

Klimagassregnskap MiST KVU

Oppdrag 16200581
Kunde Trondheim Kommune

Revisjon 26.04.2023
Opprettet av Sandra Heese Elbe
Kontrollert av Sareh Saeidi Derakhshi



Revisjoner

Revisjon	Dato	Kommentar	Utført	Kontrollert	Godkjent
1	21.04.23		Sandra Heese Elbe		
2	26.04.23		Sandra Heese Elbe	26.04.23	SSD

3

SAMMENDRAG

Dette notatet omhandler andre utkast på klimagassberegninger for prosjektet konseptutvalgutredning i sammenheng med nytt *Museum for kunst og form i Trondheim*.

Hensikten med notatet er å sammenlikne de alternative konseptene ved beregnede foreløpige klimagassutslipp og anbefale strategier for å redusere klimafotavtrykket til prosjektet som helhet.

Anbefalinger for å redusere klimafotavtrykket er gjort med bakgrunn i erfaringer med byggeprinsipp (konstruksjonsprinsipp og valg av materialer), energikonsepter og transportkonsepter. Nedenfor er en oversikt over de beregnede totale utslippene for prosjektet gitt i endret prosjekteringsunderlag, den 23.04.2023:

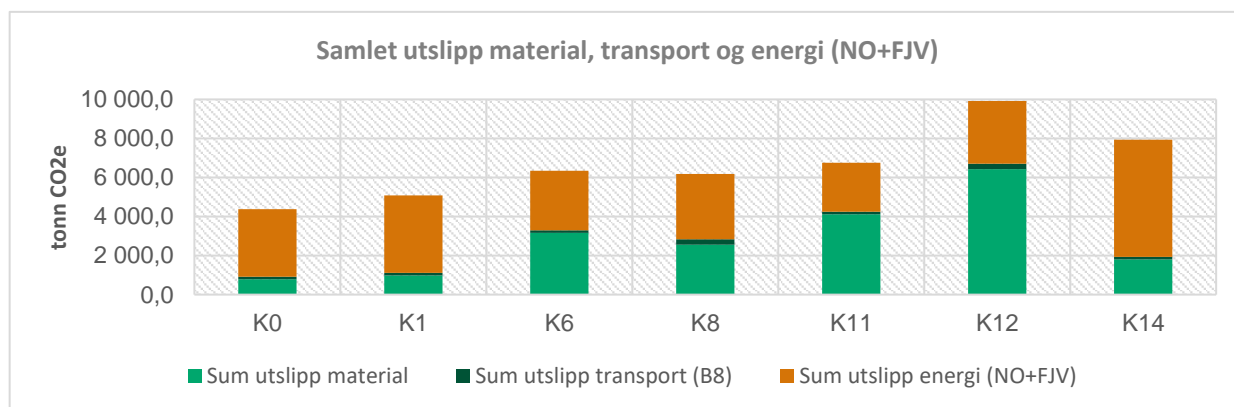
Total NO+EU+FJV	K0	K1	K6	K8	K11	K12	K14
BTA	7100	8450	14200	16600	16600	22300	18600
tonn CO2e (60år)	6157	7454	12369	11265	13312	18362	14403
kg CO2e/år	102616	124240	206150	187746	221859	306030	240049
kg CO2e/m2	867,2	882,2	871,1	678,6	801,9	823,4	774,4
kg CO2e/m2/år	14,5	14,7	14,5	11,3	13,4	13,7	12,9

*resultatene i tabellen over forutsetter norsk-europeisk utslippsfaktor fra elektrisitet og fjernvarme

Total NO+FJV	K0	K1	K6	K8	K11	K12	K14
BTA	7100	8450	14200	16600	16600	22300	18600
tonn CO2e (60år)	4370	5077	6338	6176	6749	9914	7930
kg CO2e/år	72825	84611	105637	102927	112478	165231	132173
kg CO2e/m2	615,4	600,8	446,4	372,0	406,5	444,6	426,4
kg CO2e/m2/år	10,3	10,0	7,4	6,2	6,8	7,4	7,1

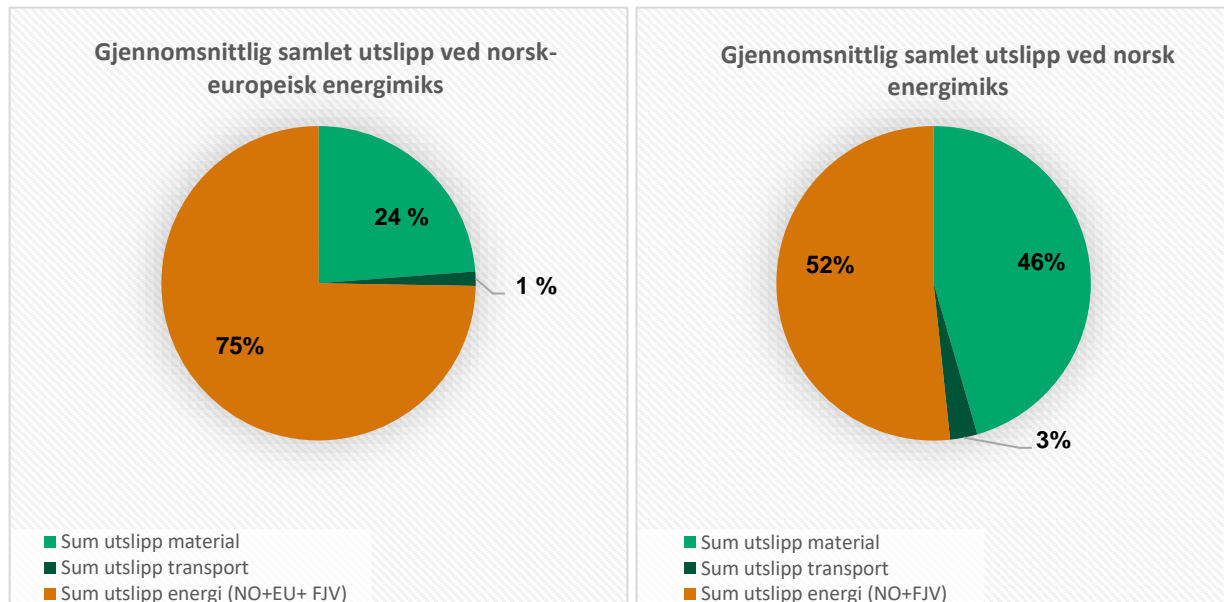
*resultatene i tabellen over forutsetter norsk utslippsfaktor fra elektrisitet og fjernvarme

Resultatene viser at konsept K1 ligger an til lavest klimagassutslipp totalt hvis man ser bort fra K0-konseptet der tiltak ikke går utover renovering av eksisterende bygninger til NKIM og TKM. K12 viser de høyeste totale utslippene, men dette konsept er en ren nybyggvariant – den virker mest avansert og byr også på størst areal. Konsept K8 med utgangspunkt i DORA II leses som et konsept der kombinasjon av eksisterende og nybygg kan gi klimagassutslipp på moderat nivå samtidig som det kan by på mye konseptuell og arkitektonisk frihet, se også tabell under punkt 7.1.



*resultatene i tabellen over forutsetter norsk utslippsfaktor fra elektrisitet og fjernvarme

Ser en på illustrasjon av gjennomsnittlig samlet utslipp fra alle konseptene over 60 år viser det seg at de største utslipp generes fra energi i drift henholdsvis 75% ved norsk, europeisk energimiks og 52% ved norsk energimiks. Materialene utgjør gjennomsnittlig henholdsvis 24% og 46% - er altså ikke uvesentlig faktor for energiutslipp og bidrar til potensiale for energibesparelse. Mens transportutslippene er marginalisert til 1% og 3% av de totale utslippene.



Materialbruk – innledende vurderinger og anbefalinger

Innledende beregnet utslipp fra material i som vist i tabell under.

tonn CO2e (60 år)	Utslipp eksisterende material	Utslipp nybygg material	Sum utslipp material
K0	781,3	0,0	781,3
K1	978,6	0,0	978,6
K6	888,4	2277,5	3166,0
K8	940,9	1617,8	2558,7
K11	0,0	4116,9	4116,9
K12	0,0	6429,0	6429,0
K14	1799,6	0,0	1799,6

De største utslippene fra materialer skjer i forbindelse med produksjonsfasen A1-A3. Det betyr at de største utslippskuttene fra materialer oppnås ved enten å benytte andre materialer med lavere utslipp fra produksjon, eller bruke lavkarbonalternativer innenfor samme materialgruppe.

