes utslippsfaktorer for *kamstål* som armering for hulldekke.

I *Utredning av mulig modell for nNEB i TEK, 22.08.19*. Kapittel 10.4.2.1 står det følgende:

One Click LCA legger til grunn en verdi på ca. 0.6 kg CO₂e/kg armeringsstål for standard referansebygg.

Hulldekker er imidlertid *spennarmerte* og armeres med spennstål. Spennstålarmering har et høyere klimagassutslipp pr kg sammenliknet med kamstål. Det blir derfor feil å benytte utslippsfaktor som for kamstål i hulldekker. Spennarmering bør brukes og dette har et klimagassutslipp på rundt 2,68 kg CO₂e/kg spennarmering [2].

1.1.4. Justering av referansebygningene

Ved å øke utslipp på hulldekker fra 40,52 kg CO₂e/m² som er anvendt i One Click LCA, til 62,2 kg CO₂e/m², medfører det endringer i resultater for bygningene som vist i tabellen nedenfor. Her er kun virkning av justeringene for hulldekker tatt med. Levetiden er som for bygningen og det har derfor ingen innvirkning på utslippene for modul B4-B5. Endringen (økningen) oppgitt i prosent er økning i samlet utslipp SUM (A1-A3)+(B4-B5).

Klimagassberegninger: Ujusterte tall fra One Click LCA (før endringer)

Kg CO ₂ e/(m ² *år)	A1-A3	B4-B5	Sum
Kontor	4,16	2,35	6,51
Boligblokk	5,15	3,01	8,16
Småhus	3,42	2,61	6,03

Klimagassberegninger: Justerte utslippsverdier for hulldekker som begrunnet ovenfor

Kg CO ₂ e/(m ² *år)	A1-A3	B4-B5	Sum	Økning ifh One Click LCA
Kontor	4,53	2,35	6,88	5,7 %
Boligblokk	5,48	3,01	8,49	4,0 %
Småhus	3,42	2,61	6,03	0,0 %

1.2. Planglass

1.2.1. One Click LCA

Type: Planglass, enkeltglasert, generisk, 3 - 12 mm, 10 kg/m² (for 4 mm), 2500 kg/m³ m2234 - Vinduer, dører, porter

Beskrivelse:

One Click LCA beregner utslipp fra glass og aluminiumsprofil separat. Tall vist her er kun for glass.

Original fra One Click LCA har planglass et utslippstall (A1-A3) på 0,80 kg CO₂e/kg glass

1.2.2. Kontrollberegning

Vi har gjennomgått ulike EPDer for vinduer med fastkarm og profil av tre, se tabell 1. Det er gjort fordi aluminiumsprofilen beregnes separat i One Click LCA. I sammenligningen ønsker vi kun å se på utslippsverdien for planglass.

Tabell 1: Utslippsdata for vinduer hentet fra ulike EPDer for vinduer uten aluminiumsprofil.

	NorDan NTech Fixed window 105	Norges vinduetFastkarm vindu	Nordvestvinduet Fastkarm vindu	NorDan NTech Fixed window 105/80	Uldal: Vindu Fastkarm	
A1-A3	119,12	110,52	104,21	124,12	122,6	kg CO2 e
Vekt, kg	62,14	59,55	63,93	62,25	65,89	kg
CO2 e/m2	65,4	60,7	57,2	68,2	67,3	kg Co2 e/m2
Vekt/m2	34,1	32,7	35,1	34,2	36,2	kg /m2
Info	Triple glazed	(4S-18Ar4-18Ar-S4)	(4es18ar-4-20ar-4es)	Triple glazed	Triple glazed	
Tykkelse glass		4	4			mm
Antall lag	3	3	3	3	3	lag
CO2 e/m2 4mm	21,8	20,2	19,1	22,7	22,4	kg Co2 e/m2 4 mm glass
Vekt pr lag glass	11,4	10,9	11,7	11,4	12,1	kg /m2 4 mm glass
CO2 e/kg vindu	1,92	1,86	1,63	1,99	1,86	kg CO2 e/kg vindu
Gjennomsnitt			1,85			kg CO2 e/kg vindu
Maksverdi			1,99			kg CO2 e/kg vindu

Resultatene viser at norske EPDer gir maks utslippsfaktor for vindu på 1,99 kg CO2e/kg vindu. Gjennomsnittet av utvalget er 1,85 kg CO2e/kg vindu.

1.2.3. Begrunnelse for valgene i kontrollberegningen og foreslåtte justering

Vår vurdering er at den beregningsmetode som er anvendt i One Click LCA underestimerer utslipp fra vinduer. One Click LCA beregner utslipp fra planglass + en aluminiumsprofil. Planglassberegningen inkluderer ikke beslag, avstandsprofil, argongass og andre komponenter som er viktige deler i et flerlags vindusglass. Det fører derfor til at utslippstall for «glasset» i vinduet underestimeres i One Click LCA.

