

Beregnet til
Sandefjord Kommune

Dokumenttype
Rapport

Dato
23.03.2022

KLIMAGASSBEREGNING AV BARNESKOLER I VARDEN SKOLEKRETS, SANDEFJORD KOMMUNE

Dato **23.03.2022**
Prosjekt nr. **1350049598**
Utført av **Laurence Gibbons**
Kontrollert av **Hui Tong**
Godkjent av **Lucas van Laack**

Revisjon **01**

INNHOOLD

1.	INNLEDNING	4
2.	FORUTSETNINGER	5
2.1	Systemgrenser	5
2.2	Metoden	5
2.3	Materialer	5
2.4	Energibruk i drift	7
2.5	Transport i drift	8
2.6	Inputdata for skolene	9
2.6.1	Framnes barneskole	9
2.6.2	Ormestad barneskole	11
2.6.3	Vesterøy barneskole	12
2.6.4	Ny skole (Tomt sør)	13
3.	RESULTATER	14
3.1	Framnes barneskole (alternativ 1)	14
3.2	Framnes barneskole (alternativ 2)	15
3.3	Ormestad barneskole	17
3.4	Vesterøya barneskole	19
3.5	Ny skole (Tomt sør) – referanse	21
3.6	Ny skole (Tomt sør) – forbedret	22
3.7	Sammenligning	23
4.	OPPSUMMERING	25
5.	REFERANSER	26
VEDLEGG A – CARBON DESIGNER FOR FRAMNES SKOLE NY BYGG (ALTERNATIV 1)		27
VEDLEGG B – CARBON DESIGNER FOR FRAMNES SKOLE NY BYGG (ALTERNATIV 2)		28

1. INNLEDNING

Rambøll Norge AS er engasjert av Sandefjord kommune til å utføre klimagassberegninger for fire barneskoler i kommunen. Hensikten med klimagassregnskapene er å:

- Gi kommunen informasjon om klimagassutslipp som en del av vurdering av fremtidens skolestruktur i kretsen.
- Gi kommunen en benchmark til å måle egne utslipp opp imot (referansebygg)
- Gi kommunen et grunnlag for å gjøre gode materialvalg for å minimere klimapåvirkninger
- Gi et grunnlag for diskusjon mellom byggherre og kommunen om klimapåvirkning av ulike tiltak
- Bidra til å finne de beste løsningene for lavest mulig utslipp
- Gi erfaringstall og grunnlag for statistikk og økt kunnskap

Beregningene er gjort i henhold til NS 3720:2018 (basis med lokalisering) og omfatter både direkte og indirekte utslipp for alle innsatsfaktorer og aktiviteter knyttet til et byggs livsløpsstadier med fokus på følgende områder:

- Tomtebearbeiding
- Byggeplass
- Materialer i bygget
- Energiforbruk under drift av bygget
- Transport i driftsfasen

Det er i denne rapporten utarbeidet klimagassberegninger for fire skoler i Sandefjord kommune, vist i tabell 1. Tre av disse er eksisterende bygg og vurderes rehabilitert. Alternativet er å erstatte disse skolene med en ny skole på Vesterøya bygget på en tomt som har en likende avstand fra de tre eksisterende skolene.

Tabell 1. Oversikt over utarbeidede klimagassberegninger

Beregning	Skole	Tiltak
1a	Framnes barneskole (eksisterende)	To bygg skal rehabiliteres og tilfredsstillte TEK 17. En bygg skal rives og erstattes med et nybygg som tilfredsstillte TEK 17.
1b		To bygg erstattes med en nybygg på 3500 m ² BTA, som skal oppnå passivhus-standard og bygges av massivtre. En bygg skal rehabiliteres og tilfredsstillte TEK 17.
2	Ormestad barneskole (eksisterende)	Skolen og hallen skal rehabiliteres og tilfredsstillte TEK 17.
3	Vesterøy barneskole (eksisterende)	Skolen rehabiliteres tilfredsstillte TEK 17
4a	Ny barneskole (tomt sør)	Et referansebygg med standard materialer og energibruk basert på TEK17.
4b		Et forbedrede alternativ med massivtre og energibruk til passivhus-standard

Klimagassberegningene er utarbeidet iht. NS 3720:2018 Metodikk for klimagassberegning for bygninger, med material- og energivalg basert på standardiseringsarbeidet av FutureBuilt, Forskningsprogrammet ZEB og Statsbygg. Resultatet for hver beregning er delt inn i livsyklus-stadier. Resultatene viser også de ti mest medvirkende materialer i forhold til klimagassutslipp. Til slutt sammenlignes de seks beregningene og danner slik et beslutningsgrunnlag for oppdragsgiver.

2. FORUTSETNINGER

2.1 Systemgrenser

For referansebygget i klimaregnskapet er det brukt instillinger som «basis med lokalisering» for hver skole. Referansebygget har blitt tilpasset med hensyn til byggenes reell geometri og materialer. Systemgrensene som er inkludert i klimagassregnskapet er A1 til A5, B4, B6, B8, C1 til C4, og D som er i henhold til NS 3720:2018. Livsløpsstadier inkludert i klimagassberegning for referansebygg vist i tabell 2. Klimagassregnskapene for referansebyggene inneholder følgende poster:

- Tomtebearbeiding
- Byggefase/ oppføring av bygget
- Materialer, produkter, og byggevarer i bygget
- Energiforbruk i drift av bygget
- Transport i driftsfasen

Tabell 2. Livsløpsstadier inkludert i klimagassberegning for referansebygg

Produktstadiet			Gjennomføringsstadiet		Bruksstadiet								Livsløpets slutt				Konsekvenser utover systemgrensen
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	C1	C2	C3	C4	D
Råvarer	Transport råvarer	Produksjon	Transport til byggeplass	Anleggs- bygge- og monteringsarbeid	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskifting	Ombygging	Energibruk i drift	Vannforbruk i drift	Transport i drift	Riving	Transport	Avfallsbehandling	Avhending	Material- og energiggjenvinning og ombruk av materialer og eksport av egenprodusert energi
x	x	x	x	x				x		x		x	x	x	x	x	x

2.2 Metode

Beregningene utført i One Click LCA (versjon 16.03.2022). Levetiden for byggene ble satt til 60 år.

Tomtebearbeiding ble bare inkludert for den nye skolen og er hentet fra en tidligere rapport fra Rambøll (2022). Utslipp fra byggefase er beregnet per bruttoareal med standardverdien for Norden i Oneclick LCA. For rehabilitering ble 10% av tomteverdien satt som verdi.

2.3 Materialer

Materialvalg påvirker livsløpsstadiene A1 til A5, B4 og C1 til C4. Mengden av materialer er beregnet fra en 3D modell av bygningene basert på mottatte tegninger. Referanseberegningene brukte standardisert materialer i One click LCA basert på et gjennomsnitt av dagens marked. Materialer til tekniske installasjoner var ikke inkludert i denne basisberegningen.

For rehabilitering var bare de påfølgende bygningselementene inkludert:

- Etterisolering av gulv, yttervegger og tak
- Fasadematerialer og taktekning
- Interiør overflater (gulv, vegg og himmel)

Se tabell 3 for valgte materialer for rehabilitering

For nybygget er alle bygningsdeler og hele komponenter inkludert, dette er vist i tabell 4. I den forbedrede løsningen har noen materialer blitt erstattet med massivtre eller annet trevirke for å kunne vurdere om dette gir lavere klimagassutslipp.

