

Kristian Stenerud Skeie • Anne Gunnarshaug Lien •  
Christofer Skaar • Erland Olsen • Runar Skippervik •  
Bård Ivar Iversen • Per-Kristian Westermann

# Rehabilitering av borettslag til nesten nullenerginivå

## EN MULIGHETSSTUDIE FOR BOLIGBYGGELAGET TOBB



GWP

	A	B	C	D	H	I	K
<b>MATERIALE</b>							
3 Balkongrekkverk, plater							
4 Beslag, utfoldet bredde 140mm, tykm			185	3115	17	17	Cladding
12 Bitumenbasert takbelegg, 180 mm			123	400	3	9	Metals
13 Diverse stål, se beskrivelse			270	140	1	3	Bitumen
14 Drensplate			3251	7692	2	2	Metals
15 Dytteremse			328	348	1	2	Metals
16 EPS, 150 mm			540	15			Insulation
25 karmlist, furu, 12x58mm			180	1861	10		Insulation
26 Karmlist, furu, 12x58mm			422	16	0	53	Wood



SINTEF Notat

Kristian Stenerud Skeie, Anne Gunnarshaug Lien, Christofer Skaar, Erlend Olsen, Runar Skippervik ,  
Bård Ivar Iversen og Per-Kristian Westermann

## **Rehabilitering av borettslag til nesten nullenerginivå**

En mulighetsstudie for Boligbyggelaget TOBB

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Notat 26

Kristian Stenerud Skeie, Anne Gunnørshaug Lien, Christofer Skaer , Erlend Olsen,  
Runar Skippervik , Bård Ivar Iversen og Per-Kristian Westermann

### **Rehabilitering av borettslag til nesten nullenerginivå**

En mulighetsstudie for Boligbyggelaget TOBB

Emneord:

nZEB, rehabilitering, renovering, energioppgradering, klimafotspor, boligblokker,  
borettslag, TOBB

Prosjektnummer: 102015194

ISSN 1894-2466

ISBN 978-82-536-1573-8 (pdf)

Foto, omslag: Kristian Stenerud Skeie, SINTEF Byggforsk

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2018

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser.

Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Byggforsk

Forskningsveien 3 B

Postboks 124 Blindern

0314 OSLO

Tlf.: 73 59 30 00

[www.sintef.no/byggforsk](http://www.sintef.no/byggforsk)

[www.sintefbok.no](http://www.sintefbok.no)

## Innholdsfortegnelse

---

Sammendrag .....	4
Forord .....	4
Innledning.....	5
1 Kartlegging.....	6
2 Ambisjonsnivå for energioppgradering.....	15
2.1 Vestlia borettslag som case .....	16
2.2 Ambisjonsnivåer for energioppgradering, enkel og nZEB .....	17
3 Byggetekniske løsninger .....	19
3.1 Oppgradering av bygningskroppen .....	19
3.2 Ventilasjon.....	25
3.3 Styring.....	30
4 Klimaberegninger .....	32
4.1 Hva er et klimafotspor? .....	32
4.2 Materialer og energi i bruksfasen .....	33
5 Oppsummering og videre forskning.....	40
6 Formidling.....	41
7 Referanser .....	41
A1 - Kuldebudsjett tabell .....	43
A2 - Sentrale inndata tabell.....	45
A3 – Beregning av varmetap .....	47
A4 – Energiberegninger .....	50

## Sammendrag

---

Målet for prosjektet har vært å identifisere TOBB borettslag som har potensial for å bli oppgradert til nesten nullenergibygg (nZEB-nivå) og beregne og beskrive løsninger for å komme dit.

Kartlegging av TOBB borettslag som har potensial for å bli oppgradert til nZEB-nivå i perioden 2017 til 2030 er gjennomført. Vestlia borettslag, et boligområde i Trondheim bygget på 70-tallet, er valgt som case for beregningene. Bygningstekniske løsninger og installasjoner er beskrevet for to oppgraderingsnivå, et enkelt nivå og et ambisiøst nivå som er kalt nZEB-nivå. Beregninger er foretatt for enkel oppgradering og nZEB-oppgradering både for energibruk og for klimafotspor.

Energiniivå for nZEB er ikke definert i Norge, hverken for nye bygg eller for oppgradering av eksisterende bygg. For å oppnå nZEB er det en forutsetning at energibehovet må være så lavt som mulig og det resterende energibehovet må i størst mulig grad dekkes med fornybar energi som produseres på bygget. Denne mulighetsstudien omhandler ikke energiproduksjon. De valgte løsningene for rehabilitering av Vestlia er vurdert i forhold til lønnsomhet for klimafotsporet i et livsløpsperspektiv.

Resultater viser at det er mulig å gjennomføre en nZEB-oppgradering med et positivt klimaregnskap, altså at energibesparelsen gir en større klimagevinst enn klimafotsporet av oppgraderingen. Resultatene viser også at det er behov for videreutvikling av kostnadseffektive tekniske løsninger for rehabilitering, som også er erfaringen fra FME-senteret ZEB (Andresen 2017). Resultatene viser også et stort behov for nye beslutningsverktøy for at borettslag skal kunne ta beslutninger om energioppgradering i tråd med det grønne skiftet.

## Forord

---

Med kvalifiseringsstøtte fra Regionale forskningsfond Midt-Norge (RFF Midt-Norge) er prosjektet "Rehabilitering av TOBB borettslag til nZEB-område" gjennomført i 2017 av TOBB, Trønderblikk og Vintervoll i samarbeid med SINTEF Byggforsk. Deltagere i prosjektgruppen har vært:

Fra SINTEF Byggforsk: Anne Gunnarshaug Lien (prosjektleder), Kristian Stenerud Skeie og Christofer Skaar

Fra Boligbyggelaget TOBB: Runar Skippervik og Erland Olsen

Fra ventilasjonsleverandøren Trønderblikk AS: Bård Ivar Iversen

Fra elektroentreprenøren Vintervoll AS: Per-Kristian Westermann

## Innledning

---

Nesten nullenergibygg (nearly zero-energy building, nZEB) er et mål for nye bygg innen 2020 ifølge det europeiske bygningsdirektivet (EPBD 2010) og det europeiske energieffektiviseringsdirektivet (EED 2012), og er også et uttalt mål for rehabilitering av eksisterende bygg. Rehabilitering er viktig i et klimaperspektiv fordi omlag 80 % av eksisterende bygningsmasse vil fortsatt eksistere i 2050. 50 % av norske blokkleiligheter er fra perioden 1946 – 1990. De fleste av disse tilfredsstiller ikke dagens standard, og det er derfor et behov for oppgradering i fremtiden. Vi har et tidsvindu som kanskje vil lukke seg de neste 10-20 årene. Hvis det gjennomføres rehabiliteringer i denne perioden uten høyt ambisjonsnivå, vil en ny oppgradering sannsynligvis være utelukket i lang tid framover. I løpet av forskningsprosjektet "Systematisk energioppgradering av småhus fra 1960 til 1990" (SEOPP), ble et 60-tallshus og et 70-tallshus rehabilitert til et nivå som omtrent tilsvarer dagens standard både for energibehov og boligkvaliteter. Hensikten med dette prosjektet er å vurdere tilsvarende muligheter for boligblokker i borettslag (Lien et al. 2017).

