

Namsos kommune

NAMSOS SAMFUNNSHUS KLIMAGASSANALYSE AV RIVING VS REHABILITERING

Dato: 22.01.2021
Versjon: 02



Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver: Namsos kommune
Tittel på rapport: Namsos Samfunnshus klimagassanalyse av riving vs. rehabilitering
Oppdragsnavn: Namsos Samfunnshus klimagassberegninger
Oppdragsnummer: 629986-01
Utarbeidet av: Émilie Chartrand, Henriette M. Sandberg, Jill Saunders, Mie Fuglseth
Oppdragsleder: Jill Saunders
Tilgjengelighet: Åpen

01	09.01.21	Nytt dokument	JS, HS, EC, MF	
02	20.01.21	Revisjon av utkast	JS, HS, EC, MF	KSO
VERSJON	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KS

Forkortelser og definisjoner

BRA	Bruksareal. Bruttoareal minus arealet som opptas av yttervegger.
BTA	Bruttoareal. Hele bygningens areal i alle etasjer over og under mark målt til ytterveggenes utside.
BREEAM-NOR	Norges mest brukte miljøsertifisering av bygg
CAV	Ventilasjonsstyring, med konstant luftvolum og på-av styring.
CO ₂ e	CO ₂ -ekvivalent. I klimagassregnskap blir utslipp av ulike klimagasser med ulikt oppvarmingspotensial omregnet til tilsvarende mengde CO ₂ -utslipp, kalt CO ₂ -ekvivalenter, for at utslippene skal kunne summeres.
FutureBuilt	Program for utvikling av klimanøytrale bygg og områder
INV	Innervegg. Brutto veggareal for innvendige vegger.
LCA	Livsløpsvurdering (Life Cycle Assessment), metode for helhetlig miljøpåvirkningsanalyse
Lekkasjetall	Angir hvor tett et bygg er og viser hvor mange ganger luften skiftes ut per time når det er over- eller undertrykk på 50 Pascal (Pa)
NS	Norsk standard
Passivhusnivå	Passivhusstandarden (NS 3701), setter strenge krav for å få bygg med lavt energiforbruk
TEK17	Bygningsteknisk forskrift fra 2017, dagens krav
U-verdi	Varmegjennomgangstall, angir en bygningsdels varmeisolerende evne. Lavt tall angir god isolasjonsevne.
YOM	Yttervegg over mark
ZEB	Zero Emission Building

Sammendrag

Namsos samfunnshus, bygget i 1959, har vært gjenstand for en mengde studier og rapporter de siste 30 årene. Asplan Viak AS er engasjert for å se på miljøpåvirkningen til scenarioene som er forespeilet som alternativer for videre drift av bygget.

Bygget har behov for oppgradering, og alternativene som er sammenlignet er varierende grad av rehabilitering eller at bygget rives og det oppføres et nybygg. I analysen vi har presentert her har vi belyst konsekvenser for energibruk og klimagassutslipp over 60 år med en klimagassberegning.

For å synliggjøre effekten av energibruk og klimagassutslipp som følge av oppgraderingstiltak har vi gjennomført energiberegninger og klimagassberegninger for følgende scenarioer:

- Scenario 1:** Total renovering av eksisterende bygg (4 338 m² BRA)
 - 1a: Bevare eksisterende fasade, isolere innvendig
 - 1b: Bytte ut eksisterende fasade, isolere tilsvarende krav i TEK 17
 - 1c: Bytte ut eksisterende fasade, isolere tilsvarende passivhus nivå
- Scenario 2:** Totalrenovering vestfløy + rive midt/øst; erstatte med tilbygg (3 115 m² BRA)
 - 2a: TEK17
 - 2b: Passivhus nivå
- Scenario 3:** Rive eksisterende bygg, erstatte med nybygg (3 000 m² BRA)
 - 3a: TEK17, vanlig materialer
 - 3b: TEK17, klimavennlige materialer
 - 3c: Passivhus

Beregningene av energibruk og klimagassutslipp gir følgende hovedfunn:

Scenario	Totalt utslipp 60 år	Utslipp / år	Utslipp / ansatt
1a - total rehabilitering (innvendig isolering)	4 306 tonn CO ₂ e	16,5 kg CO ₂ e /m ²	29 tonn CO ₂ e
1b - total rehabilitering (inkl. fasade)	4 122 tonn CO ₂ e	15,8 kg CO ₂ e /m ²	28 tonn CO ₂ e
1c - total rehabilitering til passivhus	2 828 tonn CO ₂ e	10,9 kg CO₂e /m²	19 tonn CO₂e
2a - delvis rehabilitering, TEK 17	3 446 tonn CO ₂ e	18,4 kg CO ₂ e /m ²	27 tonn CO ₂ e
2b - delvis rehabilitering, passivhus	2 468 tonn CO₂e	13,2 kg CO ₂ e /m ²	19 tonn CO₂e
3a - nybygg, vanlig materialer	3 564 tonn CO ₂ e	19,8 kg CO ₂ e /m ²	27 tonn CO ₂ e
3b - nybygg, klimavennlige materialer	2 850 tonn CO ₂ e	15,8 kg CO ₂ e /m ²	22 tonn CO ₂ e
3c - nybygg, passivhus	2 617 tonn CO ₂ e	14,5 kg CO ₂ e /m ²	20 tonn CO ₂ e

Generelt bruker rehabiliteringsprosjekter å ha mye lavere klimagassutslipp fra materialer sammenlignet med et nybygg. Rehabiliteringsscenarioene her er veldig omfattende. Ved utskifting av fundament, tak, fasade og gulv på grunn, vil det i realiteten bare være betongstrukturen som gjenstår (i tillegg til noen innvendige vegger). Dette blir en situasjon lik paradokset om skipet til Theseus; hvis et objekts komponenter er erstattet, er det fortsatt samme objekt?

Forskjellen fra et nytt bygg er ikke spesielt stor, men bevaringen av den eksisterende bærekonstruksjonen vil gi en liten fordel når utslippene blir sett på per kvadratmeter. Det må påpekes at scenario 1c – rehabilitering til passivhusstandard kan være teknisk krevende å gjennomføre, gjennomførbarheten og kostnaden ved dette er ikke utredet i denne rapporten.

Størrelsen på det totale oppvarmede arealet for bygget spiller en stor rolle for de totale utslippene. Siden det er et mindre oppvarmet areal, vil nybygg scenarioene generelt ha lavere klimagassutslipp over 60 år sammenlignet med rehabiliteringsscenarioene. Det er derfor viktig å ikke ha et større bygg

enn behovet tilsier. Det er viktig å huske at den mest miljøvennlige kvadratmeteren er den som ikke blir bygget.

Samtidig vil utslipp per ansatt være en viktig målestokk. Antatt at bygget er fullstendig utnyttet har total rehabilitering til passivhusstandard og delvis rehabilitering av vestfløyen like utslipp per ansatt, med 19 tonn over 60 år, som er lavere enn de andre alternativene.

Scenariet med høyest totale utslipp over 60 år er 1a – total rehabilitering (innvendig isolasjon). Dette scenariet har også høyest utslipp per ansatt. Teknisk gjennomførbarhet og kostnad av å bevare fasaden i dette scenariet er ikke utredet i denne rapporten.

Innhold

1. INNLEDNING	7
1.1. Om prosjektet	7
1.2. Formål med analysen	7
1.2.1. Hva er LCA?	7
1.2.2. Klimagassberegninger som beslutningsgrunnlag	8
1.3. Beregningsscenarioer	9
1.3.1. Levetidsvurdering	9
1.3.2. Begrensninger	10
2. METODE OG BEREKNINGSFORUTSETNINGER.....	11
2.1. Klimagassberegninger.....	11
2.1.1. Livsløpsmetodikk, systemgrenser og beregningsverktøy	11
2.2. Energiberegninger	11
2.2.1. Utslippsfaktor for strøm	12
2.3. Scenarioer.....	12
2.3.1. Scenario 1: Totalt rehabilitering	13
2.3.2. Scenario 2: Delvis rehabilitering	15
2.3.3. Scenario 3: Nybygg	15
3. RESULTATER	17
3.1. Beregnet energibruk.....	17
3.2. Beregnede materialbruk.....	17
3.3. Beregnede klimagassutslipp	18
3.4. Følsomhetsvurderinger og usikkerhet.....	19
3.4.1. Rehabiliteringsscenario.....	19
3.4.2. Design og konstruksjon av nybygg.....	19
3.4.3. Vurdering av usikkerhet i beregnet energibruk.....	21
3.4.4. Grad av gjenbruk.....	21
4. DRØFTING OG KONKLUSJONER	22
4.1. Hovedfunn fra klimagassberegningene	22
VEDLEGG 1: MATERIALBRUK TIL REHABILITERINGSSCENARIOENE.....	24
VEDLEGG 2: MATERIALBRUK TIL NYBYGGSCENARIOENE	26

1. INNLEDNING

1.1. Om prosjektet

Namsos samfunnshus, bygget i 1959, er et eksempel på bygninger i gjenoppbygningsbyen som har hatt for lite vedlikehold. Bygget brukes i dag som administrasjonsbygg for Namsos kommune, men skal fraflyttes i juni i år fordi det ikke oppfyller gjeldende krav til arbeidsplasser. Det må derfor oppgraderes eller rives og bygges nytt.

Bygget har vært gjenstand for en mengde studier og rapporter de siste 30 årene. Asplan Viak AS er engasjert for å se på miljøpåvirkningen til scenarioene som er forespeilet som alternativer for videre drift av bygget.

1.2. Formål med analysen

I analysen vi har presentert her har vi belyst konsekvenser av bevaring sammenlignet med å rive og bygge nytt både for energibruk og klimagassutslipp over 60 år med en livsløpsvurdering.

Dette er hovedsakelig basert på følgende rapporter:

- *Rådhus i Namsos: Ombygging av Samfunnshuset med nytt tilbygg*, 22.11.2019, Arcon Prosjekt AS;
- *Namsos Rådhus og samfunnshus – vurdering av fundamentering*, 25.11.20, Arcon Prosjekt AS;
- *Levetidsvurdering alternative løsninger Namsos samfunnshus*, 04.05.2020, Norconsult AS;
- *Levetidsvurdering Namsos samfunnshus, Rapport II*, 03.12.2020.

Arbeidsgruppen for dette prosjektet var på befaring på Namsos Samfunnshus 04.12.2020.