Tabell 3. Materialer inkludert i klimagassberegning for rehabilitering

Byggelement	Komponent	Komponent materialer inkludert
Underjordisk vegger	Betong sandwich element	190mm EPS-isolasjon
Utvendige vegger	Bindingsverksveggsystem inkl. mineralullisolasjon (80%)	Dampsperre 198mm Høvellast 200mm mineralull isolasjon 9mm gips vindsperre
	Murte lettklinkerblokker inkl. mineralullisolasjon (10%)	Dampsperre 248mm Høvellast 250mm mineralull isolasjon 9mm gips vindsperre
	Betongvegg med utvendig påføring (10%)	248mm Høvellast 250mm mineralull isolasjon 9mm gips vindsperre
Fasade	Malet eller farget trebekledning (40%)	Alle
	Murstein (60%)	Alle
Primærkonstruksjon tak	Betongtak system	0.2mm Dampsperre 300mm EPS-isolasjon
Taktekning	Dobbelt lag av asfalt takmembran	5mm Bitumenpolymer membran-tekking
Dør	Ekstern dør	Alle
Vindu	3-lags vindu med tre-aluminium	Alle
Innvendige vegger	Bindingsverksvegg, 100mm stålsten-der (70%)	Water-borne interior paints
	Leca blokk vegg (10%)	Water-borne interior paints
	Innvendig betongvegg (12%)	Water-borne interior paints
	Innvendig dør (8%)	Alle
Himling	Gipsplater (30%)	Water-borne interior paints
	Mineralull suspendert takplater (70%)	Glass wool, acoustic ceiling panel
Gulvoverflate	Parkett (7%)	Alle
	Vinyl (7%)	Alle
	Linoleum (80%)	Alle
	Keramiske fliser (6%)	Alle

Tabell 4. Komponenter inkludert i klimagassberegning for nybygg

Byggelement	Standard Komponent	Forbedrede materialvalg
Fundament	Frostisolering (Omkring av bygningen)	Uendret
	Stripefundamenter på sand eller likende blanding (100% areal)	Uendret
Utvendige vegger	Bindingsverksveggsystem inkl. mineralull-isolasjon (80%)	Massivtre yttervegg (80%)
	Murte lettklinkerblokker inkl. mineralullisolasjon (10%)	Uendret
	Betongvegg med utvendig påføring (10%)	Uendret
Fasade	Malet eller farget trebekledning (40%)	Malet eller farget trebekledning (100%)
	Murstein (60%)	
Søyle	Stålsøyle (80%)	Tresøyle (100%)
	Betongsøyle (20%)	
Innvendige vegger	Bindingsverksvegg, 100mm stålstender (70%)	Bindingsverksvegg, 100mm tres-tender (70%)
	Leca blokk vegg (10%)	Uendret
	Innvendig betongvegg (12%)	Uendret
	Innvendig dør (8%)	Uendret
Himling	Gipsplater (30%)	Uendret
	Mineralull suspendert takplater (70%)	Uendret
Bjelker	Stålbjelke (100%)	Trebjelke (100%)
Gulv på grunn	Betong grunndekke (100%)	Uendret
Frittbærende dekker	Hulldekke system (100%)	Massivtre dekke (100%)
Gulvoverflate	Parkett (7%)	Uendret
	Vinyl (7%)	Uendret
	Linoleum (80%)	Uendret
	Keramiske fliser (6%)	Uendret
Primærkonstruksjon tak	Betongtak system inkl. EPS isolasjon (100%)	Kompakttak Massivtre (100%)
Taktekning	Dobbelt lag av asfalt takmembran (100%)	Uendret
Innvendige trapper	Betong for trapper og heissjakt	Uendret
Dør	Ekstern dør	Uendret
Vindu	3-lags vindu med tre-aluminium	Uendret

2.4 Energibruk i drift

Energibruk er satt til standardbehovet for netto energi for skoler i henhold til TEK17. Denne verdien er satt til 110 kWh/m² BRA. Levert energi er beregnet basert på standardverdier:

- 50 kWh/m² Elektrisitet
- 27 kWh/m² Primærvarme (varmepumpe med 2,4 virkningsgrad)
- 18 kWh/m² Sekundær oppvarming (elektrisk kjele med 0,86 virkningsgrad)
- 10 kWh/m² (varmepumpe med 2,4 virkningsgrad)

Ormestad skole har en idrettshal. Ifølge TEK17 er netto energibehovkravet 145 kWh/m². Levert energi er beregnet basert på standardverdier:

- 35 kWh/m² Elektrisitet
- 60 kWh/m² Primærvarme (varmepumpe med 2,4 virkningsgrad)
- 40 kWh/m² Sekundær oppvarming (elektrisk kjele med 0,86 virkningsgrad)
- 10 kWh/m² (varmepumpe med 2,4 virkningsgrad)

Tiltakene til forbedret energibruk (1b og 4b) er basert på passivhus-standard (NS 3701:2012). Årsmiddeltemperatur for Sandefjord er 7,1 °C (Sintef byggforsk, 2018) som betyr at netto oppvarmingsbehov ikke kan overstige 20 kWh/m². Kjølebehovet regnes fra dimensjonerende sommertemperatur (utendørs) som er 22,8 °C ifølge klimadata for Ferder fyr (ASHRAE IWEC2) analysert i IDA ICE. Dette gir et kjølebehov på 2,1 kWh/m². Levert energi er beregnet basert på standardverdier:

- 30 kWh/m² Elektrisitet
- 12 kWh/m² Primærvarme (varmepumpe med 2,4 virkningsgrad)
- 8 kWh/m² Sekundær oppvarming (elektrisk kjele med 0,86 virkningsgrad)
- 2,1 kWh/m² (varmepumpe med 2,4 virkningsgrad)

Energiforsyning for både det nye skolebygget og de rehabiliterte skolebyggene inkluderer varmepumpe og kjøling i henhold til tilbakemelding fra Sandefjord kommune.

Klimagassutslipp fra levert elektrisitet er basert på Scenario 2 i henhold til NS 3720:2018. Standarden bruker siste et gjennomsnitt av de siste 3 års Europeisk forbruksmiks (EU28+NO) og 60 års framskrivning. Utslippsfaktoren for energiscenario 2 «elektrisitet, EU28 + Norge med forventet gjennomsnitt over de neste 60 år (IEA/NS3720 energimiks, projeksjon fra 2016-2018 gjennomsnitt)» er 0,12 kg CO_{2e} /kWh.

Effekten av rehabilitering kan sammenlignes med en nullscenario, hvor de eksisterende skolene fortsetter å bruke dagens energibruk. Dagens energibruk er basert på målt energiforbruk mottatt fra kommunen eller hentet fra energiattester.

2.5 Transport i drift

Utslipp fra transport i drift er beregnet ut ifra antall driftsdager, antall reiser, type transportmidler og reiseavstand. I følge NS 3720 er skoler åpne 190 dager i året. Antall elever er tatt fra tiltaksrapporter utarbeidet av Norconsult (2018b). Antall ansatte er basert på årsverk fra faktagrunnlag fra Norconsult (2018a). Altså, årsverk ganger 190/230. Elever antas å være tilstede 95% av tiden og aktive i læringsaktiviteter 90% av tiden, som er det samme som beskrevet i mobilitetsplanen fra Sweco (2021).

Fordelingen av transportmidler er basert på standardverdier fra nasjonale reisevaneundersøkelser 2013/2014 Mindre byer – utenom indre by. Dette var automatisk justert i Oneclick LCA i henhold til parkeringsbegrensninger. For de eksisterende skolene antas en korreksjonsfaktor på 0.65 på grunn av lavt parkeringstilbud og kort reiseavstand for de eksisterende skoler. For den nye skolen brukes en korreksjonsfaktor på 0,5 (Sweco, 2021). Gjennomsnittsreiseavstand til skolene ble mottatt fra kommunen.

2.6 Inputdata for skolene

2.6.1 Framnes barneskole

Tabell 5. Nøkkeldata – Framnes barneskole		
	Bygge år	1914 (B) 1954 (A and C)
	Dagens Eletristetforbruk	638 681 kWh (2021)
	Nr. Elev	250
	Nr. Ansatte	41
	Gjennomsnitts reiseavstand	0,733 km

Alternativ 1a

Bygg A og C skal rehabiliteres og tilfredsstille TEK 17. Bygg B skal rives og erstattes med et nybygg. Beregningen har blitt inndelt i to: rehabilitering av bygg A og C, og et nybygg som erstatter bygg B. Begge er definert som bygningskategori skolebygg. Disse to delene ble etter analysen slått sammen for å generere de samlede data for skolen. Inputdata er vist i tabell 6 og tabell 7. Riving av bygg B ble inkludert i beregningen¹. Utformingen av den nye bygningen som erstatter bygg B er ikke bestemt. Derfor ble beregningen basert på en skoeske-modell med samme bruksareal. Arealer generert i One Click LCA er dokumentert i vedlegg A.