Det anbefales derfor å arbeide systematisk med valg av materialer i videre prosjektering, deretter velge produkter og sette krav til terskelnivå på utslipp (velge lavkarbonalternativer) innenfor særlig de store materialgruppene i prosjektet. Materialgruppene som det anbefales å stille krav til er: betong (dekker), armeringsjern, isolasjon, glass i vinduer og balkongdører og gipsplater. Forslag til terskelverdier for utslipp for store materialgrupper kan utarbeides i neste fase og kan brukes som underlag til krav i anbud. Det anbefales videre arbeid med utslippsreduksjon for materialer etter Grønn Byggallianse sin veileder «Grønn Materialguide Versjon 3.1»

Viktige beslutninger som påvirker klimagassutslipp kan være valg av leverandør med sikt på transportdistanse, levetid for planlagte materialer samt løsninger og fleksibilitet av planløsninger mv.

Energi – innledende vurderinger og anbefalinger

Innledende beregnet utslipp fra energi i som vist i tabell under. Det er vist både norsk-europeisk energimiks med fjernvarme fra Statkraft og norsk energimiks med fjernvarme fra Statkraft.

tonn CO2e (60 år)	Totale utslipp (NO+EU+ FJV)	Totale utslipp (NO+FJV)
K0	6156,9	4369,5
K1	7454,4	5076,6
K6	12369,0	6338,2
K8	11264,8	6175,6
K11	13311,6	6748,7
K12	18361,8	9913,9
K14	14402,9	7930,4

Når prosjektet videreutvikles, bør klimagassberegningen revideres og konsekvens for klimagassutslipp vurderes. Valg av andre forutsetninger for energi vil kunne gi andre resultater. Alle tiltak som reduserer oppvarmings- og elbehov til byggene, som f.eks. energieffektiviseringstiltak, vurdering av lokal energiproduksjon som til eksempel med solceller og å benytte seg av alternative fornybare energileveranser vil kunne redusere utslipp fra energibruk i drift betydelig.

Vurderinger og anbefalinger for transport

Innledende beregnet utslipp fra energi i som vist i tabell under.

tonn CO2e (60 år)	Sum utslipp transport
K0	136,4
K1	136,4
K6	136,4
K8	272,7
K11	136,4
K12	272,7
K14	136,4

Klimagassberegninger for mobilitet er forbundet med betydelig høyere usikkerhet enn beregninger for materialbruk og energi. Informasjon om reisevaner og fremtidsutvikling er som regel mindre tilgjengelig for prosjektene enn informasjon om materialvalg og energiløsning. Fremtidig utvikling er avhengig av mange faktorer.

Konseptenes plassering og tomtevalg og dermed tilgang til kollektivtilbud i område er viktig for reduisering av klimagassutslippene. Utenfor sentrum kan en enda mer begrenset parkeringsdekning i prosjektet, tilrettelegging for sykkelparkering under tak og ladestasjoner for el-bil, vurderes som tiltak for å redusere utslipp fra transport ytterligere.

I tillegg til klimagassutslipp er det andre forhold som må inngå i vurderingen:

- Eiendommens egnethet med tanke på antikvariske hensyn i sammenheng med fredet/vernete bygg og områder i Trondheim bysentrum.
- Arkitektonisk egnethet for alle aspekter som er særdeles avgjørende for museums- og tilhørende publikumsarealer som sikkerhet, tilgjengelighet, inn klima, takhøyder og ikke minst **estetikk**.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	7
2	MiST KVU prosjektbeskrivelse	7
3	Metode og sentrale inndata	8
4	Utslipp fra materialer	9
4.1	Beregningsalternativer og forutsetninger	9
4.2	Utslipp materialer K0	10
4.3	Utslipp materialer K1	11
4.4	Utslipp materialer K6	11
4.5	Utslipp materialer K8	12
4.6	Utslipp materialer K11	11
4.7	Utslipp materialer K12	11
4.8	Utslipp materialer K14	12
4.9	Sammenlikning utslipp material alle konsepter	12
5	Utslipp fra energi i drift (B6)	13
5.1	Forutsetninger og beregningsalternativer	13
5.2	Utslipp energi for alle konsepter	14
6	Utslipp fra transport i drift (B8)	15
6.1	Forutsetninger og beregningsalternativer	15
6.2	Utslipp transport for alle konsepter	16

7	Totale utslipp for bygningsmaterialer, energibruk og transport i drift	18
7.1	Sammenstilling av resultater	18
7.2	Vurderinger og råd til videre prosjektering	19
8	Konklusjon	21

1 Innledning

Dette notatet er representert første fase på klimagassberegninger for konseptutvalgtredning i sammenheng med nytt **Museum for kunst og form i Trondheim**.

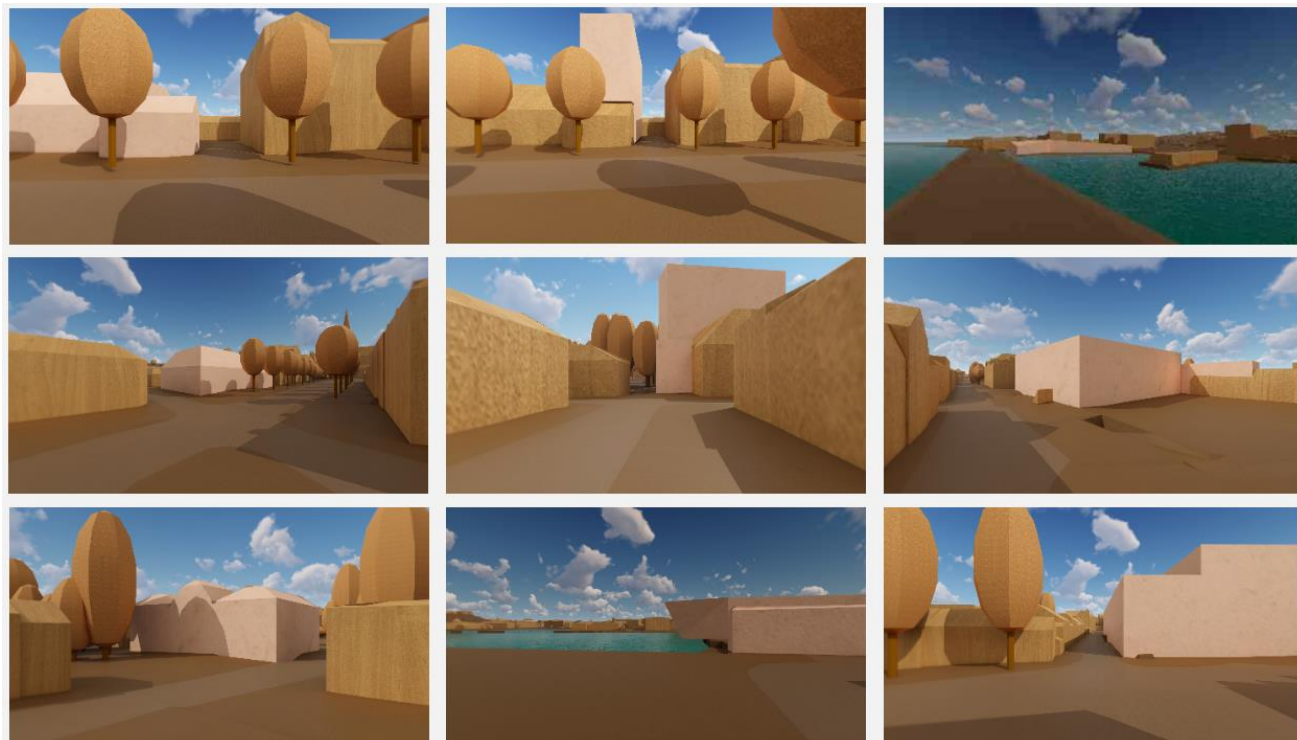
Prosjektet er i fasen konseptutredning, rapporten skal kvalitetssikres og det må forventes oppdateringer av regnskapet. Hensikten med notatet er å vise foreløpige klimagassutslipp for de ulike konseptene som gir en indikator på forventede utslipp av designet, lokalisering, forhold mellom eksisterende bygg og nybygg og en generell anbefalte strategier for å redusere klimafotavtrykk til prosjektet som helhet.

Notatet beskriver først prosjektet og hvilke forutsetninger for beregningene som ligger til grunn. Deretter presenteres resultater av utslippsberegningene for ulike konsepter, lokaler og energikonsept. Til slutt gis det en anbefalte forslag til videre utredningstiltak for å redusere klimafotavtrykket til prosjektet som helhet.