1.2.4. Justering av referansebygningene

Ved å øke utslippsfaktoren på «glasset» i vinduet fra 0,8 kg CO2e/kg vindu som er anvendt i One Click LCA, til 1,99 kg CO2e/kg vindu, medfører det følgende endringer i resultater for bygningene, prosent økning i samlet utslipp SUM (A1-A3)+(B4-B5):

Klimagassberegninger: Ujusterte tall fra One Click LCA (før endringer)

Kg CO2e/(m2*år)	A1-A3	B4-B5	Sum
Kontor	4,16	2,35	6,51
Boligblokk	5,15	3,01	8,16
Småhus	3,42	2,61	6,03

Klimagassberegninger: Justerte utslippsverdier for planglass/vindu som begrunnet ovenfor

Kg CO2e/(m2*år)	A1-A3	B4-B5	Sum	Økning ifh One Click LCA
Kontor	4,31	2,35	6,66	2,3 %
Boligblokk	5,31	3,01	8,32	2,0 %
Småhus	3,59	2,61	6,20	2,8 %

1.3. Isolasjon, mineralull

1.3.1. One Click LCA

Type:

Glassull isolasjonsplater, generisk, $L = 0.031 \text{ W/mK}$, 25 kg/m^3 , (applicable for densities: 0-25 kg/m³)

Beskrivelse:

Glassull isolasjon i One Click LCA har følgende utslippsfaktor:

- **0,178 kg CO₂e/kg**
- 4,44 kg CO₂e/m³

Tetthet:

- 25 kg/m³

1.3.2. Kontrollberegning

EPD for Glava og Rockwool gir følgende utslippstall for standard isolasjon

- | | | | |
|-------------|------------------------------|---|---------------------------------|
| • Glava: | 0,72 kg CO ₂ e/kg | 12,65 kg CO ₂ e/m ³ | Tetthet: 17,5 kg/m ³ |
| • Rockwool: | 1,27 kg CO ₂ e/kg | 31,75 kg CO ₂ e/m ³ | Tetthet: 25,0 kg/m ³ |

1.3.3. Begrunnelse for valgene i kontrollberegningen og foreslåtte justering

I Utredning av mulig modell for nNEB i TEK, v2, 22.8.19 kapittel 10.5 Isolasjon står det følgende:

EPD for Glava ligger på 0,5-0,7 kg CO₂e/m² R=1 og Rockwool rett over 1 kg CO₂e/m² R=1. Disse to produsentene dominerer det norske markedet. Hunton med sin trefiberisolasjon Nativo har foreløpig ikke EPD, men estimerer angir at verdiene her ligger lavere enn Glava.

For isolasjon i vegg (forutsatt ingen krav til trykkfasthet) legges det til grunn en utslippsverdi på 1,5 kg CO₂e/m² R=1, for referansenivå, og 1 kg CO₂e/m² R=1 for nNEB-nivå. Begrunnelsen for dette er at "best practice" i Norden ble i 2016 angitt til 1,5 kg CO₂e/m² R=1.

1,5 kg CO₂e/m² R=1

For å regne ut klimautslipp pr kg isolasjon er det tatt utgangspunkt i et utslipp på 1,5 kg CO₂e/m² R=1.

- Forholdstallet mellom utslippsfaktor anvendt i One Click LCA og utslippsfaktor på 1,5 kg CO₂e/m² R=1 er følgende: $(1,5/0,04) \text{ kg CO}_2\text{e/m}^3 / 4,44 \text{ kg CO}_2\text{e/m}^3 = 8,45$

1,0 kg CO₂e/m² R=1

For å regne ut klimautslipp pr kg isolasjon er det tatt utgangspunkt i Rockwool nedjustert til et utslipp på 1,0 kg CO₂e/m² R=1. Rockwools nyeste EPD (2019) oppgir 1,11 kg CO₂e/kg for R=1.

- Forholdstallet mellom utslippsfaktor anvendt i One Click LCA og utslippsfaktor på 1,0 kg CO₂e/m² R=1 er følgende: $((1,0/0,04) \text{ kg CO}_2\text{e/m}^3)/(4,44 \text{ kg CO}_2\text{e/m}^3) = 5,63$

1.3.4. Justering av referansebygningene

Ved å øke utslipp på mineralull fra 0,178 kg CO₂e/kg som er anvendt i One Click LCA, til 1,5 kg CO₂e/kg, medfører det følgende endringer i resultater for bygningene (SUM (A1-A3+(B4-B5)):

Klimagassberegninger: Ujusterte tall fra One Click LCA (før endringer)

Kg CO ₂ e/(m ² *år)	A1-A3	B4-B5	Sum
Kontor	4,16	2,35	6,51
Boligblokk	5,15	3,01	8,16
Småhus	3,42	2,61	6,03

Klimagassberegninger: Justerte utslippsverdier for mineralull som begrunnet ovenfor)

Kg CO ₂ e/(m ² *år)	A1-A3	B4-B5	Sum	Økning i fht One Click LCA
Kontor	4,23	2,35	6,58	1,1 %
Boligblokk	5,30	3,01	8,31	1,8 %
Småhus	3,74	2,61	6,35	5,3 %

1.4. Plasstøpt betong

1.4.1. One Click LCA

Type:

Betong, B35 M45/MF45, lavkarbonklasse B

Beskrivelse:

For all plasstøpt betong er det benyttet Betong, B35 M45/MF45, lavkarbonklasse B: 270 kg CO₂e/m³

1.4.2. Kontrollberegning

For referansebygget er plasstøpt betong justert til å være lavkarbonbetong klasse C: 320 kg CO₂e/m³.

1.4.3. Begrunnelse for valgene i kontrollberegningen og foreslåtte justering

I Utredning av mulig modell for nNEB i TEK, v2, 22.8.19 kapittel 10.4.1 Betong, står det følgende:

For utslippsfaktorer for produksjon av betong bør verdier fra Norsk Betongforenings Publikasjon 37 legges til grunn. Denne er p.t. under revisjon, og ny versjon er ventet høsten 2019.