Tabell 6. Inputdata – rehabilitering bygg A og C		
	Bygningskategori	Skolebygg
	BTA	2 385 m ²
	BRA	2 248 m ²
	Underjordiske vegger	318 m ²
	Yttervegger	1 624 m ²
	Vinduer	275 m ²
	Ytterdører	41 m ²
	Tak	1 415 m ²
	Innervegger	2 082 m ²
	Gulv	2 248 m ²
	Himmel	2 248 m ²

Tabell 7. Inputdata – nybygg som erstatter bygg B		
	Bygningskategori	Skolebygg
	BTA	1 267 m ²
	Nummer etasje	2

¹ Ifølge NS 3720:2018: «Riving og avfallshåndtering av eksisterende bygning eller konstruksjoner for å klargjøre en tomt tilordnes i sin helhet bygning som rives (C1-C4) og inngår ikke i klimagassberegningen for den nye bygningen. Hvis formålet med beregningen er å sammenligne ulike alternative utbyggingsløsninger, og bare en av løsningene innebærer riving, skal riving likevel inkluderes»

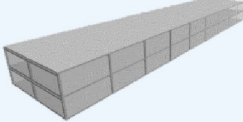
Alternativ 1b

Bygg A og B erstattes med en nybygg på 3500 m² BTA, som vil oppnå fremtidens elevetall. Nybygget skal oppnå passivhus-standard og bygges av massivtre. Beregningen har blitt inndelt i to: rehabilitering av bygg C, og nybygg som erstatter bygg A og B. Begge ble definert som bygningskategori skolebygg. Disse to delene ble etter analysen slått sammen for å generere de samlede data for skolen. Inputdata er vist i tabell 8 og 9 under. Riving av bygg A og B ble inkludert i beregningen². Utformingen av den nye bygningen som erstatter bygg A og B er ikke bestemt. Derfor ble beregningen basert på en skoeske-modell med 3 500 m² bruksareal. Arealer generert i One Click LCA finnes i vedlegg B.

Tabell 8. Inputdata – rehabilitering C

	Bygningskategori	Skolebygg
	BTA	378 m ²
	BRA	351 m ²
	Underjordiske vegger	16 m ²
	Yttervegger	366 m ²
	Vinduer	37 m ²
	Ytterdører	10 m ²
	Tak	305 m ²
	Innervegger	212 m ²
	Gulv	351 m ²
	Himmel	351 m ²

Tabell 9. Inputdata – nybygg som erstatter bygg A og B

	Bygningskategori	Skolebygg
	BTA	3 500 m ²
	Nummer etasje	2

² Ifølge NS 3720:2018: «Riving og avfallshåndtering av eksisterende bygning eller konstruksjoner for å klargjøre en tomt tilordnes i sin helhet bygning som rives (C1-C4) og inngår ikke i klimagassberegningen for den nye bygningen. Hvis formålet med beregningen er å sammenligne ulike alternative utbyggingsløsninger, og bare en av løsningene innebærer riving, skal riving likevel inkluderes»

2.6.2 Ormestad barneskole

Tabell 10. Nøkkeldata – Ormestad barneskole

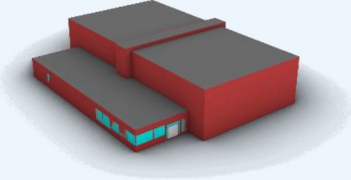
	Bygge år	1977
	Dagens Eletristetforbruk	492 582 kWh (2010)
	Nr. Elev	170
	Nr. Ansatte	32
	Gjennomsnitts reiseavstand	1,301 km

Skolen og hallen skal rehabiliteres og tilfredsstille TEK 17. Beregningen har blitt inndelt i to bygningskategorier: rehabilitering av skolebygg og rehabilitering av idrettshallen. Disse to delene ble etter analysen slått sammen for å generere de samlede data for skolen. Inputdata er vist i tabell 11 og tabell 12.

Tabell 11. Inputdata – rehabilitering skolebygg

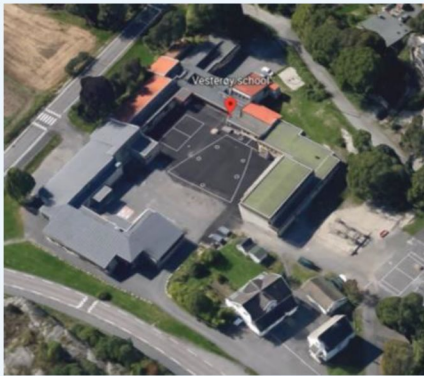
	Bygningskategori	Skolebygg
	BTA	2 966 m ²
	BRA	2 859 m ²
	Underjordiske vegger	203 m ²
	Yttervegger	1 012 m ²
	Vinduer	320 m ²
	Ytterdører	42 m ²
	Tak	2 230 m ²
	Innervegger	3 062 m ²
	Gulv	2 859 m ²
	Himmel	2 859 m ²

Tabell 12. Inputdata – rehabilitering hallen

	Bygningskategori	Idrettshall
	BTA	1 450 m ²
	BRA	1 417 m ²
	Underjordiske vegger	0 m ²
	Yttervegger	1 382 m ²
	Vinduer	37 m ²
	Ytterdører	7 m ²
	Tak	1 409 m ²
	Innervegger	751 m ²
	Gulv	1 417 m ²
	Himmel	1 417 m ²

2.6.3 Vesterøy barneskole

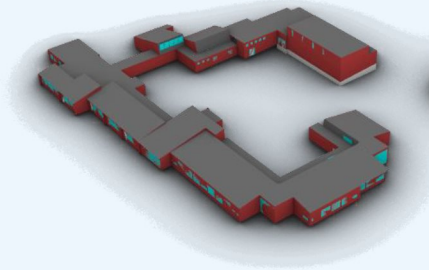
Tabell 13. Nøkkeldata – Vesterøy barneskole



Bygge år	1970
Dagens Eletristetforbruk	436 515 kWh (Gjennomsnitt 2015 og 2016)
Nr. Elev	140
Nr. Ansatte	28
Gjennomsnitts reiseavstand	1,241 km

Skolen rehabiliteres tilfredsstillende TEK 17. Inputdata er vist i tabell 14.

Tabell 14. Inputdata – rehabilitering skolebygg



Bygningskategori	Skolebygg
BTA	2 827 m ²
BRA	2 690 m ²
Underjordiske vegger	163 m ²
Yttervegger	1 901 m ²
Vinduer	450 m ²
Ytterdører	32 m ²
Tak	2 701 m ²
Innervegger	2 327 m ²
Gulv	2 690 m ²
Himmel	2 690 m ²

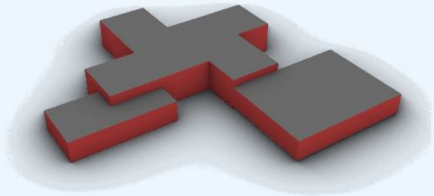
2.6.4 Ny skole (Tomt sør)

Tabell 15. Nøkkeldata – Ny skole

	Bygge år	-
	Nr. Elev	560
	Nr. Ansatte	80
	Gjennomsnitts reiseavstand	1,921 km
	Utslipp fra tomtebearbeiding (Rambøll, 2022)	122 tonn CO2

En ny skole skal eventuelt bygges sentralt på Vesterøya og skal erstatte de tre eksisterende skolene. Inputdata er vist i tabell 16. Noen materielle mengder ble generert i One Click LCA. Dette ble beregnet som to alternativer: Et referansebygg med standard materialer og energibruk basert på TEK17 (4a). Et forbedrede alternativ med massivtre og energibruk til passivhus-standard (4b).