2 MiST KVU prosjektbeskrivelse

Virksomhetene *Trondheim kunstmuseum* og *Nordenfjeldske Kunstindustrimuseum* skal samlokaliseres til «**Museum for kunst og form i Trondheim**».

PWC og LINK arkitektur har utarbeidet et beslutningsgrunnlag med 7 ulike konsepter som skal blant annet belyses med tanke på byplanlegging, arkitektur og klimagassutslipp. Fem av konseptene er lokalisert i Trondheim sentrum, to ved havneområde.



Figur: 3D modellering konsepter i bysammenheng (LINK arkitektur 2023)

3 Metode og sentrale inndata

For å beregne prosjektets klimagassutslipp er det benyttet beregningsprogrammet One Click LCA. Dette verktøyet er lisensbasert og er kompatibel med den norske standarden NS 3720 Metode for klimagassberegninger for bygninger.

Klimagassregnskapet inkluderer bygging, vedlikehold, drift og avhending av bygget. Systemgrensene for byggematerialene er vugge til port (A1-A3), transport til byggeplass (A4), kapp og svinn fra byggeplass (inkludert i A5), energibruk og avfall fra byggeplass (inkludert i A5) samt utskiftning (B1-B5) og avhendingsfase (C1-C4). Det er også gjort beregninger for energibruket i drift (B6) og transport i drift (B8). Omfanget for beregningen er definert til «basis med lokalisering» iht. NS 3720:2018. Bygningens levetid er antatt 60 år.

Sentrale inndata for klimagassberegningen av de 7 konseptstudiene er som følger:

Nr.	Konseptnavn	Eksisterende bygg						Nybygg				
		Bygg antall totalt	Bruker antall	Etasjer over terreng antall	Etasjer over U antall	Summer etasje antall	Etasjer øyde m	Etasjer over terreng antall	Etasjer over U antall	Summer etasje antall	Etasjer øyde m	Konstruksjon Betong
K0	Nullalternativet, Eksisterende bygg	2	216									
	NKIM			4	1	5	4					
	KM			3	1	4	5					
K1	Nullplussalternativet, Gjenbruk	3	216									
	NKIM			4	1	5	4					
	KM			3	1	4	5					
	Kunstforening - eksternt visningslokale			2	1	3	5					
K6	Rådhuskunst - NKIM og Rådhuset	3	216			0						
	NKIM			4	1	5	4					
	Rådhuset			3	1	4	5					
	Nybygg							4		4	5	x
K8	Styrket kultursentrum - Dora II	2	216	2	1	3	5					
	U-båt bunker	1										
	Nybygg							3		3	5	x
K11	Nytt og felles - Leüthenhaven	2	216									
	Nybygg							3		3	5	x
	Nybygg							2		2	5	x
K12	Signalbygget	1	216					2		2	5	x
K14	Urban ekspansjon	3	216			0						
	NKIM			4	1	5	4					
	KM			3	1	4	5					
	Schønningshuset			4	1	5	5					

4 Utslipp fra materialer

Utslipp fra materialer stammer fra produksjon (A1-A3), gjennomføring (A4-A5), utskifting, vedlikehold (B4-B5) og endt levetid (C1-C4) etter 60 år.

Levetiden til materialene i beregningene er satt til det som er standard i OneClick LCA.

Avstand for transport av materialer fra produsent til byggeplass er satt til det som er standard i OneClick LCA.

4.1 Beregningsalternativer og forutsetninger

Beregningsalternativer

For de 7 utvalgte konseptene K0, K1, K6, K8, K11, K12 og K14 er det gjennomført beregninger av utslipp fra materialer for rehabilitering av eksisterende bygninger samt nybygg av supplerende bygg eller hele nybygg. Matrise for forutsatte arealer er vist i figurene under.

Eksisterende bygg: arealer i m ²														
	NKIM		TKM		T Kunstforening		Rådhus		Schøningshuset		U-båt bunker		Sum BTA eksist.	Sum oppv. BRA
	BTA	oppv. BRA	BTA	oppv. BRA	BTA	oppv. BRA	BTA	oppv. BRA	BTA	oppv. BRA	BTA	oppv. BRA		
K0	3900	3679	3200	2972									7100	6651
K1	3900	3679	3200	2972	1350	1215							8450	7866
K6	3900	3679					4500	4240					8400	7919
K8											10800	6000	10800	6000
K11														
K12														
K14	3900	3679	3200	2972					11500	10350			18600	17001

Nybygg: arealer i m ²										
	BTA	oppvarmet BRA	BTA	oppvarmet BRA	BTA	oppvarmet BRA	BTA	oppvarmet BRA	Sum BTA nybygg	Sum oppvarmet BRA
	K0									
K1										
K6	5800	5559							5800	5559
K8	5800	5200							5800	5200
K11	12350	11595	4250	4103					16600	15698
K12	22300	20207							22300	20207
K14									0	

Utforming av bygningene

Utformingen av både eksisterende og nybygg er gjort ved bruk av Carbon designer (OneClick LCA) og definert som et referansebygg iht. Norsk referansebygg v2019.1 med tilsvarende bygningskategori «Kulturbygg». Disse er automatisk generert og det er lagt til grunn generiske utslippsfaktorer for materialene.

Forutsetninger for eksisterende bygninger

Alle eksisterende bygninger (NKIM, KM, Kunstforening, Rådhuset, Schønninghuset, og U-båt bunker) er vernet i ulike vernnivåer ved Norges Direktoratet for kulturminneforvaltning. For å oppnå størst mulig sammenlignbarhet av konseptene har alle eksisterende bygninger ved beregning i Carbon designer fått gjennomgående samme oppsett:

- Tilhørende BTA (se tabell over).
- Eksisterende bærekonstruksjoner som bærevegger, søyler, dekker, bunnplate og takkonstruksjon beholdes.
- Fasade, gulv mot grunn og tak etterisoleres/ tettes.
- Vinduer, ytterdører skiftes ut.
- Innvendige konstruksjoner skiftes ut.
- Supplerende trapper/heissjakt.

Forutsetninger for nye bygninger

For å oppnå størst mulig sammenlignbarhet av konseptene har alle nye bygninger ved beregning i Carbon designer fått gjennomgående samme oppsett:

- Tilhørende BTA (se tabell over).
- Alle elementer som grunnkonstruksjoner, bærekonstruksjoner er i betong. Mengder er generisk beregnet. Etasjehøyde 5 meter.
- Fasade, tak, vinduer, ytterdører, innvendige konstruksjoner: materialer og mengder iht generisk beregning for kulturbygg.
- Alle fundamenter er beregnet stripefundamenter på sand. Unntatt er nybygg i konsept K12 der det antas behov for peling.

Forutsetninger for de inkluderte livsløpmodulene

Parameterne er generisk laget av programvare OneClick LCA.

- A1-A3 - Produksjon av byggematerialer
- A4 - Transport av byggematerialer til byggeplass
- A5 - Kapp og svinn
- B4-B5- Utskifting
- C1-C4 - Riving og avfallshåndtering

4.2 Utslipp materialer K0

Konsept K0 består i gjenbruk av byggene NKIM og TKM som skal oppgraderes i mindre grad. Samlet for hele konseptet er det beregnet materialutslipp på 781 tonn CO_{2e} over 60 år.

	NKIM	TKM	Samlet
BTA	3900	3200	7100
kg CO_{2e} (60år)	415191	366158	781349
kg CO _{2e} /år	6919,85	6102,63	13022,48
kg CO _{2e} /m ²	106,46	114,42	110,05
kg CO _{2e} /m ² /år	1,77	1,91	1,83

4.3 Utslipp materialer K1

Konsept K1 består i gjenbruk av byggene NKIM og TKM samt Trondheims Kunstforening som skal oppgraderes i mindre grad. Samlet for hele konseptet er det beregnet materialutslipp på 979 tonn CO_{2e} over 60 år.

	NKIM	TKM	T Kunstforening	Samlet
BTA	3900	3200	1350	8450
kg CO_{2e} (60år)	415191	366158	197299	978648
kg CO _{2e} /år	6919,85	6102,63	3288,32	16310,80
kg CO _{2e} /m ²	106,46	114,42	146,15	115,82
kg CO _{2e} /m ² /år	1,77	1,91	2,44	1,93

4.4 Utslipp materialer K6

Konsept K6 består i gjenbruk av byggene NKIM og Rådhus samt et nybygg. Samlet for hele konseptet er det beregnet materialutslipp på 3165 tonn CO_{2e} over 60 år.

