

Energioppgradere eller bygge nytt?

EN ANALYSE AV KLIMAFOTAVTRYKKET FRA SMÅHUS I TRE



SINTEF Fag

Christofer Skaar og Håvard Bergsdal

Energioppgradere eller bygge nytt?

En analyse av klimafotavtrykket fra småhus i tre

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Fag 90
Christofer Skaar og Håvard Bergsdal

**Energioppgradere eller bygge nytt?
En analyse av klimafotavtrykket fra småhus i tre**

Emneord:
energioppgradering, klimafotavtrykk, klimagassregnskap, oppgradering,
enebolig

ISSN 1894-1583
ISBN 978-82-536-1753-4 (pdf)

Prosjektnummer: 102017669

Foto/illustrasjon omslag:
Forskningsprosjektet *OPPTRE, Energioppgradering av småhus i tre til nesten nullenerginivå* (2018–2022, NFR-prosjektnummer 280956).
Illustrasjoner av *Hus i hage – versjon 2.0* (Arkitektbrygga, Bjørke Arkitektur AS, Fasting arkitekter AS, RF Arkitektur, Byggmester Hans Helseth AS, Rambøll Trondheim) og *Historen min* (Moseng Poulsen arkitektur, Tømrermester Torstein Newth, Bollinger+Grohmann).



© Forfatterne. Utgitt av SINTEF akademisk forlag
Denne rapporten er publisert med åpen tilgang etter CC BY-lisensen
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

SINTEF akademisk forlag
SINTEF Community
Børrestuveien 3
Postboks 124 Blindern
0314 OSLO
Tlf.: 40 00 51 00

www.sintef.no/community
www.sintefbok.no

Sammendrag

Forskningsprosjektet OPPTRE har gjennom en arkitektkonkurranse vist at det er mulig å planlegge energioppgraderinger av småhus med høy arkitektonisk kvalitet og godt inneklima samtidig som de er kostnadseffektive og har lavt klimafotavtrykk sett i forhold til ambisjonsnivået. Denne studien er gjennomført i samarbeid med Innlandet fylkeskommune. Formålet er å vurdere oppgradering mot det å rive og bygge nytt på samme tomt. Resultatene viser at ambisiøs energioppgradering av eksisterende bolig kan gi en betydelig klimagevinst sammenliknet med ikke å gjennomføre en oppgradering eller å rive og bygge nytt. Det gjelder både med kort og lang tidshorison, og både med høy og lav utslippsintensitet for elektrisitet. En observasjon er at eneboliger som rives og erstattes med ny enebolig, typisk også øker arealbruken. Økt areal bør derfor gi økt funksjon, for eksempel ved at den nye boligen har flere soverom. En følsomhetsanalyse viser at tidshorison og valg av utslippsintensitet for elektrisitet er de to faktorene som gir størst utslag i klimafotavtrykket.

Trondheim, 5.3. 2022

Judith Thomsen
Forskningsleder
SINTEF Community

Anne Gunnarshaug Lien
Prosjektleder
SINTEF Community

Innhold

SAMMENDRAG	3
1 INTRODUKSJON	5
1.1 HENSIKT OG OMFANG.....	5
1.2 OPPTRE	5
2 METODE	7
2.1 LIVSLØPSVURDERING	7
2.2 KLIMAFOTAVTRYKK	7
2.3 SYSTEMGRENSER	8
3 SCENARIOER	9
3.1 SCENARIO 0 – BASELINE: BEHOLDE EKSISTERENDE BOLIG UTEN Å GJØRE TILTAK	9
3.2 SCENARIO 1: ENERGIOPPGRADERING.....	9
3.3 SCENARIO 2: RIVE OG BYGGE NYTT.....	9
3.3.1 <i>Scenario 2a: Rive og bygge i samme størrelse</i>	10
3.3.2 <i>Scenario 2b: Rive og bygge en mindre bygning</i>	10
3.3.3 <i>Scenario 2c: Rive og bygge en større bygning</i>	10
4 LIVSLØPSINVENTAR	12
4.1 METODER FOR Å BEREGNE LIVSLØPSINVENTAR.....	12
4.2 RIVING	12
4.3 AVFALLSMENGDER.....	13
4.4 TRANSPORT OG AVFALLSBEHANDLING	13
4.5 NYBYGGING.....	14
5 RESULTATER	16
5.1 RESULTATER FRA OPPTRE	16
5.2 RIVING	17
5.3 NYBYGG	19
6 DISKUSJON	21
6.1 OPPTRE VERSUS RIVING OG NYBYGGING	21
6.2 FØLSOMHETSANALYSER	22
6.2.1 <i>Elmiks og tidshorisont</i>	22
6.2.2 <i>Metodisk variasjon</i>	23
6.2.3 <i>Klimafotavtrykk for nybygg</i>	29
6.2.4 <i>Variasjon i miljøprestasjon</i>	30
6.3 SAMMENSTILLING MED ANDRE STUDIER	32
7 KONKLUSJONER	34
REFERANSER	35

1 Introduksjon

1.1 Hensikt og omfang

Denne studien er et tillegg til OPPTRE-prosjektet og er bestilt av Innlandet fylkeskommune. Formålet er å vurdere energioppgradering av eneboliger mot det å rive og bygge nytt. Bakgrunnen er fylkeskommunens deltakelse i forskningsprosjektet OPPTRE, et forskningsprosjekt om energioppgradering av småhus i tre til nesten nullenerginivå. Gjennom en arkitektkonkurranse har OPPTRE vist at det er mulig å planlegge løsninger for energioppgraderinger med høy arkitektonisk kvalitet og godt inneklima samtidig som de er kostnads-effektive og har lavt klimafotavtrykk sett i forhold til ambisjonsnivået. For mange vil det å rive og bygge nytt på samme tomt være et aktuelt alternativ til oppgradering. I denne studien vurderer vi oppgraderingene fra OPPTRE mot det å rive og bygge nytt på samme tomt. Utgangspunktet er boliger med oppgraderingsbehov, hvor det er ønske om at ny bolig skal ha tilnærmet samme funksjon, men være nærmere dagens boligstandard og energibruk.

1.2 OPPTRE

OPPTRE (*Energioppgradering av småhus i tre til nesten nullenerginivå*) er et forskningsprosjekt som ble gjennomført i perioden 2018–2021. Prosjektet ble støttet av Forskningsrådet (prosjektnummer 280956) og Systemhus, Mesterhus, Ratio Arkitekter, Isola, Hunton, VELUX, Flexit, Enova, DiBK og Innlandet fylkeskommune var partnere. Forskningspartnere var SINTEF og NTNU.

Et sentralt mål i OPPTRE-prosjektet var å foreslå et nivå for renovering av småhus i tre til nesten nullenergibygg, altså renovering som gir betydelig reduksjon i energibehov. Arkitektkonkurransen i OPPTRE tok utgangspunkt i seks eksisterende eneboliger og hadde som målsetting å redusere energibehovet til under rammekravet til netto energibehov i byggeteknisk forskrift (TEK17) (NAL 2020). Før oppgradering hadde boligene et beregnet energibehov på ca. 180–360 kWh/m²/år og målt levert energi på ca. 130–180 kWh/m²/år.¹ Etter oppgradering ble beregnet levert energi ca. 50–80 kWh/m²/år. Se juryrapporten (*NAK 527 OPPTRE – kostnadseffektiv energioppgradering av småhus i tre*) for ytterligere detaljer om arkitektkonkurransen.

Tabell 1 viser en oversikt over husene. Se hjemmesiden til OPPTRE for mer informasjon, <http://www.opptre.no>.

¹ Forskjellen mellom beregnet og målt energibehov skyldes at beboerne bruker boligen på en annen måte enn det de standardiserte beregningene forutsetter, for eksempel mindre luftskifte, lavere temperaturer eller med ulike temperatursoner.

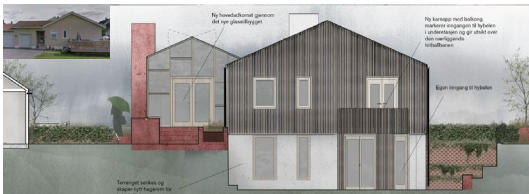
Tabell 1: OPPTRE-husene, forslag til oppgradering av de eksisterende husene som vises på små bilder (NAK 527 – NAL 2020)



1: Nesodden 1962 (*Historien min*)
 Moseng Poulsen arkitektur
 Tømrermester Torstein Newth
 Bollinger+Grohmann



2: Malvik 1957 (*Hus i hage – versjon 2.0*)
 Arkitektbrygga, Bjørke Arkitektur AS,
 Fasting arkitekter AS, RF Arkitektur,
 Byggmester Hans Helseth AS, Rambøll Trondheim



3: Hamar 1963 (*Åpent hus – tette vegger*)
 White arkitekter, CIT Energy management,
 Bygg1Oslo, Norsk Gjenvinning



4: Malvik 1989 (*Malvik 2020*)
 Pir II AS Trondheim
 Tømrer Ola Ravn Hassel – Vill Ved



5: Kristiansand 1972 (*En pluss en... er tre*)
 Askim/Lantto arkitekter AS
 Tor Arvid Vik, OsloMet

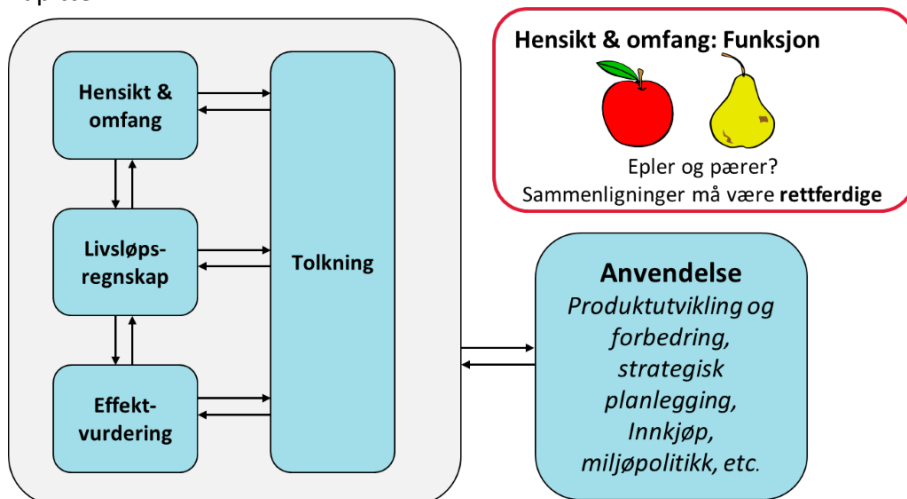


6: Sandefjord 1972 (*Huset i Sandefjord*)
 Hans Hus arkitekter,
 Tømrermester Ole Thorstensen, Asplan Viak

2 Metode

2.1 Livsløpsvurdering

Livsløpsvurdering (*life cycle assessment, LCA*) er en standardisert metode for å vurdere produkter og tjenesters miljøpåvirkning i et livsløpsperspektiv. Metoden er basert på to internasjonale standarder, ISO 14040 og ISO 14044 (Standard Norge 2006a, b). Hovedtrinnene i metoden er vist i Figur 1. I byggenæringen er framgangsmåten ytterligere standardisert på internasjonalt, europeisk og norsk nivå. Det gjelder både for produkter (ISO 21930 og EN 15804) og for bygninger (ISO 15392 og EN 15978). Videre er det utviklet en norsk standard for klimagassberegninger for bygninger, NS 3720. Denne er beskrevet i neste kapittel.



Figur 1: LCA-metodikken, basert på ISO 14040:2006

2.2 Klimafotavtrykk

Beregningene er basert på framgangsmåten i den norske standarden for klimagassregnskap for bygninger (NS 3720), men er begrenset til livsløpsmodulene A1–A3 (materialproduksjon), B4 (utskifting) og B6 (operasjonell energibruk) som vist i Figur 2.

Produktfase			Byggefase		Bruksfase							Avhendingsfase				Etter endt levetid
Råvareproduksjon	Transport	Produksjon	Transport	Konstruksjon og installasjon	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskifting	Renovering	Energibruk i drift	Vannforbruk i drift	Demontering og riving	Transport	Avfallsbehandling	Avfall til deponi	Potensial for gjenbruk, gjenvinning og resirkulering
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D

Figur 2: Systemgrenser basert på NS-EN 15978:2011

Tidshorisont for studien og metode for beregning av klimagassutslipp fra elektrisitet (elmiks) er to metodiske valg som kan ha stor betydning for resultatene. Tidshorisonten er i utgangspunktet satt til 60 år, som er i samsvar med vanlig praksis. Dette er et metodisk valg som har stor innvirkning på resultatene, og er derfor vurdert nærmere i en følsomhetsanalyse. Det er ingen omforent praksis for valg av metode for å beregne utslipp fra elektrisitet, så her har vi benyttet to metoder. Valg av elmiks vil også være en del av følsomhetsanalysen. De to metodene er norsk fysisk miks fra ecoinvent.² på ca. 25 g CO₂/kWh og ZEB-faktoren på ca. 132 g CO₂/kWh (Fufa et al. 2016). Sistnevnte er et vektet utslipp for europeisk elektrisitet i et scenario hvor utslippene går mot null i 2050, samtidig som det også er et godt estimat på gjennomsnittlig nordisk elektrisitet. Merk at de fleste analyser benytter disse to metodene, men at faktorene kan variere noe.³

2.3 Systemgrenser

Systemgrenser mellom det tekniske systemet og naturen er i hovedsak de samme som i LCA-databasen ecoinvent som er benyttet for mer detaljerte beregninger (ecoinvent versjon 3.7, system-modell *allocation, cut-off by classification*). Systemgrenser med tanke på hvilke deler av livsløpet som er inkludert, er basert på NS 3720, som beskrevet i kapittel 2.2. Opptak og utslipp av biogent karbon er ikke inkludert i beregningene (0/0-metoden).