I revidert NB37 vil trolig bransjereferansen endres til å tilsvare lavkarbonklasse C. Lavkarbonklasse C er derfor lagt til grunn for beregning av referansenivå i denne utredningen. Det er ellers forventet at utslippsnivå for de definerte lavkarbonklassene (A, B og C) vil justeres noe fra forrige versjon, men svært lite. Justeringene i revidert NB37 kan dermed forventes å gi lite utslag på totale beregnede utslipp for et bygg. Dersom endringene mot formodning likevel skulle bli større etter høringsperioden for NB37, bør man vurdere å justere rammene for klimagassutslipp for materialbruk iht. dette.

Helt nylig ble NB37 revidert (nov./des. 2019). Her er lavkarbonklasse C, 320 kg CO₂e/m³ B35, fjernet og bransjereferansen er justert til 330 kg CO₂e/m³ B35. Sammenlignet med det vi har anvendt i kontrollberegningen gir bruk av ny «bransjereferanse» en liten økning både for plasstøpt betong og hulldekker.

1.4.4. Justering av referansebygningene

Et økt utslipp på plasstøpt betong fra 270 kg CO₂e/m³ til 320 kg CO₂e/m³ medfører følgende endringer i resultater. Prosentvis endring er i fht. SUM utslipp (A1-A3)+(B4-B5):

Klimagassberegninger: Ujusterte tall fra One Click LCA (før endringer)

Kg CO ₂ e/(m ² *år)	A1-A3	B4-B5	Sum
Kontor	4,16	2,35	6,51
Boligblokk	5,15	3,01	8,16
Småhus	3,42	2,61	6,03

Klimagassberegninger: Justerte utslippsverdier for plasstøpt betong

Kg CO ₂ e/(m ² *år)	A1-A3	B4-B5	Sum	Økning i fht. One Click LCA
Kontor	4,30	2,35	6,65	2,1 %
Boligblokk	5,33	3,01	8,34	2,2 %
Småhus	3,65	2,61	6,26	3,8 %

2. JUSTERT LEVETID

2.1. Aluminiumsprofil vindu

2.1.1. One Click LCA

Aluminiumsprofil i One Click er definert med en levetid som bygning, mens vinduer (glasset i vinduet) har en levetid på 24 år.

2.1.2. Begrunnelse for valgene i kontrollberegningen og foreslåtte justering

I en utskifting etter 24 år vil det i svært mange tilfeller ikke være mulig å kun bytte glasset i vinduet. Vanligvis må også aluminiumsprofilen rundt ramme og karm også skiftes fordi produktet er en sammensatt enhet. Etter vår vurdering bør det derfor benyttes samme levetid for aluminiumsprofil som for vinduet, dvs. 24 år. Det fører til økte utslipp i B4-B5 – utskiftning av bygningsdeler.

2.1.3. Justering av referansebygningene

Klimagassberegninger: Ujusterte tall fra One Click LCA (før endringer)

Kg CO ₂ e/(m ² *år)	A1-A3	B4-B5	Sum
Kontor	4,16	2,35	6,51
Boligblokk	5,15	3,01	8,16
Småhus	3,42	2,61	6,03

Klimagassberegninger: Justert levetid til 24 år for aluminiumsprofil vindu som begrunnet ovenfor

Kg CO ₂ e/(m ² *år)	A1-A3	B4-B5	Sum	Økning i fht. One Click LCA
Kontor	4,16	2,49	6,66	2,2 %
Boligblokk	5,15	3,14	8,29	1,6 %
Småhus	3,42	2,71	6,13	1,7 %

2.2. Himlingsplater av mineralull

2.2.1. One Click LCA

Himlingsplater av mineralull er i One Click LCA definert med en levetid som bygning.

2.2.2. Begrunnelse for valgene i kontrollberegningen og foreslåtte justering

Veggplater (gipsplater) er i One Click definert med en levetid på 40 år. Det er praksis at også himlingsplater byttes når veggplater byttes. Det bør derfor benyttes samme levetid for himlingsplater som for veggplater, dvs. 40 år.

2.2.3. Justering av referansebygningene

Klimagassberegninger: Ujusterte tall fra One Click LCA (før endringer)

Kg CO ₂ e/(m ² *år)	A1-A3	B4-B5	Sum
Kontor	4,16	2,35	6,51
Boligblokk	5,15	3,01	8,16
Småhus	3,42	2,61	6,03

Klimagassberegninger: Justert levetid til 40 år for himlingsplater, som begrunnet ovenfor

Kg CO ₂ e/(m ² *år)	A1-A3	B4-B5	Sum	Økning i fht. One Click LCA
Kontor	4,16	2,39	6,56	0,7 %
Boligblokk	5,15	3,03	8,18	0,2 %
Småhus	3,42	2,61	6,03	0,0 %

2.3. Glassveggssystem

2.3.1. One Click LCA

Glassveggssystem i One Click LCA er definert med en levetid som bygning.

2.3.2. Begrunnelse for valgene i kontrollberegningen og foreslåtte justering

Veggplater (gipsplater) er i One Click definert med en levetid på 40 år. Det er ofte praksis at glassveggssystem byttes når veggplater og himlinger byttes som del av vedlikeholdet. Det bør derfor benyttes samme levetid for glassveggssystem som for veggplater, dvs. 40 år.