Boligbyggelaget TOBB (TOBB) rehabiliterer kontinuerlig borettslagene de forvalter. I perioden 1951-2000 er det til sammen bygd 280 borettslag som forvaltes av TOBB, totalt ca. 22 800 leiligheter. Potensialet for energisparing i borettslagene er stort. En undersøkelse av prosjekter i TOBB fra perioden 2006 til 2012 viste at ca. 85 borettslag gjennomførte større tiltak på bygninger i forbindelse med vedlikehold eller rehabilitering. 33 av borettslagene, ca. 4 800 leiligheter, gjennomførte energisparende tiltak. 10 av lagene gjennomførte totalrehabilitering med etterisolering av fasade, tak, utskifting av vinduer og økt tetthet. Kun 3 lag installerte balansert ventilasjon i forbindelse med rehabiliteringen, resten av borettslagene utbedret eksisterende ventilasjonssystem (friskluftventiler/avtrekksventilasjon). Total energibesparelse for de 33 borettslagene som gjennomførte enkle energisparende tiltak er beregnet til ca. 35 kWh/m<sup>2</sup>. For de 10 lagene som gjennomførte totalrehabilitering er besparelsen beregnet til ca. 55 kWh/m<sup>2</sup>, mens for de 3 lagene som i tillegg installerte balansert ventilasjon var besparelsen beregnet til ca. 80 kWh/m<sup>2</sup>. Til sammenligning er beregnet energibruk for boligene fra denne perioden mellom 200-250 kWh/m<sup>2</sup>·år (når dagens krav til innetemperaturer og ventilasjonsluftmengder legges til grunn i beregningene). Totalt rehabiliterer TOBB ca. 300-500 leiligheter i året.

Dette prosjektet er et forprosjekt hvor målet har vært å identifisere borettslag som har potensial for å bli oppgradert til nesten nullenerginivå og beskrive tekniske løsninger for et TOBB borettslag, med tilhørende energi- og klimaregnskap. Hovedprosjektet vil handle om videre forskning på utfordringer som avdekkes.

## 1 Kartlegging

---

TOBB har gjennomført en kartlegging av boligselskapene de forvalter. Kartleggingen er basert på eksisterende interne databaser og nye opplysninger. Et spørreskjema er sendt til driftspersonell og ansvarlige for de rehabiliteringsprosjektene som er gjennomført i hvert borettslag/boligselskap. I skjemaet til utfylling er det blant annet etterspurt informasjon om hvilke tiltak som er gjennomført, når de er gjennomført og ambisjonsnivå på tiltakene. I tillegg er det hentet inn opplysninger om boligselskapene fra TOBBs databaser. Opplysningene er samlet i en ny database som vil bli oppdatert kontinuerlig, med bl.a. nye opplysninger om rehabiliteringsstatus.

Opplysninger i den nye databasen (TOBB database 2017) omhandler: Boligselskapets navn, stiftelsesår (ofte byggeår), antall enheter, bydel, gårds-, bruks- og festenummer, felleskostnader per mnd, enheter per bygningstype, alderssammensetning, informasjon om bygningene, gjennomført rehabilitering, bygningsdeler, energiforbruk.

Borettslag som er bygget mellom 1951 og 2000 er mest aktuelle for oppgradering til nZEB-nivå og er analysert nærmere. Stiftelsesdato er for de fleste boligselskaper sammenfallende med byggeår, men noen boligselskaper er stiftet på et annet tidspunkt og noen opplysninger mangler.

Inndeling i boligtyper varierer i ulike tilgjengelige statistikker. For TOBB borettslagene er to ulike inndelinger vist. Det er i tillegg vist historiske tall fra Statistisk sentralbyrå (SSB) for boligbygging i hele Norge med nyere statistikk for dagens boligmasse. I de ulike fremstillingene er boligtyper definert på forskjellig måte. For å gjøre en sammenligning lettere er det brukt fargekoder. Noen begrensninger har vært:

- Inndelingen i boligtyper varierer for de ulike figurene som presenteres på de neste sidene.
- Boareal i m<sup>2</sup>, er ikke oppgitt for alle borettslagene, TOBB har for noen tilfeller antatt et snitt for enhetsstørrelse på 70 m<sup>2</sup>.
- Mange av borettslagene har ikke registrert info om heis, livsløpsstandard, oppvarmingssystem, rehabilitering etc. Heis er ikke relevant for alle borettslag, for eksempel når leiligheter ligger på bakkeplan (enebolig, rekkehus og annen tett-lav bebyggelse).
- Med sentralvarme menes at det er spesifisert oppvarming i tillegg til helelektrisk/skorstein. Majoriteten har dette, mens ca. 30 er uspesifisert. Halvparten av de som i tabellen er oppgitt med sentralvarme bruker trolig kun fjernvarme til felles oppvarming av tappevann.
- Med rehabilitering menes alt som er oppgitt i datagrunnlaget, for eksempel totalrehabilitering, fasaderehabilitering, eller betongrehabilitering.



Omtrent like mange borettslag er stiftet i hvert tiår mellom 1950 og 2000 (49-61 stk). Størrelsen på borettslagene, uttrykt i tabellen som antall leiligheter, antall bygninger og estimert boareal, varierer mye mellom tiårene.

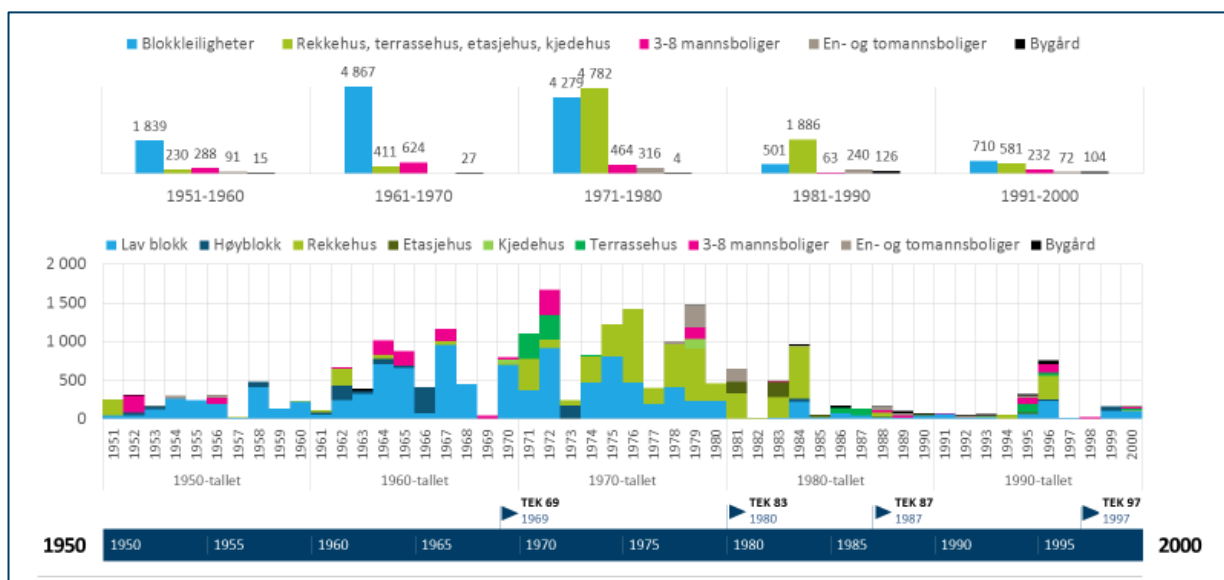
	Borettslag	Bygninger	Leiligheter	Totalt m <sup>2</sup>	Snitt m <sup>2</sup>
1951-1960	54	173	2 463	146 053	59
1961-1970	49	329	5 929	376 488	63
1971-1980	61	638	9 845	536 837	55
1981-1990	58	433	2 830	160 511	57
1991-2000	58	240	1 699	97 766	58
<b>SUM</b>	<b>280</b>	<b>1 813</b>	<b>22 766</b>	<b>1 317 655</b>	<b>58</b>