1.2.1. Hva er LCA?

Bygg- og eiendomssektoren har stor betydning for at Norge skal nå sine klimamål, både knyttet til direkte utslipp fra byggefasen og energibruk i drift, og indirekte utslipp fra forbruk av byggematerialer. Byggsektoren står for innkjøp av 40 % av materialressursene¹. En rapport fra 2006² beregnet at klimagassutslipp knyttet til bygg- og anleggsmaterialer utgjorde 8 % av nasjonale utslipp. I tillegg kommer utslipp i utlandet knyttet til materialer vi importerer.

Klimagassutslipp fra en bygning forårsakes av forbruk av material- og energiresurser i løpet av bygningens levetid, aktiviteter i vedlikehold, konstruksjonsfasen og ved riving av bygningen, og av avfallshåndtering av materialer etter endt levetid. Livsløpsvurdering (Life Cycle Assessment, LCA) er anerkjent som det mest hensiktsmessige metodiske rammeverket for å vurdere klimagassutslipp, fordi LCA gir et mest mulig helhetlig bilde av hvordan utslipp oppstår over livsløpet og gjennom verdikjeden. LCA er ofte brukt i sertifiseringsprogrammer for bygninger, som f.eks. BREEAM-NOR.

Økt bevissthet rundt klimapåvirkning fra bygningsmassen og stadig strengere krav til energieffektivitet i lover og regelverk har gitt mer energieffektive bygg. Derfor har byggematerialene fått større betydning for byggenes totale miljøpåvirkning, og den relative andelen av totale utslipp er økende. Forskning viser at bygninger med høy energieffektivitet har en høyere andel av klimagassutslipp fra materialbruk, hvorav ca. 65 % kommer fra bygningskroppen³.

¹ https://www.bygg21.no/contentassets/e6d875b6fa1d457b9d6e2fd50cd02e91/33019_delrapport-3b_digitalt.compressed.pdf

² Byggemiljø, 2007: Byggsektorens klimagassutslipp, revisjon april, 2007 <http://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2015/01/Notat-klimagassutslipp-fra-byggsektoren21des06rev190407.pdf>

³ https://fmezen.no/wp-content/uploads/2020/05/ZEN-Report-no-24_Klimagasskrav-til-materialbruk-i-bygninger.pdf

Generelt er rehabilitering et mer miljøvennlig alternativ enn nybygging når det gjelder klimagassutslipp fra materialbruk. Dette vil si utslipp som kommer fra utvinning, prosessering, transport og installasjon av materialer i/på bygget, inkludert utskiftninger over byggets antatte livstid på 60 år. I gjennomsnitt er det omtrent 30 % lavere utslipp fra rehabiliteringsprosjekt sammenlignet med nybygg når det kommer til kontorbygg. Namsos Samfunnshus er imidlertid interessant fordi de omfattende oppgraderingene som kreves for å bringe bygget tilbake til en fungerende tilstand er store, og den foreslåtte erstatningen er en mindre bygning enn den originale.

1.2.2. Klimagassberegninger som beslutningsgrunnlag

Som navnet tilsier, vurderer klimagassberegninger klimagassutslipp. Den bakenforliggende metodikken for klimagassberegninger er livsløpsvurdering (LCA, Life Cycle Assessment), der man kan vurdere langt flere typer miljøpåvirkning enn kun effekt på globalt klima. Årsaken til at klimagassberegninger er mer utbredt enn fullverdig LCA er både at klimaendringene har høy politisk prioritet, og at man får et mer entydig svar når man vurderer én enkeltparameter enn når man ser på flere samtidig. I en sammenliknende LCA-analyse kan konklusjonen for eksempel være at det ene alternativet gir lavere klimapåvirkning, mens det andre alternativet gir mindre utslipp av stoffer som bidrar til sur nedbør. Å prioritere en løsning fremfor en annen på grunnlag av en klimaanalyse kan dermed kreve at man vektet ett miljøproblem tyngre enn et annet, som igjen krever spesialkompetanse.

I både kommunikasjon og tolkning av resultater fra klimagassberegninger er det derfor viktig å huske på at de kun presenterer ett bilde av en sak, for eksempel et utbyggingsprosjekt. På samme måte som det kan være uklokt å kun vektlegge kostnader i et utbyggingsprosjekt, kan det være uklokt å kun ta hensyn til klimagassutslipp. Klimagassberegninger bør derimot inngå som en del av et bredere beslutningsgrunnlag der alle relevante aspekter belyses. For å veie ulike hensyn opp mot hverandre er det nødvendig å ha avklart hvilken prioritering de skal ha dersom de kommer i konflikt. Det er ikke gitt at klima og bevaring alltid vil gå hånd i hånd, på samme måte som klimatiltak kan være fordyrende og dermed stå i konflikt med økonomiske hensyn. Det gjelder å ha et bevisst forhold til når vi ønsker å prioritere klima, og når andre hensyn skal veie tyngre. Klimagassberegninger kan imidlertid være en viktig rettesnor for å hjelpe oss med å ta de valgene som gir minst utslipp innenfor de begrensningene vi må forholde oss til. I analysen vi har presentert her har vi belyst konsekvenser av bevaring sammenlignet med å rive og bygge nytt både for energibruk og klimagassutslipp. Hovedvekten har likevel vært på klimagassutslipp, og analysen bør sees i lys av dette.

Et viktig premiss for at klimagassberegninger skal fungere godt som beslutningsstøtte, er selvsagt at beregningene er så objektive og sannferdige som mulig. Enhver klimagassberegning er basert på en beregningsmodell som i sin natur bare kan gi oss et forenklet bilde av virkeligheten. Dermed gjelder det at modellen evner å gjenspeile de viktigste aspektene som har betydning for utfallet. For eksempel at systemgrensene, det vil si avgrensningen av analysen i tid og rom, favner bredt nok til at vi får med de tingene som varierer mellom alternativene vi sammenlikner. Samtidig er det også et poeng at analyseresultatene skal kunne holdes opp mot andre tilsvarende analyser av liknende systemer. Dette er for eksempel bakgrunnen for at Norsk Standard for klimagassberegninger av bygninger, NS 3720, sier at man skal presentere resultater for 60 års analyseperiode i alle klimagassberegninger av bygg, selv om det er selvsagt at den reelle levetiden for bygninger vil variere.

For fordi det er en teoretisk beregning av utslipp som skjer andre steder til andre tider av en gass vi hverken kan se eller ta på, som bygger på mange og til dels innfløkte forutsetninger om forhold både i dag og i fremtiden, kan klimagassberegninger fremstå nærmest som en lek med tall, der man kan skru på forutsetningene for å få det svaret man ønsker. Med dette i mente har vi etter beste evne forsøkt å være bevisste på å ikke legge analysepremissene til rette for noen bestemt konklusjon. En analyse vil alltid være et produkt av forutsetningene som er lagt til grunn. Vi har derfor forsøkt å

presentere metodikk og forutsetninger på en så transparent måte som mulig, slik at det skal være mulig å lese resultatene i lys av hva vil har lagt til grunn for beregningene.

1.3. Beregningsscenarier

Det er gjort et forsøk på å være konsistent med de tiltakene som er evaluert i Norconsults rapport *Levetidsvurdering Namsos samfunnshus, Rapport II* fra 2020-12-03.

For å synliggjøre effekten fra energibruk og klimagassutslipp som følge av oppgraderingstiltak har vi gjennomført energiberegninger og klimagassberegninger for følgende scenarier:

- Scenario 1:** Total renovering av eksisterende bygg
 - 1a: Bevare eksisterende fasade, isolere innvendig
 - 1b: Bytte ut eksisterende fasade, isolere tilsvarende krav i TEK 17
 - 1c: Bytte ut eksisterende fasade, isolere tilsvarende passivhus nivå
- Scenario 2:** 2a: Totalrenovering vestfløy + rive midt/øst; erstatte med tilbygg, TEK17
2b: Totalrenovering vestfløy + rive midt/øst; erstatte med tilbygg, passivhus
- Scenario 3:** Rive eksisterende bygg, erstatte med nybygg
 - 3a: TEK17, vanlig materialer
 - 3b: TEK17, klimavennlige materialer
 - 3c: Passivhus

Generelt burde vi ha et Scenario 0 (beholde bygget som det er). Dette er ikke et alternativ for Namsos Samfunnshus på grunn av byggets tilstand, manglende tekniske installasjoner, blant annet ventilasjon i kontorer, i tillegg mangler det universell utforming i bygget. Det er rapportert dårlig innneklima i kontorene, med blant annet temperaturer ned til 14 grader inne på kontorer, derfor vil de ansatte i bygget bli flyttet ut innen juni 2021. Scenario 0 vil ikke resultere i et bygg som er tilstrekkelig, og vil derfor ikke bli evaluert i denne rapporten som en levedyktig løsning.

Tabell 1 Arealer per scenario

Scenario	Rehab. areal	Nytt areal	BRA
1a - total rehabilitering (innvendig isolasjon)	4 338 m ²	0 m ²	4 338 m ²
1b - total rehabilitering (inkl. fasade)	4 338 m ²	0 m ²	4 338 m ²
1c - total rehabilitering til passivhus	4 338 m ²	0 m ²	4 338 m ²
2a - totalrenovering vestfløy + rive midt/øst; erstatte med tilbygg (A2 + C1)	707 m ²	2 408 m ²	3 115 m ²
2b - totalrenovering vestfløy + rive midt/øst; erstatte med tilbygg (A3 + C3)	707 m ²	2 408 m ²	3 115 m ²
3a - nybygg, vanlig materialer	0 m ²	3 000 m ²	3 000 m ²
3b - nybygg, klimavennlige materialer	0 m ²	3 000 m ²	3 000 m ²
3c - nybygg, passivhus	0 m ²	3 000 m ²	3 000 m ²

1.3.1. Levetidsvurdering

Standard beregningsperiode for klimagassberegninger av bygninger i Norge er en levetid på 60 år, iht. NS 3720 – «Metode for klimagassberegninger i bygg», dette sikrer sammenliknbarhet på tvers av ulike analyser. 60 år beregningsperiode er derfor lagt til grunn for alle scenarier.

