

HOLON



Klimagassberegning

Solli DPS regulering

Prosjektnummer: 14011

Oppdragsgiver:

Opprettet av: Thomas Lunde Villanger

Kontrollert av: Michaela Blank

Datert: 04.06.2021

Versjon: 00



Innholdsfortegnelse

1	Innledning	3
1.1	Om notatet	3
1.2	Formål	3
1.3	Om prosjektet	3
2	Metode	4
2.1	Systemgrenser	4
2.2	Bygningsdeler	4
2.3	Funksjonelle enheter	5
3	Data	6
3.1	BOP2	6
3.2	BOP5	6
4	Resultater	7
4.1	BOP2	7
4.1.1	Nybygg TEK17-standard	7
4.1.2	Rehabilitering TEK17-rehabilitering	7
4.1.3	Eksisterende bygg-riving	8
4.2	BOP3 TEK17-standard	9
4.3	BOP4 TEK17-standard	9
4.4	BOP5	10
4.4.1	TEK17-standard	10
4.4.2	TEK17-trekonstruksjon	11
4.4.3	TEK-17 stålramme	11
4.4.4	TEK17-prefabrikkert betong	12
4.4.5	TEK17-in-situ betong	13
4.4.6	Passivhus-standard	13
4.5	BOP6 TEK17-standard	14
4.6	BOP7 TEK17-standard	14
4.7	Sammenligning	15
4.7.1	Scenario BOP2	15
4.7.2	Scenario BOP5	15
4.8	Følsomhetsanalyse	17
5	Vurdering	17
5.1	Materialvalg	17
5.2	Utslippsreducerende tiltak	18
6	Konklusjon	18



1 Innledning

1.1 Om notatet

I henhold til Bergen KPA 2018-2030 skal det for reguleringsplaner redegjøres for tiltak for minimering av energibruk, klimagassutslipp og valg av energiløsninger og byggematerialer. I tillegg skal det utføres klimagassberegninger for nybygg over 1000 kvm, jf. §18-4.

I forbindelse med regulering av Solli DPS er Holon Bergen AS engasjert for å utføre innledende klimagassberegninger på tomten. Resultatene vil kunne videreføres til senere prosjekter på tomten.

1.2 Formål

Formålet med dette notatet er å kartlegge klimagassutslipp ved bruk av referansebygg.

1.3 Om prosjektet

For informasjon om prosjektet henvises til reguleringsplan. Reguleringsplanen inneholder regulering av 6 bygningsmasser.



2 Metode

NS 3720:2018 «Metode for klimagassberegninger for bygninger» er lagt til grunn for beregningene utført i programvaren «One Click LCA». Programvaren er også benyttet til å generere referansescenarier basert på Statsbygg sine verdier for referansebygg.

2.1 Systemgrenser

Livsløpsmodulene oppgitt i denne rapporten er definert i systemgrensematrisen i Tabell 1.

Tabell 1: Systemgrense for "Basis med lokalisering"

Informasjon om vurdering av bygningen																	
Informasjon om bygningens livsløp																Tilleggsinformasjon utover bygningens livsløp	
Produkt-stadiet			Gjennomføringsstadiet		Bruksstadiet								Livsløpets sluttstadiet****				Konsekvenser utover systemgrensen
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	C1	C2	C3	C4	D
Råvarer	Transport	Produksjon	Transport	Anlegg-, bygge-, og monteringsarbeid*	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskifting	Ombygging	Energibruk i drift	Vannforbruk i drift**	Transport i drift***	Riving	Transport	Avfallsbehandling	Avhending	Material-, og energigjenvinning og ombruk av materialer og eksport av egenprodusert energi

* Modul A5 inndeles i konsekvenser av tomtebearbeidelse, forarbeid og oppføring av bygget.

** Modul B7 omfattes ikke av NS 3720, men energibruken som går med til å distribuere og varme opp forbruksvann i bygningen, inngår i B6.

*** Modul B8 er ikke omfattet av klimagassberegningen grunnet store usikkerheter rundt brukerantall i denne fasen av prosjektet.