*TOBB borettslag 1951 – 2000, tilsammen 280 borettslag med 22 766 leiligheter fordelt på 1813 bygninger. Der byggeår mangler er stiftelsesår oppgitt. Tallene er hentet fra TOBB database 2017.*

	Borettslag	Livsløp	Heis	Sentralvarme	Vedlikeholdsplan	Rehabilitering
1951-1960	54	0	1	1	12	21
1961-1970	49	1	9	0	15	26
1971-1980	61	15	6	13	13	25
1981-1990	58	12	7	1	13	12
1991-2000	58	7	17	8	7	2
SUM	280	35	40	23	60	86

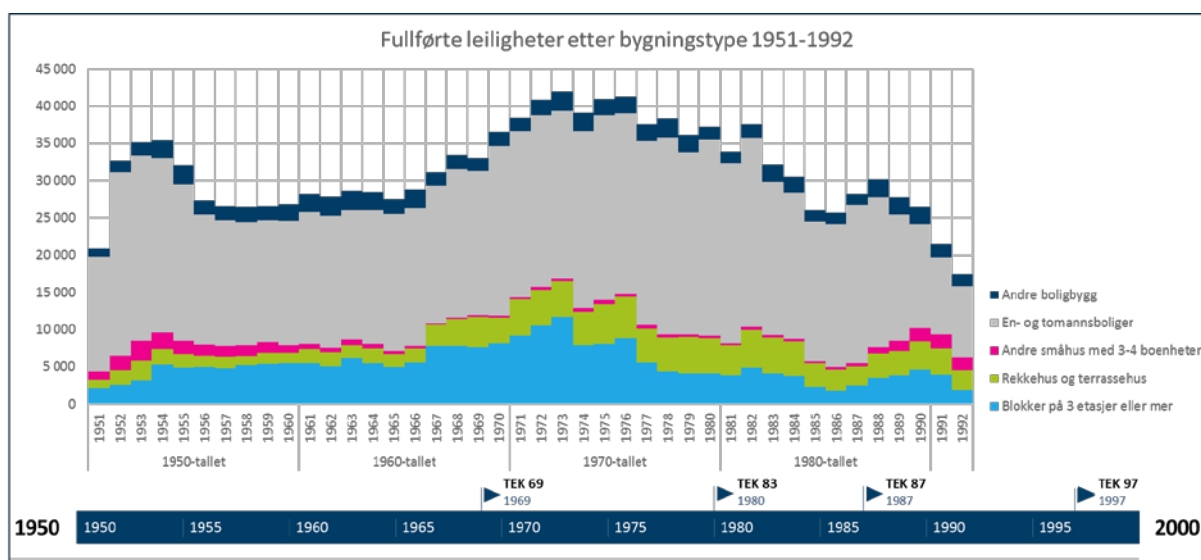
*Av de 280 borettslagene er noen registret med livsløpsstandard, heis, sentralvarme, vedlikeholdsplan og/eller at rehabilitering er gjennomført. Tallene er hentet fra TOBB database 2017.*

De fleste store borettslagsområdene med mange leiligheter er bygget fra rundt 1960 fram til tidlig på 1980-tallet. I løpet av denne perioden ble det bygget mange blokkleiligheter. Mest lavblokker, men også noen høyblokker frem til 1970. På 1970-tallet ble det bygget like mange rekkehusleiligheter. Fra 1985 bygges det flest små borettslag.



TOBB leiligheter etter bygningstype. Kilde: TOBB database 2017.

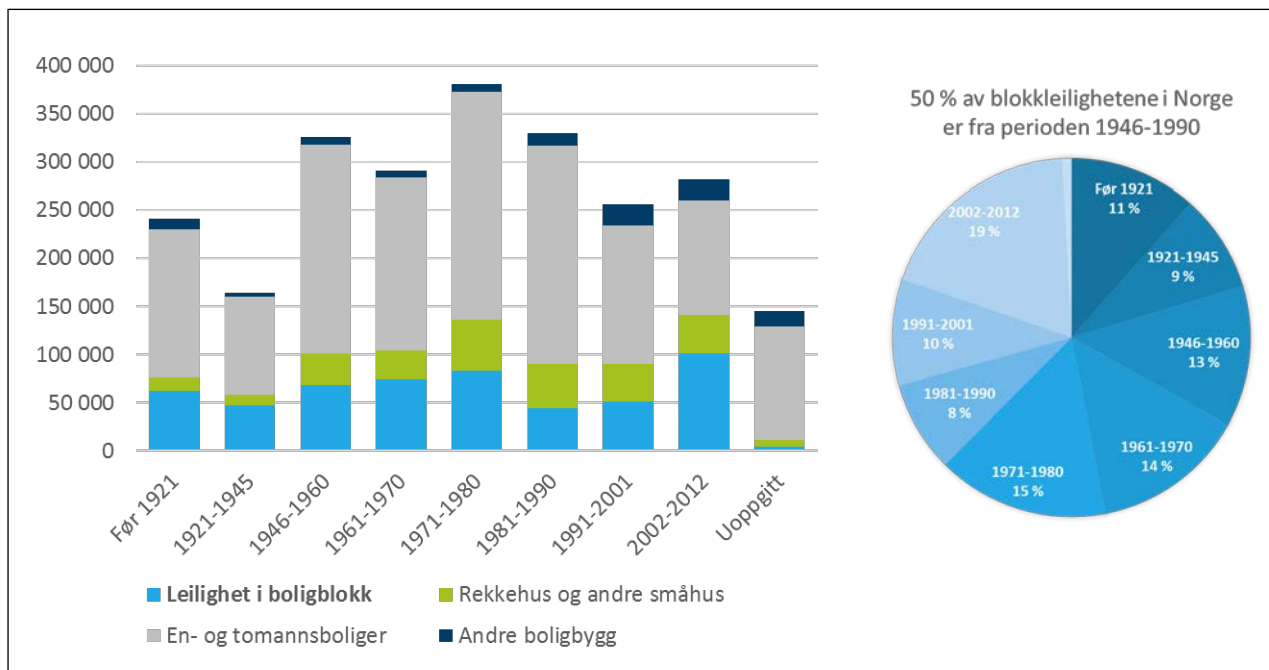
Historisk statistikk for boligbyggingen i hele Norge, viser at det på 70-tallet ble fullført ca. 40 000 nye boliger i snitt per år i Norge. I løpet av 1980-tallet og frem til 1993 sank antallet til under 16 000. De siste årene har aktiviteten steget betydelig.