Tabell 16. Inputdata – Ny skole

	Bygningskategori	Skolebygg
	BTA	12 275 m ²
	BRA	-
	Fundament*	12 275 m ²
	Frostisolering	465 m
	Gulv på grunn	4 836 m ²
	Dekke	7 439 m ²
	Søyler*	980 m
	Bjelker*	1 548 m
	Trapp og heissjakt*	53 m
	Underjordiske vegger	0 m ²
	Yttervegger	2 716 m ²
	Vinduer (40% WWR)	1 975 m ²
	Ytterdører	247 m ²
	Tak	4 836 m ²
	Innervegger*	7 170 m ²
Gulv	12 275 m ²	
Himmel	12 275 m ²	

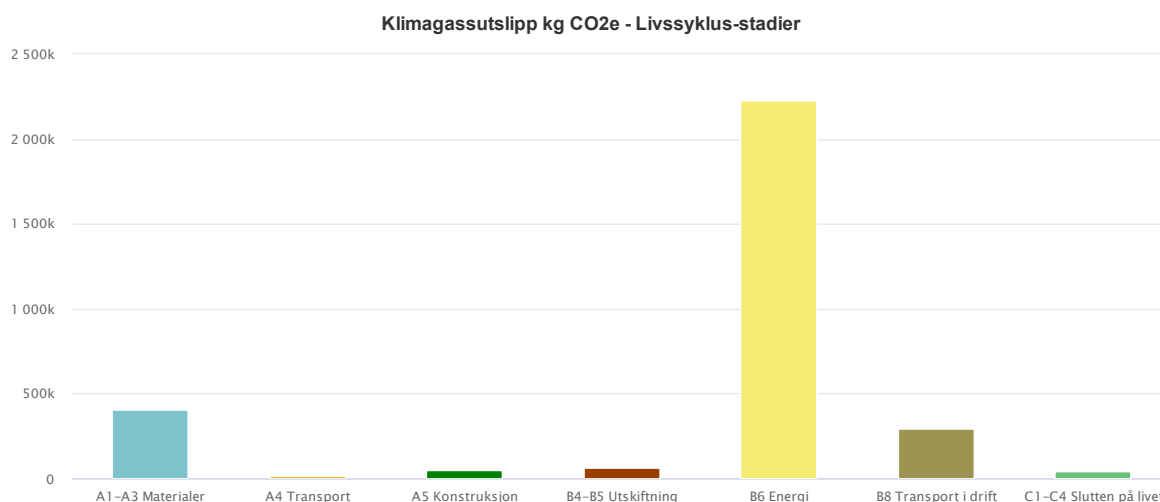
*generert i One click LCA

3. RESULTATER

Resultatet for hver beregning vises i delkapitlene under. Disse er basert på livsyklusstadier. Delkapitlene viser også de ti mest medvirkende materialer per alternativ. Til slutt sammenlignes de seks beregningene.

3.1 Framnes barneskole (1a)

Figur 1 viser utslippene på de ulike utslippspostene. Energi er den største delen av utslippet, 72 %. Transport i drift er 10 % og materialer er 13 %. Materialer fra bærestrukturen er fem av de ti mest medvirkende materialene, som vist i tabell 17. Sammen står disse materialer for 52,9 % av utslippet for A1-A3. EPS-isolasjon i både rehabilitering og nybygg står for 14,7 %. Rehabilitering resulterer i lavere kumulativ klimagassutslipp etter 13 år sammenlignet med dagens situasjon som er vist i figur 2.

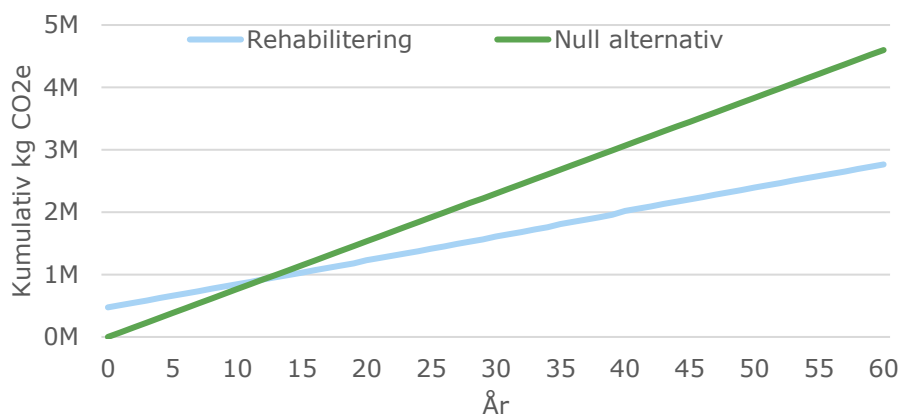


Figur 1. Fordeling av utslipp basert på de ulike utslippspostene til Framnes barneskole (1a)

Tabell 17. Utslipp fra de mest medvirkende materialer til Framnes barneskole (1a) (A1-A3) for rehabiliteringsprosjektet. Materialer fra bærestrukturen er markert i grønn.

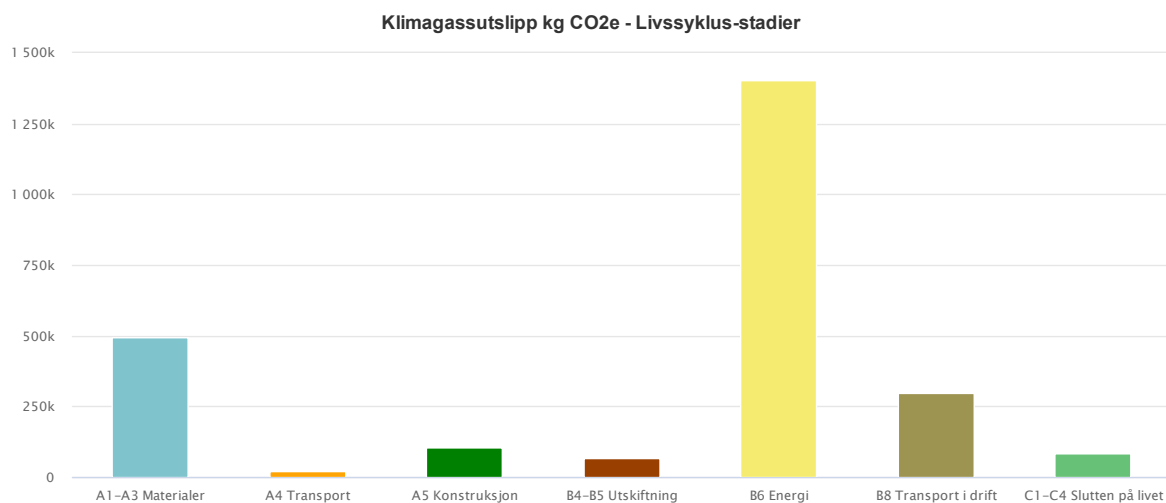
Ressurs	Produktstadiet absolutt utslipp (A1-A3)	Produktstadiet andel av det totale (A1-A3)
Betong	75 tonn CO ₂ e	18,3 %
EPS-isolasjon	60 tonn CO ₂ e	14,7 %
Strukturelle stålprofiler, generisk	54 tonn CO ₂ e	13,2 %
Hulldykker, generisk, B30	51 tonn CO ₂ e	12,6 %
Masonry mortar, light	23 tonn CO ₂ e	5,5 %
Strukturelle hule stålprofiler, kaldvalsede, generiske	19 tonn CO ₂ e	4,6 %
Forsterkning stål (armering), generisk	17 tonn CO ₂ e	4,2 %
Self levelling mortar, for floors, walls and overhead	15 tonn CO ₂ e	3,3 %
Climate door	14 tonn CO ₂ e	3,5 %
Planglass, enkeltglasert, generisk	13 tonn CO ₂ e	3,1 %

Figur 2. Sammenligning av Framnes barneskole (1a) med og uten rehabilitering (uten B8)



3.2 Framnes barneskole (1b)

Alternativ 1b har en større ny bygg med forbedret materialvalg og energibruk. Det minsker utslippsposten B6 med 800 tonn CO_{2e}, som vist i figur 2 og 3. Energi er fortsatt dominerende med 51 % av utslipp. Utslippspostene A1-A3 økes med 80 tonn CO_{2e}. Det er også små økning i A4, A5, B4-B5 og C1-C4. Klimagassutslipp er overalt redusert med 631 tonn CO_{2e} (20 %). Betong og armeringsstål til fundament og grunndekk står for 50,7 % av utslipp fra A1-A3, vist i tabell 18. Rehabilitering resulterer i lavere kumulativ klimagassutslipp etter 12 år sammenlignet med dagens situasjon som vist i figur 4.