**** For beregning av rivingsutslipp gjelder bare moduler i livsløpets sluttstadier, C1-C4.

2.2 Bygningsdeler

Bygningsdeler som inkluderes i beregningen er oppgitt på tosifret nivå:

- 21 Grunn og fundamenter
- 22 Bæresystemer
- 23 Yttervegger
- 24 Innervegger
- 25 Dekker
- 26 Yttertak
- 28 Trapper, balkonger, m.m.

Bygningsdeler som ikke inkluderes:

- 27 Fast inventar
- 29 Andre bygningsmessige deler



Klimagassberegning

2.3 Funksjonelle enheter

I henhold til NS3720 er generell levetid satt til 60 år, mens materialers levetid er basert på deres oppgitte EPD.

BTA er estimert fra BRA i arealskjema. Arealer for BOP7 inkluderer også arealer for broer.

Tabell 2: Parametere benyttet i klimagassberegningene

Referanseprosjekter	BOP2	BOP2	BOP2	BOP3	BOP4	BOP5	BOP6	BOP7
Formål	nybygg	rehabilitering	riving	nybygg	nybygg	nybygg	nybygg	nybygg
Bygningstype	Kontor	Kontor	Kontor	Sykehus og helsesenter	Kontor	Kontor	Kontor	Kontor
Bruttoareal [m2 BTA]	1270	800	800	4100	650	2200	2350	5000
Totalt bruksareal BRA [m2]	1172	722	722	3849	569	2051	2196	4723
Oppvarmet BRA [m2]	932	642	642	3208	427	1296	1647	3779
Etasjer over bakken	3	3	3	5	3	3	3	4
Etasjer under bakken (uoppvarmet)	0	0	0	1	1	1	1	1
Levetid [år]	60	60	60	60	60	60	60	60



3 Data

Hovedsakelig er det benyttet datakvalitet på nivå 2. Dette er generiske materialer som genereres av One Click LCA for referansebygg.

Utslipp fra byggeplass er inkludert med generiske tall for Norden. Utskiftningsintervaller for materialer er basert på produktenes levetid, mens kapp og svinn er beregnet iht. NS 3720.

Materialtyper, mengder og energibruk er generert i One Click LCA, ved bruk av «Carbon designer»-modulen. Scenario for et standard TEK17-bygg er beregnet for alle 6 bygningsmasser. Programmet produserer sannsynlige mengder og materialer basert på Statsbygg sin beregnede «gjennomsnittlig markedsstandard». Disse mengdene og materialene avhenger av bygningstype, BTA og etasjer, samt referansescenario. Energimiks er definert iht. Scenario 1, definert i NS3720.

3.1 BOP2

BOP2 er beregnet med scenario for både nybygg, rehabilitering og riving. BTA for nybygg er større enn for rehabilitering og riving.

3.2 BOP5

For BOP5 er det i tillegg til standard TEK17-scenario beregnet klimagassutslipp for scenario «Passivhus», «TEK17-trebygg», «TEK17-stålramme», «TEK17-prefab betong» og «TEK17 in-situ betong». BTA, fundamentering og materialer for underetasje er likt i alle scenario.

Strømforbruk i fasen «energi i drift» (B6) er likt i alle TEK17-scenario. Materialtyper, og materialmengder varierer. Variasjonen er ligget primært i bæresystemet.

Passivhus-scenario har i forhold til TEK17-scenario både ulikt strømforbruk, materialtyper og materialmengder.



4 Resultater

4.1 BOP2

4.1.1 Nybygg TEK17-standard

Dette scenariet er basert på standard materialer som benyttes i et TEK17-bygg gitt størrelsen og bygningstypen.

Tabell 3: Klimagassutslipp for BOP2 nybygg etter TEK17-standard

Fase	Sektor	Klimagassutslipp kg CO2e
A1-A3	Byggematerialer	343064
A4	Transport til byggeplass	8264
A5	Byggeplass	16217
B4-B5	Utskiftning og renovering	48487
B6	Energibruk i drift	67210
C1-C4	Slutten på livet	23485
	Total	506727
	Resultat per nevner	
	Per år	8445
	Per m2 BTA	399
	Per m2 BTA per år	7

Bygget har 25496 kg CO2-ekv. biogent karbon som er bundet og lagret i produkter, og som helt eller delvis slippes ut ved avfallshåndtering.