Dette kan virke uhensiktsmessig for bygningsmasse som allerede har stått i 50-150 år, og ettersom noe av hensikten med vurderingene i denne rapporten er å belyse gode tiltak for å kunne forlenge levetiden til eldre bygg. Usikkerheten rundt forventet levetid for nye bygg som oppføres i dag er imidlertid like stor, og i tillegg er det svært usikkert hvordan byggene vil avhendes etter endt faktisk levetid. Der er imidlertid nødvendig å benytte en fast beregningsperiode som er lik for alle scenarier, for å avgrense tidsrommet for drift og vedlikehold av byggene. Dette omfatter energibruk i drift per år og kommende utskiftninger og øvrig vedlikehold. Beregningsperioden har også betydning for sammenlikning av utslipp per år, ettersom totale utslipp da fordeles på beregningsperioden. For å

presentere resultatene på en mest mulig nyansert måte, vil vi derfor angi beregnede utslipp både som sum over beregningsperioden, og fordelt per år.

Rapporten fra Norconsult antar 40 år levetid for et renvert bygg og 60 år for nybygg; i denne rapporten vil vi bruke 60 år for begge byggene for å være konsistent med NS 3720 og standardverdier fra industrien. Det må bemerkes at bygget er vurdert som et kontorbygg; kulturbygg kan ansees å ha en levetid opp mot 100 år.

1.3.2. Begrensninger

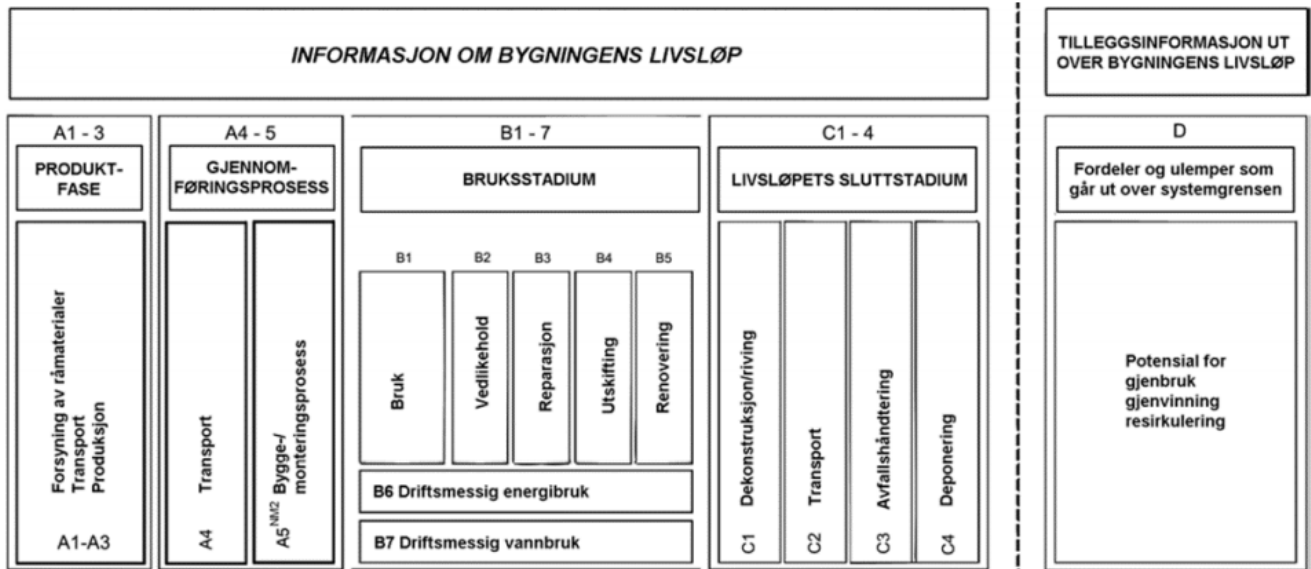
Denne rapporten er begrenset til en sammenligning av klimagassutslipp fra materialer og energi over 60 år. Dette er overordnede analyser, og resultatet skal brukes til sammenligninger, ikke enkeltstående klimagassregnskap. Elementer som er utelatt fra sammenligningene er blant annet utslipp fra mobilitet, samt mekaniske og tekniske installasjoner. Kulturminnevern er kun tatt med i den grad det er vurdert å ha realistiske alternativer, for eksempel for de ulike scenarioene for oppgradering av fasaden. Kostnader er også utelatt fra denne rapporten.

2. METODE OG BEREGNINGSFORUTSETNINGER

2.1. Klimagassberegninger

2.1.1. Livsløpsmetodikk, systemgrenser og beregningsverktøy

Klimagassberegningene omfatter energibruk i drift og materialbruk i til oppgradering og rehabilitering, oppføring av nybygg, samt til forventet vedlikehold over beregningsperioden (moduler A1-C4, 'vugge-til-grav' iht. EN 15804):



Figur 1 Livsløpsfaser og moduler for livsløpsvurderinger av bygninger i henhold til NS-EN 15804:2012 og NS-EN 15978:2011

For klimagassberegningene er det tatt i bruk Asplan Viaks egenutviklede beregningsverktøy, ByggLCA v.1.1. Verktøyet er godkjent for bruk i BREEAM-NOR, og er i tråd med «Metode for klimagassberegninger for bygninger», NS 3720. 60 år beregningsperiode er lagt til grunn for alle scenarier.

Utslipp fra transport av materialer til byggeplass i A4 og B4/B5 basert på distanse til standard produksjonsland (definert spesifikt for hver produktkategori basert på erfaring). Det er forutsatt at byggevarer typisk vil ha opprinnelsessted innenfor Europa. Fordi det ikke foreligger data som gjør det mulig å gjøre generelle forutsetninger om fordeling av transport mellom ulike transportmidler samlet for ulike materialtyper, er det forutsatt at all transport skjer med lastebil til Namsos.

Vi har valgt å holde avhendingsfasen utenfor analysen, ettersom det både virker urimelig å legge til grunn at samtlige bygg vil rives etter 60 år, og at avhendingsutslippene vil være omtrent tilsvarende alle scenarier. Avhending av eksisterende bygningsmasse er imidlertid medregnet i alle scenarioene, fordi dette vil være en konsekvens av å erstatte dagens bygningsmasse med nye.

Klimagassutslipp fra materialbruk omfatter selve bygningskroppen (hovedpost 2 i NS 3451 Bygningsdelstabell).

2.2. Energiberegninger

For å beregne utslipp fra energibruk i drift for de ulike scenarioene er det gjort energiberegninger for hvert av scenarioene. Siden det ikke ligger til grunn detaljerte planer for rehabiliteringsscenarier er det gjort erfaringsbaserte antagelser, disse antagelsene er dokumentert i avsnitt 2.3. Både

scenariene for rehabilitering og nybygg er klassifiserte som kontorbygg, som vil være hovedbruken av byggene.

Energiberegninger og simuleringer er utført med beregningsprogrammet SIMIEN (versjon 6.015). Programmet utfører beregningene i henhold til standard for energiberegninger NS 3031 og for gjeldende passivhusstandard for yrkesbygninger NS 3701.

Programmet baserer beregning av årlig energibehov, validering av inneklime, dimensjonering av oppvarmingsanlegg, ventilasjonsanlegg og romkjøling i bygningen på input om varmetap knyttet til bygningens konstruksjonselementer som gulv, vegger, vinduer, dører og tak, varmeanlegg med tilhørende distribusjonssystem og ventilasjonsanlegg. Internlaste som både krever energi (belysning, teknisk utstyr, tappevann) og avgir varme (belysning, teknisk utstyr, personer) beregnes på bakgrunn av standardiserte faktorer og tilpasning av driftstider i henhold til forventet driftsmønster i bygningen og dets forskjellige soner.

Beregnet energibehov fordelt på areal (kWh/m²) kalles spesifikt energibehov. Dette brukes som et referansetall for å sammenligne mellom bygninger.

2.2.1. Utslippsfaktor for strøm

Klimagassutslipp fra energibruk i drift av eksisterende bygg er basert på energiberegningene (se kapittel), samt forutsetninger om energiløsning i hvert scenario.

Det er ikke lagt til grunn noen endring i energibruk i drift over beregningsperioden, men utslippsfaktor for elektrisitetsforbruk gjenspeiler en utvikling i tråd med EUs mål om nullutslipp fra elektrisitetsproduksjon i 2050⁴. I hovedberegningene er utslippsfaktor gjennomsnittlig europeisk produksjonsmiks lagt til grunn, men det vises også resultater der norsk produksjonsmiks er lagt til grunn, i tråd med retningslinjene i NS 3720. Det er verdt å merke at gjennomsnittlig utslippsfaktor regnet over 60 år i NS 3720 ligger svært tett opp til utslippsfaktor for elektrisitet som benyttes i BREEAM-NOR, FutureBuilt og ZEB (Zero Emission Buildings), mens utslippsfaktor for norsk miks har en mye lavere utslippsverdi.

I alle scenariene er det antatt at det vil bli brukt fjernvarme. Dette er generelt mer utslippseffektivt sammenlignet med bruk av elektrisitet for oppvarming, og er anbefalt. Utslippsfaktorer for fjernvarme er hentet fra Statkrafts *BREEAM nøkkeltall for Namsos fakta ark*⁵, dette inkluderer planlagte endringer i energimiksen i 2030.

Gjennomsnittsverdi over 60 år for utslipp fra strøm er gitt i Tabell 2.

Tabell 2 Utslippsfaktorer for elektrisitet og fjernvarme benyttet i klimagassberegninger (gjennomsnittsverdier over 60 års beregningsperiode)

Energibærer	Utslippsfaktor	Kilde
Elektrisitet	113 g CO ₂ e/kWh	NS 3720, EU28+NO
Elektrisitet	16 g CO ₂ e/kWh	NS 3720, NO
Fjernvarme	36 g CO ₂ e/kWh	Statkraft: BREEAM nøkkeltall for Namsos

2.3. Scenarier

Det er noen faktorer som er like i alle scenariene: utskifting av fundament og tak. Vi setter søkelys på ulikhetene mellom scenariene for å kunne bistå i beslutningstakingen. Med avhendingen av

⁴ EU28+NO, Europeisk forbruksmiks. Lineær funksjon fra dagens forbruksmiks til nær null i 2050. Ett av to scenarier fra NS 3720 for strømmiks.