	NKIM	Rådhus	Nybygg K6 A	Samlet
BTA	3900	4500	5800	14200
kg CO_{2e} (60år)	415191	473236	2277540	3165967
kg CO _{2e} /år	6919,85	7887,27	37959,00	52766,12
kg CO _{2e} /m ²	106,46	105,16	392,68	222,96
kg CO _{2e} /m ² /år	1,77	1,75	6,54	3,72

4.5 Utslipp materialer K8

Konsept K8 består i gjenbruk av u-båt bunker DORA II samt nybygg. Det er tatt høyde for særegenhet ved ruinen til u-båt bunkereren der eksisterende betongkonstruksjoner kan ha en tykkelse fra 1 opptil 3 meter. Samlet for hele konseptet er det beregnet materialutslipp på 2559 tonn CO_{2e} over 60 år.

	U-båt bunker	Nybygg	Samlet
BTA	10800	5800	16600
kg CO_{2e} (60år)	940905	1617767	2558672
kg CO _{2e} /år	15681,75	26962,78	42644,53
kg CO _{2e} /m ²	87,12	278,93	154,14
kg CO _{2e} /m ² /år	1,45	4,65	2,57

4.6 Utslipp materialer K11

Konsept K11 består av to nye bygg. Samlet for hele konseptet er det beregnet materialutslipp på 4117 tonn CO_{2e} over 60 år.

	Nybygg K12 A	Nybygg K12 B	Samlet
BTA	12350	4250	16600
kg CO_{2e} (60år)	2890159	1226728	4116887
kg CO _{2e} /år	48169,32	20445,47	68614,78
kg CO _{2e} /m ²	234,02	288,64	248,01
kg CO _{2e} /m ² /år	3,90	4,81	4,13

4.7 Utslipp materialer K12

Konsept K12 består av ett nytt bygg ved Brattøra havna.

Konseptet har et beregnet materialutslipp på 6429 tonn CO₂e over 60 år.

	Nybygg K13
BTA i m ²	22300
kg CO₂e (60år)	6428953
kg CO ₂ e/år	107149,22
kg CO ₂ e/m ²	288,29
kg CO ₂ e/m ² /år	4,80

4.8 Utslipp materialer K14

Konsept K14 består i gjenbruk av byggene NKIM, TKM og Schøningshuset som i dag brukes som skolebygg.

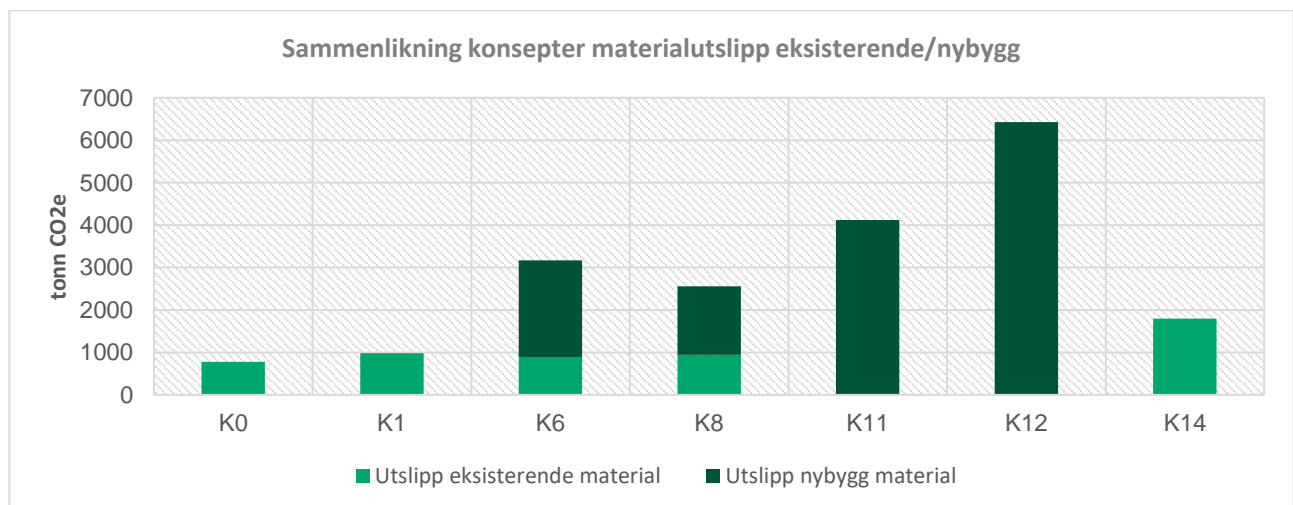
Samlet for hele konseptet er det beregnet materialutslipp på 1800 tonn CO₂e over 60 år.

	NKIM	TKM	Schøningshuset	Samlet
BTA	3900	3200	11500	18600
kg CO₂e (60år)	415191	366158	1018292	1799641
kg CO ₂ e/år	6919,85	6102,63	16971,53	29994,02
kg CO ₂ e/m ²	106,46	114,42	88,55	96,75
kg CO ₂ e/m ² /år	1,77	1,91	1,48	1,61

4.9 Sammenlikning utslipp material alle konsepter

Grafen under viser samlet materialutslipp fra alle konsepter. Det vises også en indikasjon på fordeling av utslipp mellom oppgradering/ rehabilitering av eksisterende bygg og nybygg.

Resultatene viser at konsept K1 ligger an til lavest klimagassutslipp fra materialer hvis man ser bort fra K0-konseptet der tiltaket ikke går utover renovering av eksisterende bygninger til NKIM og TKM. De prosjekterte konseptene som er rene nybygg varianter (K11 og K12) viser de høyeste totale utslippene, men byr også på størst areal. Konsept K8 med utgangspunkt i DORA II leses som et konsept der kombinasjon av eksisterende og nybygg kan gi klimagassutslipp for material på moderat nivå.



Forutsatt at det velges rehabilitering av eksisterende bygg som beskrevet under punkt 4.1 og betongkonstruksjoner for nybyggene kan det forventes utslipp tilsvarende konsepter som vist i tabell under. Det er en sammenlikning av alle utslippsverdier for material: total over 60 år, per år, per m² og per m² og år.

MATERIAL	K0	K1	K6	K8	K11	K12	K14
BTA	7100	8450	14200	16600	16600	22300	18600
kg CO2e (60år)	781349	978648	3165967	2558672	4116887	6428953	1799641
kg CO2e/år	13022	16311	52766	42645	68615	107149	29994
kg CO2e/m2	110,0	115,8	223,0	154,1	248,0	288,3	96,8
kg CO2e/m2/år	1,8	1,9	3,7	2,6	4,1	4,8	1,6

5 Utslipp fra energi i drift (B6)

Utslipp fra energi i drift stammer fra energibruk i løpet av driftsfasen til bygningene (B6) over 60 år. Levert energi brukes som beregningspunkt og utslipp beregnes som levert energi ganger utslippsfaktor for energibærer.

5.1 Forutsetninger og beregningsalternativer

Målet med klimagassberegning av energibruk i drift i tidligfase er å finne de mest optimale energiløsningene som bør legges til grunn for prosjektering av byggene. For å svare på dette er det gjennomført innledende anslagsberegninger i Simien basert på at energibehovet tilfredsstiller rammekravene i TEK 17.

Det er antatt forsyning med fjernvarme fra Statkraft Trondheim. Eventuell kraftproduksjon fra til eksempel solceller på taket er ikke tatt med i denne fasen.