4.1.2 Rehabilitering TEK17-rehabilitering

Dette scenariet er basert på standard materialer som benyttes i et TEK17-bygg gitt størrelsen og bygningstypen. Alle materialer og bygningsdeler ekskludert bæresystem er antatt utskiftet.

Tabell 4: Klimagassutslipp for BOP2 rehabilitering etter TEK17-standard

Fase	Sektor	Klimagassutslipp kg CO2e
A1-A3	Byggematerialer	277177
A4	Transport til byggeplass	7222
A5	Byggeplass	13430
B4-B5	Utskiftning og renovering	39349
B6	Energibruk i drift	67239
C1-C4	Slutten på livet	19937
	Total	424354
	Resultat per nevner	
	Per år	7073



Klimagassberegning

	Per m2 BTA	416
	Per m2 BTA per år	7

Bygget har 22719 kg CO₂-ekv. biogent karbon som er bundet og lagret i produkter, og som helt eller delvis slippes ut ved avfallshåndtering.

4.1.3 Eksisterende bygg-riving

Dette scenariet er basert på standard materialer som benyttes i et eksisterende trebygg gitt størrelsen og bygningstypen.

Tabell 5: Klimagassutslipp for BOP2 riving av eksisterende bygg

Fase	Sektor	Klimagassutslipp kg CO ₂ e
A1-A3	Byggematerialer	0
A4	Transport til byggeplass	0
A5	Byggeplass	0
B4-B5	Utskiftning og renovering	0
B6	Energibruk i drift	0
C1-C4	Slutten på livet	16788
	Total	16788
	Resultat per nevner	
	Per m2 BTA	21

Bygget har 72590 kg CO₂-ekv. biogent karbon som er bundet og lagret i produkter, og som helt eller delvis slippes ut ved avfallshåndtering.



Klimagassberegning

4.2 BOP3 TEK17-standard

Dette scenariet er basert på standard materialer som benyttes i et TEK17-bygg gitt størrelsen og bygningstypen.

Tabell 6: Klimagassutslipp for BOP3 TEK17-standard

Fase	Sektor	Klimagassutslipp kg CO2e
A1-A3	Byggematerialer	859326
A4	Transport til byggeplass	20801
A5	Byggeplass	41789
B4-B5	Utskiftning og renovering	112271
B6	Energibruk i drift	440656
C1-C4	Slutten på livet	59816
	Total	1534659
	Resultat per nevner	
	Per år	25578
	Per m2 BTA	374
	Per m2 BTA per år	6

Bygget har 40931 kg CO2-ekv. biogent karbon som er bundet og lagret i produkter, og som helt eller delvis slippes ut ved avfallshåndtering.

4.3 BOP4 TEK17-standard

Dette scenariet er basert på standard materialer som benyttes i et TEK17-bygg gitt størrelsen og bygningstypen.

Tabell 7: Klimagassutslipp for BOP4 TEK17-standard

Fase	Sektor	Klimagassutslipp kg CO2e
A1-A3	Byggematerialer	201718
A4	Transport til byggeplass	5426
A5	Byggeplass	9763
B4-B5	Utskiftning og renovering	19688
B6	Energibruk i drift	30786
C1-C4	Slutten på livet	13191
	Total	280571
	Resultat per nevner	
	Per år	4676
	Per m2 BTA	432
	Per m2 BTA per år	7

Bygget har 15259 kg CO2-ekv. biogent karbon som er bundet og lagret i produkter, og som helt eller delvis slippes ut ved avfallshåndtering.



Klimagassberegning

4.4 BOP5

4.4.1 TEK17-standard

Dette scenariet er basert på standard materialer som benyttes i et TEK17-bygg gitt størrelsen og bygningstypen.

Tabell 8: Klimagassutslipp for BOP5 TEK17-standard

Fase	Sektor	Klimagassutslipp kg CO2e
A1-A3	Byggematerialer	521054
A4	Transport til byggeplass	13123
A5	Byggeplass	24005
B4-B5	Utskiftning og renovering	62260
B6	Energibruk i drift	93520
C1-C4	Slutten på livet	34431
	Total	748394
	Resultat per nevner	
	Per år	12473
	Per m2 BTA	340
	Per m2 BTA per år	6

Bygget har 29414 kg CO2-ekv. biogent karbon som er bundet og lagret i produkter, og som helt eller delvis slippes ut ved avfallshåndtering.