2.3.3. Justering av referansebygningene

Klimagassberegninger: Ujusterte tall fra One Click LCA (før endringer)

Kg CO ₂ e/(m ² *år)	A1-A3	B4-B5	Sum
Kontor	4,16	2,35	6,51
Boligblokk	5,15	3,01	8,16
Småhus	3,42	2,61	6,03

Klimagassberegninger: Justert levetid til 40 år for glassveggssystem som begrunnet ovenfor

Kg CO ₂ e/(m ² *år)	A1-A3	B4-B5	Sum	Økning i fht. One Click LCA
Kontor	4,16	2,46	6,63	1,8 %
Boligblokk	5,15	3,01	8,16	0,0 %
Småhus	3,42	2,61	6,03	0,0 %

2.4. Isolasjon, mineralull

Endring av levetid fra *som bygning* til 60 år for isolasjon, mineralull har ikke noe påvirkning for resultater, da det i Utredning av mulig modell for nNEB i TEK, v2, 22.8.19 er benyttet 60 års beregningsperiode i One Click LCA.

Endret levetid vil først ha en påvirkning dersom beregningsperioden økes fra 60 år.

3. OPPSUMMERING

3.1. Justerte utslippstall

Tabellen nedenfor oppsummerer effekten av justerte utslippstall. Tabellen angir endring i kg CO₂e/m²*år. Prosenttallene som oppgis i teksten er hentet fra tabellene i kapittel 1.

Størst påvirkning på totalutslippet for standard bygning (referanse) kontor og boligblokk kommer ved å justere utslippsfaktor for **hulldekker**. Klimagassutslippet øker med 6% til 4% for henholdsvis kontorbygg og boligblokk. Det er ikke forutsatt bruk av hulldekker for småhus.

Justerte faktorer for **planglass/vindu** og **plasstøpt betong** medfører begge økt klimagassutslippet med 2-3 prosent for kontorbygg og boligblokk, og 3-4 prosent for småhus.

Justert utslippsfaktor for **isolasjon** påvirker totalutslippet minst for kontor og boligblokk, henholdsvis en økning på 1 prosent og 2 prosent. Isolasjon har relativt sett større andel av totalutslippet for småhus og en endring av utslippsfaktoren for isolasjon påvirker derfor totalutslippet mer. Økningen av utslippene for småhus blir dermed hele 5 prosent.

Det anbefales at alle foreslåtte endringer av utslippsfaktorer tas til følge i fastsetting av nivå for klimagassutslipp fra materialbruk (A1-A3) for standard bygg (referansebygg).

A1 - A3, kg CO ₂ ekv/(m ² år)	Kontorbygg, 3800 m ² BTA	Boligblokk, 986 m ² BTA	Småhus, 191 m ² BTA
Ujusterte tall fra One Click LCA (før endringer)	4,16	5,15	3,42
Hulldekker	0,37	0,33	0
Planglass/vindu	0,15	0,16	0,17
Isolasjon, mineralull	0,07	0,15	0,32
Plasstøpt betong	0,14	0,18	0,23
Sum, justerte utslippsverdier, jf. tabell 12-1 i rapport <i>Utrekning av mulig modell for nNEB i TEK, v2, 22.8.19</i>	4,89	5,97	4,14

3.2. Justert levetid

Tabellen nedenfor oppsummerer effekten av justerte levetider. Tabellen angir endring i kg CO₂e/m²*år. Prosenttallene som oppgis i teksten er hentet fra tabellene i kapittel 2. Endring av levetid for de materialene hvor vi har funnet «avvik» fra hva som er praksis, påvirker totalutslippet i mindre grad enn endring av utslippsfaktorene for materialproduksjonen for de materialene vi har funnet avvik fra hva som er praksis.

Justert levetid for **aluminiumsprofil for vindu** har størst innvirkning på totalutslippet for bygningene, mellom 1,6 og 2,2 prosent økning i totalutslippet. Utskiftningsintervallet for hele vinduet, dvs. glass og karm/aluminiumsprofil bør være det samme.

Justert levetid for **glassveggssystem** øker utslippene med rundt 2 prosent for kontorbygg (eneste av byggene som har glassveggssystem).

Justert levetid for **himlingsplater av mineralull** øker utslippene med noe i underkant av 1 prosent for de tre bygningstypene.

Justert levetid for isolasjon, mineralull, vil først ha en påvirkning dersom beregningsperioden for bygningen økes til mer enn 60 år.

Det anbefales at foreslåtte endringer av levetider for aluminiumsprofil i vindu, himlingsplater av mineralull og glassveggsystem tas til følge i fastsetting av nivå for klimagassutslipp fra materialbruk for standard bygg (referansebygninger).

B4 - B5 - 60 år, kg CO2 ekv/(m2år)	Kontorbygg, 3800 m2 BTA	Boligblokk, 986 m2 BTA	Småhus, 191 m2 BTA
Ujusterte tall fra One Click LCA (før endringer)	2,35	3,01	2,61
Aluminiumsprofil vindu	0,14	0,13	0,10
Himlingsplater av mineralull	0,04	0,02	0
Glassveggsystem	0,11	0	0
Isolasjon, mineralull	0	0	0
Sum, justerte levetider, jf. tabell 12-1 i rapport <i>Utredning av mulig modell for nNEB i TEK, v2, 22.8.19</i>	2,65	3,16	2,71

3.3. Rammekravsnivå for klimagassutslipp fra materialer, jf. konsept i rapport «Utredning av mulig modell for nNEB i TEK, v2, 22.8.19»

I rapporten *Utredning av mulig modell for nNEB i TEK, v2, 22.8.19* er det i kapittel 13 presentert anbefalte rammekravsnivåer for klimagassutslipp for materialbruk for standard bygg (referansebygninger) og nNEB (nær nullenergibyggninger).