Boligbygging i hele Norge fra 1951 til 1992. Kilde: NOS C188 Historisk statistikk (SSB)

Til sammenligning ble det bygget 30 000 boliger fra 2015 til 2016, av dem var 13 000 blokkleiligheter.

Ved å dele inn dagens boligmasse etter bygningstype ser man at eneboliger utgjør omlag halvparten, drøyt 1,2 millioner (per utgangen av 2011). Deretter følger vel 570 000 blokkleiligheter. I den siste perioden 2002-2012 er det bygget 100 000 blokkleiligheter, men fortsatt er 50 % av norske blokkleiligheter i fra perioden 1946 – 1990.

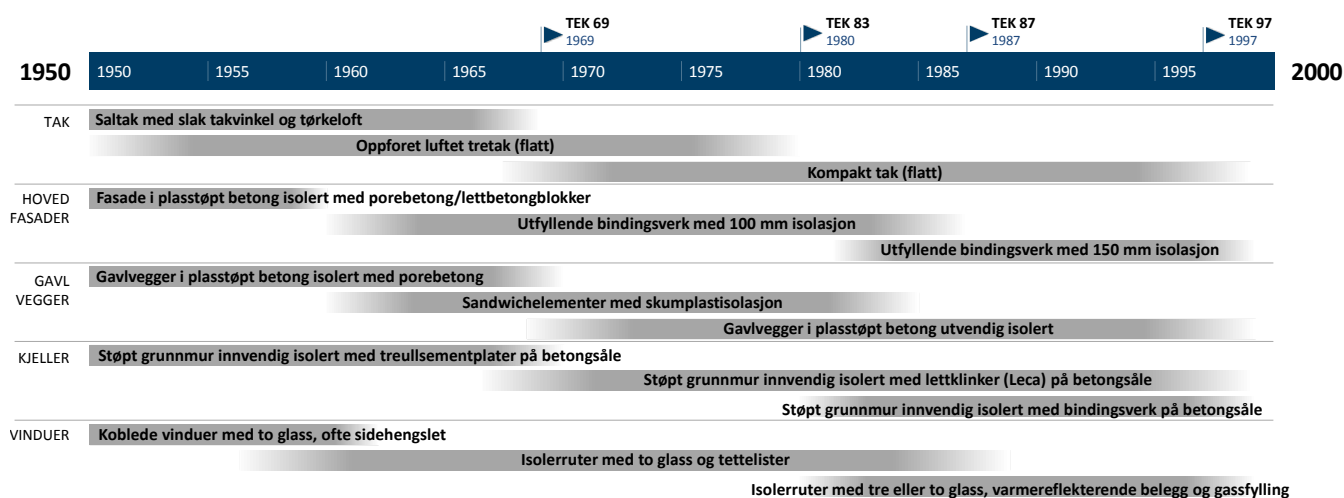


Boliger totalt etter byggeår og boligtype. Kilde: Folke- og bolig tellingen pr.19.112011 (SSB, 2013)

## Byggetoder for boligblokker før 1997.

I den innledende kartleggingen ble det bestemt å fokusere på boligblokker, selv om oversikten til TOBB viser at utover 1970 tallet og frem til midten av 1980-tallet var det mange store områdeutbygginger med rekkehus og annen småhusbebyggelse. Mange av disse borettslagsområdene er også under rehabilitering. For den videre studien er det valgt ut en typisk lavblokk fra 1970 tallet. Det er i stor grad de samme byggetekniske løsningene som er brukt på de mange lavblokkene bygget utover 1960 og 1970-tallet. Den typiske boligblokk er oppført i plass-støpt betong, men det ble også brukt prefabrikkerte elementer, hvor sandwichelementer var mest vanlig.

Til bruk i kartleggingen ble det laget figurer (se under) som illustrerer typiske byggetoder for hver periode, og de vanligste isolasjonstykkelene. Figurene er sammensatt i fra flere kilder og ble diskutert i arbeidsgruppen. Revisjoner i byggeteknisk forskrift er illustrert med piler på tidslinja.



Kartlegging av vanlige byggetoder for boligblokker før 1997. Kilde: Sammensatt fra Byggforskserien, arkiv og beskrivelser i boka *Boligkjøperboka* (Edvardsen, m.fl. 2009). For flere detaljerte beskrivelser og flere eksempler på typiske veggoppbygginger før 1980, se Byggforskserien: [723.105 Boligblokker. Modernisering og utbedring av fasader](#)

## 50-tallsblokka

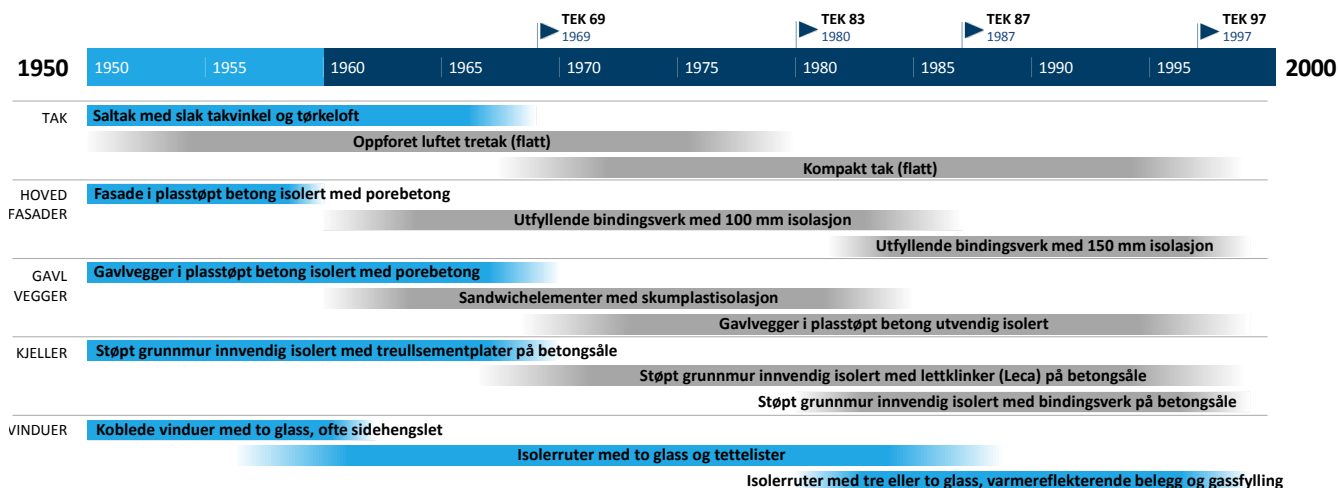


Bilde fra Boligkjøperboka, SINTEF Byggforsk (Edvardsen, m.fl. 2009).