⁵ <https://www.statkraftvarme.no/globalassets/0/statkraft-varme/om-fjernvarme2/klima-og-miljo/breeam-dokumentasjon/sept-2019/breeam-nokkeltall-namsos.pdf>

fundamenteringen og taket, vil gjenbruk og resirkulering være anbefalt, dersom det er mulig (spesielt stål, fra det eksisterende fundamentet og armeringen).

2.3.1. Scenario 1: Totalt rehabilitering

For å sette bygningen i stand til å være anvendbar som kontorbygg igjen, må det gjøres intensiv rehabilitering. Antakelsene for omfanget til renovasjonen er hovedsakelig basert på tegningene utarbeidet av Arcon i 2019 som vist i Figur 2.

Fasade

Kommunen har uttrykt at fasaden er spesielt viktig å bevare. Derfor har vi sett på tre ulike muligheter for fasaden:

Scenario 1a: Beholde fasade, med innvendig isolasjon (når ikke TEK 17 nivå, må søke dispensasjon)

Scenario 1b: Ny fasade, TEK17 nivå

Scenario 1c: Ny fasade, passivhus nivå

På grunn av manglede tegninger, har vi måtte gjøre mange antakelser for isolasjon (eller mangel på isolasjon) i den eksisterende fasaden. Her har vi antatt at fasaden var bygget til å minimum nå kravet fra byggeteknisk forskrift på den tiden (TEK 49). Dette gir en u-verdi på 1,05 W/(m²K). For å kunne nå kravene i dagens standard, TEK17, må det etterisoleres med minimum 16 cm. Dessverre er det bare mulig å etterisolere med ca. 5 cm innvendig før det kan oppstå fuktproblemer i veggen. Før man kan etterisolere innvendig må det gjøres en grundig tilstandskontroll av fasaden. Fra rapporten «Levetidsvurdering Namsos samfunnshus» utarbeidet av Norconsult er det allerede påvist at betongen har høy fukttransport/- gjennomtrenging. Det er generelt ikke anbefalt med innvendig etterisolering på⁶:

- Mur-fasader der utvendige overflater og kledning har store skader;
- Yttervegger som er utsatt for mye slagregn;
- Fasader med teglstein som ikke er frostbestandige;
- Eldre, pussede vegger av porebetong.



Figur 2 Planløsning av Namsos Rådhus utarbeidet av Arcon Prosjekt AS i 2019

Dersom det er mulig å etterisolere innvendig med 5 cm vil dette bare gi en u-verdi på 0,46, og dette krever dispensasjon fra TEK17.

⁶ Sintef Byggforsk (2014) 723.314 Etterisolering av murvegger

Ekstra isolasjon kan bli lagt til utenpå den eksisterende fasaden for å nå TEK17 og passivhus kravene, men dette vil skjule den originale fasaden og resultere i en mye tykkere vegg enn nødvendig (som igjen vil påvirke dagslystilgangen). Derfor vil scenario 1b og 1c anta at all isolasjon er utvendig, med total utskifting av fasaden.

Dersom den utvendige kledningen blir fjernet, kan det bli lagt til mer isolasjon. Det er ønskelig å gjenbruke dagens fasade (med ekstra materialer i hjørnene for å dekke den nye, tykkere isolasjonen), levetidsvurderingen gjennomført av Norconsult indikerer at dette kanskje ikke er mulig. Av denne grunnen har vi antatt en ny fasade av ferdigstøpt betong (som kan ha samme utseende som den originale) i scenario 1b og 1c for å erstatte den originale kledningen. For scenario 1b (TEK17), er veggen etterisolert med 16 cm isolasjon utvendig. For scenario 1c (passivhus nivå), er veggen etterisolert med 32 cm isolasjon utvendig. Siden veggen vil bli vesentlig tykkere for å nå passivhusnivået er ikke dette en løsning som er anbefalt med mindre det blir gjort egne studier for å forsikre seg om at dagslystilgangen i bygget blir tilstrekkelig.

Fasadene er av betong, unntatt østfasade som har bindingsverk og platekledning. Eksisterende platekledning kan byttes med fibersementplater.

Fundamentering

Basert på tilstandsrapporten fra Arcon (november 2020), forstår vi at fundamenteringen ikke kan bli gjenbrukt slik den står i dag, og at det er behov for en fullstendig utskifting. Det er selvsagt ønskelig at stålpelene kan bli tatt opp og resirkulert dersom det er mulig; det er imidlertid lite sannsynlig at dette er gjennomførbart. Dette har resultert i at mulige fordeler ved resirkulering av stål er utelatt fra våre beregninger. Vi har antatt at de eksisterende stålpelene vil bli byttet ut med mikropeler, betongpeler med stålkjerne, med samme posisjonering og lengde som dagens fundament. For å få tilgang til pelene, må gulvet på grunn også fjernes, og vi antar at det vil bli lagt til isolasjon under den nye gulven på dette tidspunktet. Isolasjonstykkelsen som brukes i beregningene tilsvarer nivået som trengs for å nå U-verdiene i Tabell 3 for hvert scenario. Ytterveggene mot terreng ble ikke utskiftet, men nye yttervegger ble inkludert der det var nødvendig basert på tegningene.

Tak

For alle tre scenarioene er det antatt komplett utskifting av taket. Dette er på grunn av det økte kravet for snølast i bygningskoden, i tillegg til at økt takhøyde inngår som ett av alternativene i rapporten fra Arcon. Vi antar at et standard, lettvekts-system (stålkanaler og plater) vil bli brukt for å redusere ekstra vekt for bærekonstruksjonen. Det kommer også frem fra levetidsvurderingen fra Norconsult at det kan være fuktskader i konstruksjonen. Isolasjonstykkelsen som brukes i beregningene tilsvarer nivået som trengs for å nå U-verdiene i Tabell 3 for hvert scenario.

Innvendige overflater, innervegger, dekker og trapper

Det forutsettes at et rehabilitert bygg oppfyller standarder med hensyn til universell utforming, brann- og støykraft. Eksisterende innvendige overflater er av varierende tilstand og avviker delvis fra disse kravene. Det er også registrert overflater med mulig asbest. I denne rapporten tas det høyde for utskifting og oppussing av alle innvendige overflater. Valgte overflater tilsvarer de typiske overflatene i kontorbygg i Norge.

Nye innervegger ble inkludert i klimagassberegninger basert på planløsninger fra Arcon 2019. Eksisterende innervegger som fremdeles står i de nye tegningene ble bevart, og bare overflatene ble utskiftet. Arcon foreslo to løsninger for 2. etasje (cellekantor eller kontorlandskap) og 4. etasje (kontor eller kantine). Kontorlandskap ble valgt som løsning i 2. etasje og kontorløsningen i 4. etasje ble brukt i beregningene siden disse løsningene innebærer færre endringer i eksisterende bygning.

Dekkekonstruksjonen i midtfløyen ble utvidet inn over der kinosalen er i dag. Hulldekkekonstruksjon i betong ble antatt.

Nye trapperom i betong og heissjakt med dimensjoner i samsvar med dagens krav ble inkludert i beregningene.

Verdier i energiberegningene

Verdiene som brukes i energiberegningene er vist nedenfor i Tabell 3.

Tabell 3 Beregningsfaktorer i energiberegninger for rehabilitering-scenarier

Scenario 1a: Total rehabilitering, innvendig isolasjon	Scenario 1b: Ny fasade, TEK-17 nivå	Scenario 1c: Ny fasade, passivhus nivå
U-verdi vinduer snitt 0,8 W/m ² K	U-verdi vinduer snitt 0,8 W/m ² K	U-verdi vinduer snitt 0,8 W/m ² K
U-verdi gulv 0,18 W/m ² K	U-verdi gulv 0,18 W/m ² K	U-verdi gulv 0,08 W/m ² K
U-verdi vegg snitt 0,68 W/m ² K	U-verdi vegg snitt 0,22 W/m ² K	U-verdi vegg snitt 0,11 W/m ² K
U-verdi tak snitt 0,18 W/m ² K	U-verdi tak snitt 0,18 W/m ² K	U-verdi tak 0,08 W/m ² K
Lekkasjetall ved 50 Pa 2,5 h ⁻¹	Lekkasjetall ved 50 Pa 1,5 h ⁻¹	Lekkasjetall ved 50 Pa 0,6 h ⁻¹
Kuldebroverdi 0,12W/m ² K	Kuldebroverdi 0,06 W/m ² K	Kuldebroverdi 0,03 W/m ² K
Tilluft: I driftstiden 7 m ³ /hm ² Utenfor driftstid 2 m ³ /hm ²	Tilluft: I driftstiden 7 m ³ /hm ² Utenfor driftstid 2 m ³ /hm ²	Tilluft: I driftstiden 6 m ³ /hm ² Utenfor driftstid 1 m ³ /hm ²
CAV ventilasjon: temperaturvirkningsgrad 0,80	CAV ventilasjon: temperaturvirkningsgrad 0,80	CAV ventilasjon: temperaturvirkningsgrad 0,8

2.3.2. Scenario 2: Delvis rehabilitering

I dette scenariet er det sett på et alternativ med delvis rehabilitering, det vil si totalrenovering av vestfløyen og erstatte midt/øst-fløy med et nybygg.

Det er undersøkt to scenarier:

Scenario 2a: Totalrenovering vestfløy + rive midt/øst; erstatte med tilbygg (TEK-17, kombinasjon av 1b og 3b)

Scenario 2b: Totalrenovering vestfløy + rive midt/øst; erstatte med tilbygg (Passivhusstandard, kombinasjon av 1c og 3c)

2.3.3. Scenario 3: Nybygg

Siden det nye bygget ikke er planlagt enda vil våre resultater være basert på referansebygg i dette scenariet.

Klimagassutslipp fra å rive dagens bygg og erstatte det med et nytt (Scenario 3) vil beregnes med forutsetning om materialbruk og løsningsvalg som tilsvarer en standard, nøktern bygningsutforming. Det er vår forståelse at det nye bygget vil være vesentlig mindre enn det eksisterende bygget. For å kunne gi en fornuftig sammenligning, vil vi presentere funnene i utslipp/m² i tillegg til totale utslipp per bygg.