² Calculated in SimaPro using ecoinvent v3, simapro.com, ecoinvent.org

³ I studiene som er inkludert her, er norsk elektrisitet i området 16–25 g CO₂/kWh og europeisk elektrisitet er i området 117–136 g CO₂/kWh.

3 Scenarioer

For hver av de seks OPPTRE-boligene har vi beregnet scenarioer for å vurdere utfallet for en bolig som har behov for oppgradering. Alternativene er i) å gjøre ingenting, ii) energioppgradering til nær nullenergi, eller iii) rive og bygge nytt. For riving og nybygging er det tre under-scenarioer, hvor den eksisterende boligen erstattes av enten en bolig med større, likt eller mindre bruksareal (BRA).

Scenarioene er valgt med utgangspunkt i at boligen enten skal *oppgraderes til* eller *erstattes av* en bolig med tilnærmet samme funksjon, men nærmere dagens standard. Mindre omfattende tiltak er dermed ikke inkludert i analysene, se kapittel 3.4 for en kort oversikt over andre alternative utfall.

3.1 Scenario 0 – baseline: Beholde eksisterende bolig uten å gjøre tiltak

Dette scenarioet er beregnet i OPPTRE. Her gjøres det ingenting med boligen, og det er antatt at energibehovet dekkes av elektrisitet. *Se NAK 527 for ytterligere beskrivelse.*

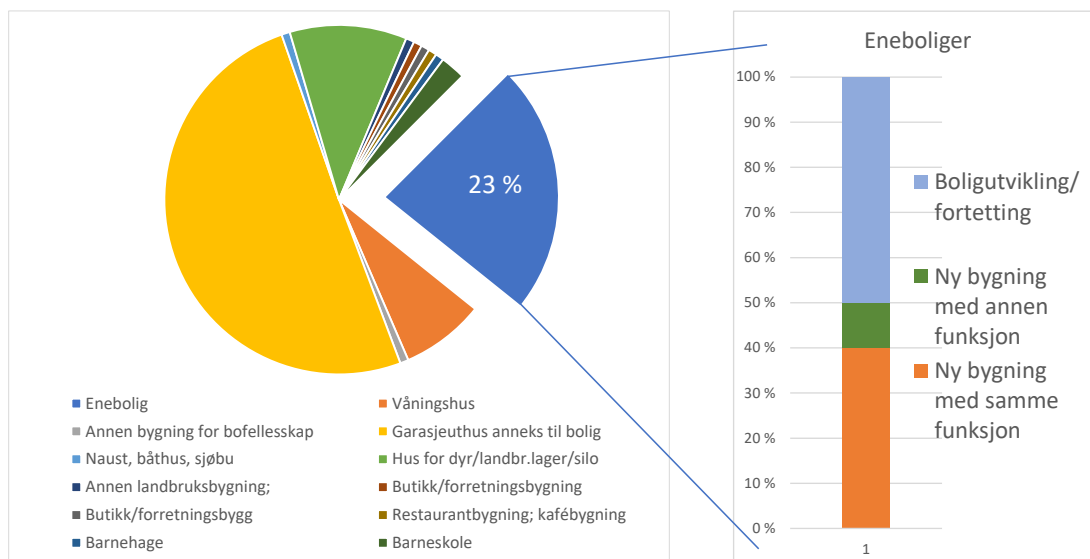
3.2 Scenario 1: Energioppgradering

Dette scenarioet er beregnet i OPPTRE. Her gjennomføres det en omfattende energioppgradering til nær nullenerginivå. *Se NAK 527 for ytterligere beskrivelse.*

3.3 Scenario 2: Rive og bygge nytt

En bolig med oppgraderingsbehov vil i mange tilfeller ikke oppgraderes, men i stedet rives og erstattes av en ny bolig. Karen Elkjær (2021) har i sin masteroppgave undersøkt rivestatistikk i Hamar og Ringsaker for perioden 2014–2019 og identifisert hvilke typer bygninger som har blitt revet, og hvorfor. Elkjær har kartlagt en rekke bygningstyper, men hovedfokus i denne rapporten er på boliger som rives og erstattes av en ny bolig med tilnærmet samme funksjon.⁴ SINTEF har i tillegg fått tilgang til mer detaljert underlag for Ringsaker kommune, hvor Elkjær også har kartlagt hva som erstatter bygningen som rives (når det fins informasjon om dette). Av totalt 365 rivesaker i Ringsaker i perioden 2014–2019 er det 30 eneboliger. Av disse vil 12 erstattes med en ny enebolig, 3 rives for å erstattes med bygning med annen funksjon og 15 rives på grunn av ønske om fortetting. Figur 3 viser en framstilling av alle rivesaker (venstre side) og hva eneboliger som rives, erstattes med (høyre side).

⁴ Elkjær (2021) identifiserer åtte ulike årsaker til at boliger rives: 1. Erstattet av bygning med samme funksjon, 2. Erstattet av bygning med annen funksjon, 3. Boligutvikling/fortetting, 4. Ikke erstattet, 5. Vei/infrastruktur, 6. Brann, 7. Flyttet, 8. Begrunnelse ikke oppgitt. Denne rapporten ser kun på den første årsaken.



Figur 3: Rivesaker i Ringsaker i perioden 2014–2019 (Elkjær 2021)

For 11 av eneboligene som rives og erstattes med ny enebolig, er det også funnet tall for størrelse på ny bolig. Det er et begrenset antall saker, men gir et grunnlag for å utarbeide scenarier for nybygg. Av disse 11 er det én bolig som erstattes av en bolig av samme størrelse, og én bolig som erstattes med en mindre bolig (ca. 15 % mindre). Av de 9 som blir større, så er økningen fra ca. 10 til ca. 450 % større. Den største endringen er når den minste eneboligen rives og erstattes med den største eneboligen som bygges nytt. Gjennomsnittlig økning er på 128 % og median økning er på 68 %. Selv om tallgrunnlaget som nevnt er begrenset, så gir det et grunnlag for å vurdere typiske endringer i størrelse. Basert på dette er det utarbeidet tre under-scenarier for riving og nybygging.

3.3.1 Scenario 2a: Rive og bygge i samme størrelse

I dette scenarioet erstattes boligen med *en ny bolig med samme bruksareal*. Det antas at boligen har samme funksjon og samme antall soverom.

3.3.2 Scenario 2b: Rive og bygge en mindre bygning

I dette scenarioet erstattes boligen med en litt mindre bolig. Basert på den ene boligen i rivestatistikken, så er dette scenarioet definert som *en bolig som blir 15 % mindre*. Dette kan for eksempel være en bolig med samme funksjon, men med en mer effektiv planløsning.

3.3.3 Scenario 2c: Rive og bygge en større bygning

Som vi ser fra rivestatistikken fra Ringsaker, så er det stor variasjon i hvor stor en ny enebolig blir. Utgangspunktet i dette scenarioet baserer seg på ca. median størrelse. Scenarioet er definert som *en bolig som blir 2/3 større* enn eksisterende bolig. Det antas at økningen også kan gi plass til et ekstra soverom, som vil gi en utvidet funksjon for den større boligen med tanke på antall personer som kan bo der.

Alternative scenarier som ikke er analysert

I tillegg til de to scenarioene beskrevet over, fins det andre scenarier som er sannsynlige, men som det ikke er gjort beregninger for. Det gjelder for eksempel:

- Oppussing uten energioppgradering⁵

⁵ Dette er et svært vanlig alternativ. Enova-rapporten *Rehabilitering og energioppgradering* fra 2015 oppgir at om lag halvparten av alle rehabiliteringer gjennomføres uten energioppgradering.

- Mindre omfattende energioppgradering (ENØK), eksempelvis utskifting av vinduer, montering av tettelister, installering av varmepumpe og etterisolering av deler av boligen
- Fortetting
- Erstatte bolig med bygning med annen funksjon
- Rive bolig uten at det bygges ny bygning

Disse gir enten endret funksjon eller lavere standard, og er av den grunn ikke inkludert i denne studien.

4 Livsløpsinventar

4.1 Metoder for å beregne livsløpsinventar

Metode for å beregne klimagassutslipp fra material- og energibruk i eksisterende bolig og i oppgradering til bolig av samme størrelse er beskrevet i NAK 527. For boliger som rives og erstattes av en ny bolig, er det behov for å estimere materialmengder, energibruk samt utslipp fra riving og avfallsbehandling. I den forbindelse har vi vurdert to mulige framgangsmåter. Den første er basert på å bygge et detaljert inventar med oversikt over prosesser som bidrar til material- og energibruk, altså et inventar som bygges opp fra et detaljert nivå til bygningsnivå (*bottom-up*). Den andre framgangsmåten er basert på statistiske analyser fra et større utvalg som gir grunnlag for å estimere ned til bygningsnivå (*top-down*). Førstnevnte vil gi et mer presist anslag for en konkret bygning og sistnevnte vil gi et mer presist anslag for gjennomsnittet i bygningsmassen. I beregningene her er det for både riving og nybygging benyttet en *top-down*-metode basert på statistiske data.

Det er gjort beregninger av klimafotavtrykket for riving, avfallstyper og -mengder, avfallsbehandling og for nybygging. Valg av metode er basert på datatilgang og en vurdering av hva som gir best estimat. Vi understreker at dette er estimat og at det i virkeligheten vil være svært stor variasjon både i hvor presis modelleringen er og i faktisk miljøprestasjon: for eksempel samme type produkt produsert med fornybar elektrisitet versus elektrisitet med høy andel fossil energi. Av den grunn er det også gjennomført en følsomhetsanalyse av resultatene.

4.2 Riving

En enebolig kan rives på mange måter. Noen gjør det meste selv, andre leier inn profesjonelle til å ta seg av jobben. Tiden det tar vil også variere, avhengig blant annet av hvordan huset er bygd, hvor erfarne de som river er, og hvor skånsomt rivingen gjøres. Her er det gjort en forenklet vurdering, hvor utgangspunktet er at en typisk enebolig kan rives på to dager ved bruk av gravemaskin, håndverktøy og manuell arbeidskraft. Klimafotavtrykket fra håndverktøy og manuelt arbeid vurderes som neglisjerbart. Klimafotavtrykket for ulike typer gravemaskiner er vist i Tabell 2. I beregningene er det benyttet et gjennomsnitt for 18 tonn gravemaskin.

Tabell 2: Klimafotavtrykk for gravemaskin

Riving			
Maskin	Tidsbruk [h]	kg CO ₂ e/h	Total [GWP per dag, full bruk]
Diesel Excavator ZE350 – Stage IV 38t	7,5	214,7	1 611
Diesel Excavator ZE85 8,5t Stage IV	7,5	43,9	329
Diesel Excavator ZX160LC-6 Stage IV, 18t	7,5	85,9	645
Diesel Excavator ZX160LC-6 Stage IV, 18t – Produced Europe	7,5	85,6	642
18 tonn gravemaskin (gjennomsnitt)	7,5	85,8	643

Siden OPPTRE-boligene varierer i størrelse, er det gjort en justering for størrelse (de to minste vektet til 75 %, og de to største vektet til 125 %). Gravemaskinen antas å være i drift ca. 50 % av tiden. For OPPTRE-husene beregnes to dager riving for "Åpent hus– tette vegger" og "Malvik 2020", mens "Historien min" og "Hus i hage – versjon 2.0" skaleres til 75 %, og "En pluss en er tre" og "Huset i Sandefjord" skaleres til 125 %. Skaleringen er basert på størrelsen på husene.

4.3 Avfallsmengder

Ingen av OPPTRE-husene er revet, og det er ikke gjort en kartlegging av materialmengder og materialtyper i de eksisterende boligene. Materialmengder fra riving er derfor estimert. To metodiske innfallsvinkler ble vurdert – den ene er basert på statistikk for avfallsmengder rapportert fra riveprosjekter, og den andre er basert på materialmengder i nybygg, men justert til relevant TEK for isolasjonsmengder og vinduer. NHP-nettverket estimerte i 2016 mengder avfall per kvadratmeter og avfallsfraksjon for ulike bygningstyper, inkludert små boliger.⁶ Mengdene fra 2016 er sammenliknet med statistikk for totale mengder i perioden 2016–2019 og vurderes fortsatt å være representative.⁷ Beregningene av avfallsmengder har svært høy usikkerhet, estimatene skiller ikke mellom type bygning (mellom store/små, men ikke trehus/etc.), og estimatene skiller ikke mellom tidsperioder for husene som rives. Hus fra ulike tidsperioder vil variere både i totale materialmengder og i sammensetning.

4.4 Transport og avfallsbehandling

Hvor går avfallet, og hva skjer med det? Beregningene er gjort for hver fraksjon for avfallsmengdene fra kapittel 4.1.2. For hver fraksjon er det estimert en transportavstand og en fordeling mellom materialgjenvinning, energiutnyttelse, deponering og uspesifisert. Det er antatt at hver fraksjon transporteres samme avstand og deretter behandles. Disse estimatene er igjen koblet med utslippsintensiteter for transport og for avfallsbehandling. Også her er det høy usikkerhet i estimatene. Tabell 3 gir en oversikt over avfallsmengder (fra NHP-rapporten), avfallsbehandling (fra SSB), transportavstander (basert på data fra miljødeklarasjoner og egne estimater) og totalt klimafotavtrykk per kvadratmeter som rives, fordelt på fraksjon.