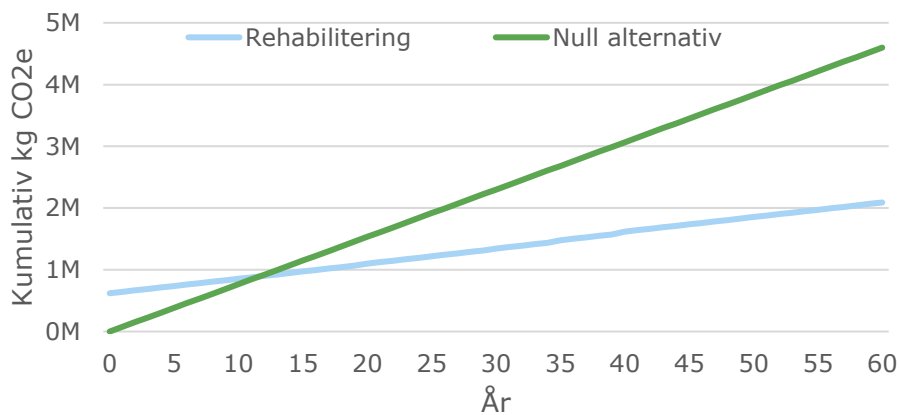


Figur 3. Fordeling av utslipp basert på de ulike utslippspostene til Framnes barneskole (1b)

Tabell 18. Utslipp fra de mest medvirkende materialer til Framnes barneskole (1b) (A1-A3) for rehabiliteringsprosjektet. Materialer fra bærestrukturen er markert i grønn.

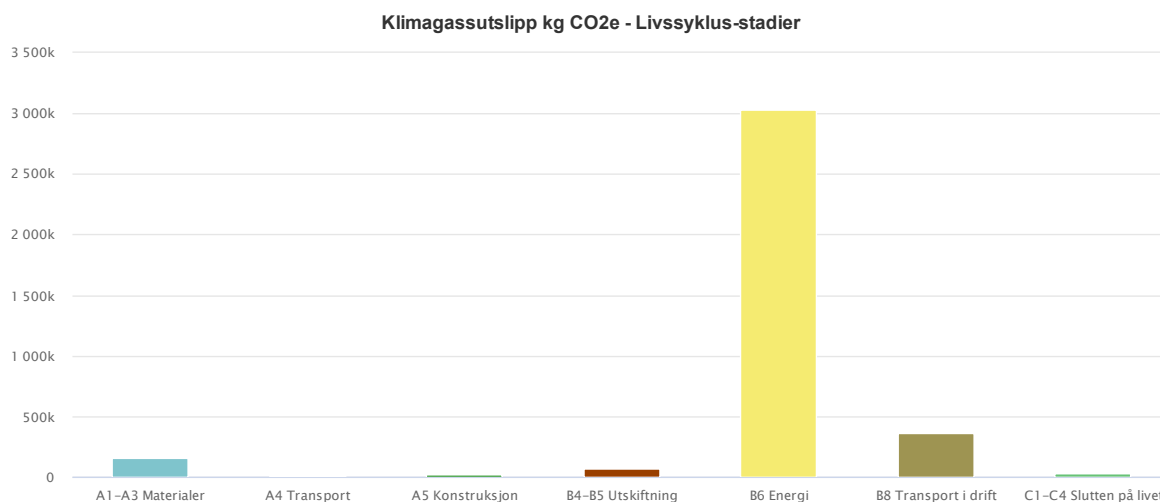
Ressurs	Produktstadiet absolutt utslipp (A1-A3)	Produktstadiet andel av det totale (A1-A3)
Betong	177 tonn CO ₂ e	35,7 %
EPS-isolasjon	49 tonn CO ₂ e	10,0 %
Forsterkning stål (armering), generisk	45 tonn CO ₂ e	9,0 %
Ferdigbetong, normal styrke, generisk, B30 (var: lavkarbonklass C)	30 tonn CO ₂ e	6,0 %
Glassull isolasjonsplater	29 tonn CO ₂ e	5,8 %
Self levelling mortar, for floors, walls and overhead	20 tonn CO ₂ e	4,1 %
Solid Timber Panels (Cross-Laminated Timber, CLT)	18 tonn CO ₂ e	3,6 %
Masonry mortar, light	18 tonn CO ₂ e	3,6 %
Planglass, enkeltglasert, generisk	18 tonn CO ₂ e	3,6 %
Gipsplater	15 tonn CO ₂ e	3,0 %

Figur 4. Sammenligning av Framnes barneskole (1b) med og uten rehabilitering (uten B8)



3.3 Ormestad barneskole (2)

Figur 5 viser utslipp basert på de ulike utslippspostene. Energi er den største delen av utslippet, 83%. Transport i drift er 10 % og materialer er 4 %. Tabell 19 viser utslipp fra de mest medvirkende materialene. Etterisolering av gulvet og taket med EPS-isolasjon står for den største delen av utslippet fra A1-A3, 52,4 %. Nye dører står for ca. 11,3 %. Rehabilitering resulterer i lavere kumulativ klimagassutslipp etter 23 år sammenlignet med dagens situasjon som vist i figur 6. Antatt mengde materialer til etterisolering er avhengig av forbedring av energieffektivitetet. I slike situasjoner kan forbedring av virkningsgrad av varmesentralen med f.eks varmepumpe blir mer effektivt.

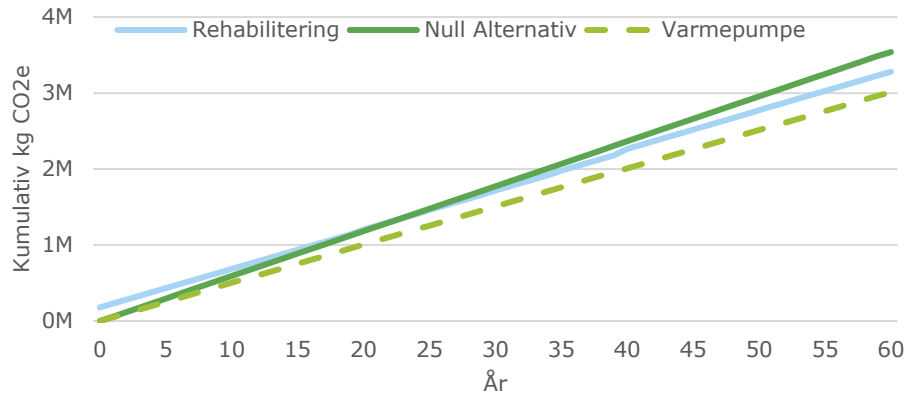


Figur 5. Fordeling av utslippene basert på de ulike utslippspostene til Ormestad Barneskole (2)

Tabell 19. Utslipp fra de mest medvirkende materialer til Ormestad Barneskole (2) (A1-A3) for rehabiliteringsprosjektet

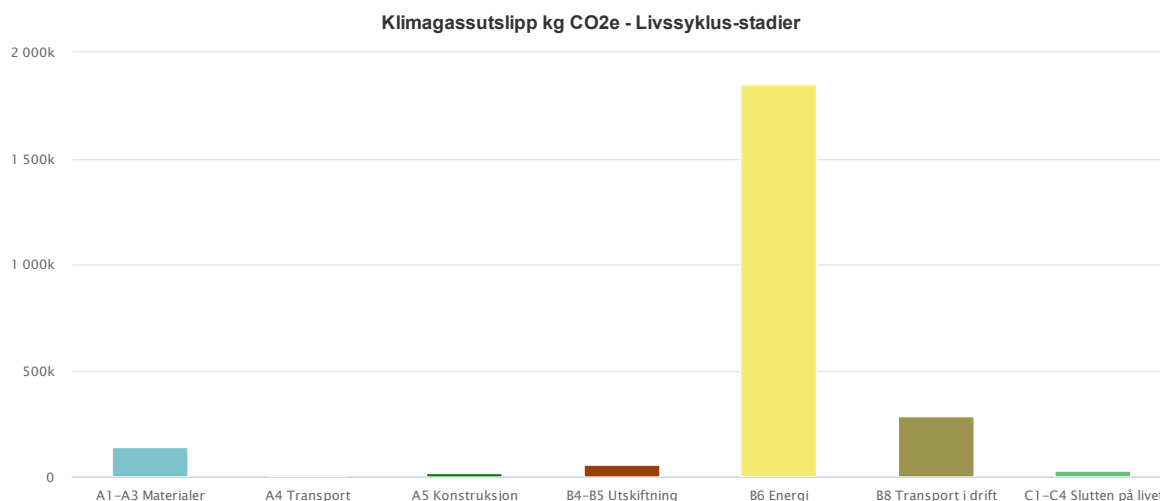
Ressurs	Produktstadiet absolutt utslipp (A1-A3)	Produktstadiet andel av det totale (A1-A3)
EPS-isolasjon	80 tonn CO ₂ e	52,4 %
Climate door	17 tonn CO ₂ e	11,3 %
Bitumenpolymer membrantekking, 2-lags, sveiset	13 tonn CO ₂ e	8,4 %
Masonry mortar, light	9,6 tonn CO ₂ e	6,3 %
Planglass, enkeltglasert, generisk	8,6 tonn CO ₂ e	5,6 %
Glass wool, acoustic ceiling panel	6,5 tonn CO ₂ e	4,2 %
Multifunctional steel door, product group 1	4 tonn CO ₂ e	2,6 %
Bricks	2,6 tonn CO ₂ e	1,7 %
Dampsperrer i plast	1,9 tonn CO ₂ e	1,3 %
Terrassebord, kledning, og høvellast for tømring	2 tonn CO ₂ e	1,3 %