Den typiske 50-tallsblokka har to til tre etasjer:

- Saltak med tørkeloft og slak takvinkel.
- Fasade i plass-støpt betong med utvendig porebetong (Siporex), eller blokker av lettbetong. Begge løsninger gir adskillig dårligere varmeisolasjon enn vegger av bindingsverk med 10 cm isolasjon.
- Kjellervegger i plass-støpt betong satt på en armert betongsåle. Innvendig ble gjerne den øverste delen av kjellerveggen isolert med treullsementplater.
- Vinduene som ble laget på 50-tallet var gjerne sidehengslet. Kvaliteten var ofte dårlig, og derfor kan vinduene ha vært skiftet (minst en gang).

Blokkene som ble bygget som beskrevet over har lite isolasjon og kan ha omfattende kuldebroer. Innvendig kan det gi kalde flater nær ytterveggene med mulighet for kondens og svertesopp. Siden blokkene var kalde, er fasadene ofte etterisolert, vinduene er skiftet (minst en gang) og noen har montert nye balkonger. Blokka på bilde til høyre har fått rehabilitert fasaden og utvidet størrelsen på balkongene.



Byggemetode for boligblokker før 1997 – 50-tallet.

## 60-tallsblokka



3-etasjes blokk med etterisolert fasade og nye større balkonger.

Bilde fra forskningsprosjektet REBO, SINTEF Byggforsk (Kjølle, m.fl. 2013).

Den typiske 60-tallsblokka er i tre til fire etasjer:

- Flatt tak; mange har oppført luftet tretak på betongskille, noen har kompakttak.
- Vegger og dekker i plass-støpt betong, det ble også brukt prefabrikkerte elementer, hvor sandwichelementer er mest vanlig.
- Skivekonstruksjoner ble vanlig utover 1960-tallet, dvs. lette, ikke-bærende hovedfasader i utfyllende bindingsverk med 10 cm isolasjon, samme isolasjonstykkelse som småhus fra perioden.
- Balkonger delvis trukket inn i konstruksjonen (se bilde over).
- Gavlvegger var gjerne dårlig isolert med kuldebroer i overgang mellom vegg og etasjeskiller.
- Vinduene fikk enklere omramming og bedre kvalitet enn i tiåret før.

På 1960 og 1970-tallet ble dekker og skillevegger i betong ofte ført helt ut til eller ut forbi fasadekledningen. Skilleveggene kan også være avsluttet like bak ytterkledningen, ev. med noe isolasjon ytterst for å begrense det som ellers ville være kuldebroer i fasaden. Balkongdekkene ble ofte delvis frigjort fra etasjeskillene ved at dekkene spenner mellom skilleveggene.

I følge Byggforskseriens 723.105 "Boligblokker. Modernisering og utbedring av fasader", førte fasadens oppdeling i skiver til at veggene har mange fuger, som ofte ble tettet med fugemasse. Det har vært en del vann- og luftlekkasjer i disse veggene. Frykt for påvirkning av asbestfibre fra platemateriale har også ført til at mange yttervegger har fått ny kledning. Med forholdsvis liten tykkelse på ytterveggene ble også avstanden mellom fasadeflaten og vinduenes ytterside liten. Vinduene ble dermed mer utsatt for vær og vind enn ved tidligere byggemetoder. Samtidig ble gjerne vindusomramningen forenklet. Det har derfor oppstått en del råteskader i vinduer og brystningsfelt. Dermed har mange blokker byttet kledning og vindu.



Byggemetode for boligblokker før 1997 – 60-tallet.

## 70-tallsblokka



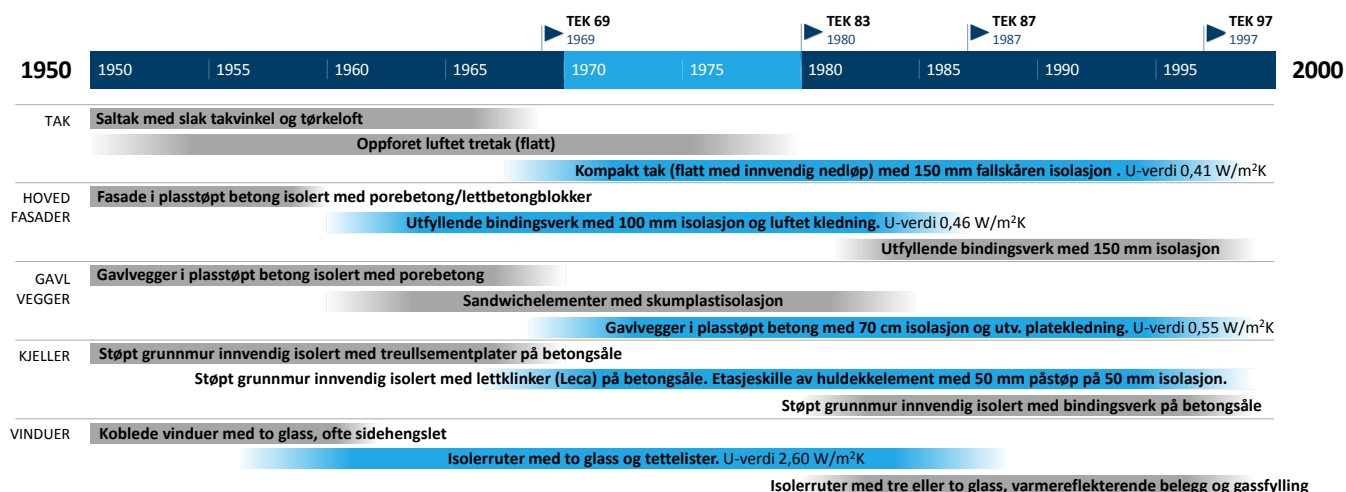
4-etasjes blokk med etterisolert fasade, heistilbygg og etasjepåbygg.

Bilde fra forskningsprosjektet REBO, SINTEF Byggforsk (Kjølle, m.fl. 2013).

Den typiske lavblokka fra 1970-tallet:

- Flate kompakttak, ev. som terrasseblokk (bilde).
- Også i disse blokkene er gavlvegger, skillevegger, etasjeskiller og balkongdekker stort sett av plassstøpt betong, men det ble også brukt prefabrikkerte elementer.
- Hovedfasader i utfyllende bindingsverk med 10 isolasjon.
- Der gavlveggene ble utvendig isolert og kledd med fasadeplater er det mindre kuldebroer.