⁶ NHP-nettverket, 2016. *Veileder for avfallshåndtering på byggeplass.*

⁷ <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/avfall/statistikk/avfall-fra-byggeaktivitet>

Tabell 3: Transport og avfallsbehandling

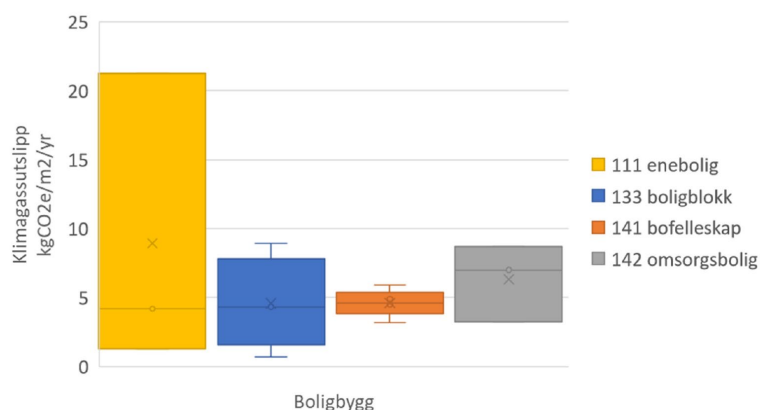
Fraksjon	kg/m ²	Material- gjenvinning	Energi- utnyttelse	Deponering	Annen behandling	Distanse [km]	Totalt [kg CO ₂ e/m ²]
Trevirke	107,77	0 %	100 %	0 %	0 %	100	0,97
Papir og papp	1,6	93 %	5 %	0 %	2 %	50	0,05
Plast	0,21	51 %	0 %	49 %	0 %	50	0,01
Glass	1,27	61 %	0 %	39 %	0 %	85	0,05
Metall	11,4	100 %	0 %	0 %	0 %	300	2,24
Gips	1,58	45 %	0 %	55 %	0 %	300	0,15
EE-avfall	1,6	80 %	13 %	0 %	8 %		-
Tegl og betong og andre tyngre byggnings- materialer	491,66	67 %	0 %	26 %	6 %	35	8,46
Forurenset tegl og betong	15,92	0 %	0 %	100 %	0 %	35	0,08
Annet avfall	2,78	25 %	1 %	74 %	0 %	50	1,07
Blandet restavfall	96,69	1 %	73 %	27 %	0 %	50	26,08
Asfalt	10,55	100 %	0 %	0 %	0 %	35	0,24
Farlig avfall	7,32	21 %	24 %	31 %	23 %	150	5,48
Totalt	750,35	-	-	-	-	-	42,9

4.5 Nybygging

Beregninger for klimagassutslipp i forbindelse med nybygging er basert på ZEN-rapport 24, *Klimagasskrav til materialbruk i bygninger* (Wiik et al. 2020). Analysen er begrenset til A1–A3 (produksjon av byggevarer) og B4 (utskifting), som er en forenkling som i stor grad sammenfaller med beregningene som er gjort i arkitektkonkurransen i OPPTRE for klimafotavtrykket for materialer. Dette er deretter kombinert med energibruk per kvadratmeter.

Wiik et al. (2020) har i forskningscenteret FME ZEN gjennomført en statistisk analyse av klimagassregnskap for bygninger. Resultatene er brutt ned på ulike bygningstyper, bygningsdeler, livsløpsmoduler og type klimagassregnskap. Av klimagassregnskap skiller det mellom referansebygning, designfase og etter oppføring (*as built*). En referansebygning er en teoretisk beregning av en tilsvarende bygning, bygd i henhold til gjeldende regelverk og med konvensjonelle materialer (NGBC 2016). Designfase er før bygninger er oppført, altså i design- og prosjekteringsfasen. *As built*-regnskapet er klimagassregnskapet slik bygningen ble, altså etter oppføring.

Figur 4 viser resultater for ulike typer boligbygninger, basert på klimagassregnskapet for bygningene slik de ble oppført (*as built*). Figuren viser altså klimafotavtrykket for bygninger som er bygd, og som man kan anta har en høyere miljøambisjon enn typiske boligbygninger. En høyere miljøambisjon kan gi utslag i lavt klimafotavtrykk for boliger som har fokus på å redusere klimafotavtrykket av materialbruk (for eksempel ved ombruk), mens det kan gi høyt klimafotavtrykk for boliger med fokus på fornybar energiproduksjon (for eksempel solceller).



Figur 4: Resultater fra statistisk analyse av bygningstyper i ZEN. Figuren viser klimagassregnskap for boliger i *as built*-fasen (Wiik et al. 2020). Gjennomsnittsverdi er markert med x, median er gjennomgående strek, boksen viser øvre og nedre kvartil.

I Wiik et al. (2020) er det også gjennomført analyser av referansebygninger, altså tilsvarende konvensjonelle bygninger. Disse er vist i Figur 5. I beregningene i denne rapporten er det tatt utgangspunkt i gjennomsnittlig klimafotavtrykk for referansebygningene, siden disse antas å være mest representative for typiske eneboliger. Dette er på **8,1 kg CO₂-ekv./m²/år**. Sammenliknet med *as built* ligger denne verdien mellom median (ca. 5 kg CO₂-ekv.) og gjennomsnitt (ca. 10 kg CO₂-ekv.), som vist i Figur 4. Merk at det særlig for eneboliger er stor variasjon i klimafotavtrykket. Merk også at klimagassregnskapet for eneboligene her også inkluderer solceller, hvor dette er benyttet.

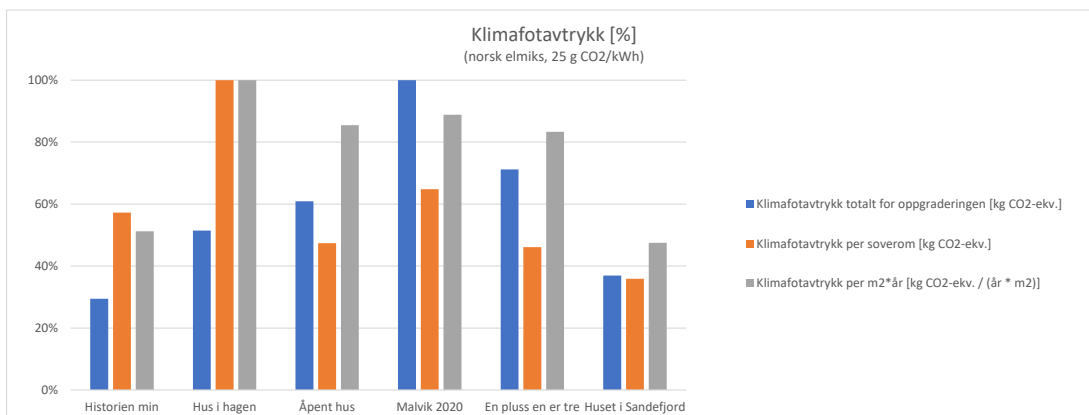
Bygningstype	Alle*	Boligbygg*	Kontorbygg*	Skolebygg*	Barnehage*	Rehabilitering
maks verdi	28,3	17,2	22,0	17,4	14,0	12,6
95. prosentil	18,6	15,4	21,3	14,4	11,9	10,3
75. prosentil	10,6	9,7	9,3	10,9	6,9	6,6
gjennomsnitt	8,5	8,1	8,8	7,6	6,8	5,7
median	6,5	8,0	7,0	6,1	5,9	5,4
25th prosentil	5,2	5,3	5,1	4,8	5,4	4,8
5th prosentil	3,0	4,9	4,5	2,9	4,3	2,0
min verdi	2,9	4,5	4,0	2,9	4,0	0,0
Sample størrelse	119	31	21	37	15	14
Faktisk størrelse	82	17	16	29	8	12

* Resultatene ekskluderer rehabiliteringsprosjekter.

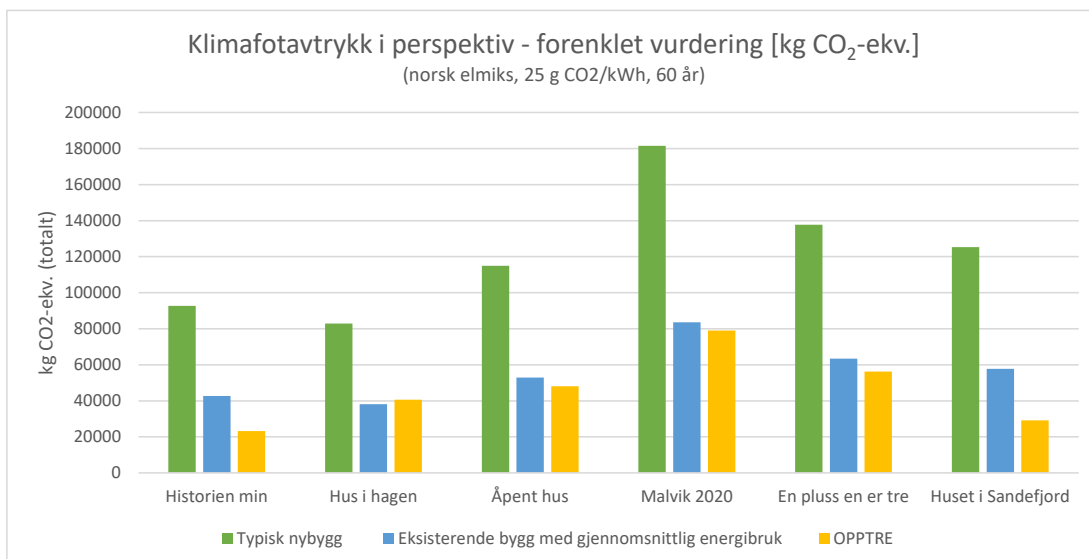
Figur 5: Resultater fra statistisk analyse av bygningstyper i ZEN. Resultatene for klimagassregnskap for bygninger i *referansefasen* (Wiik et al. 2020).

5 Resultater

5.1 Resultater fra OPPTRE



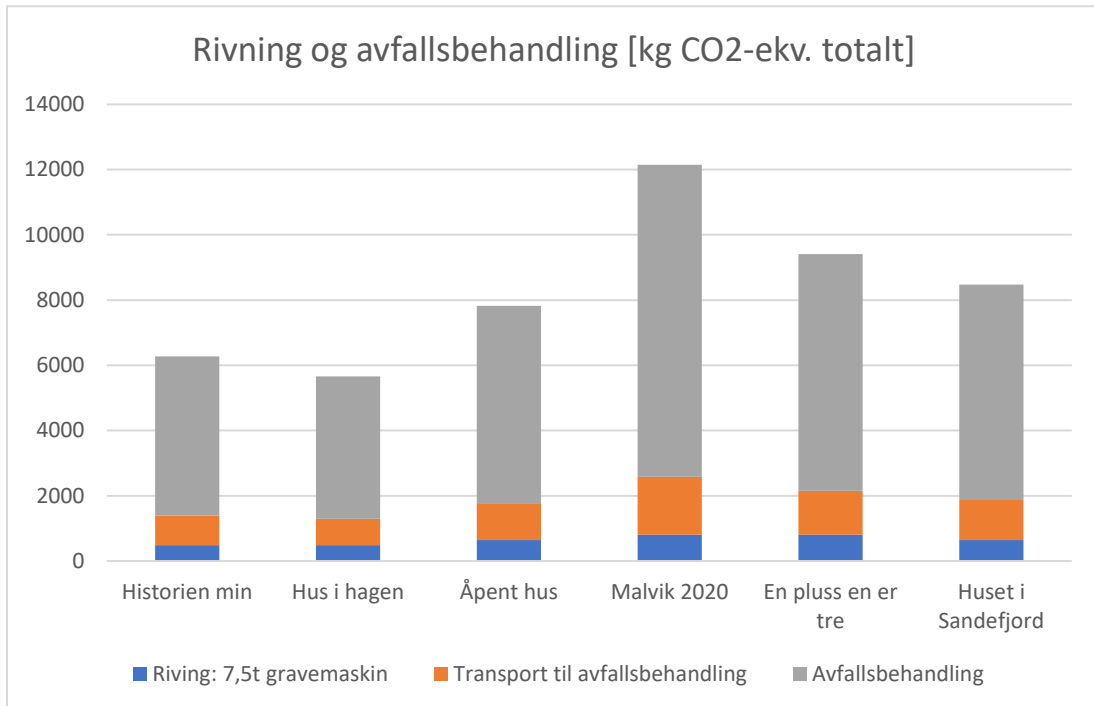
Figur 6: Klimafotavtrykket over 60 år med norsk elmiks for OPPTRE-husene etter oppgradering, fra NAK 527



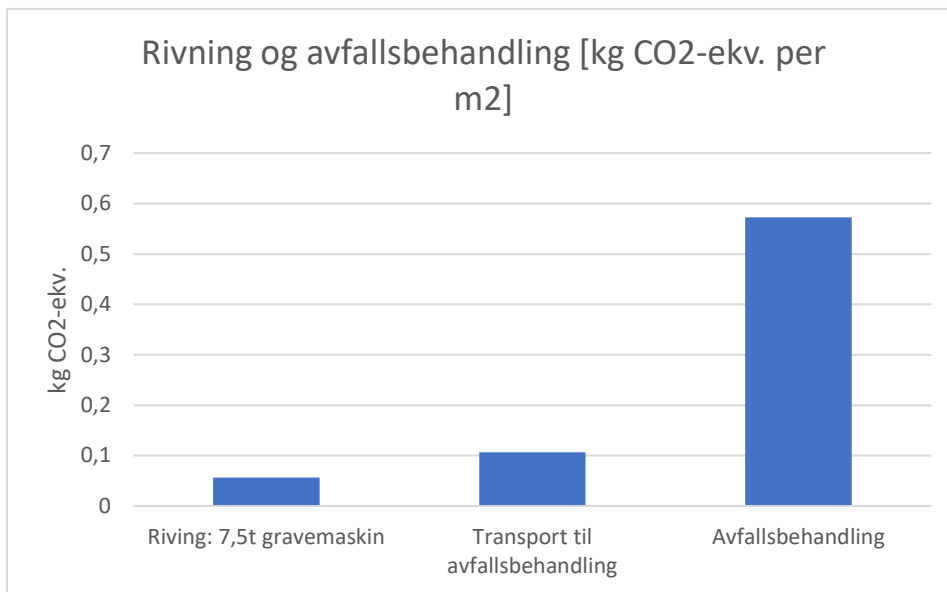
Figur 7: Klimafotavtrykket over 60 år med norsk elmiks for alternativer, fra NAK 527

Figur 6 og Figur 7 viser resultatene fra NAK 527. Den første figuren viser klimafotavtrykket totalt per hus, per soverom og per m²*år. Den andre figuren viser klimafotavtrykket totalt for oppgraderingen, sammenliknet med å gjøre ingenting og med et typisk nybygg. Alle beregningene er for en 60-årsperiode og med norsk elektrisitet (25 g CO₂/kWh).