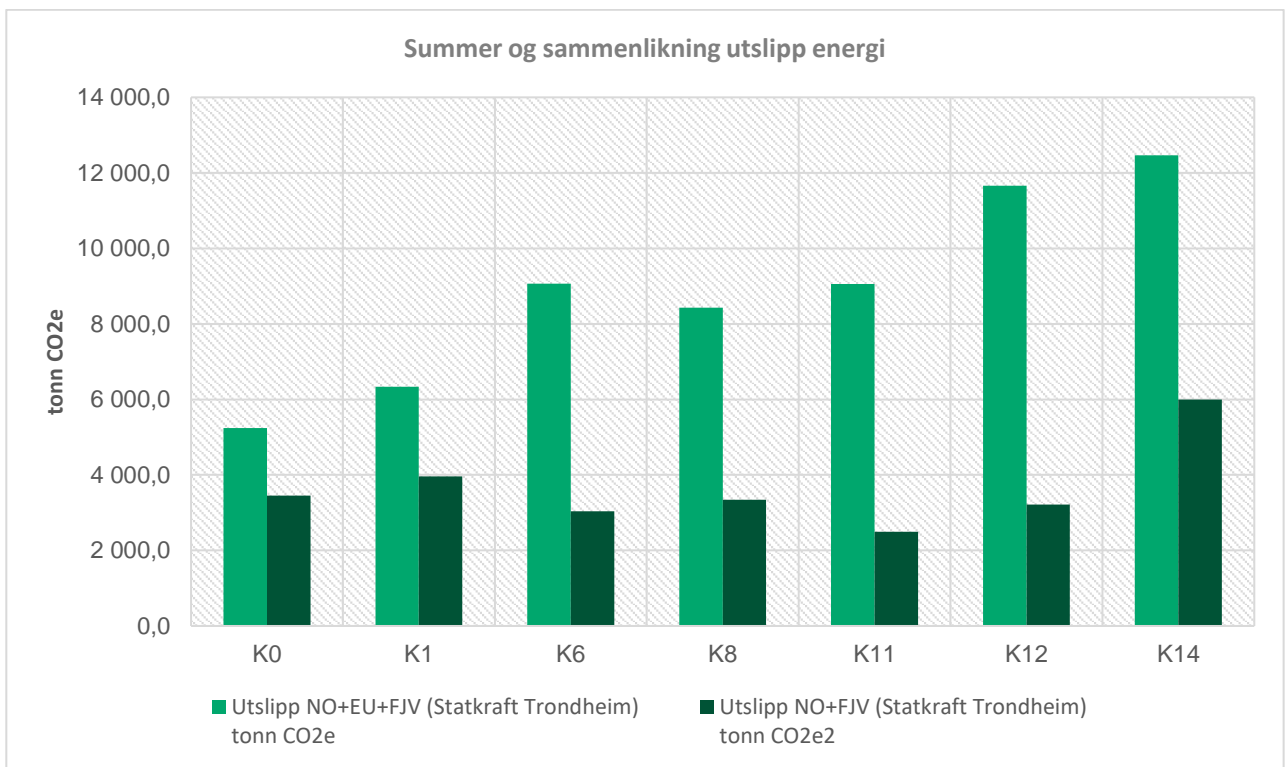
For beregning av levert energi er lokalt Trondheims klima benyttet. Det forutsettes en driftsperiode på 60 år. Gjennom NS 3720 er det formalisert at klimagassberegninger for bygg skal gjøres for to scenarier for utslippsfaktor for elektrisitet. Den ene antar en norsk-europeisk fordeling av energivarer (NO+EU) med en utslippsfaktor på 0,13 kg/kWh. Den andre antar en norsk fordeling av energivarer (NO) på 0,0123 kg/kWh. Resultatene presenteres derfor med begge scenarier.

	Energi alt.	Utslipp NO + EU + FJV (Statskraft Trondheim) Tonn CO2ekv /m2 (60år)	Utslipp NO + FJV (Statskraft Trondheim) Tonn CO2ekv /m2 (60år)	
NKIM	3	0,788	0,302	Eksisterende bygg med energieffektiviseringer på bygningskroppen
TKM	3	0,788	0,788	Eksisterende bygg med energieffektiviseringer på bygningskroppen
T-Kunstforening	0	0,905	0,420	Ingen energieffektiviseringstiltak
Rådhus	1	0,698	0,246	Eksisterende bygg med energieffektiviseringer på bygningskroppen og tekniske systemer
Schønninghuset	1	0,698	0,246	Eksisterende bygg med energieffektiviseringer på bygningskroppen og tekniske systemer
U-båt bunker	0	0,905	0,420	Ingen energieffektiviseringstiltak
Nybygg	2	0,577	0,159	Nybygg på passivhusnivå

5.2 Utslipp energi for alle konsepter

I tabellen og diagram under vises samlet utslipp for de alternative konseptene i henhold til de to ulike energiscenariene.

Energi (B6)	Sum energi	
	Utslipp NO + EU + FJV (Statskraft Trondheim)	Utslipp NO + FJV (Statskraft Trondheim)
	tonn CO2e (60år)	tonn CO2e (60 år)
K0	5239,2	3451,8
K1	6339,4	3961,6
K6	9066,7	3035,9
K8	8433,4	3344,2
K11	9058,3	2495,4
K12	11660,2	3212,2
K14	12466,9	5994,3



Ved antatt norsk fordeling av energivarer (NO+FJV) kan utslipp fra energi i drift reduseres slik det vises på figuren over. Tabellene under viser utslippsverdier for energi europeisk miks (NO+EU+FJV) og norsk miks (NO+FJV): total over 60 år, per år, per m² oppvarmet BRA og per m² og år.

Energi NO+EU+FJV	K0	K1	K6	K8	K11	K12	K14
BRA oppv	6651	7866	13478	11200	15698	20207	17001
kg CO2e (60år)	5239213	6339356	9066659	8433392	9058305	11660158	12466926
kg CO2e/år	87320,2	105655,9	151111,0	140556,5	150971,7	194336,0	207782,1
kg CO2e/m2	787,8	805,9	672,7	753,0	577,0	577,0	733,3
kg CO2e/m2/år	13,1	13,4	11,2	12,5	9,6	9,6	12,2

Energi NO+FJV	K0	K1	K6	K8	K11	K12	K14
BRA oppv	6651	7866	12779	11200	15698	20207	17001
kg CO2e (60år)	3451811	3961627	3035865	3344232	2495436	3212210	5994346
kg CO2e/år	57530,2	66027,1	50597,7	55737,2	41590,6	53536,8	99905,8
kg CO2e/m2	519,0	503,7	237,6	298,6	159,0	159,0	352,6
kg CO2e/m2/år	8,7	8,4	4,0	5,0	2,6	2,6	5,9

6 Utslipp fra transport i drift (B8)

Utslipp fra transport (B8) stammer fra reiser og transport med kjøretøy utført av brukerne (besøker og ansatte) av byggene.

6.1 Forutsetninger og beregningsalternativer

Det er forutsatt totalt 50 000 besøkere per år, og 50 ansatte. Ved antatt 300 åpningsdager i året blir totalt 216 brukere per dag som legges til grunn i transportregnskapet. For konseptvariantene i sentrum (K0, K1, K6, K11, K14) er det valgt «Trondheim sentrum, kontor < 1 km» som geografisk område. For konseptvariantene utenfor sentrum (K8, K12) er det valgt «Trondheim indre by, kontor 1-2 km» som geografisk område.

For konseptvariantene i sentrum er det antatt «ingen p-mulighet», det vil si med maksimumsnorm inntil 3 p-plasser per 1000 m². For konseptvariantene utenfor sentrum er det valgt begrenset tilgang til bilparkering - det er antatt avgiftsbelagte p-plasser med maksimumsnorm 6-8 per 1000 m². Begge variantene antas å ha svært begrenset varelevering. I figurene under vises skjermutskrift av innstillinger i OneClick LCA ved transport i drift (B8) for konseptene i sentrum og utenfor sentrum.

Ressurs	Mengde	Antall brukere	Bil %	Bildeing %	Buss %	Skinnegående %	Gang/sykkel %	Turlengde bil, km	Turlengde kollektiv, km
Arbeid - Trondheim sentrum, kontor ?	1,6	50	2.81	Ingen	56.91	6.32	33.38	12,9	12,3
Tjeneste - Trondheim sentrum, konto ?	0,6		27.05	Ingen	34.19	3.8	34.4	12,9	12,3
Private turer - Trondheim sentrum, ?	0,3		25.49	Ingen	19.78	2.2	51.97	12,9	12,3
Besøkende og brukere - Trondheim se ?	2,0	166	25.49	Ingen	19.78	2.2	51.97	12,9	12,3

3. Innstillinger for transportberegning

Spørsmål	Svar	Kommentar
Antall åpningsdager (for ansatte, for boliger angis 365 dager)	300 dager	Vis andre svar
Årlig antall reisedager for besøkende	0 dager	Vis andre svar
Parkeringstilgjengelighet	Ingen P-mulighet / Maksimumsnorm 3 P-	Vis andre svar
Gjennomsnittlig reiselengde for varetransport	12,9 km	Vis andre svar
Antall brukere som krever varetransport	0 per dag	Vis andre svar
Varetransportfrekvens	Veldig begrenset (0,0125)	Vis andre svar