Det er i stor grad de samme byggetekniske løsningene som er brukt på de mange lavblokkene bygget utover 1960 og 1970-tallet. Det finnes en del terrasseblokker fra perioden, spesielt på Østlandet, enten liggende i terrenget eller frittliggende (som på bilde). Pga. brannkrav ble dekker og skillevegger i betong ført helt ut til eller ut forbi fasadekledningen, ev. med noe isolasjon ytterst for å isolere kuldebroer. Blokkene har som regel flate tak, og etterhvert ble enkle kompakttak enerådende. Etter de daværende energikravene i byggeforskriften (1969) ble gavlveggene gjerne isolert utvendig med inntil 10 cm isolasjon, og stod da ikke lenger tilbake for hovedfasadene i 10 cm utfyllende bindingsverk.



Byggemetode for boligblokker før 1997 – 70-tallet.



## 80-tallsblokka



Bilde fra Google maps og flyfoto TOBB.

Den typiske lavblokka fra 1980 tallet:

- Kompakt tak med bærekonstruksjon av betong, overliggende isolasjon av skumplast og membrantekning.
- Plass-støpte etasjeskiller, gavlvegger og skillevegger i betong med utfyllende bindingsverk i hovedfasader og utvendig isolerte gavlfasader (platekledning). Etterhvert økte isolasjonsmengden fra 10 til 15 cm isolasjon.
- Kjellere brukt til parkering, eller boligformål.
- Felles mekanisk avtrekksventilasjon (Fortsatt med spalteventiler i vindu/veggventiler).
- Vinduer med tre lag glass, eller tolags glass med varmereflekerende belegg og gassfylling. Forskriften kunne oppfylles ved å velge bedre vinduer og 10 cm isolasjon, eller 15 cm og vanlig tolags rute.

Etter hvert som det ble vanlig med mer isolasjon, bedre tetthet mot luftlekkasjer og bedre vinduer ble det nødvendig å sikre tilstrekkelig luftskifte i leilighetene med forbedret ventilasjon. Mange blokker fra perioden har felles mekaniske avtrekksløsninger som er utfordrende å holde ved like. Som med eldre blokker i fra tiårene før kan det være kuldebroer og luftlekkasjer i fuger og overganger mellom utfyllende bindingsverk og betongkonstruksjoner. På 1980-tallet ble flere kjellere tatt i bruk til boligformål, f.eks. i terrassehus med rom mot terreng. Yttervegger mot terreng som er isolert på innvendig side er ofte skadet, og dreneringen kan være moden for utskifting.



Byggemetode for boligblokker før 1997 – 80-tallet.





*Vestli borettslag, Trondheim. Foto: Kristian S. Skeie*

## **2** Ambisjonsnivå for energioppgradering

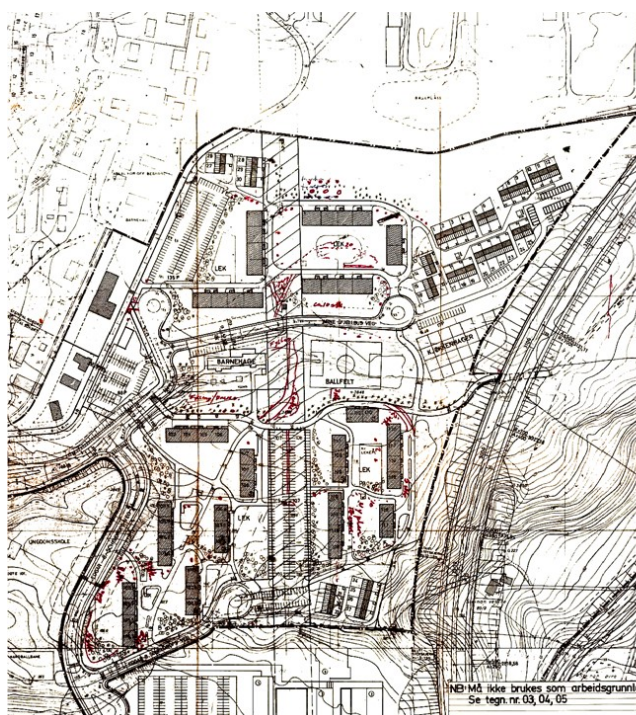
---

Det foreligger ikke en endelig definisjon av nZEB hverken for nye boliger eller for oppgradering av eksisterende boliger. I følge klimameldingen og byggemeldingen (MD 2012; KMD 2012) skal nZEB defineres og innføres i Norge for nye bygninger innen 2020. Både offentlige og private aktører i byggebransjen utreder for tiden hva nZEB kan og bør innebære. Denne rapporten er et innspill til hvordan ambisjonen om nesten nullenergibygg kan oppnås ved rehabilitering av boliger i borettslag. Når byggeforskriftene innskjerpes til passivhus- og nesten nullenerginivå øker forskjellen mellom nye og eldre boliger. Eldre hus har lavere standard når det gjelder ventilasjon, oppvarming, lyd- og varmeisolering. Det er grunn til å tro at beboere i eldre hus etter hvert vil forvente en betydelig forbedring av komfort når boligene skal oppgraderes. Vurdering av nZEB-nivå for rehabilitering av 70-talls boligblokker er her gjennomført i forhold til energisparing og totalt klimafotspor.

## 2.1 Vestlia borettslag som case

Vestlia borettslag i Trondheim er valgt som case for beregning og vurdering av nZEB- nivå for oppgradering av boligblokker. Borettslaget er på mange måter representativt for boligblokker fra 70-tallet. Det er utført en større rehabilitering av borettslaget som gir et godt utgangspunkt for å diskutere alternative konsepter for energioppgradering. Opprinnelig boligblokk, enkel oppgradering (som i stor grad bygger på faktisk rehabilitering som har foregått i flere omganger frem til 2016), og forslag til nZEB oppgradering er sammenlignet.

Borettslaget har nettopp gjort en større rehabilitering av balkongfasaden. Tidligere er det foretatt en rekke vedlikeholdstiltak: Betongrehabilitering, utvidet balkonger med 45 cm, etterisolering og bytting av kledning på en inngangsfasade, skiftning av taktekkning og etterisolering av yttertaket – for å nevne noe.<sup>1</sup>



### Vestlia borettslag

3 etasjes blokker fra 1972-1975

- 9 blokker med 4 trapperom
- 4 blokker med 3 trapperom
- 3 blokker med 2 trapperom

324 boenheter

- 228 leiligheter 2-roms (60,5 m<sup>2</sup>)
- 72 leiligheter 3-roms (71 m<sup>2</sup>)
- 24 leiligheter 4-roms (96 m<sup>2</sup>)

Den utvalgt blokken har 4 trapperom

- 6 leiligheter 2-roms mot gavlvegger
- 18 leiligheter 3-roms

<sup>1</sup> Planer, snitt og oppriss brukt som grunnlag i figurene under er hentet fra TOBB sitt arkiv.