Klimagassberegning

4.4.2 TEK17-trekonstruksjon

Dette scenariet er basert på et TEK17-bygg hovedsakelig av treverk.

Tabell 9: Klimagassutslipp for BOP5 TEK17-trekonstruksjon

Fase	Sektor	Klimagassutslipp kg CO ₂ e
A1-A3	Byggematerialer	262336
A4	Transport til byggeplass	8454
A5	Byggeplass	21393
B4-B5	Utskiftning og renovering	66001
B6	Energibruk i drift	93520
C1-C4	Slutten på livet	35259
	Total	486963
	Resultat per nevner	
	Per år	8116
	Per m ² BTA	221
	Per m ² BTA per år	4

Bygget har 168797 kg CO₂-ekv. biogent karbon som er bundet og lagret i produkter, og som helt eller delvis slippes ut ved avfallshåndtering.

4.4.3 TEK-17 stålramme

Dette scenariet er basert på et TEK17-bygg med rammeverk i stål.

Tabell 10: Klimagassutslipp for BOP5 TEK17-stålramme

Fase	Sektor	Klimagassutslipp kg CO ₂ e
A1-A3	Byggematerialer	514621
A4	Transport til byggeplass	11821
A5	Byggeplass	25252
B4-B5	Utskiftning og renovering	44215
B6	Energibruk i drift	93520
C1-C4	Slutten på livet	29940
	Total	719368
	Resultat per nevner	
	Per år	11989
	Per m ² BTA	327
	Per m ² BTA per år	5

Bygget har 14862 kg CO₂-ekv. biogent karbon som er bundet og lagret i produkter, og som helt eller delvis slippes ut ved avfallshåndtering.



Klimagassberegning

4.4.4 TEK17-prefabrikkert betong

Dette scenariet er basert på et TEK17-bygg med bæresystem i prefabrikkert betong.

Tabell 11: Klimagassutslipp for BOP5 TEK17-prefabrikkert betong

Fase	Sektor	Klimagassutslipp kg CO ₂ e
A1-A3	Byggematerialer	478277
A4	Transport til byggeplass	18091
A5	Byggeplass	22160
B4-B5	Utskiftning og renovering	44336
B6	Energibruk i drift	93520
C1-C4	Slutten på livet	38838
	Total	695222
	Resultat per nevner	
	Per år	11587
	Per m ² BTA	316
	Per m ² BTA per år	5

Bygget har 14862 kg CO₂-ekv. biogent karbon som er bundet og lagret i produkter, og som helt eller delvis slippes ut ved avfallshåndtering.



Klimagassberegning

4.4.5 TEK17-in-situ betong

Dette scenariet er basert på et TEK17-bygg med bæresystem i prefabrikkert betong.

Tabell 12: Klimagassutslipp for BOP5 TEK17-in-situ betong

Fase	Sektor	Klimagassutslipp kg CO2e
A1-A3	Byggematerialer	514586
A4	Transport til byggeplass	26259
A5	Byggeplass	26557
B4-B5	Utskiftning og renovering	44336
B6	Energibruk i drift	93520
C1-C4	Slutten på livet	42876
	Total	748134
	Resultat per nevner	
	Per år	12469
	Per m2 BTA	340
	Per m2 BTA per år	6

Bygget har 14862 kg CO2-ekv. biogent karbon som er bundet og lagret i produkter, og som helt eller delvis slippes ut ved avfallshåndtering.

4.4.6 Passivhus-standard

Dette scenariet er basert på et gjennomsnittlig bygg i passivhusstandard.

Tabell 13: Klimagassutslipp for BOP5 passivhus-standard

Fase	Sektor	Klimagassutslipp kg CO2e
A1-A3	Byggematerialer	521054
A4	Transport til byggeplass	13123
A5	Byggeplass	24005
B4-B5	Utskiftning og renovering	62260
B6	Energibruk i drift	90698
C1-C4	Slutten på livet	34431
	Total	745572
	Resultat per nevner	
	Per år	12426
	Per m2 BTA	339
	Per m2 BTA per år	6

Bygget har 29414 kg CO2-ekv. biogent karbon som er bundet og lagret i produkter, og som helt eller delvis slippes ut ved avfallshåndtering.