Asplan Viak har utarbeidet såkalte «standard referansebygg» som en del av beregningsverktøyet ByggLCA, og har benyttet disse blant annet for å beregne referansenivåer for klimagassutslipp for materialbruk i bygg i utredninger for Direktoratet for Byggkvalitet (DiBK), Oslo kommune, Klimaetaten, og Enova. Våre referansebygg er gjennomgått i samråd med intern bygningsekspertise i Asplan Viak, for å sikre at løsningsvalg er representative. Referansebygget har en nøktern bygningsutforming og standard løsningsvalg, og er basert på «SINTEF-kasse»-modellen. Disse modellene er basert på en litt større bygning enn Namsos planlegger (3 600 m² vs. 3 000 m² BRA), og verdiene har blitt skalert proporsjonalt for å gjenspeile den mindre planlagte størrelsen.

Tre scenarier er undersøkt:

Scenario 3a: Nybygg, TEK17, vanlig materialer

Scenario 3b: Nybygg TEK17, klimavennlige materialer

Scenario 3c: Passivhus

Scenario 3a og 3b er identiske når det gjelder energiberegninger, ettersom de er nybygg etter TEK17-standard. Energimodellen ble utviklet av SINTEF ("SINTEF-kasse") for å representere typiske norske bygningskonstruksjoner og driftsforhold for et kontorbygg. SINTEF-kassen er en kompakt form med 3 etasjer, slik at energibehovene blir funnet per kvadratmeter for å gjøre en meningsfull sammenligning med de andre scenarioene. I tillegg til standard-"kassen" har vi lagt til samme pelefundamentering som i rehabiliteringsscenariet, med redusert antall peler proporsjonalt med det reduserte avtrykket til bygget.

For TEK17 må det beregnes først med Oslo-klima og standardiserte driftstider for å definere tekniske løsninger og så simulere med lokalt klima og reelle driftstider. Dette gjorde resultatene sammenlignbare med de andre scenarioene.

For Scenario 3c, passivhus, ble også her SINTEF-passivhus kasse lagt til grunn. Dette er samme form og størrelse som TEK17-scenariene. Dette ble også kjørt i Namsos-klimaet.

Alle tre scenarier antar fjernvarme som varmekilde.

Verdiene som brukes i energiberegningene er vist nedenfor i Tabell 4.

Tabell 4 Beregningsfaktorer i energiberegninger for nybygg-scenarier

Scenario 3a & 3b: Nybygg TEK 17	Scenario 3c: Nybygg passivhus
U-verdi vinduer 1,2 W/m ² K	U-verdi vinduer 0,8 W/m ² K
U-verdi gulv 0,14 W/m ² K	U-verdi gulv 0,09 W/m ² K
U-verdi vegg 0,21 W/m ² K	U-verdi vegg 0,17 W/m ² K
U-verdi tak 0,10 W/m ² K	U-verdi tak 0,12 W/m ² K
Lekkasjetall ved 50 Pa 1,40 h ⁻¹	Lekkasjetall ved 50 Pa 0,60 h ⁻¹
Kuldebroverdi 0,05 W/m ² K	Kuldebroverdi 0,03 W/m ² K
Tilluft: I driftstiden 7m ³ /hm ² Utenfor driftstiden 2m ³ /hm ²	Tilluft: I driftstiden 6m ³ /hm ² Utenfor driftstiden 1m ³ /hm ²
CAV ventilasjon: temperaturvirkningsgrad 0,80	CAV ventilasjon: temperaturvirkningsgrad 0,80

Utslipp fra materialbruk i nytt bygg med klimavennlige løsningsvalg (Scenario 3b) er basert på beregnet potensiale for utslippsreduksjon ved å bytte ut materialer i modell bygget med de mest klimavennlige løsningene som er tilgjengelige i dagens norske marked for byggevarer. Det er ikke forutsatt at overordnede løsningsvalg endres (for eksempel å endre bærekonstruksjon fra betong til tre), men at man erstatter materialer med tilsvarende, mer klimavennlige alternativer (for eksempel lavkarbonbetong). Dette vil for et kontorbygg tilsvare en utslippsreduksjon på 40 %, regnet for 60 års beregningsperiode (A1-A4 + B4). Merk at tilgjengelighet av noen løsninger, som lavkarbonbetong, kan være begrenset i Midt-Norge. Regional tilgjengelighet av disse materialene har ikke blitt vurdert i denne rapporten.

Utslipp fra riving av eksisterende bygg regnes fra Asplan Viaks erfaringstall.

Klimagassutslipp knyttet til materialbruk i driftsfasen er basert på forventet levetid for byggematerialer og komponenter. Utskifting av bygningsdeler med kortere levetid enn 60 år er medregnet iht. forventet levetid i bygget. Forventet levetid for bygningsdeler er vurdert med utgangspunkt i Sintef Byggforsk datablad 700.320 *Intervaller for vedlikehold og utskifting av bygningsdeler*, samt erfaringstall og EPD-informasjon.

3. RESULTATER

3.1. Beregnet energibruk

Årlig beregnet levert energi til bygget er gitt i Tabell 5.

Tabell 5 Levert energi til scenarier

Scenario	Levert strøm	Levert fjernvarme	Totalt levert energi	Utslipp fra energi, over 60 år
1a - total rehabilitering (innvendig isolasjon)	75 kWh/m ²	70 kWh/m ²	145 kWh/m ²	2760 tonn CO ₂ e
1b - total rehabilitering (TEK 17)	75 kWh/m ²	41 kWh/m ²	116 kWh/m ²	2520 tonn CO ₂ e
1c - total rehabilitering (passivhus)	43 kWh/m ²	31 kWh/m ²	75 kWh/m ²	1172 tonn CO ₂ e
2a - delvis rehabilitering, TEK 17	74 kWh/m ²	37 kWh/m ²	112 kWh/m ²	1776 tonn CO ₂ e
2b - delvis rehabilitering, passivhus	30 kWh/m ²	33 kWh/m ²	64 kWh/m ²	774 tonn CO ₂ e
3a - nybygg, vanlig materialer	74 kWh/m ²	36 kWh/m ²	110 kWh/m ²	1701 tonn CO ₂ e
3b - nybygg, klimavennlige materialer	74 kWh/m ²	36 kWh/m ²	110 kWh/m ²	1701 tonn CO ₂ e
3c - nybygg, passivhus	27 kWh/m ²	34 kWh/m ²	55 kWh/m ²	727 tonn CO₂e

Scenario 1a (beholde fasade) bruker over 50 % mer energi for oppvarming enn scenarioet hvor fasaden er totalt utskiftet (1b), siden utskifting av fasaden er nødvendig for å nå TEK17 standard. Likevel er den totale effekten av klimagassutslippene mye lavere siden den lokale fjernvarmen har en høy andel fornybar energi.

Energiforbruket som er gitt i tabellen over er presentert per kvadratmeter BRA, for enklere sammenligning. Det totale forbruket er direkte proporsjonalt til størrelsen på bygget. Det nye bygget, på 3 000 m² BRA, er mye mindre enn rehabiliteringsprosjektet på 4 338 m² (men tilsvarende størrelse som de 3 115 m² delvis rehabilitering). Det har tilsvarende lavere totale utslipp over 60 år. Per kvadratmeter er det passivhus-scenarioet som har lavest energibehov.

3.2. Beregnede materialbruk

Rehabiliteringsscenarioet er veldig omfattende. Ved utskifting av fundament, tak, fasade og gulv på grunn, vil det i realiteten bare være betongstrukturen som gjenstår (i tillegg til noen innvendige vegger). Dette blir en situasjon lik paradokset om skipet til Theseus, (hvis et objekts komponenter er erstattet, er det fortsatt samme objekt?) det gjør utslippene høyere enn ved et standard rehabiliteringsprosjekt, men fortsatt lavere enn et helt nytt bygg, siden bærekonstruksjonen står for det meste av de totale utslippene fra materialer.

Valg av klimavennlige materialer er viktig for å redusere totale utslipp fra materialer, nøye materialvalg kan også redusere utslippene drastisk. Rehabiliteringsscenarioene har selvfølgelig lavere utslipp fra materialer per kvadratmeter sammenlignet med nybygg scenarioene, men et nytt bygg med klimavennlige materialer (3b) har de totalt laveste utslippene fra materialer over 60 år på grunn av bygningens mindre størrelse.

Tabell 6 Material utslipp per scenario

Scenario	Material utslipp / m ² / år		Totalt material utslipp, 60 år	
1a - total rehabilitering (innvendig isolering)	5,9 kg/m²	min	1 546 tonn CO ₂ e	+35 %
1b - total rehabilitering (inkl. fasade)	6,2 kg/m ²	+4 %	1 603 tonn CO ₂ e	+40 %
1c - total rehabilitering til passivhus	6,4 kg/m ²	+7 %	1 656 tonn CO ₂ e	+44 %
2a - delvis rehabilitering, TEK 17	8,9 kg/m ²	+50 %	1 670 tonn CO ₂ e	+45 %
2b - delvis rehabilitering, passivhus	9,1 kg/m ²	+53 %	1 693 tonn CO ₂ e	+47 %
3a - nybygg, vanlig materialer	10,3 kg/m ²	+74 %	1 863 tonn CO ₂ e	+62 %
3b - nybygg, klimavennlige materialer	6,4 kg/m ²	+7 %	1 149 tonn CO₂e	min
3c - nybygg, passivhus	10,5 kg/m ²	+77 %	1 890 tonn CO ₂ e	+65 %

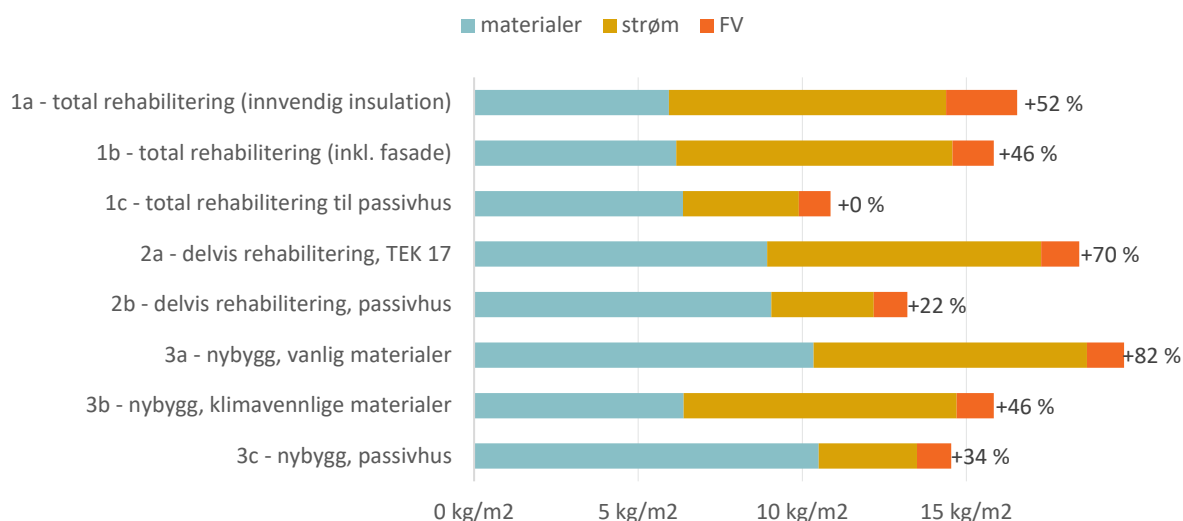
3.3. Beregnede klimagassutslipp

Tabell 7 viser klimagassutslipp fra riving, materialbruk, energi og tilhørende materialbruk for scenario 1-3. Verdier er gitt som kg CO₂-ekvivalenter per m² og år, for 60 års beregningsperiode. Totale utslipp over livsløpet er også presentert å vise påvirkningen bygningstørrelsen har på miljøet.