Ressurs	Mengde	Antall brukere	Bil %	Bildeing %	Buss %	Skinnegående %	Gang/sykkel %	Turlengde bil, km	Turlengde kollektiv, km
Arbeid - Trondheim indre by, kontor ?	1,6	50	12.8	Ingen	30.01	3.33	53.86	12,9	12,3
Tjeneste - Trondheim indre by, kont ?	0,6		52.7	Ingen	14.56	1.62	31.12	12,9	12,3
Private turer - Trondheim indre by, ?	0,3		35.7	Ingen	10.98	1.22	52.11	12,9	12,3
Besøkende og brukere - Trondheim in ?	2,0	166	35.7	Ingen	10.98	1.22	52.11	12,9	12,3

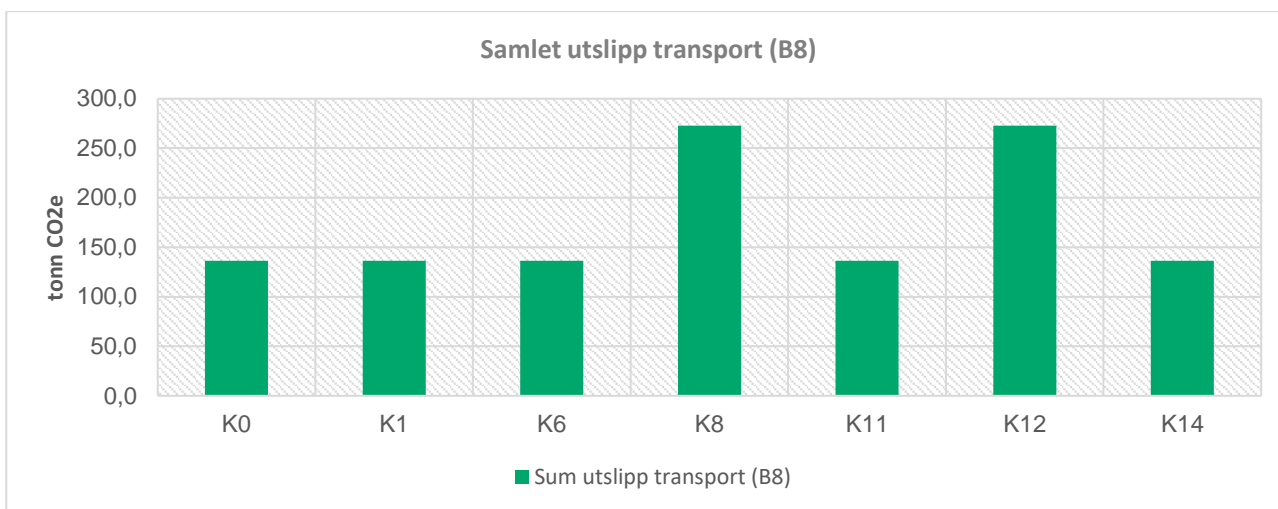
3. Innstillinger for transportberegning

Spørsmål	Svar	Kommentar
Antall åpningsdager (for ansatte, for boliger angis 365 dager)	300 dager	Vis andre svar
Årlig antall reisedager for besøkende	0 dager	Vis andre svar
Parkeringstilgjengelighet	Maksimumsnorm 6-8 P-plasser per 1000	Vis andre svar
Gjennomsnittlig reiselengde for varetransport	12,9 km	Vis andre svar
Antall brukere som krever varetransport	0 per dag	Vis andre svar
Varetransportfrekvens	Veldig begrenset (0,0125)	Vis andre svar

6.2 Utslipp transport for alle konsepter

Forutsatt rammebetingelsene for transport i drift som oppført under punkt 6.1 er det beregnet følgende klimagassutslipp totalt, per bruker og per bruker og år:

Transport	K0	K1	K6	K8	K11	K12	K14
BTA	7100	8450	14200	16600	16600	22300	18600
kg CO2e (60år)	136370	136370	136370	272700	136370	272700	136370
kg CO2e/år	2273	2273	2273	4545	2273	4545	2273
kg CO2e/m2	19,2	16,1	9,6	16,4	8,2	12,2	7,3
kg CO2e/m2/år	0,3	0,3	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1



Ved alternativ gjenbruk av parkeringsgarasje under nybygg i konsept 12 (Leüthenhaven) antas tilgjengelighet til 300 p-plasser. Denne versjonen ville øke klimagassutslipp på transport for konsept 12 om **330 tonn**.

B8 ⓘ	Transport i drift	136 370
B8-a	Transport i drift - bruker - bil	49 852
B8-b	Transport i drift - bruker - buss	83 824
B8-c	Transport i drift - bruker - jernbane	2 694

Av resultatene i tabellen over kan det leses at det hovedsakelig er bussreiser ifølge Trondheim kommunen sin reisevaneundersøkelse som gir mest utslipp på transport i drift ved lokalisering av konsept i bysentrum.

Ved lokalisering av museumskonsept utenfor bysentrum er fordeling på utslipp per reisekategori som følger:

B8 ⓘ	Transport i drift	272 705
B8-a	Transport i drift - bruker - bil	227 083
B8-b	Transport i drift - bruker - buss	44 203
B8-c	Transport i drift - bruker - jernbane	1 419

Utslipp av bilbruk blir her mer enn 5 ganger utslipp for buss. Dette skyldes tilgang til flere parkeringsplasser og lengre reisevei samt minimert tilknytning til kollektiv transport.