4.5 BOP6 TEK17-standard

Dette scenariet er basert på standard materialer som benyttes i et TEK17-bygg gitt størrelsen og bygningstypen.

Tabell 14: Klimagassutslipp BOP6

Fase	Sektor	Klimagassutslipp kg CO ₂ e
A1-A3	Byggematerialer	545594
A4	Transport til byggeplass	13817
A5	Byggeplass	25129
B4-B5	Utskiftning og renovering	66428
B6	Energibruk i drift	118794
C1-C4	Slutten på livet	36380
	Total	806142
	Resultat per nevner	
	Per år	13436
	Per m ² BTA	343
	Per m ² BTA per år	6

Bygget har 30588 kg CO₂-ekv. biogent karbon som er bundet og lagret i produkter, og som helt eller delvis slippes ut ved avfallshåndtering.

4.6 BOP7 TEK17-standard

Dette scenariet er basert på standard materialer som benyttes i et TEK17-bygg gitt størrelsen og bygningstypen.

Tabell 15: Klimagassutslipp BOP7

Fase	Sektor	Klimagassutslipp kg CO ₂ e
A1-A3	Byggematerialer	1065068
A4	Transport til byggeplass	25731
A5	Byggeplass	48487
B4-B5	Utskiftning og renovering	137250
B6	Energibruk i drift	272482
C1-C4	Slutten på livet	73044
	Total	1622061
	Resultat per nevner	
	Per år	27034
	Per m ² BTA	343
	Per m ² BTA per år	5

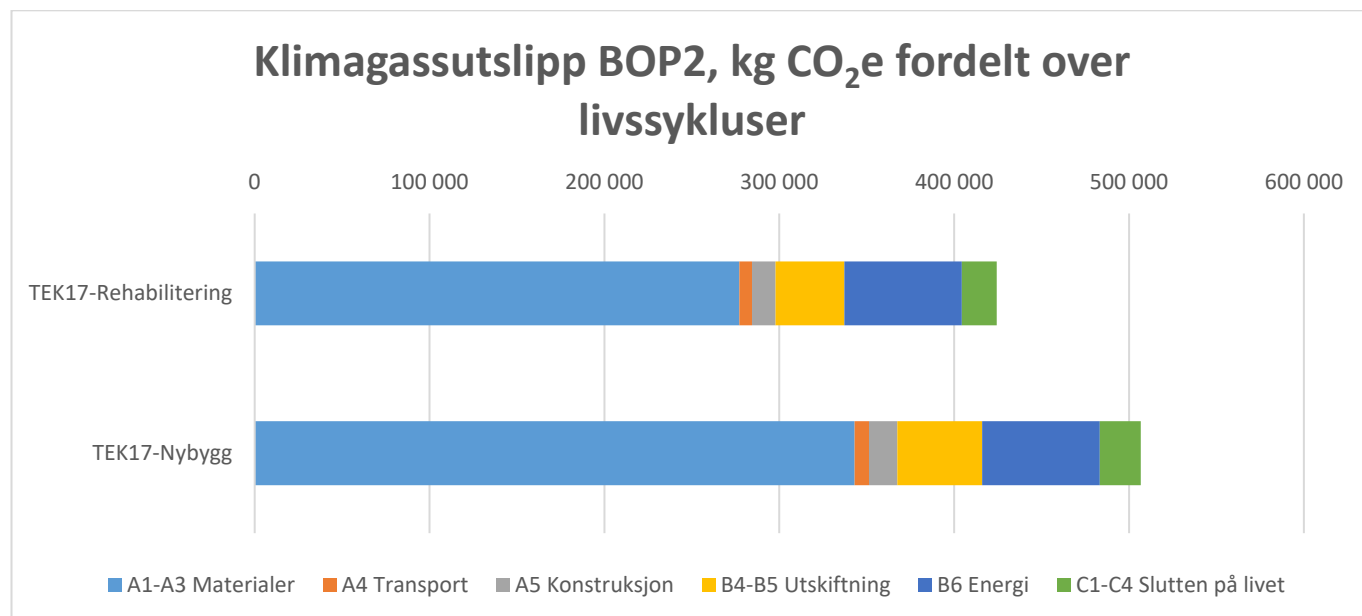
Bygget har 59854 kg CO₂-ekv. biogent karbon som er bundet og lagret i produkter, og som helt eller delvis slippes ut ved avfallshåndtering.