Tabell 7 Klimagassutslipp per scenario

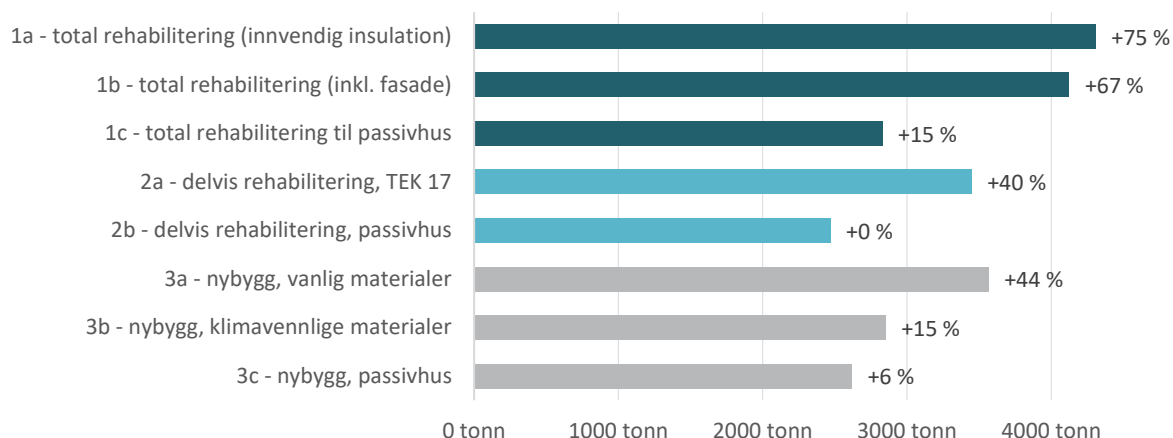
Scenario	BRA	Materialer	Energi	Totalt utslipp / år	Totalt utslipp 60 år
1a - total rehabilitering (innvendig isolasjon)	4 338 m ²	5,9 kg/m ²	10,6 kg/m ²	16,5 kg/m ²	4 306 tonn CO ₂ e
1b - total rehabilitering (TEK 17)	4 338 m ²	6,2 kg/m ²	9,7 kg/m ²	15,8 kg/m ²	4 122 tonn CO ₂ e
1c - total rehabilitering (passivhus)	4 338 m ²	6,4 kg/m ²	4,5 kg/m ²	10,9 kg/m²	2 828 tonn CO ₂ e
2a - delvis rehabilitering, TEK 17	3 115 m ²	8,9 kg/m ²	9,5 kg/m ²	18,4 kg/m ²	3 446 tonn CO ₂ e
2b - delvis rehabilitering, passivhus	3 115 m ²	9,1 kg/m ²	4,1 kg/m ²	13,2 kg/m ²	2 468 tonn CO ₂ e
3a - nybygg, vanlig materialer	3 000 m ²	10,3 kg/m ²	9,5 kg/m ²	19,8 kg/m ²	3 564 tonn CO ₂ e
3b - nybygg, klimavennlige materialer	3 000 m ²	6,4 kg/m ²	9,5 kg/m ²	15,8 kg/m ²	2 850 tonn CO ₂ e
3c - nybygg, passivhus	3 000 m ²	10,5 kg/m ²	4,0 kg/m²	14,5 kg/m ²	2 617 tonn CO₂e

Per kvadratmeter, har rehabilitering til passivhus (1c) det laveste utslippet over 60 år, etterfulgt av delvis renoveret til passivhus standard (2b).



Figur 3 Spesifikke utslippene per år

Imidlertid gjør den reduserte størrelsen på det delvis rehabiliterte bygget (2) og nybygget (3), at de totale utslippene er lavere enn ved scenarioet med full rehabilitering (1). Delvis rehabilitering til passivhusnivå (2b) (med utskiftning av vestfløyen og midtfløyen) og nybygg med klimavennlige materialer (3b) har så og si det samme klimagassutslippet over levetiden for bygget, etterfulgt av nybygg til passivhusstandard (3c). Likevel har rehabiliteringsscenarioet til passivhus nivå (1c) bare 12 % høyere utslipp enn disse to scenarioene (2b og 3b), selv om det oppvarmede arealet er 45 % større. Det er i tillegg mulig å redusere utslippene fra scenario 3c ved å ha passivhus med klimavennlige materialer. Dette ble ikke undersøkt i denne analysen, men basert på erfaring vil dette kunne gi ytterligere reduksjoner av klimagassutslipp fra bygget.



Figur 4 Totalt klimagassutslipp over 60 år, i CO₂e

Rehabiliteringsscenarioet med kun innvendig isolasjon lagt til fasaden (1a) har det tydelig høyeste utslippet over levetiden, med 75 % høyere utslipp enn scenarioet med lavest utslipp. TEK-17-oppradering (med ny fasade, 1b) har 65 % høyere utslipp enn delvis rehabilitering ved passivhusstandard (2b). Dette viser hvor viktig energieffektivitet er for å redusere utslipp i det lange løp.

Tabell 8 Klimagassutslipp per ansatt per scenario

Scenario	Ansatte	BRA	Totalt 60 år	Per ansatt over 60 år
1a - total rehabilitering (innvendig isolasjon)	146	4 338 m ²	4 306 tonn CO ₂ e	29 tonn CO ₂ e
1b - total rehabilitering (inkl. fasade)	146	4 338 m ²	4 122 tonn CO ₂ e	28 tonn CO ₂ e
1c - total rehabilitering til passivhus	146	4 338 m ²	2 828 tonn CO ₂ e	19 tonn CO₂e
2a - delvis rehabilitering, TEK 17	128	3 115 m ²	3 446 tonn CO ₂ e	27 tonn CO ₂ e
2b - delvis rehabilitering, passivhus	128	3 115 m ²	2 468 tonn CO₂e	19 tonn CO₂e
3a - nybygg, vanlig materialer	130	3 000 m ²	3 564 tonn CO ₂ e	27 tonn CO ₂ e
3b - nybygg, klimavennlige materialer	130	3 000 m ²	2 850 tonn CO ₂ e	22 tonn CO ₂ e
3c - nybygg, passivhus	130	3 000 m ²	2 617 tonn CO ₂ e	20 tonn CO ₂ e

3.4. Følsomhetsvurderinger og usikkerhet

3.4.1. Rehabiliteringsscenario

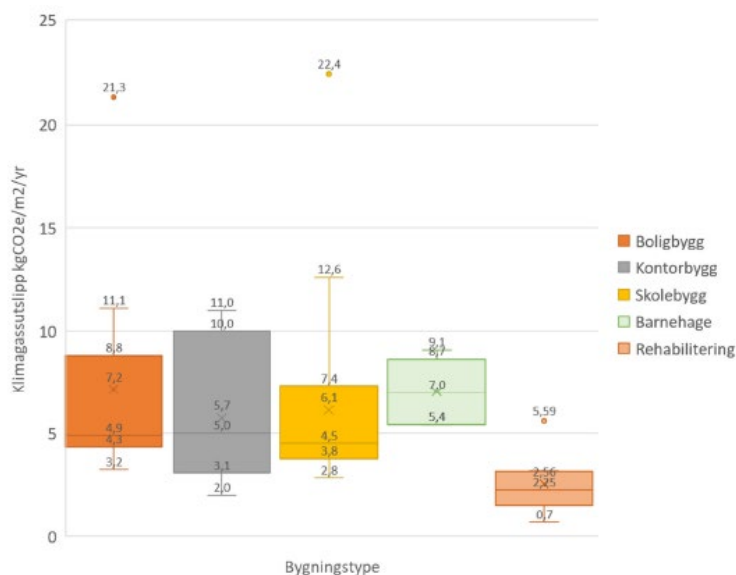
Det er gjort mange antagelser når det gjelder oppbygningen av den eksisterende fasaden. I scenario 1a er det kun etterisolert på innsiden, men det er ikke sikkert dette er gjennomførbart uten å få kondens i veggene – den virkelige oppbygningen av veggene og beste metode for rehabilitering bør bli undersøkt av en bygningsfysikkspert hvis alternativ 1a blir valgt.

Det er antatt at bærekonstruksjonen i det eksisterende bygget kan bevares, derfor er det ingen endringer som omhandler dekker.

3.4.2. Design og konstruksjon av nybygg

Det endelige designet og hvilke materialer som blir valgt i det nye bygget vil ha mye å si. I denne sammenligningen har vi brukt SINTEF-kassen som referansebygg, det representerer et standard kontorbygg i Norge. Dette samsvarer godt med en statistisk analyse av kontorbygg som er oppført det siste tiåret, for å finne klimagassutslipp fra materialbruk (A1-A4+B4) per areal og år, for 60 års beregningsperiode. En studie fra ZEN-senteret fant et gjennomsnitt på 5,7 kgCO₂e/m²/år i

byggefase⁷ (sett bort fra rehabiliteringsprosjekter), og SINTEF- kassen har omtrent 7 % høyere utslipp i disse fasene (6,1 kgCO₂e/m²/år). Det er imidlertid funnet en stor variasjon innenfor kontorbyggkategorien, utslippene fra materialer varierer fra 2 til 11 kgCO₂e/m²/år. Dette viser hvor avhengig utslippene fra materialer er av designet av et nytt bygg.