Figur 6. Sammenligning av Ormestad barneskole (2) med og uten rehabilitering (uten B8)



3.4 Vesterøy barneskole (3)

Figur 7 viser utslipp basert på de ulike utslippspostene. Energi står for den største delen av utslippet, 78 %, mens transport i drift står for 12 % og materialer 6 %. Tabell 20 viser utslipp fra de mest medvirkende materialer. Etterisolering av gulvet og taket med EPS-isolasjon står for den største delen av utslippet for A1-A3, med ca. 42,8 %. Ny mursteins-fasade står for 16,5 %. Rehabilitering resulterer i lavere kumulativ klimagassutslipp etter 8 år sammenlignet med dagens situasjon som vist i figur 6.

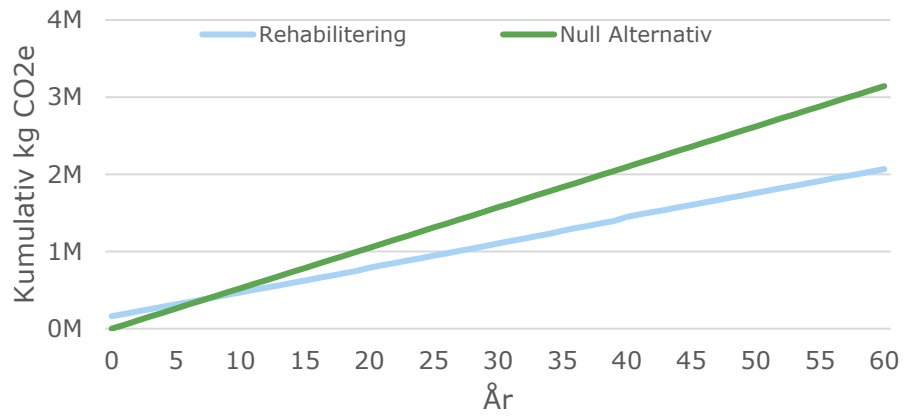


Figur 7. Fordeling av utslipp basert på de ulike utslippspostene til Vesterøy barneskole (3)

Tabell 20. Utslipp fra de mest medvirkende materialer for Vesterøy barneskole (3) (A1-A3)

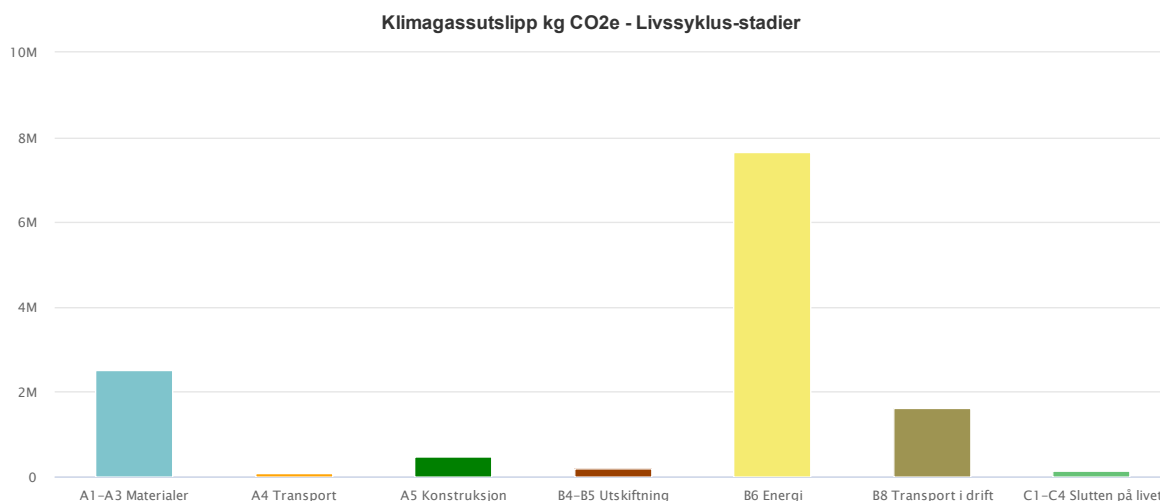
Ressurs	Produktstadiet absolutt utslipp (A1-A3)	Produktstadiet andel av det totale utslippet (A1-A3)
EPS-isolasjon	59 tonn CO ₂ e	42,8 %
Masonry mortar, light	18 tonn CO ₂ e	13,0 %
Climate door	11 tonn CO ₂ e	7,8 %
Planglass, enkeltglasert	11 tonn CO ₂ e	7,8 %
Bitumenpolymer membrantekking, 2-lags, sveiset	9,5 tonn CO ₂ e	6,9 %
Glass wool, acoustic ceiling panel	6,1 tonn CO ₂ e	4,4 %
Bricks	4,8 tonn CO ₂ e	3,5 %
Terrassebord, kledning, og høvellast for tømring	3,3 tonn CO ₂ e	2,4 %
Utvendig-X typ EH2 (GU-X)	3,2 tonn CO ₂ e	2,3 %
Multifunctional steel door, product group 1	2,6 tonn CO ₂ e	1,9 %

Figur 8. Sammenligning av Vesterøy barneskole (3) med og uten rehabilitering (uten B8)



3.5 Ny skole (Tomt sør) – referanse (4a)

Figur 9 viser utslippet basert på de ulike utslippspostene. Energi er den største delen av utslippet, 61 %. I og med at dette er et nybygger utslippene fra materialer høy, ca. 20 %. Materialer fra bærestrukturen står for fem av de ti mest medvirkende materialer som vist i tabell 21. Sammen står disse materialer for 71,8 % av utslippet for A1-A3. EPS-isolasjon i gulvet og taket, som er den mest medvirkende material for rehabilitering, står for kun 7,7 % av utslipp fra A1-A3 for nybygget.



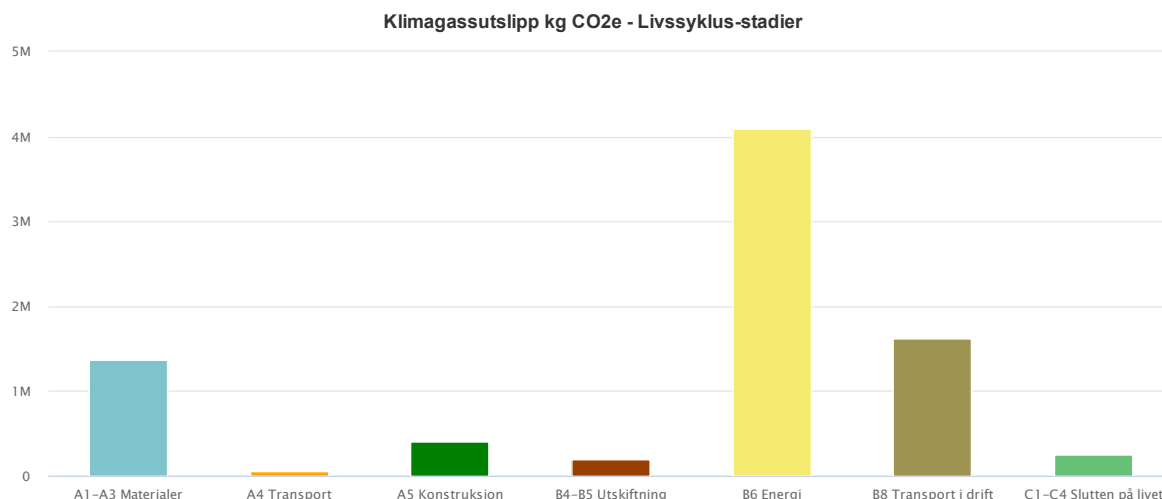
Figur 9. Fordeling av utslipp basert på de ulike utslippspostene til Ny skole (4a)

Tabell 21. Utslipp fra de mest medvirkende materialer til Ny skole (4a) (A1-A3) for nybygget. Materialer fra bærestrukturen er markert i grønn.