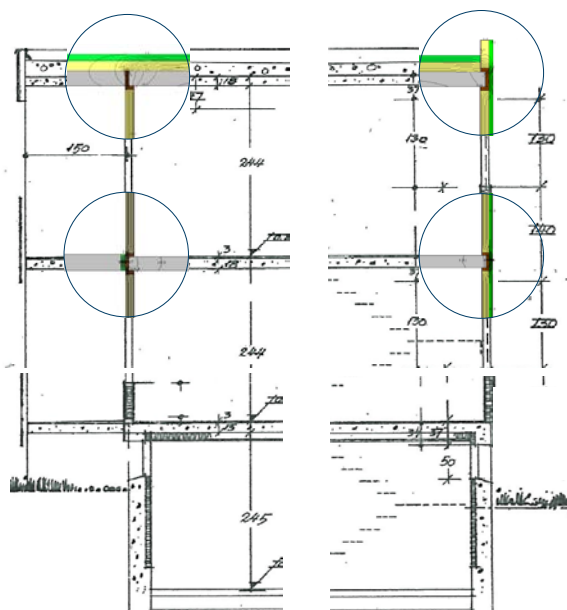
## 2.2 Ambisjonsnivåer for energioppgradering, enkel og nZEB

Den enkle oppgraderingen bygger på den faktiske rehabiliteringen, med noen endringer. Den ambisiøse oppgraderingen (nZEB) bygger på typiske tiltak som gjennomføres for omfattende oppgradering av bygningskroppen med formål å redusere energibruk til tilnærmet energikravene i TEK17. Se vedlegg A4 for energiberegninger. Det er forsøkt å dele inn i enkelttiltak for hver fasade og ulike tiltak som tar sikte på å redusere kuldebroer. I den videre analysen er det regnet i detalj på effekten av disse. Se vedlegg A2 og A3.

### Enkel oppgradering:

- Minimal tilleggisolasjon
- Nye vinduer med alu. ramme
- Ny ventilert platekledning på fasader
- Forbedret ventilasjon i stue

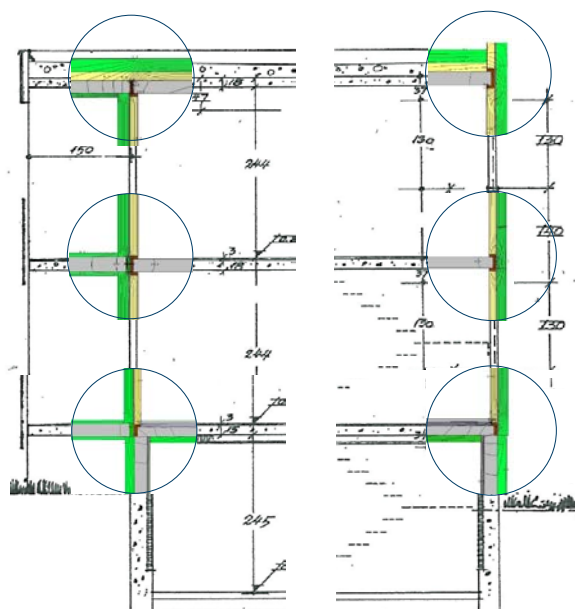
» 30 % redusert varmetap



### nZEB oppgradering:

- Høyt isolasjonsnivå
- Bedre vinduer med alu. Ramme
- Ny ventilert platekledning på fasadene
- Balansert ventilasjonssystem

» 70 % redusert varmetap



BYGNINGSDEL	OPPGRADERINGSTILTAK	nZEB	ENKEL
TAK	Etterisolering av yttertak i hele blokka og bytte av overlyskuppel i trapperom	+200 mm isolasjon	+100 mm isolasjon
HOVED-FASADER	Etterisolering av vegg, vindtetting og vindusbytte – inngangsside	+150 mm isolasjon	+50 mm isolasjon
	Etterisolering av vegg, vindtetting og vindusbytte – balkongside	+150 mm isolasjon	Bytte kledning & vindu
	Nye vinduer og dører – balkongside og inngangsside	3 lags vindu "U0,8"	2/3 lags vindu "U1,1"
	Etterisolering av skivevegger for å redusere kuldebroer – balkongside	+50 mm isolasjon	-
	Etterisolering av balkongdekker – balkongside	+50 mm isolasjon	-
GAVLVEGGER	Etterisolering av vegg, vindtetting og vindusbytte – gavlvegger	+150 mm isolasjon	+50 mm isolasjon
KJELLER	Drenering kjeller og etterisolering under terreng	+150 mm isolasjon	-
	Etterisolering av kjellerhimling	+100 mm isolasjon	-
	Etterisolering av gulv i trapperom og kjellervegger mot trapperom	+50 mm isolasjon	-
EL	Solcelleanlegg	Ja (ca. 140 m <sup>2</sup> )	-
VVS	Ventilasjon – utbedring eller ettermontering	Balansert ventilasjon	Viftepar+eksisterende
	Alternative system for romoppvarming	Ja	-
	Alternative system for tappevann	Ja	-

### Tilleggs kvaliteter

Ved utskifting av vindu og kledning er det også en mulighet for å øke vindustørrelsen eller lage nye vindusåpninger, eller det kan være aktuelt å utvide balkongene. Dette er eksempel på tiltak som kan gi en verdiøkning og bedre bokvaliteter, men som også fører med seg økt materialforbruk. I den videre analysen presenteres disse tiltakene separat og det er undersøkt om tiltakene vil øke beregnet oppvarmingsbehov gjennom vindu (mer varmetap), og mindre eller mer solvarmetilskudd. De to første tiltakene i tabellen, utvidelse av balkong og 10 cm øking av vindushøyde på balkongfasaden, er i tillegg medregnet i begge oppgraderingspakken "enkel" og "nZEB".

Når man foretar en større rehabilitering av fasader eller andre oppgraderinger er det naturlig at dette kombineres med andre vedlikeholdstiltak og disse kan også fungere som pådrivere for oppgraderingen. Eksempler på slike tiltak er fornying av elektriske anlegg, sanitæranlegg, vann- og avløpsledninger. Disse tiltakene er det ikke regnet nærmere på.

### Ekstratiltak som øker oppvarmingsbehovet noe, men kan gi nye kvaliteter og verdiøkning

BYGNINGSDEL	TILTAK	nZEB REHAB	ENKEL REHAB
HOVEDFASADER	Utvide balkong med (+45 cm) betongelement	Inkludert	Inkludert
HOVEDFASADER	Øke vindushøyde i stue/kjøkken (+10 cm)	Inkludert	Inkludert
GAVLVEGGER	Bytte til glassfasade i stue (3,9 x 2,3 m foldedør)		
HOVEDFASADER	Nye vindusåpninger på gavlvegger (1,2 x 2,1 m)		
HOVEDFASADER	Bytte balkongdekke med f.eks. massivtreelement (+65 cm)		

### Andre vedlikeholdstiltak som kan være aktuelle å kombinere med

BYGNINGSDEL	ANDRE TILTAK SOM KAN LCA VURDERES	nZEB REHAB	ENKEL REHAB
EL	Fornyning av el.anlegg		
VVS	Fornyning av sanitæranlegg, vann og avløpsledninger		
VVS	Ev. fjerning av oljetank		