5.2 Riving

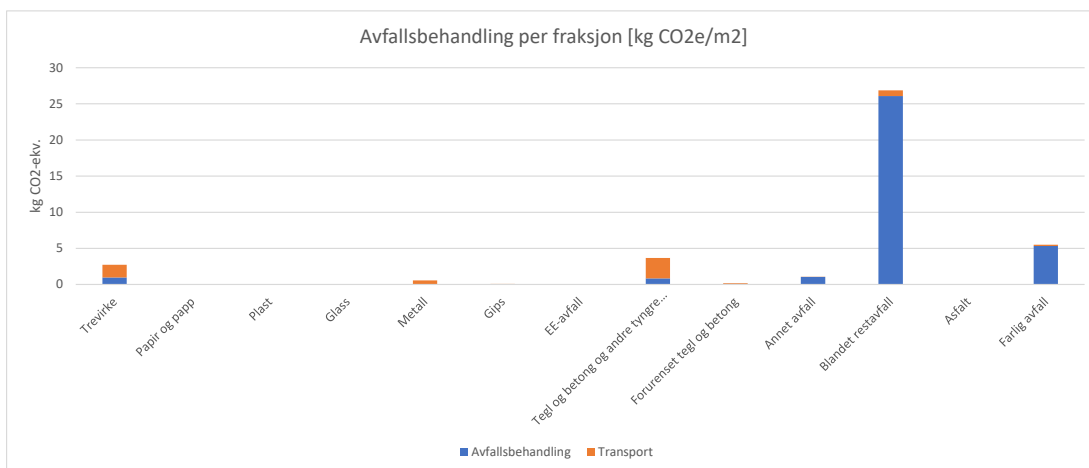


Figur 8: Klimafotavtrykket for riving og avfallsbehandling, per hus

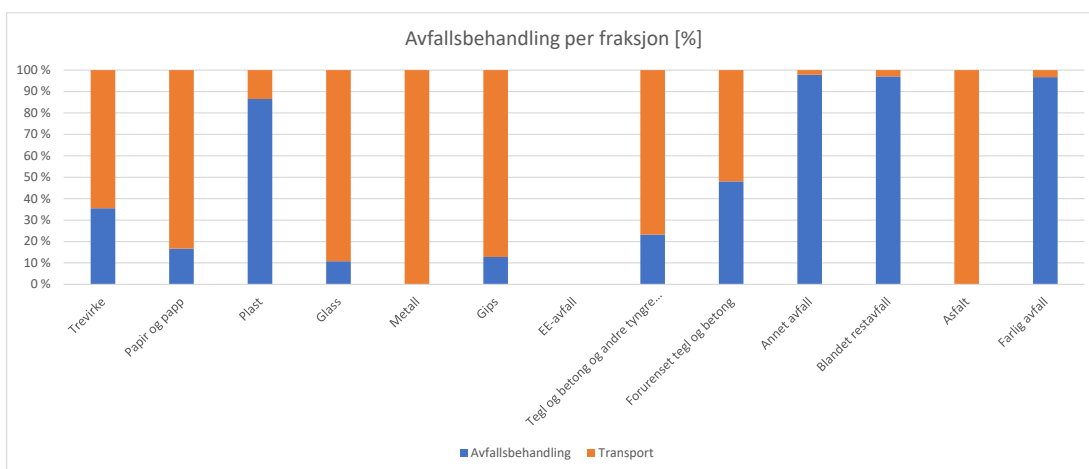


Figur 9: Klimafotavtrykket for riving og avfallsbehandling, per m²*år

Figur 8 viser det totale klimafotavtrykket for riving og avfallshåndtering for hver av OPPTRE-husene, basert på gjennomsnittlige statistiske data. Figur 9 viser underlaget for beregningene, med klimafotavtrykket for riving og avfallsbehandling per kvadratmeter og år i et 60-årsperspektiv. Her ser vi at det først og fremst er avfallsbehandlingen som bidrar til klimafotavtrykket, mens riving og transport står for en relativt liten andel.



Figur 10: Klimafotavtrykket for riving og avfallsbehandling, per fraksjon

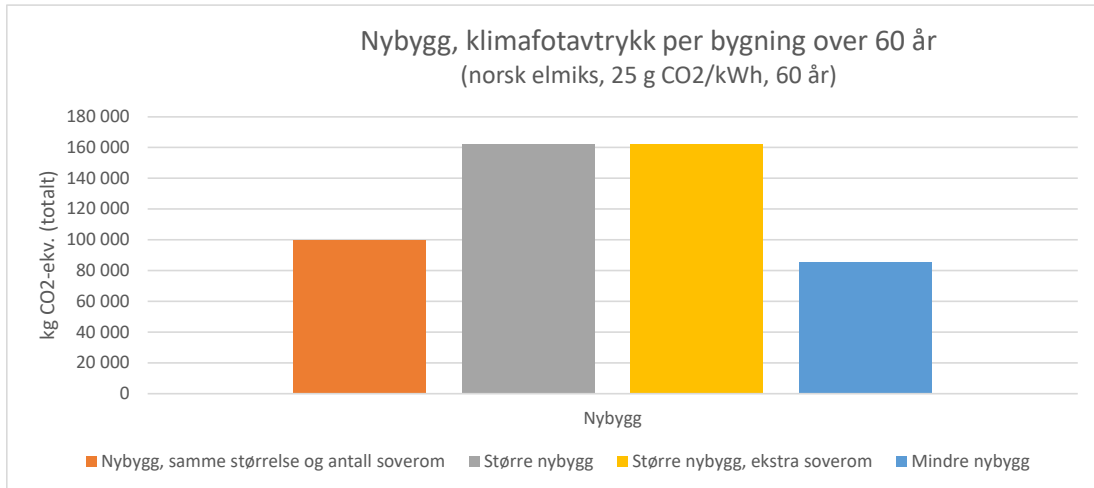


Figur 11: Klimafotavtrykket for riving og avfallsbehandling, andel avfallsbehandling og transport

Figur 10 viser klimafotavtrykket for avfallsbehandling per kvadratmeter som rives, og Figur 11 viser fordelingen mellom avfallsbehandling og transport i prosent. Her ser vi at det er avfallsbehandlingen av blandet restavfall som står for hovedandelen. Videre er det avfallsbehandlingen av farlig avfall samt transporten av tyngre bygningsmaterialer og trevirke til avfallsbehandling som bidrar. Det bør bemerkes at valg av systemgrenser har stor betydning for resultatene, hvor materialer som kan gjenvinnes får miljøbelastningen fram til materialet har en verdi for andre (det vil si oppfyller kriterier for at det har nådd *end-of-waste*). For materialer som går til materialgjenvinning, er det kun transport til gjenvinningsanlegg som er inkludert, mens i energiutnyttelse er også forbrenningsprosessen inkludert. For blandet restavfall er det antatt at 2/3 er trevirke og 1/3 er annet avfall.

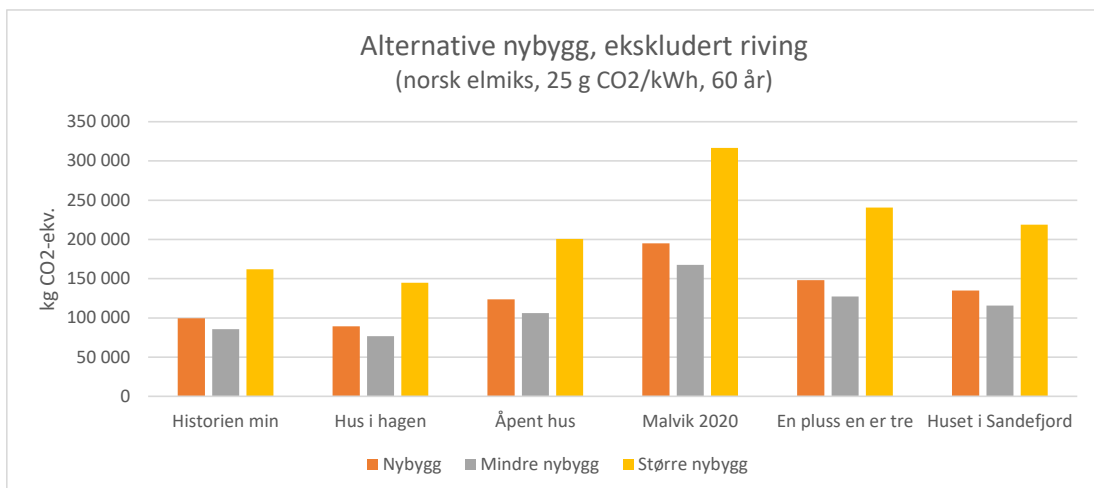
5.3 Nybygg

Nybygg beregnes med en faktor per kvadratmeter som beskrevet i kapittel 4.1.4. Dette gjør at resultatene for per kvadratmeter og per m²/år er de samme for alle nybyggene. Totale resultater og resultater per soverom vil variere, avhengig av bygningenes størrelse og antall soverom.



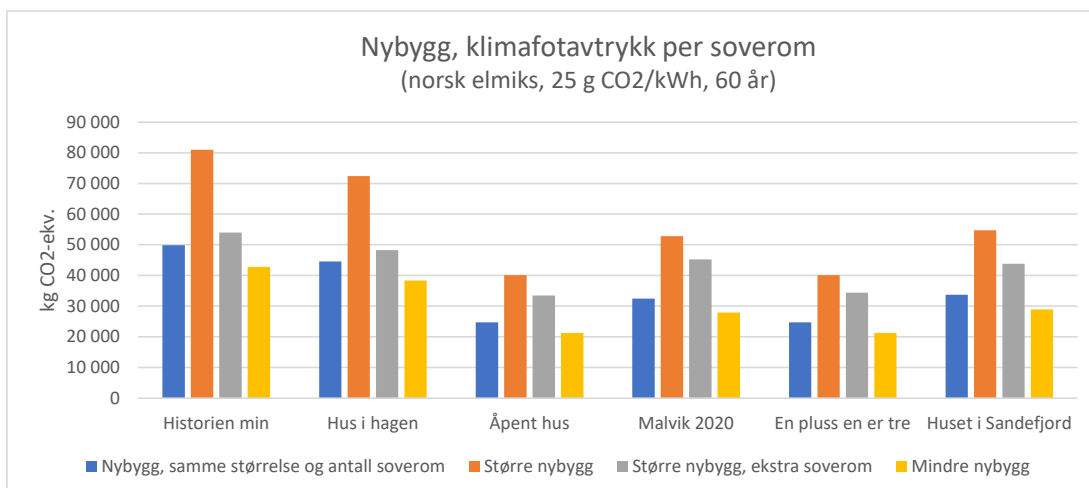
Figur 12: Klimafotavtrykk totalt over 60 år per bygning, for alternative nybygg (riving av eksisterende bygninger ikke inkludert)

Figur 12 viser klimafotavtrykket totalt per bygning i et 60-årsperspektiv. Resultatene er som forventet: Større bygninger har høyere klimafotavtrykk og mindre bygninger har lavere klimafotavtrykk. Siden resultatene vises totalt per bygning, så vil ikke antall soverom påvirke resultatene. Figuren illustrerer betydningen av bygningens størrelse, men tar ikke hensyn til bygningens funksjon – altså hvor mange personer som kan bo der.



Figur 13: Totalt klimafotavtrykk over 60 år for alternative nybygg (riving av eksisterende bygninger ikke inkludert)

Figur 13 viser det totale klimafotavtrykk for alternative nybygg i et 60-årsperspektiv. Her er resultatene avhengig av bygningenes størrelse, hvor mindre/større nybygg er henholdsvis 15 % mindre og 2/3 større i areal.