Konseptet og rammekravsnivåene er basert på beregningene der utslippsfaktorer og levetider er justert slik de er gjennomgått ovenfor. Totalutslippet for standardbyggene (referansebygningene) er derfor høyere enn de som automatisk kommer ved bruk av One Click LCA carbon designer.

Det vil ikke være kritisk for implementering av foreslåtte rammekrav selv at ulike beregningsverktøy for klimagassberegninger benyttes. Det må imidlertid stilles krav til at beregningsverktøyene som anvendes til å dokumentere at kravsnivåene oppnås, følger NS3720.

Ved at det etableres rammekravsnivå som man skal forholde seg til så vil det ikke være behov for først å regne på et referansebygg i hvert prosjekt, og deretter beregne og dokumentere det prosjekterte bygget, for å vise oppnåelse av rammekravet. Rammekravet er basert på referansebygninger definert i *Utredning av mulig modell for nNEB i TEK*.

Fremgangsmåten vil da være å følge utslippstall som oppgitt som rammekrav i kapittel 13 i rapport *Utredning av mulig modell for nNEB i TEK, v2, 22.8.19*, og dokumentere at «mitt bygg» har et klimagassutslipp som er lavere enn rammekravet i rapporten. Dette må bevises med prosjekterte materialmengder for bygget og utslippsdata fra godkjente tredjepartsverifiserte databaser og EPDer for de valgte materialer.

Det er viktig å påpeke at selv om utslippsdata i *Utredning av mulig modell for nNEB i TEK, v2, 22.8.19* er basert på materialmengder og utslippsdata gitt i verktøyet One Click LCA, er klimagassberegninger og dokumentasjon på utslipp iht rammekrav **verktøyuavhengig** så lenge beregninger er utført i samsvar med NS 3720.

3.4. Utslippsdata for materialer er «ferskvare»

Etter at rapporten *Utredning av mulig modell for nNEB i TEK, v2, 22.8.19* ble oversendt dibk, har Norsk Betongforening publisert en oppdatert utgave av Publikasjon NB nr. 37, *Lavkarbonbetong*. Dette har som nevnt tidligere medført endringer for utslippsdata for betong. Lavkarbonbetong klasse C er utgått, og anses nå som bransjereferanse med utslipp på 330 kg CO2e/m3 for B35-kvalitet. Lavkarbonklasse C B35-kvalitet var 320 kg CO2e/m3. Det vil si at den nye bransjereferansen er ca 3 prosent høyere utslipp enn gammel Lavkarbonklasse C.

I *Utredning av mulig modell for nNEB i TEK, v2, 22.8.19*, og som vist i kapittel 1.1 og 1.4 i dette notatet, har vi benyttet lavkarbonbetong klasse C B35-kvalitet i de justerte beregningene for standardbygningene (referansebygningene).

Hvis man i stedet skal følge oppdatert utgave av NB nr. 37, Lavkarbonbetong, vil utslipp fra hulldekker og plasstøpt betong i såfall, øke noe mer enn det som er presentert i *Utredning av mulig modell for nNEB i TEK, v2, 22.8.19* og dette notatet.

Tilsvarende er det etter at *Utredning av mulig modell for nNEB i TEK, v2, 22.8.19* ble oversendt dibk, blitt utgitt oppdatert EPD for Rockwool, mineralull, med utslippsfaktor A1-A3 på 1,11 kg CO₂e/kg. Dette er lavere enn tidligere EPD, og ligger ganske tett opp til det som er forutsatt i nNEB-beregningen.

Slike justeringer av utslippsdata for materialer skjer kontinuerlig. En EPD har en gyldighetsperiode på 3-5 år og må revideres for fortsatt godkjenning. Produkter og produksjonsprosesser utvikles og forbedres hele tiden. Ulike bransjeforeninger og materialprodusenter driver kontinuerlig utvikling og forbedring som kan gi reduksjon av klimagassutslipp fra produksjonen av byggematerialer.

Beregninger som foretatt i *Utredning av mulig modell for nNEB i TEK, v2, 22.8.19* ble oversendt dibk, er derfor ferskvare. Utslippsdata som er benyttet er et «øyeblikksbilde» av hva som på dette tidspunktet (perioden) var standard valg av bygningsmaterialer med tilhørende gyldige utslippsdata.

En styrke ved å fastsette rammekrav som foreslått i *Utredning av mulig modell for nNEB i TEK, v2, 22.8.19* kapittel 13, og som utdypet i dette notatet, er at fastsatte rammekrav ikke er påvirket av kontinuerlige endringer i databaser og EPDer som inngår i beregninger av referansebygninger og prosentvis reduksjon sammenlignet med referansebygningen. Et rammekrav som et absolutt utslippsnivå og ikke en relativ størrelse.

Rammekravene fastsettes av DiBK og bør med forhåndsvarslet frekvens oppdateres, for eksempel hvert femte år eller ved revisjon av andre tilgrensende rammekrav i TEK (energibehovsnivået). Klimagassberegningene for det enkelte prosjekt som skal nå rammekravet skal imidlertid alltid utføres med oppdatert utslippsdata og verktøy i henhold til NS3720. På denne måten bortfaller behovet for å regne på «referansebygg» i hvert prosjekt.