Figur 5 Boksplokk av klimagassutslipp (A1-A3 og B4) fra ulike bygningstyper i som bygget fasen. Fra [7].

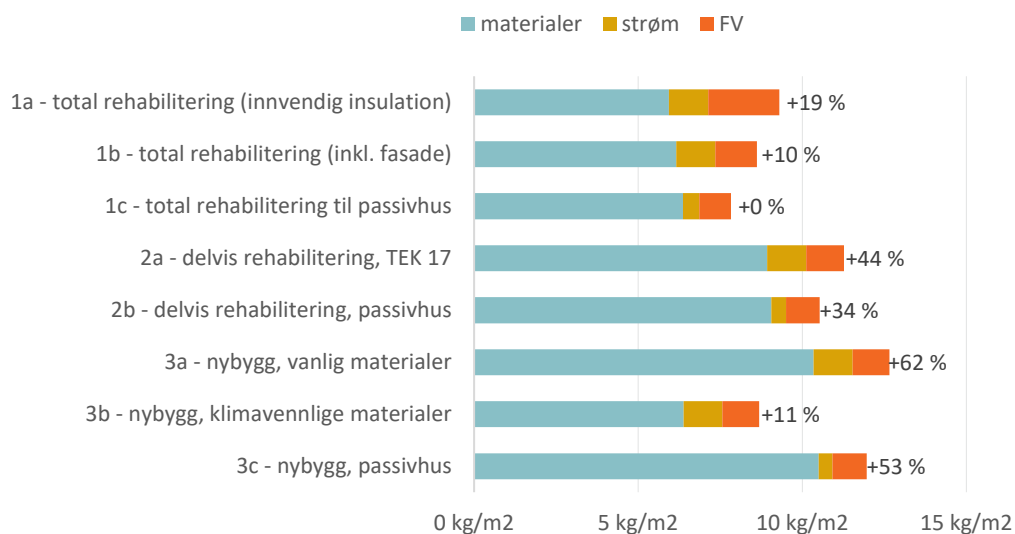
I nybyggscenariene er ikke kjelleren inkludert. Deler av bygningens fotavtrykk inkluderer kjeller i rehabiliteringsscenariene. Hvordan kjelleren er oppbygd vil ha en stor påvirkning, spesielt med tanke på valg av betong og armering.

Iht. Norsk standard for klimagassberegninger av bygninger, NS 3720, skal klimagassutslipp beregnes for to ulike scenarier for utslipp fra strøm. I hovedberegningene for samfunnshuset er det, som nevnt i kapittel 2.2.1, lagt til grunn en strømmiks som gjenspeiler en utvikling i tråd med EUs mål om nullutslipp fra elektrisitetsproduksjon i 2050 (117 g CO₂e/kWh i snitt over 60 år).

Det må understrekes at disse resultatene i hovedsak sier noe om betydningen av utslippsfaktor for strøm for beregningsresultatene. Hva det faktiske utslippet fra strømforbruk vil være er utenfor prosjektets kontroll, og fremtidige strømutslipp avhenger av energipolitiske forhold. Det viktigste er derfor å ha betydningen av utslipp fra elektrisitet i mente når man leser analyseresultatene.

Figur 6 viser en følsomhetsanalyse av hvordan klimagassutslippet til scenariene endrer seg som følge av å legge norsk strømmiks (16 g CO₂e/kWh i snitt over 60 år) til grunn. Materialutslipp blir den dominerende faktoren.

⁷ Wiik, Selvig, Fuglseth, et al. Klimagasskrav til materialbruk i bygninger: Utvikling av grunnlag for å sette absolutte krav til klimagassutslipp fra materialbruk i norske bygninger. ZEN Report No. 24 – 2020.



Figur 6 Spesifikke utslipp CO₂e per år, med norsk elektrisitet miks.

3.4.3. Vurdering av usikkerhet i beregnet energibruk

Det vil alltid være avvik mellom beregnet forbruk og faktisk forbruk. Dette skyldes den statiske verdien av data som brukes i beregningsmodellen, og den dynamiske virkeligheten bygningen inngår i. Dette gjelder spesielt lokalt klima med årlige variasjoner, og driftsparametere (bla. avvik mellom forutsatt drift og temperaturnivåer og virkelig bruk, lavere virkningsgrad i tekniske anlegg enn antatt) som vanskelig kan inkluderes på en effektiv måte i beregningsmodellen.

3.4.4. Grad av gjenbruk

Det er mange komponenter i prosjektet som potensielt kan gjenbrukes, inkludert dører og teakvinduer (med ettlagsglass). Ikke alle disse kan være egnet for gjenbruk i dette prosjektet, men er fortsatt i god stand. Vi foreslår at komponenter gjenbrukes i kommunens byggprosjekter der det er mulig, men har ikke tatt med miljøgevinstene av å gjøre det i disse beregningene.

Tilsvarende anbefaler vi resirkulering så mye som mulig fra rivingen (som knusing av betong for gjenfyllingsmateriale, gjenvinning av stål osv.). Dette er heller ikke tatt med i beregningene. Den totale effekten av dette kan utgjøre mye. For eksempel dersom betongen er knust på tomten og brukt som grus og fyllmasse, kan dette spare over 6 tonn CO₂e. Omtrent 60 % av disse utslippene kommer fra kun transport – transport av knust stein fra steinbrudd til tomten, og for betongavfall til deponi. De gjenværende besparelsene kommer fra unngått uttak/sprenging i steinbruddet. Dersom det blir bestemt at bygget skal rives, er det anbefalt å gjenbruke eller resirkulere så mye som mulig på tomten.

4. DRØFTING OG KONKLUSJONER

4.1. Hovedfunn fra klimagassberegningene

Fra beregningene presentert i kapittel 3 kan vi trekke ut følgende hovedfunn.

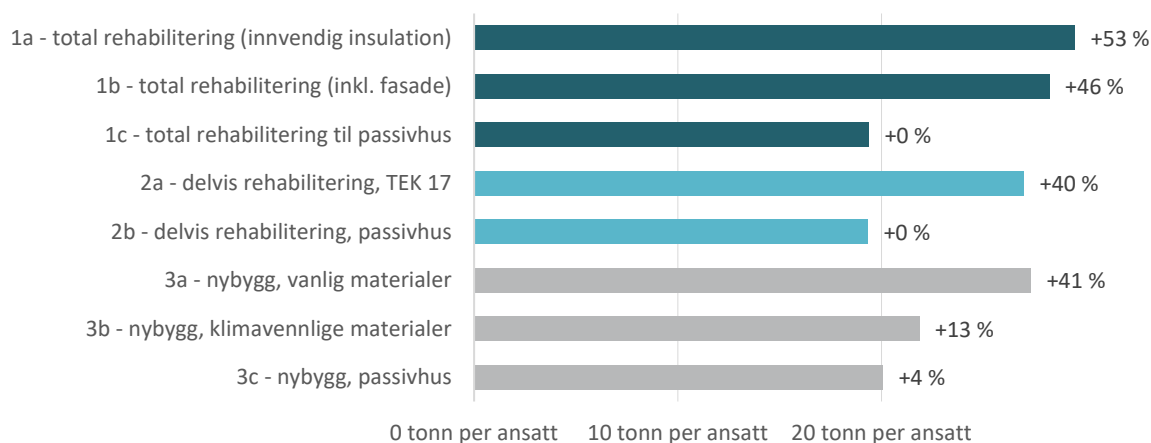
Tabell 9 Hovedfunn per scenario

Scenario	Totalt CO ₂ e 60 år	Utslipp CO ₂ e/ år	Utslipp / ansatt over 60 år
1a - total rehabilitering (innvendig isolasjon)	4 306 tonn	16,5 kg/m ²	29 tonn CO ₂ e
1b - total rehabilitering (inkl. fasade)	4 122 tonn	15,8 kg/m ²	28 tonn CO ₂ e
1c - total rehabilitering til passivhus	2 828 tonn	10,9 kg/m²	19 tonn CO₂e
2a - delvis rehabilitering, TEK 17	3 446 tonn	18,4 kg/m ²	27 tonn CO ₂ e
2b - delvis rehabilitering, passivhus	2 468 tonn	13,2 kg/m ²	19 tonn CO₂e
3a - nybygg, vanlig materialer	3 564 tonn	19,8 kg/m ²	27 tonn CO ₂ e
3b - nybygg, klimavennlige materialer	2 850 tonn	15,8 kg/m ²	22 tonn CO ₂ e
3c - nybygg, passivhus	2 617 tonn	14,5 kg/m ²	20 tonn CO ₂ e

Generelt tenderer rehabiliteringsprosjekter til å ha mye lavere klimagassutslipp fra materialer sammenlignet med et nybygg. Siden det må gjennomføres et betydelig rehabiliteringsarbeid i dette prosjektet, nytt tak, fundament og fasade (for 1b og 1c), er ikke forskjellen fra et nytt bygg spesielt stor, men bevaringen av den eksisterende bærekonstruksjonen vil gi en liten fordel når utslippene blir sett på per kvadratmeter.

Total rehabilitering uten å endre fasaden (kun innvendig etterisolering) har totalt høyest utslipp både over bygningens levetid og per ansatt. Teknisk gjennomførbarhet av å bevare fasaden i dette scenarioet er ikke utredet i denne rapporten. Det er lite sannsynlig at den eksisterende fasaden kan bevares de neste 60 årene, og tiltak til forbedring er ikke tatt med i denne analysen.

Størrelsen på det totale oppvarmede arealet for bygget spiller en stor rolle for de totale utslippene. Siden det er et mindre oppvarmet areal, vil nybyggscenariene generelt ha lavere klimagassutslipp over 60 år sammenlignet med rehabiliteringsscenariene. Samtidig vil utslipp per ansatt være en viktig målestokk. Antatt at bygget er fullstendig utnyttet har total rehabilitering til passivhusstandard og delvis rehabilitering av vestfløyen like utslipp per ansatt, med 19 tonn over 60 år, som er lavere enn de andre alternativene.



Figur 7: Utslippene per ansatt, CO₂e over 60 år

Disse to scenarioene med lavest utslipp per ansatt etterfølges tett av nybygg, passivhus-scenariot (3c). Uansett hvilket alternativ som til slutt blir valgt, er det helt klart avgjørende for miljøperspektivet å bygge i henhold til strenge energikrav, som passivhus, ettersom energibruk over bygningens levetid utgjør en høy andel av utslipp.