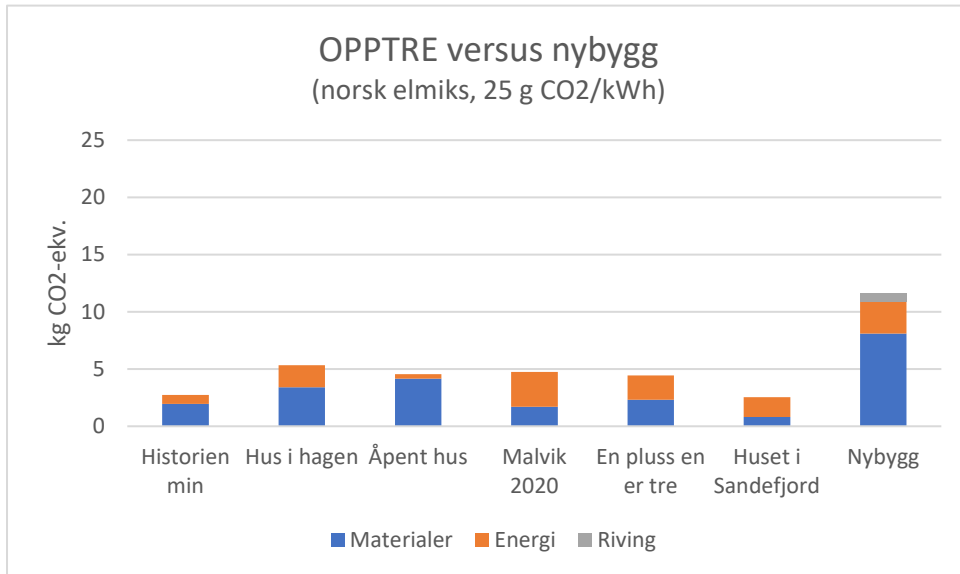


Figur 14: Klimafotavtrykk per soverom over 60 år for alternative nybygg (riving av eksisterende bygninger ikke inkludert)

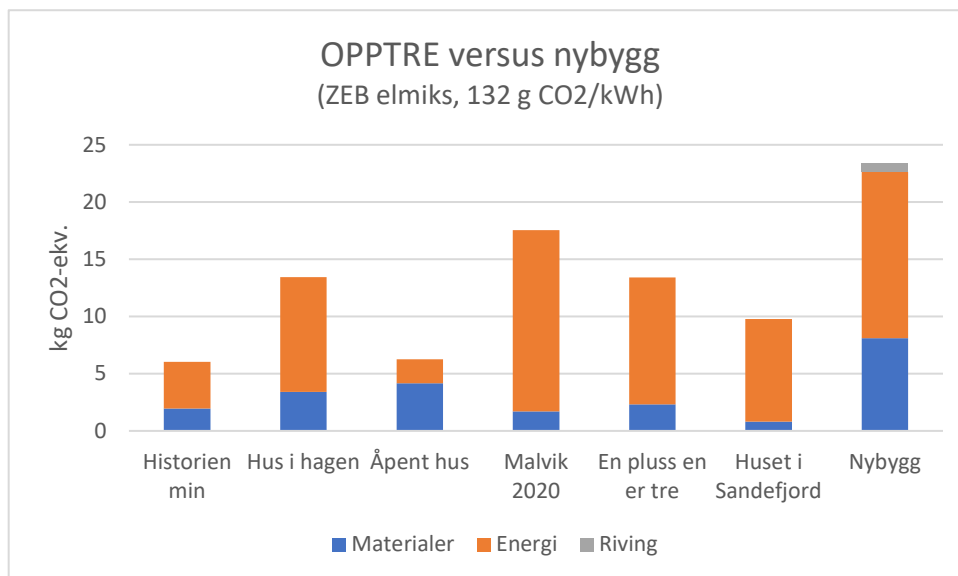
Figur 14 viser klimafotavtrykket per soverom i et 60-årsperspektiv. Større nybygg vil ha betydelig høyere utslipp enn et nybygg av samme størrelse. Hvis økningen i størrelsen også gir økt funksjon, her i form av et ekstra soverom, så vil det kompensere for deler av økningen. Samtidig ser vi at alle de grå søylene (større nybygg med ekstra soverom) er høyere enn de blå søylene (nybygg av samme størrelse og med samme soverom). Dette tyder på at en typisk økning av bygget med 2/3 i et klimaperspektiv må medføre en betydelig forbedring i funksjon, ett ekstra soverom er ikke tilstrekkelig.

6 Diskusjon

6.1 OPPTRE versus riving og nybygging



Figur 15: Klimafotavtrykk per kvadratmeter og år, OPPTRE og nybygg. Norsk elektrisitet, 60 år

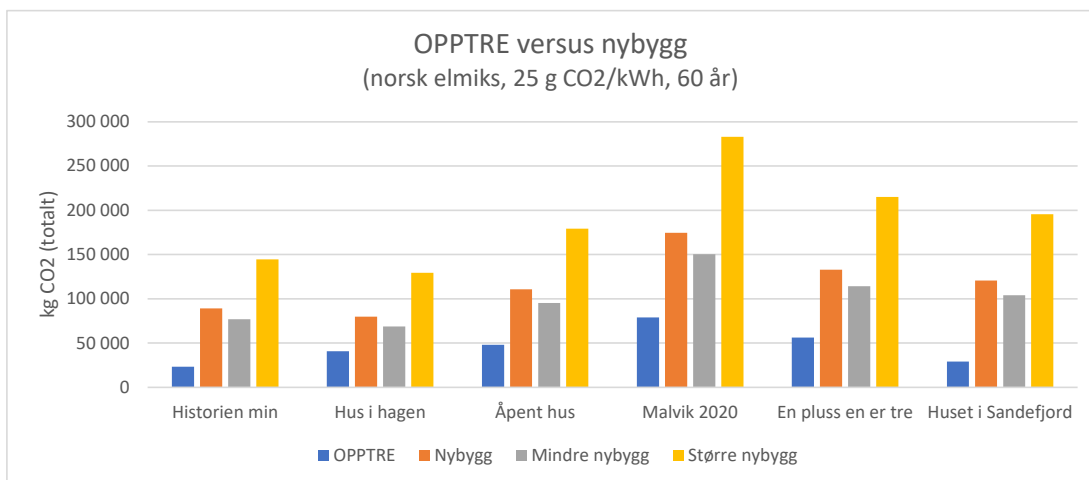


Figur 16: Klimafotavtrykk per kvadratmeter og år, OPPTRE og nybygg. ZEB elektrisitet, 60 år

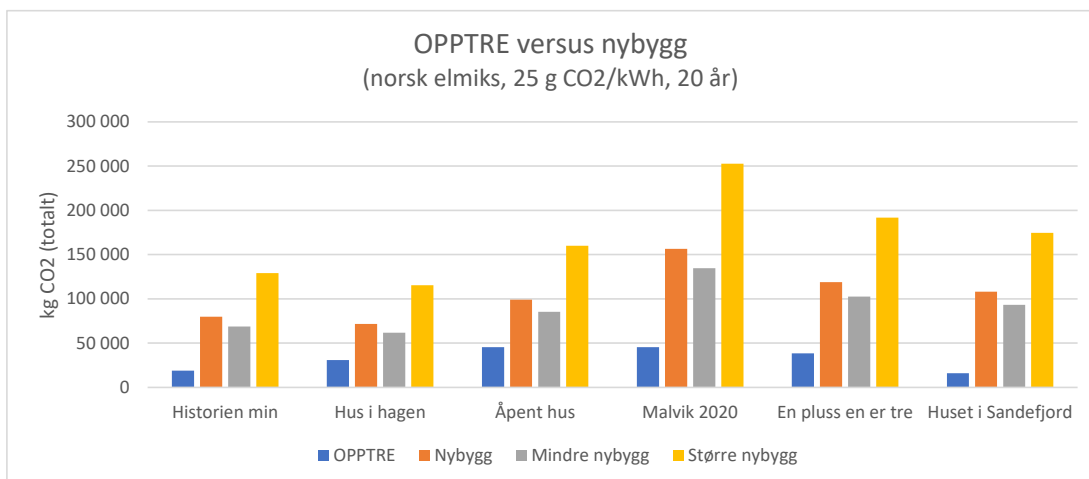
Figur 15 og Figur 16 viser klimafotavtrykket per kvadratmeter og år i et 60-årsperspektiv, med henholdsvis norsk og ZEB elmiks. Nybygget har relativt lavt energiforbruk, med 68 kWh/m². Figurene viser at under disse forutsetningene kommer oppgradering best ut, sammenliknet med riving og et typisk nybygg. Samtidig er det en rekke faktorer som kan påvirke resultatene, som valg av elektrisitet, tidshorison og antakelser på energibruk. I neste kapittel er det gjennomført følsomhetsanalyser for å identifisere hvilke parametre som påvirker resultatene. Det gir en pekepinn på hvilke metodiske forutsetninger som har størst betydning.

6.2 Følsomhetsanalyser

6.2.1 Elmiks og tidshorisont

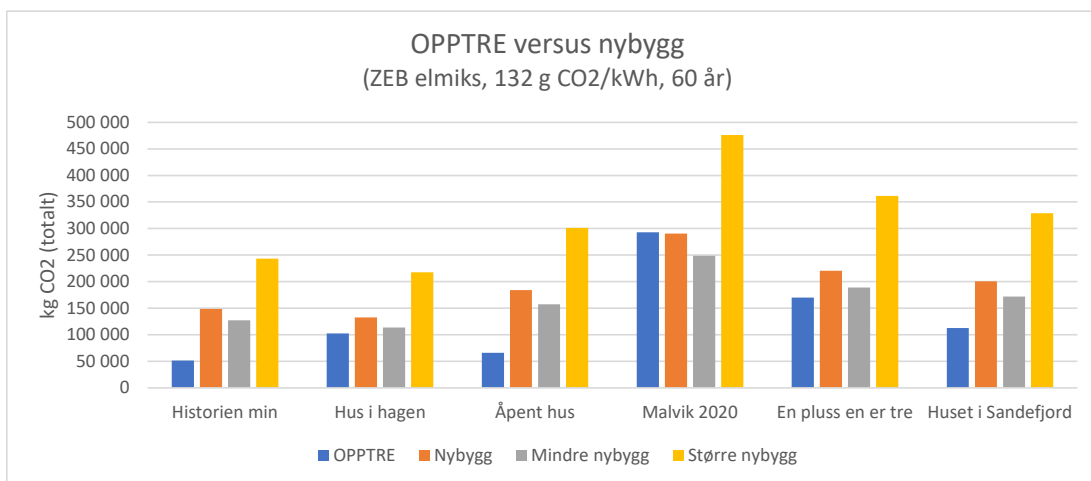


Figur 17: Klimafotavtrykket over 60 år, norsk el

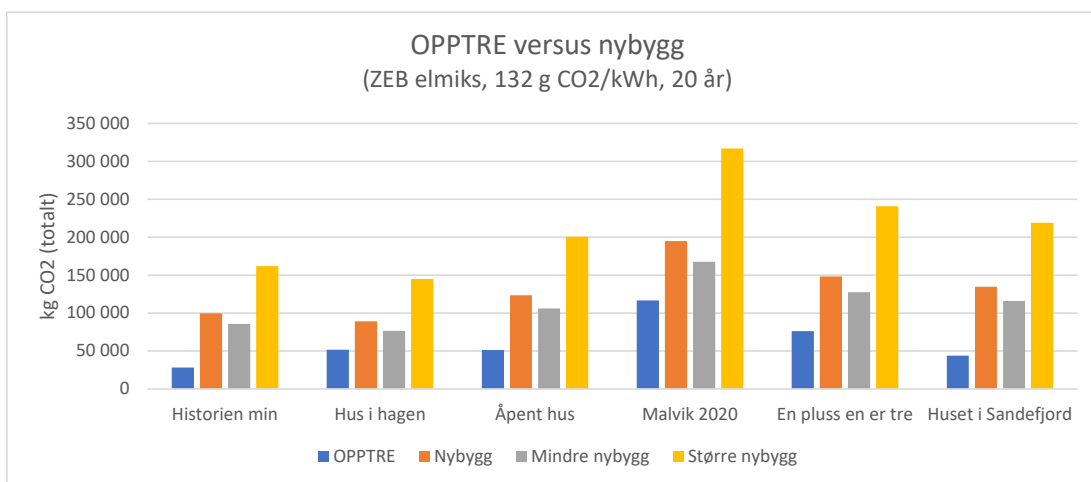


Figur 18: Klimafotavtrykket over 20 år, norsk el

Figur 17 og Figur 18 viser resultatene for OPPTRE sammenliknet med scenarioene for nybygg med norsk elektrisitet, for henholdsvis 60 og 20 år. For 60 år er det materialbruk plus klimafotavtrykket for energibruk over 60 år, mens det for 20 år er materialbruk plus klimafotavtrykket for energibruk over 20. Oppgradering kommer her konsekvent bedre ut enn riving og nybygging.



Figur 19: Klimafotavtrykket over 60 år, ZEB-faktor for elektrisitet



Figur 20: Klimafotavtrykket over 20 år, ZEB-faktor for elektrisitet

Figur 19 og Figur 20 viser resultatene for OPPTRE sammenliknet med scenarioene for nybygg med ZEB elektrisitet, for henholdsvis 60 og 20 år. Oppgradering kommer her bedre ut enn riving i de fleste tilfeller, men forskjellen er mindre enn for norsk elektrisitet. Det er særlig langt tidsperspektiv og høye utslipp fra energibruken som bidrar til å jevne ut forskjellene noe.

6.2.2 Metodisk variasjon

I kapittel 6.2.1 er det tidsperspektivet og utslippsintensiteten for elektrisitet som er analysert. Her presenteres en analyse basert på variasjon av fire faktorer: energibruk i nybygg, funksjonell enhet, utslippsintensitet for elektrisitet, og tidsperspektiv. De to nivåene for energibruk i nybygg er på nivå med henholdsvis TEK17 og passivhus. Tabell 4 viser en sammenstilling av alle de metodiske variasjonene, totalt 24 varianter fra A til X.