4.7 Sammenligning

4.7.1 Scenario BOP2

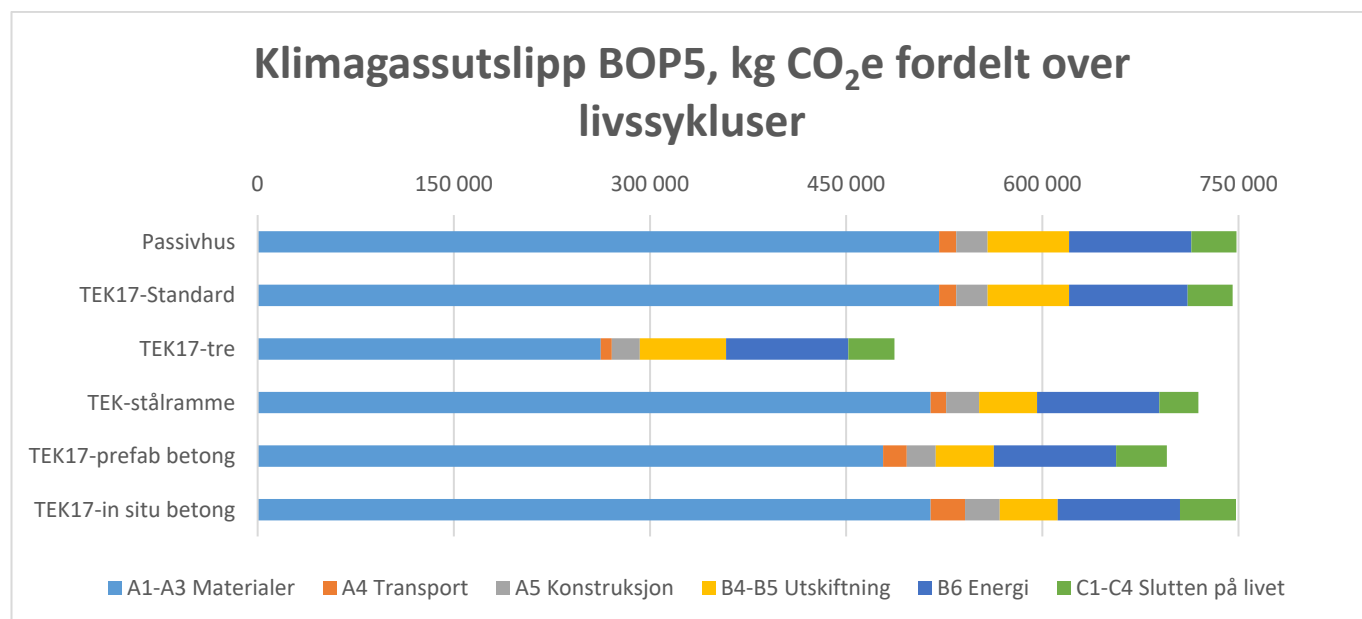
BOP2 er beregnet med scenario for både rehabilitering og for komplett nybygg. Nybygg-scenariet forutsetter større utbygging enn rehabilitering av eksisterende. Bærekonstruksjon i rehabilitering er forutsatt gjenbrukt.