Ressurs	Produktstadiet absolutt utslipp (A1-A3)	Produktstadiet andel av det totale utslippet (A1-A3)
Ferdigbetong, normal styrke, generisk, B30 (var: lavkarbonklass C)	549 tonn CO ₂ e	21,8 %
Huldekker, generisk, B30	498 tonn CO ₂ e	19,8 %
Strukturelle stålprofiler, generisk	463 tonn CO ₂ e	18,4 %
EPS-isolasjon	193 tonn CO ₂ e	7,7 %
Strukturelle hule stålprofiler, kaldvalsede, generiske	162 tonn CO ₂ e	6,4 %
Self levelling mortar, for floors, walls and overhead appl.	142 tonn CO ₂ e	5,6 %
Forsterkning stål (armering), generisk	135 tonn CO ₂ e	5,4 %
Glass wool, acoustic ceiling panel	52 tonn CO ₂ e	2,1 %
Planglass, enkeltglasert, generisk	48 tonn CO ₂ e	1,9 %
Gipsplater, vanlig, generisk	46 tonn CO ₂ e	1,8%

3.6 Ny skole (Tomt sør) – forbedret (4b)

Forbedring av material og energibruk reduserer utslippspostene A1-A3 med ca. 1 100 tonn CO_{2e} og B6 med ca. 3 600 tonn CO_{2e}, som vist i figur 10. Energi er fortsatt dominerende med 51 % av utslippet. Det er også små reduksjoner i A4 og A5 men en liten økning i C1-C4. Klimagassutslippene er totalt redusert med ca. 4 686 tonn CO_{2e} (37 %). Betong og forsterkning står til fundament og grunndekk står for 50,2 % av utslipp fra A1-A3, vist i tabell 22.



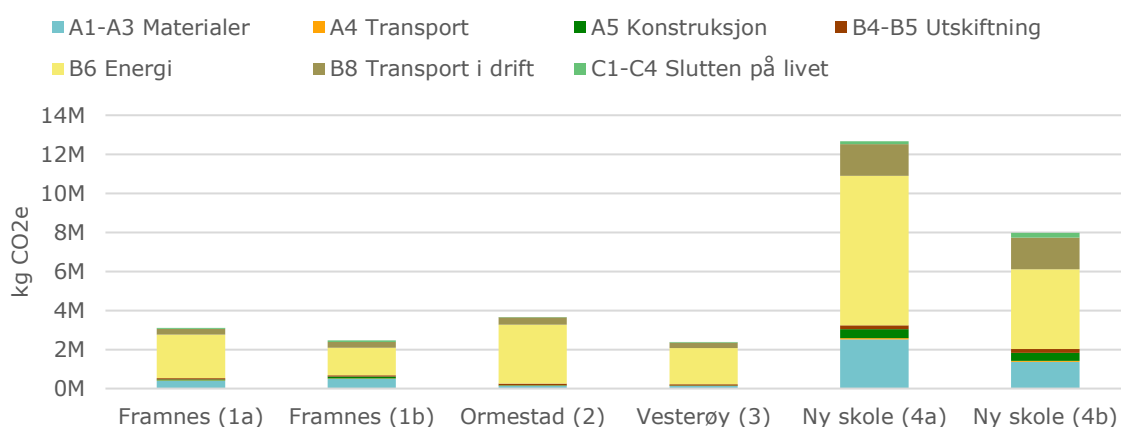
Figur 10. Fordeling av utslipp basert på de ulike utslippspostene til Ny skole (4b)

Tabell 22. Utslipp fra de mest medvirkende materialer til Ny skole (4b) (A1-A3). Materialer fra bærestrukturen er markert i grønn.

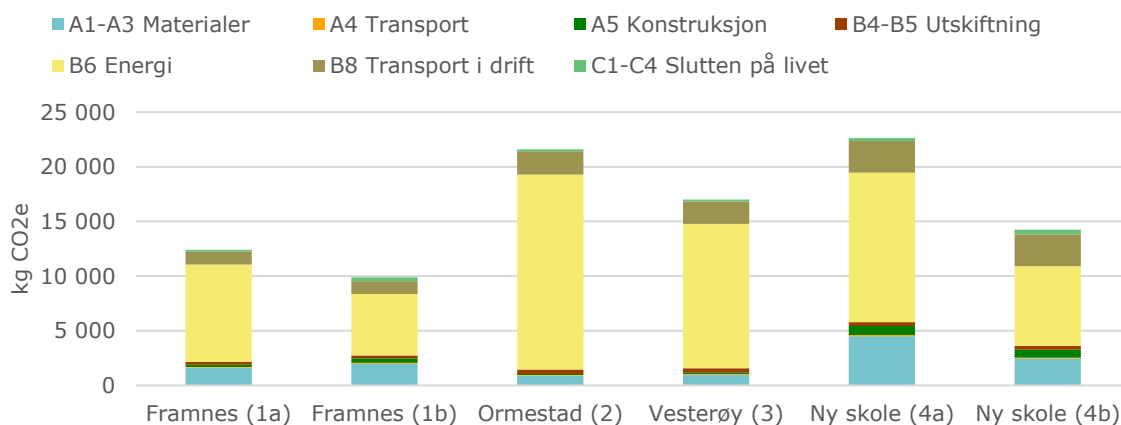
Ressurs	Produktstadiet absolutt utslipp (A1-A3)	Produktstadiet andel av det totale utslippet (A1-A3)
Ferdigbetong, normal styrke, generisk, B30 (var: lavkarbonklass C)	549 tonn CO _{2e}	40,3 %
Forsterkning stål (armering)	135 tonn CO _{2e}	9,9 %
Glassull isolasjonsplater	121 tonn CO _{2e}	8,9 %
EPS-isolasjon	116 tonn CO _{2e}	8,5 %
Solid Timber Panels (Cross-Laminated Timber, CLT)	59 tonn CO _{2e}	4,3 %
Self levelling mortar, for floors, walls and overhead appl.	56 tonn CO _{2e}	4,1 %
Planglass, enkeltglasert	48 tonn CO _{2e}	3,5 %
Gipsplater, vanlig	46 tonn CO _{2e}	3,4 %
Climate door	33 tonn CO _{2e}	2,4 %
Glass wool, acoustic ceiling panel	28 tonn CO _{2e}	2,0 %