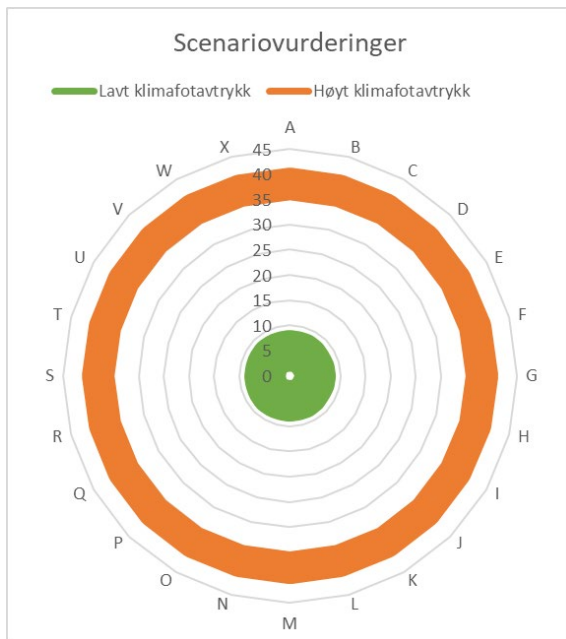
Tabell 4: Oversikt over metodiske variasjoner

Scenario	Energibruk for nybygg	Funksjonell enhet	Elektrisitet	Tidsperspektiv
A	110 kWh/m ² for nybygg	Totalt	Norsk el	20 år
B				60 år
C			ZEB el	20 år
D				60 år
E		Per m ² og år	Norsk el	20 år
F				60 år
G			ZEB el	20 år
H				60 år
I		Per soverom	Norsk el	20 år
J				60 år
K			ZEB el	20 år
L				60 år
M	65 kWh/m ² for nybygg	Totalt	Norsk el	20 år
N				60 år
O			ZEB el	20 år
P				60 år
Q		Per m ² og år	Norsk el	20 år
R				60 år
S			ZEB el	20 år
T				60 år
U		Per soverom	Norsk el	20 år
V				60 år
W			ZEB el	20 år
X				60 år

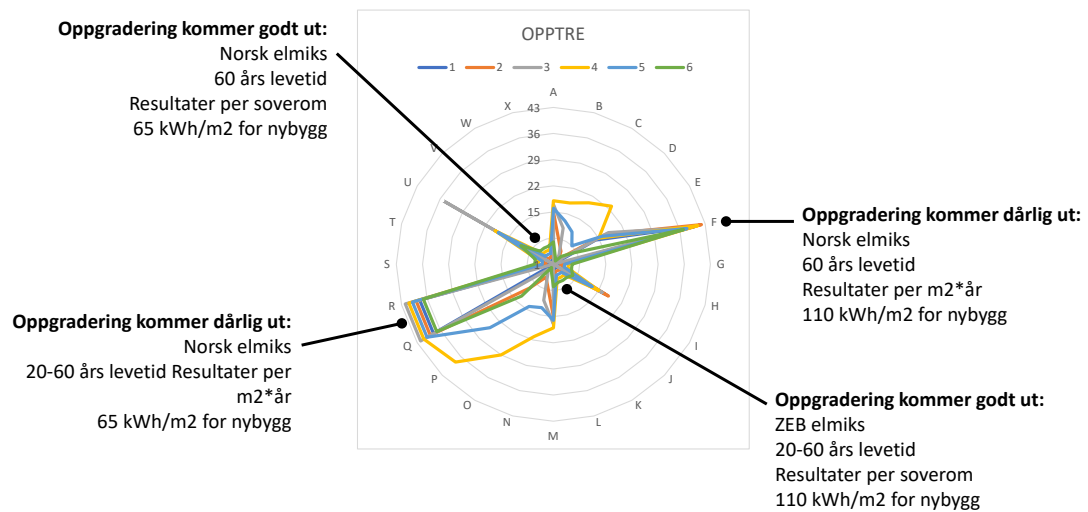
Den metodiske variasjonen er testet på sju forskjellige scenarier med de seks OPPTRE-husene og varianter av disse seks for ytterligere seks andre scenarier, totalt 42 varianter.

- OPPTRE
- Ingen tiltak, 198 kWh/m²
- Ingen tiltak, 150 kWh/m²
- Nybygg, samme størrelse
- Mindre nybygg
- Større nybygg
- Større nybygg, ekstra soverom

Kombinasjonen med 24 metodiske varianter og 42 scenario-varianter gir i overkant av 1 000 mulige scenarier. Disse er analysert og rangert mot hverandre. Deretter er det innad i hvert scenario identifisert hvor mange ganger disse variantene kommer på topp 5 eller på bunn 5, sammenliknet med variantene i de seks andre scenarioene. Resultatene er presentert grafisk. Figur 21 viser hvordan resultatene bør tolkes. De metodiske variantene er fra A til X. For hver variant er det tegnet en linje som viser innbyrdes rangering, hvor 1 er varianten med lavest klimafotavtrykk og 42 er varianten med høyest klimafotavtrykk. Jo tettere sentrum linjene ligger, jo bedre skårer den.



Figur 21: Scenariovurderinger, introduksjon. Linjer som treffer den oransje sirkelen, er varianter som har relativt høyt klimafotavtrykk, mens linjer som treffer dem grønne sirkelen, har relativt lavt klimafotavtrykk.

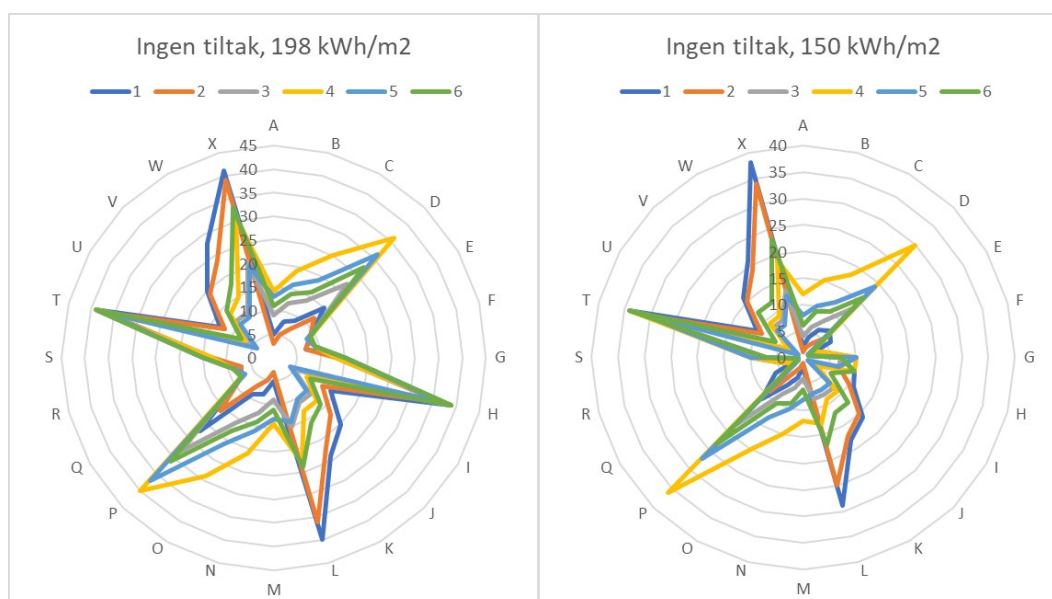


Figur 22: OPPTRE-oppgaderingene (1–6), med eksempler på scenariorvarianter som gir særlig høyt eller lavt resultat

Tabell 5: Antall varianter på topp 5 eller bunn 5 for hver kategori

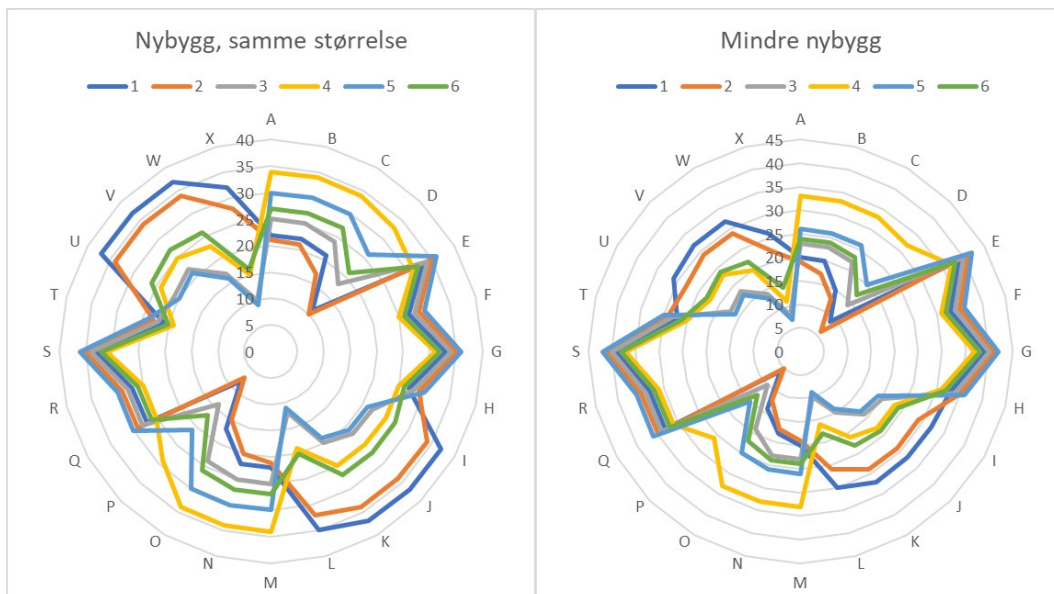
	OPPTRE	Ingen tiltak, 198 kWh/m ²	Ingen tiltak, 150 kWh/m ²	Nybygg, samme størrelse	Mindre nybygg	Større nybygg	Større nybygg, ekstra soverom
Topp 5	70	10	41	0	1	0	0
Bunn 5	23	41	17	123	106	118	116

Figur 22 viser rangeringene for de seks OPPTRE-oppgraderingene med alle metodiske variasjoner. Her ser vi at de kommer jevnt bra ut, bortsett fra i variantene F, Q og R. Det betyr at disse jevnt over kommer godt ut, men at det for noen metodiske varianter er andre som kommer bedre ut. Variantene uten tiltak kommer relativt bedre ut når utslippene fra elektrisitet er lave og tidshorisonten er kort. Variantene med nybygg kommer relativt bedre ut når de bruker lite energi, utslippene fra elektrisitet er høyt, og tidshorisonten er lang. I Figur 23 ser vi at dette blant annet er boliger med ingen tiltak, hvor lav utslippsintensitet for elektrisitet gjør at disse kommer godt ut i både F, Q og R. Resultatene i Tabell 5 viser at nybygg i liten grad kommer på topp 5-listen. Årsaken er at sammenlikningen er mot nybygg med typisk energibruk og gjennomsnittlig klimafotavtrykk for materialbruken. Svært energi-effektive nybygg med skarpere fokus på klimafotavtrykket fra materialbruken vil komme bedre ut i en sammenlikning.



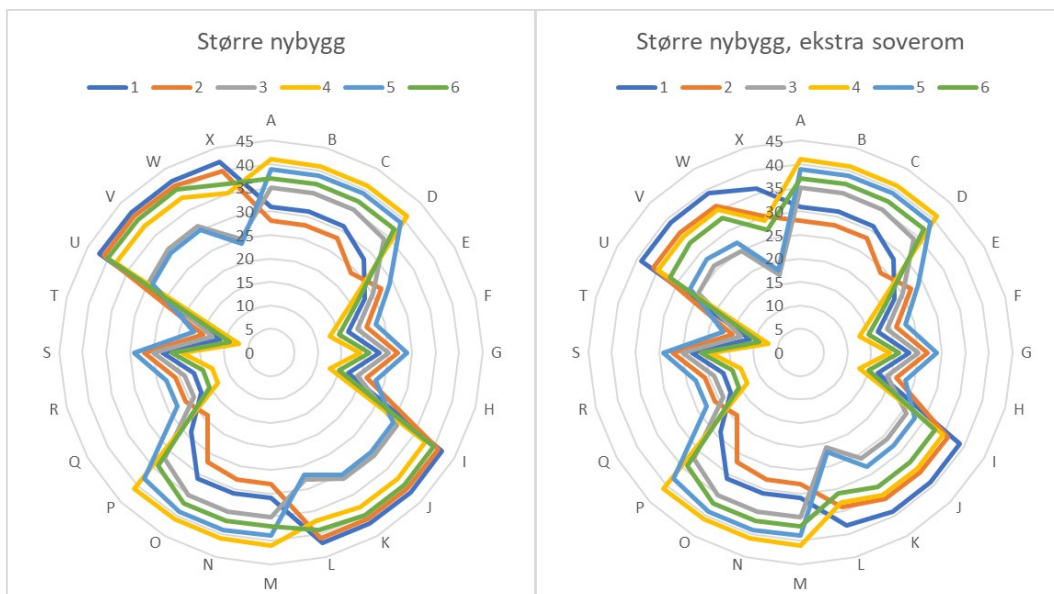
Figur 23: Ingen tiltak, høy og lav energibruk

Stjerneformen i Figur 23 peker på metodiske varianter med lang tidshorisont. Det betyr at ingen tiltak kommer godt ut på kort sikt, men at energibruken over tid vil bidra til et høyere samlet klimafotavtrykk. Samtidig ser vi at det er en forskjell på 198 og 150 kWh/m², som viser at det å redusere energibruken har en effekt. Dette gjelder spesielt i scenarier med ZEB-el.



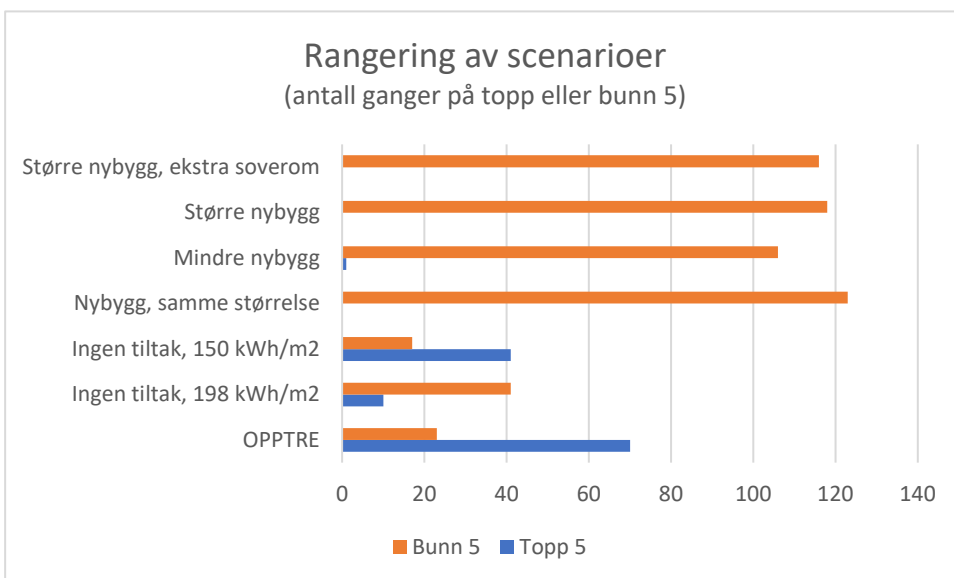
Figur 24: Nybygg av samme eller mindre størrelse

Figur 24 viser nybygg av samme eller mindre størrelse. Her ser vi at formen er annerledes enn i de foregående grafene, som viser at disse jevnt over har høyere klimafotavtrykk. Disse kommer best ut i scenarier med høy utslippsintensitet for el og med lang tidshorisont. Å redusere størrelsen på bygget med 15 % har en klar effekt på rangeringen, men uten de store hoppene.