7 Totale utslipp for bygningsmaterialer, energibruk og transport i drift

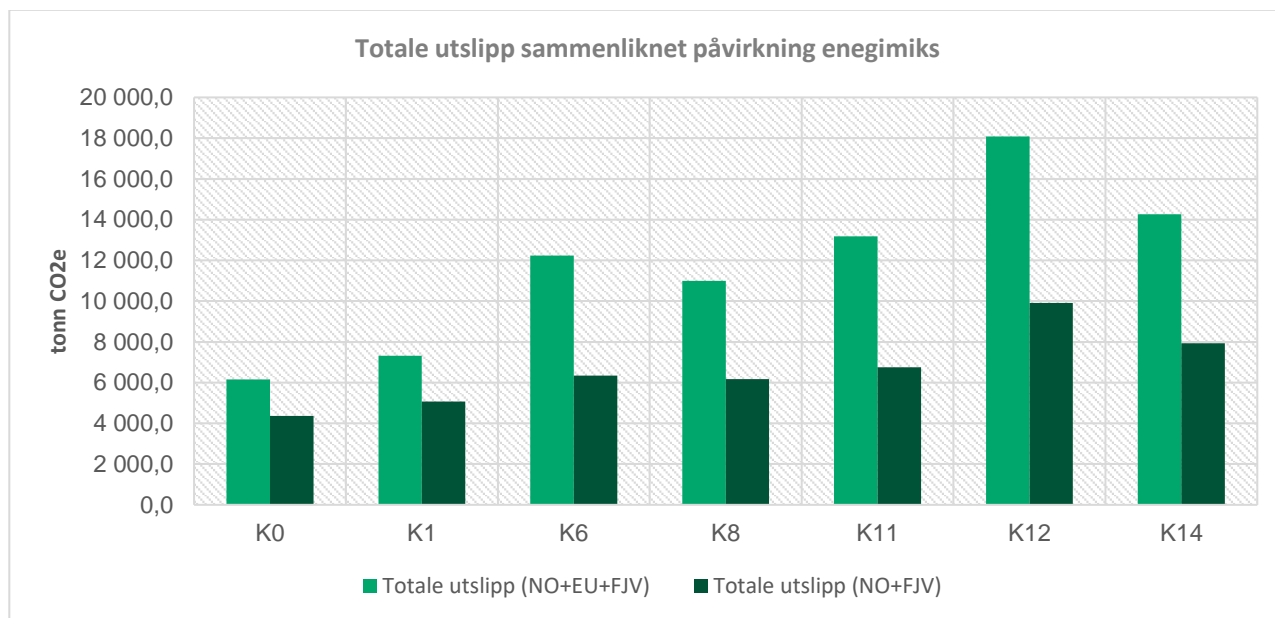
7.1 Sammenstilling av resultater

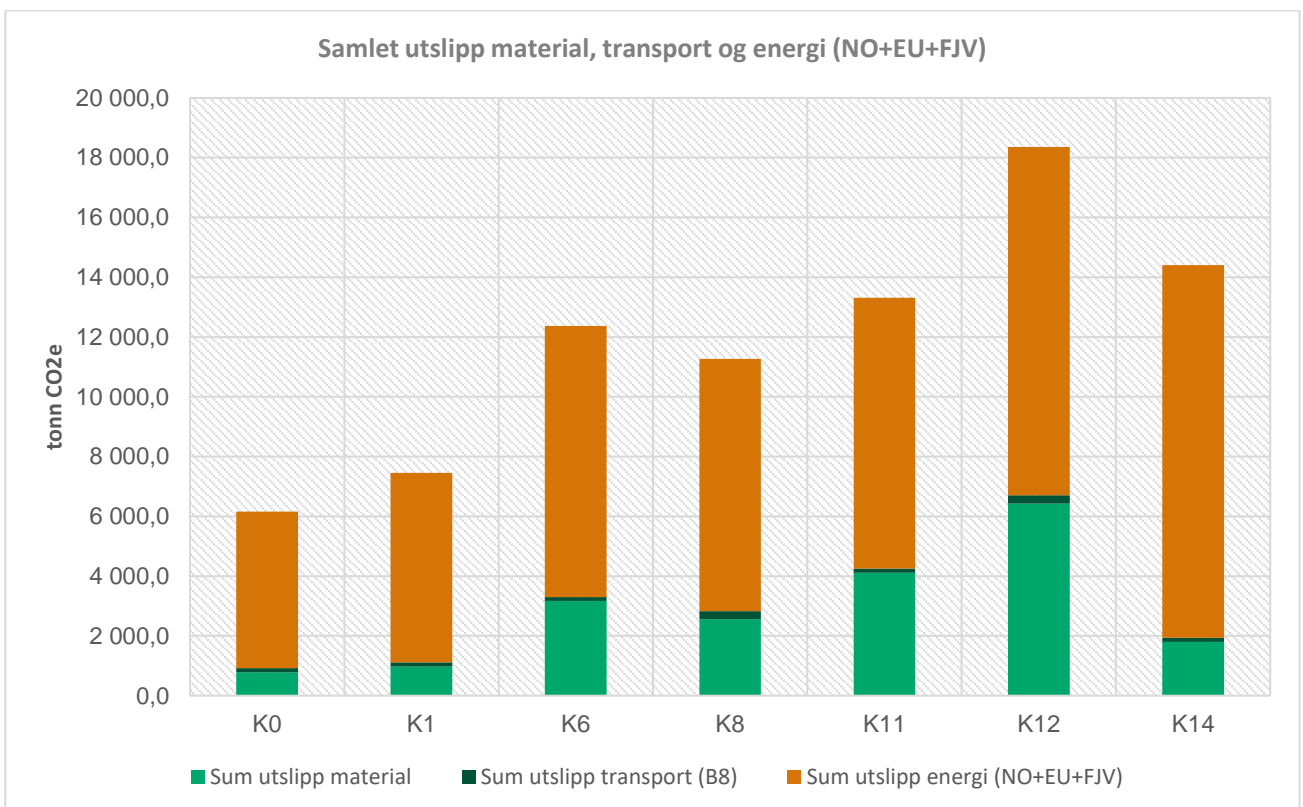
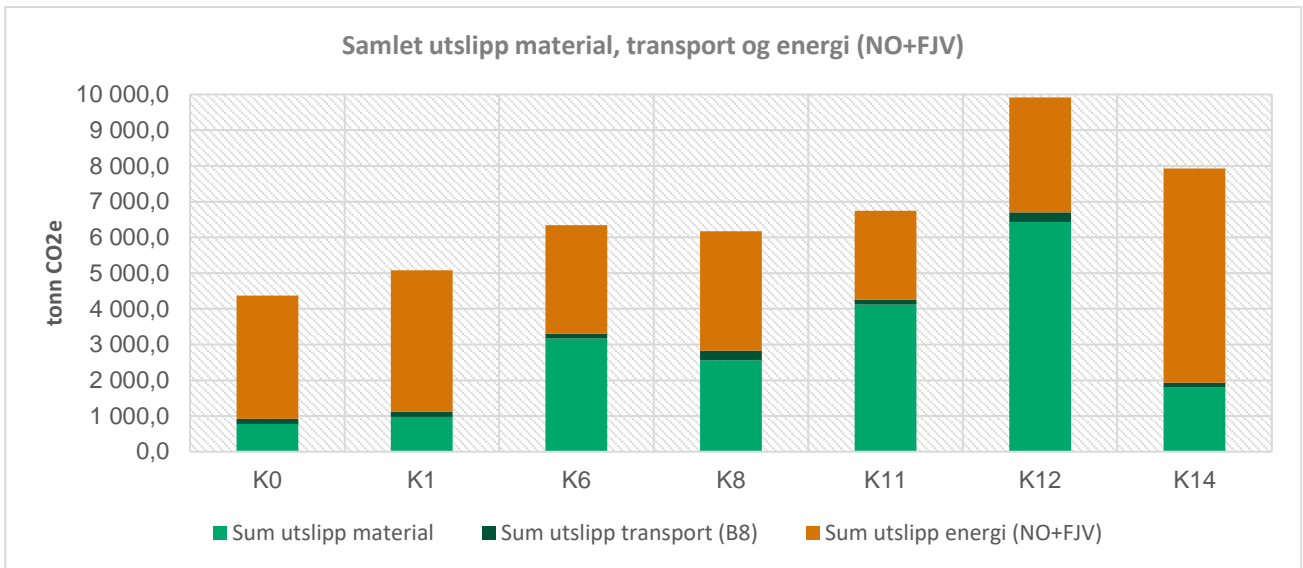
Ved videre vurdering av konseptet kan valg av hensiktsmessig byggesystem, lavutslipp materialer, energiløsning, energysmart design, og transportalternativer hjelpe å videreutvikle prosjektet mot lavt fotavtrykk.

Sammenlikning av totale utslipp konsepter MiST KVVU

Tabellen under viser utslipp fra materialer, energi og transport i drift for konseptvariantene. For totale utslipp antas henholdsvis energimiks NO+EU+Fjernvarme (Statkraft Trondheim) og NO+Fjernvarme. Ved bruk av sistnevnte kan det forventes redusering av det totale klimagassutslipp på inntil 55% sammenliknet med norsk-europeisk energimiks.

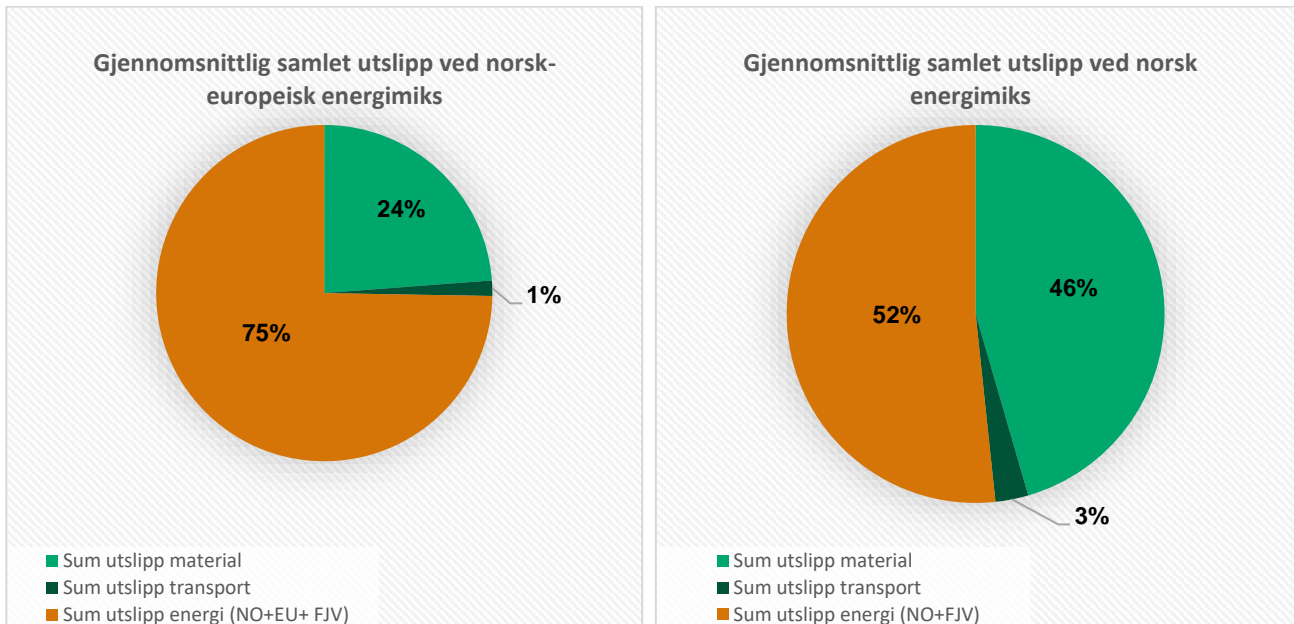
tonn CO2e	Sum utslipp material	Sum utslipp transport	Sum utslipp energi (NO + EU + FJV)	Sum utslipp energi (NO + FJV)	Total utslipp (NO + EU + FJV)	Total utslipp (NO + FJV)
K0	781,3	136,4	5239,2	3451,8	6156,9	4369,5
K1	978,6	136,4	6339,4	3961,6	7318,0	5076,6
K6	3166,0	136,4	9066,7	3035,9	12232,6	6338,2
K8	2558,7	272,7	8433,4	3344,2	10992,1	6175,6
K11	4116,9	136,4	9058,3	2495,4	13175,2	6748,7
K12	6429,0	272,7	11660,2	3212,2	18089,1	9913,9
K14	1799,6	136,4	12466,9	5994,3	14266,6	7930,4