4. TILLEGGSINFORMASJON VEDRØRENDE LEVETIDER I BEREKNINGENE

I det følgende gis en oversikt over de levetider som er forskjellig mellom de to beregningene a) Standard modellbygg i One Click LCA og b) nNEB-beregningene. I One Click LCA er det to valg av levetider for bygningsdeler og produkter, kommersiell eller teknisk levetid. I nNEB beregningene har vi anvendt kommersiell levetid og foretatt justeringer der disse etter våre vurderinger er direkte feil.

Noe av grunnen til avvik fra standard oppsett i One Click LCA er at modellen ikke har lik levetid på ulike sjikt/deler av en rekke sammensatte/sammenvevde bygningsdeler. Dette er direkte feil etter vår vurdering. Bygningsdeler som når de må skiftes, blir skiftet som helhet – alle sjikt. Levetidene for disse sammensatte ferdige produktene/bygningsdelene, i de aller fleste tilfeller henge sammen uansett om det er teknisk eller kommersiell levetid. Noen eksempler der levetid bør være lik men ikke er det i One Click LCA:

- Levetid på flislim og flis
- Levetid på aluminiumsramme og vindu
- Dampsperre i yttervegg og innvendige gipsplater/plater/overflater
- Levetid for gipsplater må variere avhengig av hvor i bygget disse står
- Levetid for avrettingsmasse og gulvbelegg

Her følger en oversikt over de viktigste justeringene som er foretatt basert på en vurdering av mengder og klimagassbetydning. Følgende poster er sentrale:

	nNEB beregningene er basert på kommersiell levetid som følger	Teknisk levetid, One Click LCA
Bitumen og annen takteking	10	20
Dampsperre	20	30
Mørtel (murverk / murstein)	45	Som bygning
Fiber sement fasade plate	35	Som bygning
Vanlig gipsplater	40	Som bygning
Maling, belegg og lakk	6	10
Glassveggsystem	40	Som bygning
Glass wool, acoustic ceiling panel	40	Som bygning
Avrettingsmasse	45	Som bygning
Vinylgulv	20	25
Teppe gulv	8	15
Tetningsmasse (silikon og andre)	15	Som bygning
Flislim	45	Som bygning
Vegg- og gulvfliser	25	30
Aluminum profile for windows and doors	24	Som bygning
Planglass	24	35
Tre- og trebrettdører	25	40
Metall- og industridører	25	30

Hvilke levetider som skal anvendes ved oppfylling av et eventuelt TEK rammekrav bør dikk bestemme i TEK. Det kan alternativt lages tabeller som et informativt vedlegg til NS3720.

5. REFERANSER

[1] Publikasjon 37 Lavkarbonbetong Norsk Betongforening

[2] [https://www.epd-norge.no/getfile.php/135913-1469026878/EPDer/Byggevarer/St%C3%A5lkonstruksjoner/NEPD-326-206-EN Prestressed-steel-for-reinforcemenet-of-concrete--PC-Strand.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/135913-1469026878/EPDer/Byggevarer/St%C3%A5lkonstruksjoner/NEPD-326-206-EN_Prestressed-steel-for-reinforcemenet-of-concrete--PC-Strand.pdf)

[3] <https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2018/11/Materialveileder.pdf>

VEDLEGG: MATERIALMENGDER

5.1. nNEB Kontorbygg

Bygningsdel	Ressurstype	Mengde	Enhet
222 - Søylar	Krysslaminert tømmer (CLT), limtre og laminert finertømmer (LVL)	22	m3
223 - Bjelker	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	55	m3
231 - Bærende ytterverger	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	107	m2
231 - Bærende ytterverger	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	156	m2
231 - Bærende ytterverger	Glassullisolasjon	1186	m2
231 - Bærende ytterverger	Glassullisolasjon	1235	m2
231 - Bærende ytterverger	Vanlig gipsplater	1342	m2
231 - Bærende ytterverger	Plastmembraner	1342	m2
231 - Bærende ytterverger	Vanlig gipsplater	1342	m2
234 - Vinduer, dører, porter	Metall- og industridører	25	m2
234 - Vinduer, dører, porter	Aluminium	405	kg
234 - Vinduer, dører, porter	Planglass	900	m2
234 - Vinduer, dører, porter	Planglass	900	m2
234 - Vinduer, dører, porter	Planglass	900	m2
234 - Vinduer, dører, porter	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	5400	kg
235 - Utvendig kledning og overflate	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	121	m2
235 - Utvendig kledning og overflate	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	1342	m2
235 - Utvendig kledning og overflate	Maling, belegg og lakk	1342	m2
241 - Bærende innvervegger	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	402	m2
241 - Bærende innvervegger	Maling, belegg og lakk	929	kg
241 - Bærende innvervegger	Glassullisolasjon	3066	m2
241 - Bærende innvervegger	Vanlig gipsplater	3469	m2
241 - Bærende innvervegger	Vanlig gipsplater	3469	m2
243 - Systemvegger, glassfelt	Glassveggsystem	771	m2
244 - Vinduer, dører, foldevegger	Tre- og trebrettdører	385	m2
251 - Frittstående dekker	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	372	m2
251 - Frittstående dekker	Glassullisolasjon	2161	m2
251 - Frittstående dekker	Vanlig gipsplater	2533	m2
251 - Frittstående dekker	Sponplater	2533	m2
251 - Frittstående dekker	Mørtel (murverk / murstein)	2533	m2
252 - Gulv på grunn	EPS (utvidet polystyren) isolasjon	115	m2
252 - Gulv på grunn	EPS (utvidet polystyren) isolasjon	1267	m2
252 - Gulv på grunn	Ferdigbetong for yttervegger og gulv	1267	m2
252 - Gulv på grunn	Plastmembraner	1267	m2
252 - Gulv på grunn	Mørtel (murverk / murstein)	1267	m2
252 - Gulv på grunn	Forsterkning stål for betong (rebar)	34209	kg
255 - Gulvoverflate	Tetningsmasse (silikon og andre)	180	m2
255 - Gulvoverflate	Mørtel (murverk / murstein)	180	m2
255 - Gulvoverflate	Vegg- og gulvfliser	180	m2
255 - Gulvoverflate	Plastgulv	360	m2
255 - Gulvoverflate	Plastmembraner	540	m2