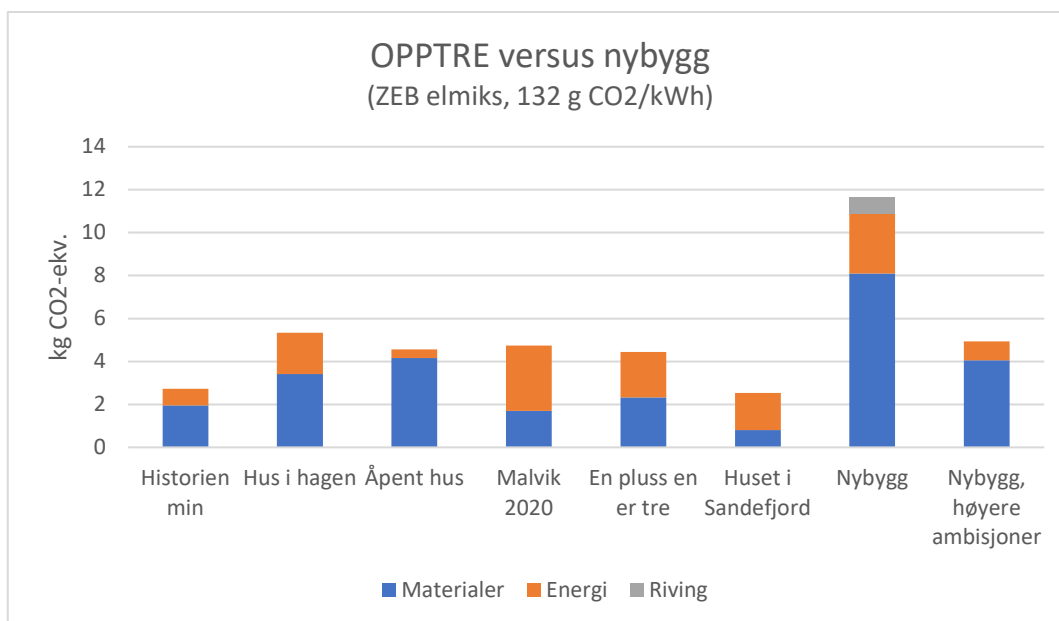
Figur 25: Større nybygg, med samme og med endret funksjon

Figur 25 viser større nybygg, enten med samme funksjon (det vil si samme antall soverom) eller med endret funksjon (det vil si et ekstra soverom). Her ser vi at økt størrelse gir, ikke overraskende, høyt klimafotavtrykk. Samtidig ser vi også at et ekstra soverom ikke er tilstrekkelig til å gjøre store endringer i rangeringen. Med 2/3 økt størrelse må funksjonen øke enda mer for å kunne gi større endringer i rangering.



Figur 26: Rangering av scenarioer, topp/bunn 5

Figur 26 viser en grafisk oversikt over antall ganger en variant innad i hvert av scenarioene kommer på topp 5 (oransje) eller bunn 5 (blå). Her ser vi at riving og nybygg jevnt over har høyere klimafotavtrykk. Dette er under forutsetning av 8,1 kg CO₂-ekv./m²/år og mellom 65 og 110 kWh/m² energibruk. Resultatene er en indikasjon på at konvensjonelle nybygg med lav klimaambisjon har en høy risiko for å gi et høyere klimafotavtrykk enn både oppgradering og det å gjøre ingenting.

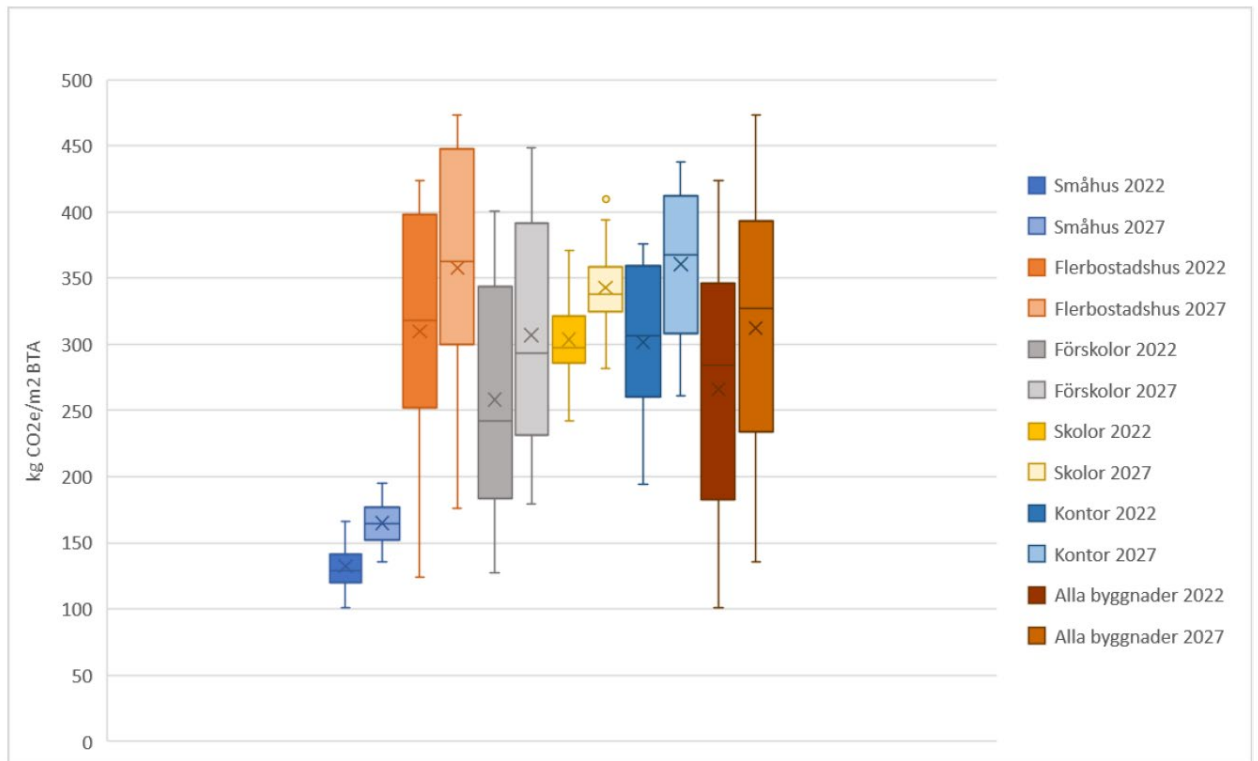


Figur 27: OPPTRE versus nybygg med høyere miljøambisjon, kg CO₂-ekv. per m² og år

Figur 27 viser hvor mye høyere miljøambisjonene bør være for at nybygget skal komme ned på et nivå tilsvarende OPPTRE-oppgraderingene, i et 60-årsperspektiv og med ZEB-elmiks. Her er det for nybyggene antatt en halvering av klimafotavtrykket for materialer (til ca. 4 kg CO₂-ekv./m²/år) og levert energi på 35 kWh/m².

6.2.3 Klimafotavtrykk for nybygg

Det er stor variasjon i klimafotavtrykk for nybygg. Forutsetningen på 8,1 kg CO₂-ekv./m²/år er basert på et utvalg av eneboliger hvor det for flere er inkludert solceller. En studie fra Sverige (Malmqvist et al. 2021) ser på boliger uten solceller og peker i retning av lavere verdier. Figur 28 viser resultater fra denne studien. Det bør bemerkes at resultatene ikke er direkte sammenliknbare med øvrige resultater presentert her, siden systemgrensene er forskjellige både med tanke på hvilke livsløpsmoduler som er inkludert, og hvilke bygningsdeler som er tatt med.



Figur 28: Referanseverdier for Sverige (Malmqvist et al. 2021). Systemgrenser er A1–A5 for alle bygninger. For bygninger merket 2022 er bærekonstruksjon, klimaskjerm og innervegger inkludert. For bygninger merket 2027 er det også inkludert innvendige overflater, fast innredning og tekniske installasjoner. Utskiftning i levetiden (B4) og energibruk i drift (B6) er ikke inkludert.

For å undersøke hvordan resultatene påvirkes av endringer i klimafotavtrykket for nybygg er det gjort en følsomhetsanalyse hvor klimafotavtrykket er redusert til henholdsvis det halve og det kvarte per kvadratmeter nybygg. Det tilsvarer ca. 4 kg CO₂-ekv./m²/år og ca. 2 kg CO₂-ekv./m²/år. Resultatene er vist i Tabell 6–Tabell 8.

Tabell 6: Antall varianter på topp 5 eller bunn 5 for hver kategori, klimafotavtrykk for nybygg 8,1 kg CO₂-ekv./m²/år

	OPPTRE	Ingen tiltak, 198 kWh/m ²	Ingen tiltak, 150 kWh/m ²	Nybygg, samme størrelse	Mindre nybygg	Større nybygg	Større nybygg, ekstra soverom
Topp 5	70	10	41	0	1	0	0
Bunn 5	23	41	17	123	106	118	116

Tabell 7: Antall varianter på topp 5 eller bunn 5 for hver kategori, klimafotavtrykk for nybygg ca. 4 kg CO₂-ekv./m²/år

	OPPTRE	Ingen tiltak, 198 kWh/m ²	Ingen tiltak, 150 kWh/m ²	Nybygg, samme størrelse	Mindre nybygg	Større nybygg	Større nybygg, ekstra soverom
Topp 5	67	10	40	1	4	0	0
Bunn 5	33	59	35	104	91	113	111

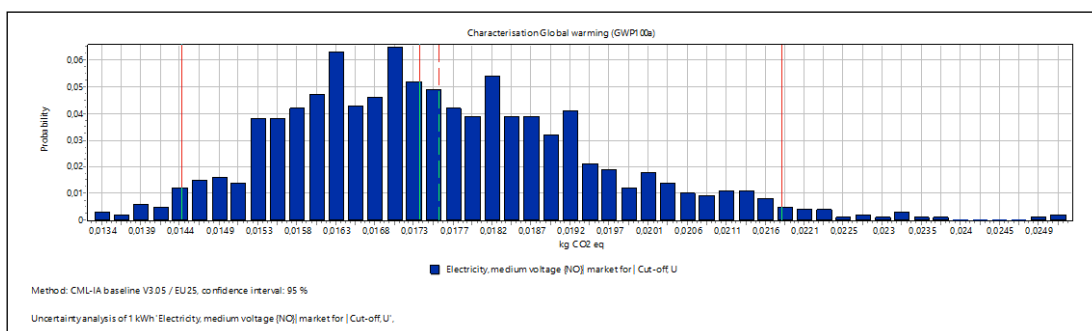
Tabell 8: Antall varianter på topp 5 eller bunn 5 for hver kategori, klimafotavtrykk for nybygg ca. 2 kg CO₂-ekv./m²/år

	OPPTRE	Ingen tiltak, 198 kWh/m ²	Ingen tiltak, 150 kWh/m ²	Nybygg, samme størrelse	Mindre nybygg	Større nybygg	Større nybygg, ekstra soverom
Topp 5	65	8	39	2	8	0	0
Bunn 5	43	86	51	92	80	100	95

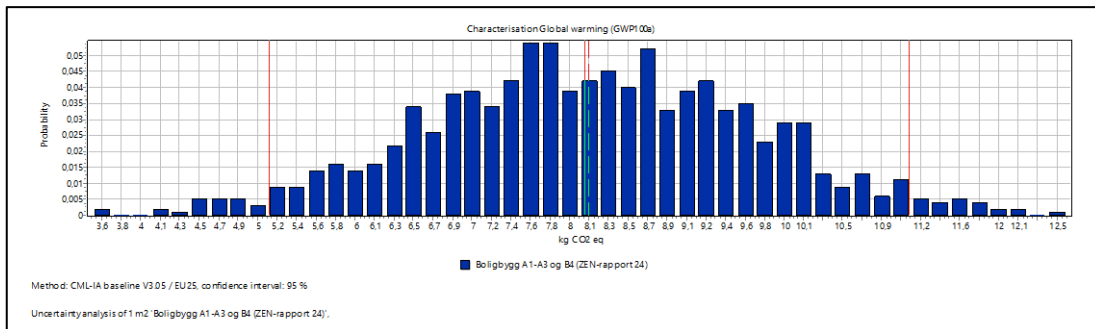
Tabellene viser som forventet at det å redusere klimafotavtrykket for nybygg påvirker rangeringen. Samtidig ser vi at resultatene ikke endres svært mye, selv når utslippene for nybygg reduseres med 75 %.