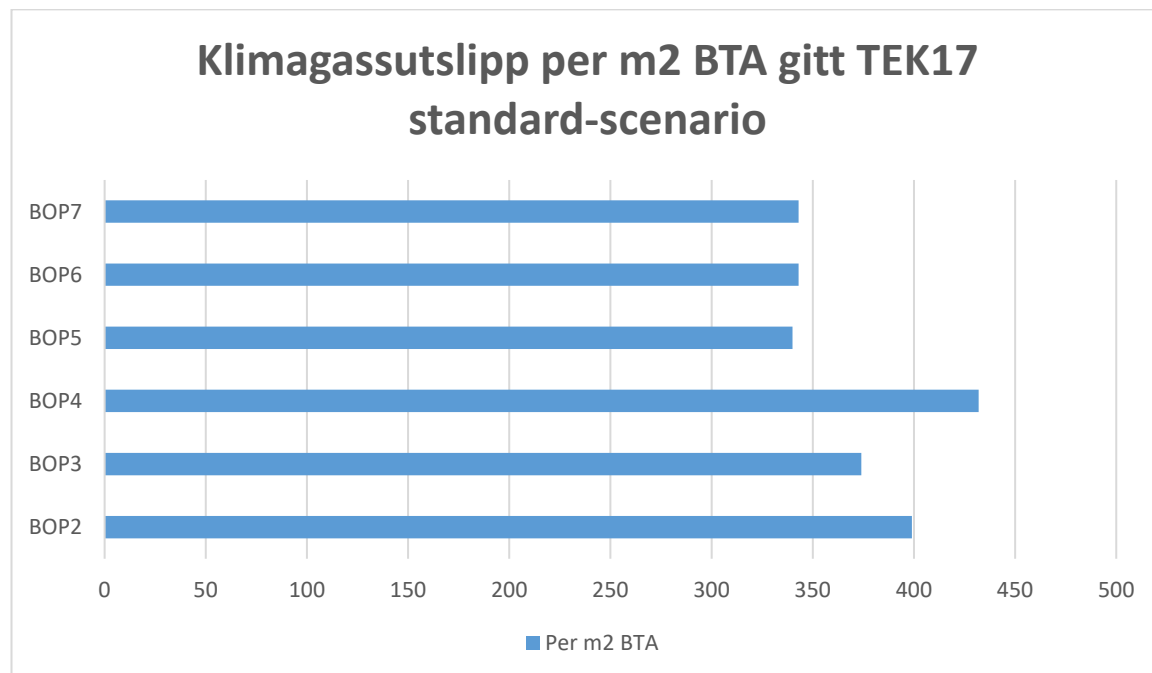
Figur 1: Sammenligning av ulike scenario BOP2

4.7.2 Scenario BOP5

BOP5 er beregnet med ulike elektrisitet og material-scenario. Disse er vist i Figur 2. Et bygg iht. TEK17-tre estimeres til å ha 16% lavere utslipp enn et gjennomsnittlig TEK17-bygg.



Figur 2: Sammenligning av scenario for BOP5



Figur 3: Sammenligning av klimagassutslipp per m2 BTA på de ulike bygningsmassene



4.8 Følsomhetsanalyse

Klimaveileder for Bergen kommune fastslår at det skal framlegges to energiscenario. Tiltakenes totale utslipp skal presenteres med Scenario 1.

Scenario 1 er definert som «Norsk miks (NO-3 års gjennomsnitt, 60 års projeksjon)».

Scenario 2 er definert som «Europeisk miks (EU28+NO 3 års gjennomsnitt, 60 års projeksjon)».

Tabell 16: Følsomhetsanalyse energiscenario BOP5

Scenario for BOP5 TEK17	Profil	Energiforbruk	Klimagassutslipp
Scenario 1	2016 18-60	126706 [kWh]	94 [tonn CO2e]
Scenario 2	2016 18-60	126706 [kWh]	936 [tonn CO2e]
Scenario for BOP5 passivhus			
Scenario 1	2016 18-60	122883 [kWh]	91 [tonn CO2e]
Scenario 2	2016 18-60	122883 [kWh]	908 [tonn CO2e]

Passivhus har noe lavere klimagassutslipp for energiforbruk enn TEK17.

Det er betraktelige utslippsforskjeller mellom norsk og europeisk energimiks, tilnærmet en faktor på 10.