NOTAT

255 - Gulvoverflate	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	540	m2
255 - Gulvoverflate	Teppe gulv	2520	m2
256 - Faste himlinger og overflatebehandling	Maling, belegg og lakk	482	kg
256 - Faste himlinger og overflatebehandling	Annet stål / jern	1411	kg
256 - Faste himlinger og overflatebehandling	Vanlig gipsplater	1800	m2
256 - Faste himlinger og overflatebehandling	Glassullisolasjon	1800	m2
261 - Primærkonstruksjon	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	51	m3
261 - Primærkonstruksjon	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	114	m2
261 - Primærkonstruksjon	Plastmembraner	1267	m2
261 - Primærkonstruksjon	Glassullisolasjon	1267	m2
261 - Primærkonstruksjon	OSB plater	1267	m2
261 - Primærkonstruksjon	Plastmembraner	1267	m2
262 - Taktekning	OSB plater	1267	m2
262 - Taktekning	Bitumen og annen taktekking	1267	m2
281 - Innvendige trapper	Ferdigbetong for yttervegger og gulv	6,6	m3
281 - Innvendige trapper	Ferdigbetong for yttervegger og gulv	19	m3
281 - Innvendige trapper	Forsterkning stål for betong (rebar)	658	kg
281 - Innvendige trapper	Forsterkning stål for betong (rebar)	1898	kg
284 - Balkonger og verandaer	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	1,5	m3
284 - Balkonger og verandaer	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	76	m2

5.2. nNEB Boligblokk

Byggningsdel	Ressurstype	Mengde	Enhet
222 - Søylar	Krysslaminert tømmer (CLT), limtre og laminert finertømmer (LVL)	4,9	m3
223 - Bjelker	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	16	m3
231 - Bærende ytterverger	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	46	m2
231 - Bærende ytterverger	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	67	m2
231 - Bærende ytterverger	Glassullisolasjon	513	m2
231 - Bærende ytterverger	Glassullisolasjon	534	m2
231 - Bærende ytterverger	Vanlig gipsplater	580	m2
231 - Bærende ytterverger	Plastmembraner	580	m2
231 - Bærende ytterverger	Vanlig gipsplater	580	m2
234 - Vinduer, dører, porter	Metall- og industrideører	6,6	m2
234 - Vinduer, dører, porter	Aluminium	101	kg
234 - Vinduer, dører, porter	Planglass	225	m2
234 - Vinduer, dører, porter	Planglass	225	m2
234 - Vinduer, dører, porter	Planglass	225	m2
234 - Vinduer, dører, porter	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	1350	kg
235 - Utvendig kledning og overflate	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	52	m2
235 - Utvendig kledning og overflate	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	580	m2
235 - Utvendig kledning og overflate	Maling, belegg og lakk	580	m2
241 - Bærende innvervegger	Maling, belegg og lakk	47	kg
241 - Bærende innvervegger	Mørtel (murverk / murstein)	175	m2
241 - Bærende innvervegger	Gassbetong (trykkerdet lettbetong) produkter	175	m2
241 - Bærende innvervegger	Mørtel (murverk / murstein)	175	m2
241 - Bærende innvervegger	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	211	m2
241 - Bærende innvervegger	Maling, belegg og lakk	488	kg
241 - Bærende innvervegger	Glassullisolasjon	1609	m2
241 - Bærende innvervegger	Vanlig gipsplater	1820	m2
241 - Bærende innvervegger	Vanlig gipsplater	1820	m2
241 - Bærende innvervegger	Mørtel (murverk / murstein)	2632	kg
244 - Vinduer, dører, foldevegger	Tre- og trebrettdører	373	m2
251 - Frittstående dekker	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	97	m2
251 - Frittstående dekker	Glassullisolasjon	560	m2
251 - Frittstående dekker	Vanlig gipsplater	657	m2
251 - Frittstående dekker	Sponplater	657	m2
251 - Frittstående dekker	Mørtel (murverk / murstein)	657	m2
252 - Gulv på grunn	EPS (utvidet polystyren) isolasjon	49	m2
252 - Gulv på grunn	EPS (utvidet polystyren) isolasjon	329	m2
252 - Gulv på grunn	Ferdigbetong for yttervegger og gulv	329	m2
252 - Gulv på grunn	Plastmembraner	329	m2
252 - Gulv på grunn	Mørtel (murverk / murstein)	329	m2
252 - Gulv på grunn	Forsterkning stål for betong (rebar)	8883	kg
255 - Gulvoverflate	Plastgulv	180	m2
255 - Gulvoverflate	Tetningsmasse (silikon og andre)	180	m2
255 - Gulvoverflate	Mørtel (murverk / murstein)	180	m2