7.2 Vurderinger og råd til videre prosjektering

Ser en på illustrasjon av gjennomsnittlig samlet utslipp fra alle konseptene over 60 år viser det seg at de store utslipp generes fra energi i drift henholdsvis 75% ved norsk, europeisk energimiks og 52% ved norsk energimiks. Materialene utgjør gjennomsnittlig henholdsvis 24% og 46% - er altså ikke uvesentlig faktor for energiutslipp og potensiale for energibesparelse. Mens transportutslippene er allerede marginalisert til 1% og 3% av de totale utslippene.



Basert på klimagassberegningen og gitt aktuelle rammebetingelser for prosjektet, gis det følgende vurderinger og råd for videre prosjektering for å redusere utslippene fra materialer, energi og transport:

Vurderinger og anbefalinger for materialer

Utslipp fra materialer utgjør nesten halvparten (ved antatt norsk energimiks) av de totale utslippene i prosjektet og de største utslippene fra materialer skjer i forbindelse med produksjonsfasen A1-A3. Det betyr at de største utslippskuttene fra materialer oppnås ved enten å benytte andre materialer med lavere utslipp fra produksjon, eller bruke lavkarbonalternativer innenfor samme materialgruppe.

Det anbefales derfor å arbeide systematisk med valg av materialer i videre prosjektering, deretter velge produkter og sette krav til terskelnivå på utslipp (velge lavkarbonalternativer) innenfor særlig de store materialgruppene i prosjektet. Materialgruppene som det anbefales å stille krav til er: betong (dekker), armeringsjern, isolasjon, glass i vinduer og balkongdører og gipsplater. Forslag til terskelverdier for utslipp for store materialgrupper kan utarbeides i neste fase og kan brukes som underlag til krav i anbud. Det anbefales videre arbeid med utslippsreduksjon for materialer etter Grønn Byggallianse sin veileder «Grønn Materialguide Versjon 3.1»

Viktige beslutninger som påvirker klimagassutslipp kan være valg av leverandør med sikt på transportdistanse, levetid for planlagte materialer og løsninger og fleksibilitet av planløsninger mv.

Vurderinger og anbefalinger for energi

Utslipp fra energi i drift utgjør mer enn halvparten (ved antatt norsk energimiks) av de gjennomsnittlige totale utslippene fra prosjektet. Når prosjektet videreutvikles, bør klimagassberegningen revideres og konsekvens for klimagassutslipp vurderes. Valg av andre forutsetninger for energi vil kunne gi andre resultater. Alle tiltak som reduserer oppvarmings- og elbehov til byggene, som f.eks. energieffektiviserings tiltak, vurdering av lokal energiproduksjon som til eksempel med solceller og å benytte seg av alternative fornybare energileveranser vil kunne redusere utslipp fra energibruk i drift betydelig.

Vurderinger og anbefalinger for transport

Utslipp fra transport i drift utgjør henholdsvis 1% og 3% av de gjennomsnittlige totale utslippene fra prosjektet. Klimagassberegninger for mobilitet er forbundet med betydelig høyere usikkerhet enn beregninger for materialbruk og energi. Informasjon om reisevaner og fremtidsutvikling er som regel mindre tilgjengelig for prosjektene enn informasjon om materialvalg og energiløsning. Fremtidig utvikling er avhengig av mange faktorer.

Konseptenes plassering og tomtevalg og dermed tilgang til kollektivtilbud i område er viktig for reduisering av klimagassutslippene. Gode fasiliteter og høy kvalitet på utomhusområder inviterer til besøk, opphold og integrerer museet i byens destinasjonsvev. Utenfor sentrum kan en enda mer begrenset parkeringsdekning i prosjektet, tilrettelegging for sykkelparkering og ladestasjoner for elbil, vurderes som tiltak for redusere utslipp fra transport ytterligere.

8 Konklusjon

Forutsatt inndata beskrevet i rapporten, viser resultatene at konseptvariantene ligger an til følgende totale klimagassutslipp:

Total NO+EU+FJV	K0	K1	K6	K8	K11	K12	K14
BTA	7100	8450	14200	16600	16600	22300	18600
tonn CO2e (60år)	6157	7454	12369	11265	13312	18362	14403
kg CO2e/år	102616	124240	206150	187746	221859	306030	240049
kg CO2e/m2	867,2	882,2	871,1	678,6	801,9	823,4	774,4
kg CO2e/m2/år	14,5	14,7	14,5	11,3	13,4	13,7	12,9

*resultatene i tabellen over forutsetter norsk-europeisk utslippsfaktor fra elektrisitet og fjernvarme

Total NO+FJV	K0	K1	K6	K8	K11	K12	K14
BTA	7100	8450	14200	16600	16600	22300	18600
tonn CO2e (60år)	4370	5077	6338	6176	6749	9914	7930
kg CO2e/år	72825	84611	105637	102927	112478	165231	132173
kg CO2e/m2	615,4	600,8	446,4	372,0	406,5	444,6	426,4
kg CO2e/m2/år	10,3	10,0	7,4	6,2	6,8	7,4	7,1

*resultatene i tabellen over forutsetter norsk utslippsfaktor fra elektrisitet og fjernvarme

Samlet sett viser konseptene et bredt utvalg av muligheter. Endelig valg kan ha store konsekvenser på prosjektets samlede klimagassutslipp over 60 år.

Prosjektet sikter mot samlokalisering av ulike virksomheter og skal kunne svare på dagens og fremtidens utfordringer som funksjonell kompleksitet, fleksibilitet og sikkerhet. Samtidig skal den ha høye bærekraftsambisjoner og tiltrekkende estetikk slik at et besøk blir til en opplevelse.

Riktig lokalisasjon er en av de avgjørende aspekter for å redusere klimagassutslippene i driftsfasen. Generelt har Trondheim gode transportforbindelser med både buss og tog. Med buss kommer man seg innen 15 min til Moholt studentby, innen 20 min til Byåsen og innen 30 min til Ranheim. Det er rimelig gangavstand til et godt servicetilbud samt butikker, teater, konserthus, treningssenter, kaféer, restauranter og havna.

For å nå målene i Trondheim Kommune sin klimaplan anbefales det i neste fase utarbeidet en bærekraftstrategi som hjelper med å sette hensiktsmessige ambisjoner som kan videreføres til en tiltaksplan. LINK arkitektur har lansert verktøyet **LINK Kompass** som er et dialogverktøy i form av en workshop der aktører som byggherre, fagkonsulenter, evt brukere og

arkitekter fastsetter et ambisjonsnivå for de prosjektrelevante bærekrafttemaene. Det ettersendes et referat og en rapport for å sikre at ambisjonene og anbefalte tiltakene er omforent og videreutvikles i prosjektets neste faser. På denne måten sikrer man at beslutninger i prosjektet hele tiden måles opp mot ambisjonen, og at ambisjonen er etterprøvbare når den sees i kombinasjon med mål og tiltak i prosjektet.

Videre i forprosjektfasen anbefales det å gjennomføre et klimagassregnskap på det utvalgte konseptet når valg og mengde av materialer, transport og energikonsept er nærmere bestemt. På denne måten følger man opp innledende klimabudsjett og får et mer nøyaktig grunnlag for vurdering av prosjektets klimagasspåvirkning.