Tabell 17: Følsomhetsanalyse energiscenario TEK17

Bygg	Profil	Energiforbruk TEK17	Scenario 1	Scenario 2
		[kWh]	[tonn CO2e]	[tonn CO2e]
BOP2	2016 18-60	91099	67	673
BOP3	2016 18-60	597025	440	4410
BOP4	2016 18-60	41710	31	308
BOP5	2016 18-60	126706	94	936
BOP6	2016 18-60	160948	119	1189
BOP7	2016 18-60	369173	272	2727

Referansebygg for kontor og sykehus har også store energiforskjeller, som man ser på det store forbruket for BOP3.

5 Vurdering

5.1 Materialvalg

Mer enn 60% av klimagassutslippene i fase A1-A3 i referansebygg «TEK17 standard» kommer fra bæresystemet. Referansebyggene benytter hovedsakelig generiske norske verdier, og det oppfordres til å redusere utslippene ved å vurdere konkrete produkter med lave utslippsfaktorer, samt å følge tiltakene oppgitt i Tabell 18.



5.2 Utslippsreducerende tiltak

Generelle tiltak for reduksjon av utslipp er oppgitt i Tabell 18.

Tabell 18: Utslippsreducerende tiltak i synkende prioriteringsrekkefølge

Materiale	Anbefaling	Forklaring
Ombruk/ gjenbruk	Gjenbruk fra bærekonstruksjon, betongelementer (dekke, trapper o.l.), tegl, stålelementer, osv.	Ombruk/gjenbruk i eget prosjekt fra eksisterende bygningsmasse på stedet eller fra naboprosjekter. Ombruk og rehabilitering av blant de mest klimaeffektive tiltakene som finnes.
Trevirke	Gjenbruk bærekonstruksjon, dekker, kledning, interiør	Å benytte trevirke fremfor stål og betong gir store reduksjoner i klimagassutslipp. Dette gjelder både massivtre som bærekonstruksjon og etasjeskiller, balkongdekke av trevirke, o.l.
Betong	Redusere materialvolum	Konstruksjonsutforming, spennvidder og tverrsnittdimensjoner har stor betydning for betongforbruk. Benytt hulldekker, bubbledeck, o.l. fremfor in-situ-løsninger.
	Benytte lavkarbonbetong, både prefabrikkert og plasstøpt	Lavkarbonbetong B er nå standard i store deler av landet. Lavkarbonbetong A er mer ambisiøs, men nokså vanlig og ikke nødvendigvis fordyrende. Lavkarbon Pluss og Ekstrem vil gi langt mindre klimagassutslipp, men krever større investering.
	Benytte lavvarmebetong	Lavvarmebetong gir ofte lavkarbonbetong som rekkefølgekonsekvens.
	Valg av fasthetsklasse og eksponeringsklasse	Velg så lave klasser som mulig. Ofte er B20 og B25 tilstrekkelig.
Metaller	Redusere materialvolum/mengde	Velg slanke og smarte bæresystemer.
	Benytte høy resirkuleringsgrad	Produksjon av jomfruelig stål er svært energikrevende. Velg alltid produkter med høyest mulig andel resirkulert materiale.
Isolasjon	Velg riktig isolasjonstype	Isolasjonsmaterialer basert på mineralull har mindre energibruk og klimagassutslipp i produksjonen enn XPS, EPS og VIP. EPS har lavere miljøpåvirkning enn XPS, og XPS igjen lavere enn VIP. Økt isolasjonstykkelse fører til netto energibesparelse, også for materialene med høyest energibruk i produksjon.
Levetid og material-transport	Velg produkter som har lang levetid og kort transportdistanse.	Materialer med lang levetid har ofte lavere utslipp totalt over hele sitt livsløp enn produkter med kortere levetid. Lange transportdistanser for klimavennlige materialer kan føre til større utslipp enn kortreiste mindre klimavennlige materialer og må derfor vurderes i hvert tilfelle.

6 Konklusjon

Resultatene av klimagassberegningen gir en indikasjon på forskjellene i utslipp mellom ulike materialbruk i bæresystem og TEK17/Passivhus-scenario. Materialvalg av bæresystem er største faktor. Bruken av bygget påvirker også energiforbruket i stor grad, som man observerer i Tabell 17. Større bygg har typisk mindre klimagassutslipp per BTA. Referansebyggene gir indikasjoner på hvilke klimakrav man bør stille til prosjekterte bygg i senere faser.