NOTAT

255 - Gulvoverflate	Vegg- og gulvfliser	180	m2
255 - Gulvoverflate	Plastmembraner	540	m2
255 - Gulvoverflate	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	540	m2
256 - Faste himlinger og overflatebehandling	Maling, belegg og lakk	241	kg
256 - Faste himlinger og overflatebehandling	Vanlig gipsplater	900	m2
261 - Primærkonstruksjon	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	13	m3
261 - Primærkonstruksjon	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	30	m2
261 - Primærkonstruksjon	Plastmembraner	329	m2
261 - Primærkonstruksjon	Glassullisolasjon	329	m2
261 - Primærkonstruksjon	OSB plater	329	m2
261 - Primærkonstruksjon	Plastmembraner	329	m2
262 - Taktekning	OSB plater	329	m2
262 - Taktekning	Bitumen og annen taktekking	329	m2
281 - Innvendige trapper	Ferdigbetong for yttervegger og gulv	5,4	m3
281 - Innvendige trapper	Ferdigbetong for yttervegger og gulv	16	m3
281 - Innvendige trapper	Forsterkning stål for betong (rebar)	539	kg
281 - Innvendige trapper	Forsterkning stål for betong (rebar)	1553	kg
284 - Balkonger og verandaer	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	3,9	m3
284 - Balkonger og verandaer	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	198	m2

5.3. nNEB Småhus

Byggningsdel	Ressurstype	Mengde	Enhet
222 - Søyler	Krysslaminert tømmer (CLT), limtre og laminert finertømmer (LVL)	2,3	m3
223 - Bjelker	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	4,2	m3
231 - Bærende ytterverger	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	18	m2
231 - Bærende ytterverger	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	27	m2
231 - Bærende ytterverger	Glassullisolasjon	203	m2
231 - Bærende ytterverger	Glassullisolasjon	212	m2
231 - Bærende ytterverger	Vanlig gipsplater	230	m2
231 - Bærende ytterverger	Plastmembraner	230	m2
231 - Bærende ytterverger	Vanlig gipsplater	230	m2
234 - Vinduer, dører, porter	Metall- og industrideører	1,9	m2
234 - Vinduer, dører, porter	Aluminium	18	kg
234 - Vinduer, dører, porter	Planglass	40	m2
234 - Vinduer, dører, porter	Planglass	40	m2
234 - Vinduer, dører, porter	Planglass	40	m2
234 - Vinduer, dører, porter	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	240	kg
235 - Utvendig kledning og overflate	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	21	m2
235 - Utvendig kledning og overflate	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	230	m2
235 - Utvendig kledning og overflate	Maling, belegg og lakk	230	m2
241 - Bærende innvervger	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	26	m2
241 - Bærende innvervger	Maling, belegg og lakk	59	kg
241 - Bærende innvervger	Glassullisolasjon	195	m2
241 - Bærende innvervger	Vanlig gipsplater	221	m2
241 - Bærende innvervger	Vanlig gipsplater	221	m2
244 - Vinduer, dører, foldevegger	Tre- og trebrettdører	25	m2
251 - Frittstående dekker	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	14	m2
251 - Frittstående dekker	Glassullisolasjon	82	m2
251 - Frittstående dekker	Vanlig gipsplater	96	m2
251 - Frittstående dekker	Sponplater	96	m2
251 - Frittstående dekker	Mørtel (murverk / murstein)	96	m2
252 - Gulv på grunn	EPS (utvidet polystyren) isolasjon	26	m2
252 - Gulv på grunn	EPS (utvidet polystyren) isolasjon	96	m2
252 - Gulv på grunn	Ferdigbetong for yttervegger og gulv	96	m2
252 - Gulv på grunn	Plastmembraner	96	m2
252 - Gulv på grunn	Mørtel (murverk / murstein)	96	m2
252 - Gulv på grunn	Forsterkning stål for betong (rebar)	2592	kg
255 - Gulvoverflate	Plastgulv	24	m2
255 - Gulvoverflate	Tetningsmasse (silikon og andre)	24	m2
255 - Gulvoverflate	Mørtel (murverk / murstein)	24	m2
255 - Gulvoverflate	Vegg- og gulvfliser	24	m2
255 - Gulvoverflate	Plastmembraner	112	m2
255 - Gulvoverflate	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	112	m2
256 - Faste himlinger og overflatebehandling	Maling, belegg og lakk	43	kg
256 - Faste himlinger og overflatebehandling	Vanlig gipsplater	160	m2

NOTAT

261 - Primærkonstruksjon	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	3,8	m3
261 - Primærkonstruksjon	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	8,6	m2
261 - Primærkonstruksjon	Plastmembraner	96	m2
261 - Primærkonstruksjon	Glassullisolasjon	96	m2
261 - Primærkonstruksjon	OSB plater	96	m2
261 - Primærkonstruksjon	Plastmembraner	96	m2
262 - Taktekning	OSB plater	115	m2
262 - Taktekning	Bitumen og annen taktekking	115	m2
281 - Innvendige trapper	Ferdigbetong for yttervegger og gulv	3,4	m3
281 - Innvendige trapper	Ferdigbetong for yttervegger og gulv	9,7	m3
281 - Innvendige trapper	Forsterkning stål for betong (rebar)	335	kg
281 - Innvendige trapper	Forsterkning stål for betong (rebar)	966	kg
284 - Balkonger og verandaer	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	0,44	m3
284 - Balkonger og verandaer	Tre / saget tømmer (bartre og hardtre)	22	m2