6.2.4 Variasjon i miljøprestasjon

Resultatene i kapitlene 6.2.1–6.2.3 viser resultatene for en rekke metodiske variasjoner, men tar også utgangspunkt i fastsatte verdier for utslippsintensiteter for elektrisitet og for materialbruk. Dette gir et forenklet bilde siden vi vet at det for de fleste produkter og tjenester vil være en variasjon avhengig av produksjonsmåte og leverandør. Pedigree-matrisen i ecoinvent er grunnlaget for å regne på usikkerhet og variasjon. Bruken av denne metoden er her eksemplifisert ved CO₂-faktoren for elektrisitet basert på NS 3720. I standarden er den oppgitt som en fast verdi, men Figur 29 viser spredning og usikkerhet når man regner på denne i LCA-softwaren SimaPro og bruker en Monte Carlo-analyse for å vurdere usikkerheten. Her ser vi at selv om gjennomsnittet er på ca. 18 g CO₂/kWh, så viser konfidensintervallet at det er en viss usikkerhet (her fra ca. 14 til ca. 21 g CO₂/kWh med et 95 prosent konfidensintervall).



Figur 29: Monte Carlo-analyse for elektrisitet basert på NS 3720 (norsk)

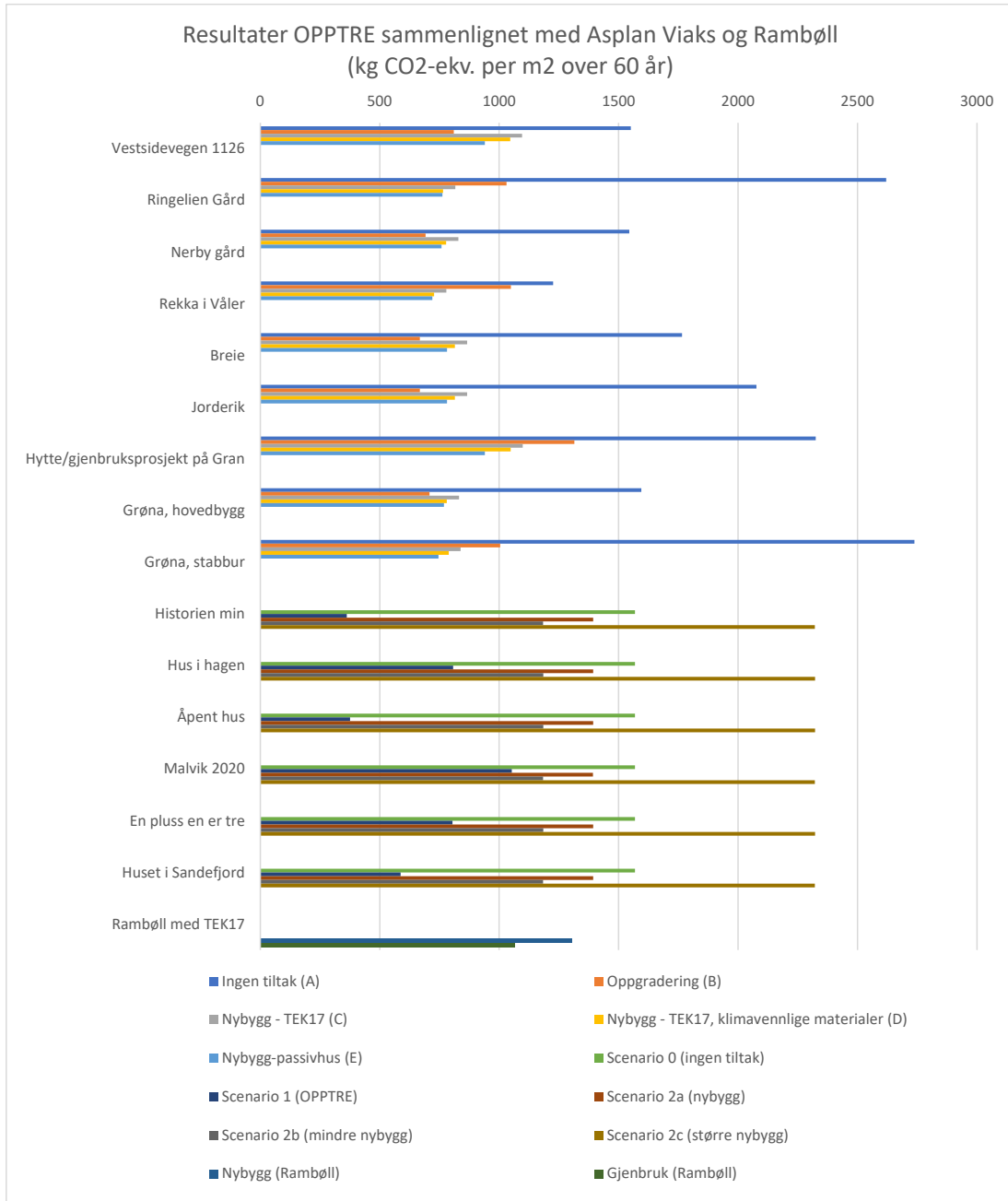


Figur 30: Monte Carlo-analyse for klimagassutslipp per kvadratmeter og år for et boligbygg, estimat med utgangspunkt i ZEN-rapport 24 (Wiik et al. 2020)

Tilsvarende kan vi gjøre for andre verdier, for eksempel CO₂-faktoren for materialbruk i nybygg. Utgangspunktet for denne figuren er 8,1 kg CO₂-ekv./m²/år for et boligbygg. Dette er gjennomsnittet i referansefasen. Variansen er forenklet beregnet som forskjellen mellom maksimum og minimum, delt på 4 ((max-min)/4). Resultatene i Figur 30 gir en indikasjon på variasjonen vi kan forvente. Denne variasjonen vil i virkeligheten skyldes blant annet materialvalg og leverandørvalg, og illustrerer viktigheten av å både stille klimakrav og følge opp gjennom byggeprosessen.

6.3 Sammenstilling med andre studier

For å sette resultatene i denne studien i perspektiv er det gjort en sammenstilling med to andre studier – en av Asplan Viak (Fuglseth et al. 2021) og en begrenset studie gjennomført av Rambøll (Ulvan 2020). Her bemerkes det at resultatene i Figur 31 ikke er direkte sammenliknbare siden det både er variasjon i metodiske valg og i formål. Studien fra Asplan Viak har hatt fokus på bevaring i et kulturminneperspektiv, noe som gjør at oppgraderingene er skånsomme. Figuren er altså ikke ment som en sammenlikning, men for å gi en indikasjon på størrelsesorden.



Figur 31: Sammenstilling av resultater fra denne studien med andre studier. Merk at det er ulike systemgrenser og forskjellige formål ved studiene, noe som gjør at de ikke kan sammenliknes direkte.

Resultatene viser at OPPTRE-variantene jevnt over kommer godt ut, noe som kan tyde på at ambisiøs energioppgradering med fokus på materialer og klimafotavtrykk har et betydelig potensial for å redusere klimafotavtrykket fra boliger. Bygninger som erstattes av større nybygg og bygninger med ingen tiltak, har typisk høyere klimafotavtrykk i et 60-års-perspektiv. Dette er i tråd med funnene i en metaanalyse gjennomført av SINTEF på rehabilitering og oppgraderingsprosjekter, som anbefaler miljøvennlig oppgradering før riving og nybygg (Fufa et al. 2020).

7 Konklusjoner

Denne studien viser at ambisiøs energioppgradering kan gi en betydelig klimagevinst sammenliknet med ikke å gjennomføre en oppgradering eller å rive og bygge nytt. Dette gjelder både med kort og lang tidshorisont, og med høy og lav utslippsintensitet for elektrisitet. Å redusere energibruk i eksisterende boliger gjennom tradisjonell ENØK har ikke vært en del av denne studien, men dette er også tiltak som vil kunne bidra til å redusere klimafotavtrykket. Samtidig er det en risiko for at redusert energibruk kan gå på bekostning av inn klima. Det gjelder for eksempel hvis redusert energibruk oppnås gjennom redusert ventilasjon. I OPPTRE er det utarbeidet et risikoverktøy for funksikker oppgradering av småhus (Time et al. 2022).⁸

Hovedkonklusjoner fra denne studien er:

- I et klimaperspektiv kan ambisiøse oppgraderinger gi en betydelig klimagevinst sammenliknet med typisk oppgradering og sammenliknet med riving og nybygg.
- OPPTRE-oppgraderingene har jevnt over lavt klimafotavtrykk sammenliknet med alternativene som er undersøkt (ingen tiltak eller riving/nybygg).
- Alternativer som også kan komme godt ut, er bruk av eksisterende enebolig med et bevisst forhold til energisparing (for eksempel nattsinking, temperatursoner, enkle ENØK-tiltak) samt nybygg med lavt energibehov og lavt klimafotavtrykk fra materialbruk.
- Valg av tidshorisont og valg av utslippsintensitet for elektrisitet er de to faktorene som gir størst utslag i klimafotavtrykket.

Ytterligere observasjoner fra denne studien:

- Riving er ikke ubetydelig. Å tilrettelegge for ombruk av materialer vil bidra til å redusere klimafotavtrykket fra denne fasen.
- Riving og nybygg har typisk høyest klimafotavtrykk. Utgangspunktet har vært konvensjonelle nybygg. Nybygg må gjennomføres med høye klimaambisjoner for å konkurrere med oppgradering, med tanke på klima.
- En enebolig som rives og erstattes med ny enebolig, vil som regel gi økt arealbruk, som igjen gir et høyere klimafotavtrykk. En økning i areal bør derfor også medføre en økt funksjon, for eksempel flere soverom.

Vi vil påpeke at datagrunnlaget for riving og nybygg er basert på en statistisk framgangsmåte (ovenfra og ned), og resultatene for disse har relativt høy usikkerhet. Følsomhetsanalyser viser at konklusjonene likevel er robuste når det gjelder oppgradering som klimaeffektivt tiltak. OPPTRE har bidratt til å øke kunnskapen om klimafotavtrykket av oppgraderinger, men samtidig er det behov for mer kunnskap om klimafotavtrykket til nye eneboliger.

⁸ Risikoverktøy for funksikker oppgradering av småhus:
[https://www.sintefbok.no/book/index/1313/risikoverktoey for funksikker oppgradering av smaahus](https://www.sintefbok.no/book/index/1313/risikoverktoey%20for%20funksikker%20oppgradering%20av%20smaahus)

Referanser

- Elkjær, K. 2021. *Rive eller bevare? En undersøkelse av rivestatistikk i Hamar og Ringsaker*. NTNU.
- Fufa, S. M., Flyen, C., & Venås, C. 2020. *Grønt er ikke bare en farge: Bærekraftige bygninger eksisterer allerede*. SINTEF akademisk forlag.
- Fufa, S. M., Schlanbusch, R. D., Sørnes, K., Inman, M., & Andresen, I. 2016. *A norwegian ZEB definition guideline*. Oslo: SINTEF Academic Press.
- Fuglseth, M. S., Sandberg-Kristoffersen, B., Yttersian, V. L., Storøy, A., Saunders, J., & Lesaca, G. 2021. *Klimagassutslipp fra oppgradering av eldre bygg. 24 case-studier fra Innlandet*. Asplan Viak.
- Malmqvist, T., Borgström, S., Brismark, J., & Erlandsson, M. 2021. *Referensvärden för klimatpåverkan vid uppförande av byggnader, TRITA-ABE-RPT: 183*. Stockholm: KTH Royal Institute of Technology.
- NAL. 2020. *NAK 527. OPPTRE - kostnadseffektiv energioppgradering av småhus i tre*. Norske arkitekters landsforbund.
- NGBC. 2016. *BREEAM-NOR Teknisk manual ver. 1.2*.
- Standard Norge. 2006a. *Miljøstyring, livsløpsvurdering, krav og retningslinjer (ISO 14044:2006); Environmental management, life cycle assessment, requirements and guidelines (ISO 14044:2006)*. Lysaker: Standard Norge.
- Standard Norge. 2006b. *Miljøstyring, livsløpsvurdering, prinsipper og rammeverk (ISO 14040:2006); Environmental management, life cycle assessment, principles and framework (ISO 14040:2006)* (2. utg. ed.). Lysaker: Standard Norge.
- Time et. al. 2022. *Risikoverktøy for fuktsikker oppgradering av småhus*. SINTEF Akademisk forlag.
- Ulvan, V. S. 2020. *Gjenbruk av enebolig som klimatiltak*. Rambøll.
- Wiik, M. R. K., Selvig, E., Fuglseth, M. S., Resch, E., Lausset, C., Andresen, I., Brattebø, H., & Hahn, U. 2020. *Klimagasskrav til materialbruk i bygninger. Utvikling av grunnlag for å sette absolutte krav til klimagassutslipp fra materialbruk i norske bygninger*. SINTEF Akademisk forlag.

Energioppgradere eller bygge nytt?

EN ANALYSE AV KLIMAFOTAVTRYKKET FRA SMÅHUS I TRE

Denne rapporten sammenlikner oppgradering av småhus med det å rive og bygge nytt på samme tomt. Resultatene viser at ambisiøs energioppgradering kan gi en betydelig klimagevinst sammenliknet med ikke å gjennomføre en oppgradering eller å rive og bygge nytt. Dette gjelder både med kort og lang tidshorisont, og med både høy og lav utslippsintensitet for elektrisitet. En følsomhetsanalyse viser at tidshorisont og valg av utslippsintensitet for elektrisitet er de to dominerende faktorene som gir stort utslag i klimafotavtrykket. Underlaget for rapporten er klimagassregnskap for seks boliger fra en arkitektkonkurranse om oppgradering av eneboliger som ble arrangert i regi av forskningsprosjektet OPPTRE.

Forskningsprosjektet *Energioppgradering av småhus i tre til nesten nullenerginivå* (OPPTRE) har som formål å foreslå et nivå for renovering av småhus i tre til nesten nullenergibygge (nZEB, nearly Zero Energy Buildings). OPPTRE er ledet av SINTEF Community med NTNU ved Fakultet for arkitektur og design som forskningspartner.

Prosjektet er finansiert av EnergiX-programmet i Norges Forskningsråd og partnene Systemhus, Mesterhus, Ratio Arkitekter, Hunton, VELUX, Isola, Flexit, Enova, Innlandet fylkeskommune og DiBK.