3.7 Sammenligning

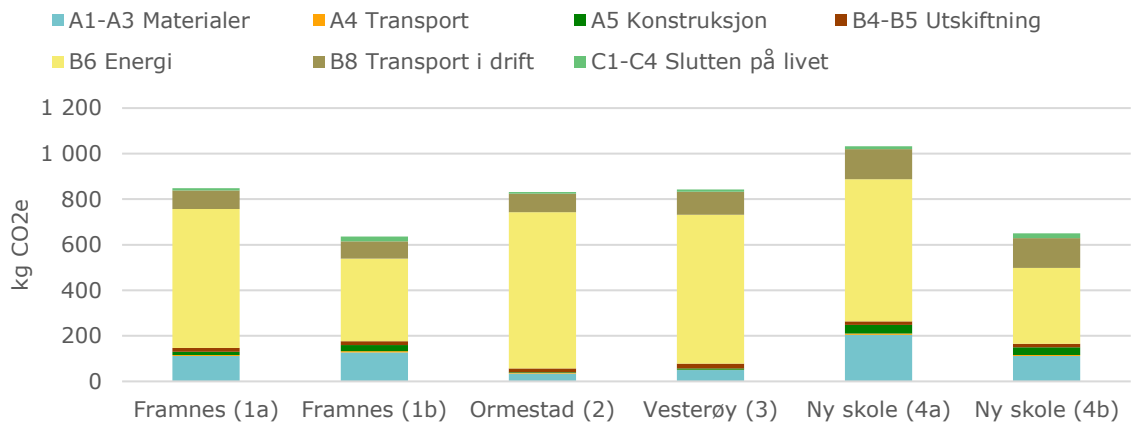
Energi er dominerende for alle alternativer basert på CO₂e-utslipp som er brukt per kWh for dagens beregningsmetode. Materialer er på andre plass for beregningene med nybygg og transport er på andre plass for rehabilitering. Forbedring av energibruken og endring av materialvalg vil kunne gi lavere utslipp. Begge beregningene for den nye skolen (4a og 4b) har høyere totalt utslipp enn rehabilitering av de eksisterende som vist i figur 11. Derimot er den nye skolen større. Når det sammenlignes per elev (figur 12) eller per m² BTA (figur 13) er forskjellen mindre. Den nye skolen (4a) har høyere klimagassutslipp enn summen av de tre rehabiliteringene (1a, 2 og 3). Den nye skolen med utbedrede energiløsninger og materialvalg (4b) har mindre klimagassutslipp enn summen av de tre rehabiliteringene (1a, 2 og 3). Rehabilitering av Framnes barneskole (1b) gir lavest klimagassutslipp per elev og per m² BTA.



Figur 11. Sammenligning av det totale klimagassutslippet for de seks beregningene



Figur 12. Sammenligning av det totale klimagassutslippet per elev for de seks beregningene



Figur 13. Sammenligning av det totale klimagassutslippet per m² BTA for de seks beregningene

4. OPPSUMMERING

Det er i denne rapporten utarbeidet seks klimagassberegninger for fire skoler i Sandefjord kommune. Klimagassberegningen er utarbeidet iht. NS 3720:2018 Metodikk for klimagassberegning for bygninger. Fire av klimagassberegningene ble gjort som tilpassede referansebygg i One Click LCA. I senere prosjektfaser kan de prosjekterte byggene måles opp i mot disse referansebyggene for å vise samsvar med definerte målsetningene for klimagassreduksjon.

Enkle grep i prosjekteringsfasen vil gjøre det mulig å redusere klimagassutslippet. For nybygg skal det være fokus på energieffektivitet og valg av materialer med lavere klimagassutslipp for bærestrukturen. For rehabilitering skal det være fokus på energieffektivitet og isolasjon. Forbedring på andre områder som transport er også verdifullt, men den potensielle reduksjonen er mindre. For Ormestad barneskole var mengden materialer til etterisolering mindre viktig sammenlignet med energieffektivitet. I slike situasjoner kan forbedring av virkningsgrad av varmesentralen med f.eks varmepumpe være mer effektivt med hensyn til absolutt reduksjon av klimagassutslippet i første steg.

Det har blitt gjort beregninger for to optimaliserte alternativer med bruk av massivtre og energieffektivitet på passivhusnivå (1b og 4b). Sammenlignet med referansebygget blir klimagassutslippet redusert med ca. 20 % for Framnes barneskole og ca. 37 % for den nye skolen. Alt i alt hadde den forbedrede versjonen av den nye skolen (4b) lavere klimagassutslipp sammenlignet med summen av de rehabiliterte skolene (1a, 2 og 3). Derimot hadde Framnes barneskole (1b) laveste klimagassutslipp per elev og per m² BTA.

Metoden bruker flere forenklinger og den reelle klimagassutslipp kan variere fra tall i rapporten. For materialer har det blitt bruk standardverdier og analysen tar ikke hensyn til tilstanden av eksisterende bygninger. For utslipp fra transport i drift har det blitt brukt en gjennomsnittsavstand og tall fra et nasjonal reisevaneundersøkelser. Det er sannsynlig at biler, som bidra mest til utslippet, bli brukt til lengere avstander en gjennomsnitt, hvorav gåing er mer vanlig for mindre avstander. En mer nøyaktig klimagassberegning kan beregnes når mer informasjon er tilgjengelig, f.eks ved tilgjengelige detaljer av byggtekniske løsninger eller reiseundersøkelse på de eksisterende skolene.

Variasjon i energiforbruket og energikilder (potensielt mer fornybar energi i fremtiden) ha store konsekvenser for klimagassutslippene fra bygg. Energibruk er basert på krav til TEK17 og passivhus. Det er svært sannsynlig at lavere energibruk er mulig med god prosjektering og oppfølging på byggeplassen. Dette kan bedre estimeres med bruk av energisimulering.

5. REFERANSER

Norconsult, 2018a. Del 1: Faktagrunnlag Grunnskole – Elevtallsutvikling, skolekapasitet og skolebehov 2019-2033.

Norconsult, 2018b. Del 2: Fire strukturmuligheter med tiltak – Modernisering, fornying og insparing – Strategier og tiltak 2019-2040.

NS 3701:2012 Kriterier for passivhus og lavenergibygninger – Yrkesbygninger


NS 3720:2018 Metode for klimagassberegninger for bygninger.

Rambøll, 2022. Vesterøya Skole Fagnotat Klima

Sintef byggforsk, 2018. 451.021 Klimadata for termisk dimensjonering og frostsikring

Sweco, 2021. Mobilitetsplan Vesterøya skole (Rev 5).

VEDLEGG A – CARBON DESIGNER FOR FRAMNES SKOLE NY BYGG (ALTERNATIV 1)

Bruk scenario:  

BYGGELEMENTER OG MATERIALER	Mengde	Tonn CO ₂ e	CO ₂ -andel
Velg typer konstruksjoner du ønsker å bruke, og juster materialene som brukes i dem etter ønske. Du kan også lagre de justerte dataene til et design.			
+ Fundament	1267 m ²	11 tn	0.95%
+ Frostisolering	114 m	1.0 tn	0.09%
+ Gulv på grunn	634 m ²	95 tn	8.1%
+ Dekke	634 m ²	51 tn	4.4%
+ Søylar	114 m	21 tn	1.8%
+ Bjelker	178 m	52 tn	4.4%
+ Trapp og heissjakt	7.6 m	7.0 tn	0.6%
+ Yttervegger	600 m ²	14 tn	1.2%
+ Kledning	600 m ²	11 tn	0.92%
+ Vinduer	253 m ²	14 tn	1.2%
+ Ytterdører	13 m ²	2.2 tn	0.18%
+ Takdekke	634 m ²	44 tn	3.7%
+ Tak	634 m ²	7.5 tn	0.64%
+ Innevegger	1039 m ²	34 tn	2.9%
+ Gulv	1187 m ²	5.7 tn	0.49%
+ Himling	1187 m ²	6.5 tn	0.55%

VEDLEGG B – CARBON DESIGNER FOR FRAMNES SKOLE NY BYGG (ALTERNATIV 2)

Bruk scenario:  

BYGGELEMENTER OG MATERIALER	Mengde	Tonn CO ₂ e	CO ₂ -andel
Velg typer konstruksjoner du ønsker å bruke, og juster materialene som brukes i dem etter ønske. Du kan også lagre de justerte dataene til et design.			
+ Fundament	3500 m ²	31 tn	1.4%
+ Frostisolering	250 m	2.2 tn	0.1%
+ Gulv på grunn	1750 m ²	263 tn	12%
+ Dekke	1750 m ²	141 tn	6.6%
+ Søylar	296 m	53 tn	2.5%
+ Bjelker	468 m	136 tn	6.4%
+ Trapp og heissjakt	15 m	14 tn	0.65%
+ Yttervegger	1164 m ²	28 tn	1.3%
+ Kledning	1164 m ²	21 tn	0.97%
+ Vinduer	700 m ²	40 tn	1.8%
+ Ytterdører	35 m ²	5.8 tn	0.27%
+ Takdekke	1750 m ²	120 tn	5.6%
+ Tak	1750 m ²	21 tn	0.96%
+ Innevegger	2279 m ²	74 tn	3.5%
+ Gulv	3325 m ²	16 tn	0.75%
+ Himling	3325 m ²	18 tn	0.85%