Ved å vurdere miljøpåvirkningen av byggeprosjekter i beslutningsprosessen, tar Namsos kommune viktige skritt for å oppnå sine klimamål. Vi håper denne analysen hjelper kommunen med å avgjøre fremtiden til dette samfunnshuset.

Etter at det er tatt avgjørelser for hvilken retning som blir valgt for samfunnshuset fremtid, anbefaler vi at det bør gjøres et nytt klimagassregnskap på det valgte alternativet. Ved å sette søkelys på klimagassutslipp i tidligfase av prosjektet, kan det ved materialrådgivning være mulig å gjøre gode beslutninger for materialvalg.

VEDLEGG 1: MATERIALBRUK TIL REHABILITERINGSSCENARIOENE

Bygningsdel	Material	Enhet	Scenario 1a	Scenario 1b	Scenario 1c	Scenario 2a	Scenario 2b
Grunn og fundamenter	Stål peler	kg	372 960	372 960	372 960	60 743	60 743
Grunn og fundamenter	Armeringsstål	kg	3 248	3 248	3 248	386	386
Grunn og fundamenter	Betong B35	m ³	197	197	197	29,2	29,2
Grunn og fundamenter	EPS isolasjon	m ³	65,5	65,5	156	7,72	19,3
Grunn og fundamenter	Dampspærre	m ²	25,9	25,9	25,9	0	0
Yttervegger	Armeringsstål	kg	0	12 723	12 723	3 934	3 934
Yttervegger	Betong B30	m ³	0	67,9	67,9	21,0	21,0
Yttervegger	Steinull isolasjon	m ³	56	179	358	42,0	83,9
Yttervegger	Dampspærre	m ²	1 120	0	0	0	0
Yttervegger	Vindspærre	m ²	0	1 120	1 120	262	262
Yttervegger	Fibersement	m ²	272	272	272	0	0
Yttervegger	Gipsplate	m ²	1 120	0	0	0	0
Yttervegger	Mørtel	m ³	0	2,54	2,54	0,79	0,79
Yttervegger	Maling	m ²	1 120	1 120	1 120	262	262
Yttervegger	Glassfasade	m ²	132	132	132	30,9	30,9
Yttervegger	Vinduer	m ²	923	923	923	216	216
Yttervegger	Dører	stk	11	11	11	3	3
Innervegger	Armeringsstål	kg	5 940	5 940	5 940	642	642
Innervegger	Stålprofil	kg	5 622	5 622	5 622	801	801
Innervegger	Betong B30	m ³	43,0	43,0	43,0	8,03	8,03
Innervegger	Betong B35	m ³	31,3	31,3	31,3	0	0
Innervegger	Steinull isolasjon	m ³	132	132	132	24,7	24,7
Innervegger	Gipsplate	m ²	2 421	2 421	2 421	452	452
Innervegger	Mørtel	m ³	2,47	2,47	2,47	0,32	0,32
Innervegger	Maling	m ²	3 244	3 244	3 244	559	559
Innervegger	Keramikk	m ²	112	112	112	21,0	21,0
Innervegger	Glassvegg	m ²	441	441	441	82,4	82,5
Innervegger	Dører	stk	66	66	66	12	12
Dekker	Armeringsstål	kg	3 713	3 713	3 713	597	597
Dekker	Betong B35	m ³	74,3	74,3	74,3	11,9	11,9
Dekker	Hulldekke betong	m ²	324	324	324	0	0
Dekker	EPS isolasjon	m ³	99,1	99,1	190	14,6	79,3
Dekker	Glassull isolasjon	m ²	2 169	2 169	2 169	353	353
Dekker	Vindspærre	m ²	124	124	124	124	124

Bygningsdel	Material	Enhet	Scenario 1a	Scenario 1b	Scenario 1c	Scenario 2a	Scenario 2b
Dekker	Dampsperre	m ²	1 394	1 394	1 394	225	225
Dekker	Fibersement	m ²	124	124	124	124	124
Dekker	Systemhimling	m ²	2 169	2 169	2 169	353	353
Dekker	Gipsplate	m ²	2 169	2 169	2 169	353	353
Dekker	Maling	m ²	2 169	2 169	2 169	353	353
Dekker	Vinyl	m ²	434	434	434	70,7	70,7
Dekker	Keramikk	m ²	217	217	217	35,3	35,3
Dekker	Parkett	m ²	651	651	651	106	106
Dekker	Teppebelegg	m ²	3 037	3 037	3 037	495	495
Yttertak	Stål plater	kg	19 245	19 245	19 245	5 302	5 302
Yttertak	Taktekking	m ²	1 588	1 588	1 588	437	437
Yttertak	EPS isolasjon	m ³	238	238	714	65,6	197
Yttertak	Steinull isolasjon	m ³	79,4	79,4	79,4	21,9	21,9
Yttertak	Dampsperre	m ²	1 588	1 588	1 588	437	437
Yttertak	Vinduer	m ²	128	128	128	0	0
Trapper og balkonger	Armeringsstål	kg	444	444	444	0	0
Trapper og balkonger	Betong B35	m ³	4,44	4,44	4,44	0	0

VEDLEGG 2: MATERIALBRUK TIL NYBYGGSCENARIOENE

(Tabell modifisert fra Enova rapport *Studie potensial og barrier for bruk av klimavennlige materialer*, 16.10.2020. Tabellen er fra s.188 i den opprinnelige rapporten. Full rapport tilgjengelig fra: <https://www.enova.no/bedrift/bygg-og-eiendom/tema/klimavennlige-byggematerialer/>).

Isolasjonsmengdene ble økt i passivhus scenarioene for å oppnå passivhus U-verdier.

Kontor		Kommentar til løsningsvalg for referansenivå		
		Element	Valgte løsninger	
Bære-systemer	Søyler	Stålsøyler (hulprofil)	67 %	Betongsøyler og -bjelker i 1 etg, resten stålsøyler og -bjelker. Betongbjelker i 1 etg pga. betongsøyler. Blir 33%/67% betong og stål, siden bygget har tre etasjer
		Betongsøyler	33 %	
	Bjelker	Stålbjelker (valseprofil)	67 %	
		Betongbjelker	33 %	
Ytter-vegger	Bærende yttervegg	Betongvegg 200mm, mineralull, utvendig vindsperre (GU-X), utlekting, maling på innside	250 mm steinull 12% av YOM	Beholdt størrelse på betongvegg konstant selv om glassfasade er lagt inn, så glassfasaden spiser kun av stenderverksvegg
		Lettklinker 200 mm, mineralull, utvendig vindsperre (GU-X), utlekting, dampspærre, mørtel mellom lettklinker, mørtel og maling på innside	250 mm steinull 6 % av YOM	Beholdt størrelse på lettklinkervegg konstant selv om glassfasade er lagt inn, så glassfasaden spiser kun av stenderverksvegg
	Ikke-bærende yttervegg	Klimavegg m/utvendig vindsperre (GU-X), bindingsverk med trestender og mineralull, dampspærre, 1 lag innvendig gips	250 mm steinull 33 % av YOM	Litt mindre areal i vår referanse, fordi vi har glassfasader. Byttet glassull til steinull.
	Glassfasader/ vinduer	Glassfasade	6% av YOM	Glassfasade benyttes ved inngangsparti/1. etg.
		Trevinduer med alukledning, 3 lag	42% av YOM	25% av BRA = 42 % av YOM
	Utvendig kledning	Tegl, inkl mørtel	35 % av YOM (70% av tettfelt)	Tegl, inkl. mørtel mellom murstein. 0,02 m3 tørr mørtel / m2 murvegg. Isolasjon er ikke med her, dette er med i klimavegg
		Fibersementplate	15 % av YOM (30% av tettfelt)	
	Dører	Ytterdører i stål	1% av YOM	
Inner-vegger	Bærende innervegger	Betongvegg 150mm	13% av INV	Betongvegg heissjakt
		Betongvegg 250mm	2% av INV	
		Lettklinker	0% av INV	
	Ikke-bærende innervegger	100mm bindingsverksvegg, mineralull, 1 lag gips hver side, stålstender	100 mm steinull 60% av INV	Steinull mer vanlig enn glassull.

Kontor		Kommentar til løsningsvalg for referansenivå		
		Element	Valgte løsninger	
	Systemvegger, glassfelt	Glass front systemvegg	20% av INV	Som i Isy Calcus. Har lagt inn glass front systemvegg.
	Kledning og overflate	Maling på gips	100 % av gipsvegg	Sparkel på gipsvegg er ikke inkludert
		Murpuss + maling på betong og lettklinker	100% av betongvegg	
		Keramisk fli, flislim og membran	8,5% av INV	Keramisk flis på toaletter.
Dører	Tredører	5% av INV	Tredører	
Dekker	Frittstående dekker	265mm betong hulldekke	100% av (BTA-BYA)	Ekstra lag 20 mm glassull lå inne i One Click, dette er fjernet
	Gulv på grunn	Betong, dampspærre/radonsperre	100mm betong + 200mm EPS 100% av BYA	Benyttet 100 mm bunnplate og 200 mm EPS når det ikke er behov for ekstra fundamentering.
	Påstøp	50 mm armert påstøp + 20 mm avrettingsmasse	100% av (BTA-BYA)	ikke inkluderer avretting og påstøp på gulv på grunn.
	Gulv-overflate	Teppe	70 % av BRA	Uendret
		Parkett	15 % av BRA	Uendret
		Vinyl	10% av BRA	
		Kermaisk fli, flislim og membran	5 % av BRA	
Faste himlinger og overflatebehandling	Fast gipshimling, malt	50 % av BRA	Fast gipshimling, malt	
System-himlinger	Systemhimling + stålprofiler	20 mm mineralullplater 50% av BRA		
Yttertak	Primærkonstruksjon	265 mm betong hulldekke, dampspærre	250 mm EPS, 50 mm trykkfast steinull 100% av BYA	250 mm EPS, 50 mm trykkfast steinull
	Taktekking	Asfalttekking, to lag	100% av BYA	Asfalttekking, to lag
Trapper og balkonger	Trapper	Betongtrapp		
	Heissjakt	Betongsjakt	0	Heissjakt er inkludert i innervegger.