### 3 Byggetekniske løsninger

#### 3.1 Oppgradering av bygningskroppen

Mange blokker fra perioden er bygget forholdsvis likt. Fasadene er omtalt i Byggforskserien 723.105: "Boligblokker. Modernisering og utbedring av fasader". Der står bl.a.: "Fasadens oppdeling i skiver har medført at veggene har mange fuger, ofte tettet med fugemasse. Det har vært en del vann- og luftlekkasjer i disse veggene. Frykt for påvirkning av asbestfibre fra platemateriale har også ført til at mange yttervegger har fått ny kledning. Med forholdsvis liten tykkelse på ytterveggene ble også avstanden mellom fasadeflaten og vinduenes ytterside liten. (...) Samtidig ble gjerne vindusomramningen forenklet. Det har derfor oppstått en del råteskader i vinduer og brystningsfelt. Når platekledde vegger skal utbedres, er det hensiktsmessig samtidig å føre ut veggen for å øke varmeisoleringen. (...) Ved all utbedring og modernisering av disse fasadetyperne er det viktig å sørge for god vindtetning og fuksikring inkludert dreismuligheter i konstruksjonene."

Byggeteknisk forskrift av 1969 la opp til minimum 10 cm isolasjon i yttervegger og tak. Isolasjonen er dårligere i kuldebroer, 10-15 % av det totale varmetapet (yttervegg + vinduer) i balkongfasade og inngangsfasaden kommer av ekstra varmegjennomgang i kuldebroene. Ytterveggene har en U-verdi på 0,44 W/m<sup>2</sup>K (som er hovedsakelig utfyllende bindingsverk). Tar vi med varmegjennomgangen gjennom kuldebroene, blir omregnet U-verdi (for vegg med kuldebroer inkludert) 0,76 W/m<sup>2</sup>K for balkongfasaden og 0,68 W/m<sup>2</sup>K for nordfasaden. Det vil si at sett i forhold til bindingsverket (uten vindu) utgjør kuldebroene et ekstra varmetap på hhv 42 % for balkongfasaden og 36 % for inngangsfasaden. Ved utvendig etterisolering kan kuldebroene reduseres, men det kan innebære betydelig merarbeid og materialbruk der man må isolere og kle inn rundt veggskiver og dekker. Dersom en etterisolerer uten å redusere kuldebroene, vil en ikke oppnå den samme energibesparelsen, da kuldebroene vil stå for en større relativ andel av varmetapet. Dette skiller den enkle mot den mer omfattende nZEB rehabiliteringen, og det er derfor foretatt detaljerte kuldebroberegninger av den eksisterende konstruksjonen og de to rehabiliteringsnivåene (vedlegg A1).

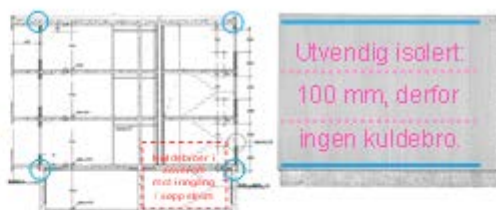
#### KULDEBROBRYTERE

Rosa: 180x45 mm tre

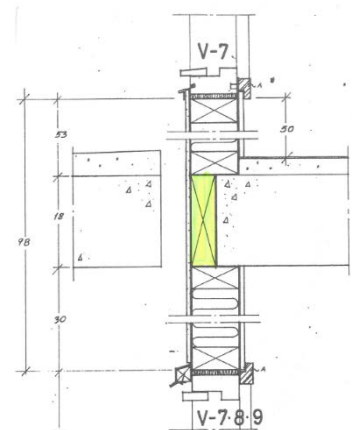
Gul: 150x45 mm tre

Blå: 150x45 mm tre (geometrisk, må beregnes)

+ kuldebro for vindu (se tabellverdi i Byggforskserien)



Vestlia har imidlertid ikke like betydelige kuldebroer som mange andre fra perioden, siden det er innstøpte stendere i etasjeskiller, gavlvegg og veggskiver mellom leiligheter. Gavlveggen er dessuten utvendig isolert med 10 cm. I tillegg er balkongdekkene trukket ut fra selve konstruksjonen (bilde). Spalten ble fylt med ubrennbar isolasjon ved fasade-rehabiliteringen for å ivareta krav til brannskiller. Normalisert kuldebroverdi per kvm. gulvareal er 0,10 W/K m<sup>2</sup> BRA før oppgradering, og 0,07 W/K m<sup>2</sup> BRA for enkel oppgradering og 0,04 W/ K m<sup>2</sup> BRA ved ambisiøs oppgradering (Se vedlegg A.1).



Vindusskifting, bytte av kledning og vindsperre er inkludert i begge oppgraderingskonseptene. For den enkle oppgraderingen fylles spalten ved etasjeskille med isolasjon, mens for den omfattende oppgraderingen kles dekker og skiver med 50 mm isolasjon og nye overflater.

På inngangsfasaden byttes også vinduer, kledning og vindsperre i begge oppgraderingskonseptene. I den enkle oppgraderingen (som er den borettslaget har gjennomført) etterisoleres inngangsfasaden med 50 mm, mens i den ambisiøse etterisoleres det med 150 mm kontinuerlig isolasjon, noe som bortimot eliminerer kuldebroene på inngangsfasaden.

Gavlveggene har opprinnelig 100 mm utvendig isolasjon og kuldebroer er her bare betydelige i etasjeskille mot kjeller. I den enkle oppgraderingen er det regnet med +50 mm etterisolering. Det er regnet med at denne etterisolering gjøres innvendig siden dette ble foreslått av borettslaget som en del av fasadeoppgradering (men ble ikke gjennomført). I praksis vil det være vanskelig å gjennomføre innvendig etterisolering, siden det vil medføre store inngripen i leilighetene til beboerne. For sammenligningen med den ambisiøse oppgraderingen over et levetidsperspektiv ville det være riktigere å regne med 50 mm utvendig etterisolering, inkludert bytte av kledning. Bytte av platekledning på galleveggene er ikke medregnet selv om denne trolig må skiftes i et lengre tidsperspektiv. Det ville gi et mer rettferdig sammenligningsgrunnlag med den ambisiøse fasadeoppgraderingen som har +150 mm etterisolering inklusive ny kledning på gavlveggene.

Etasjeskille mellom leilighetene og kjelleren har 6 cm innstøpt isolasjon og det er brukt treullsement på kjellerveggene (bilde). Isolasjonslaget i gulvet er brutt av støpte innervegger (bl.a. skillevegger mellom leiligheter), og dette er tatt med i U-verdi beregningen. Det er foretatt en beregning av U-verdien til uoppvarmet kjeller og deretter en omregning til ekvivalent U-verdi som tar høyde for at kjelleren er ventilert (0,3 luftskifte per time er antatt), men at temperaturen i kjelleren likevel er høyere enn ute. Metoden som er brukt er beskrevet i standarden NS-EN ISO 13370:2007 (se vedlegg A5). Beregning av U-verdi for uoppvarmede kjellere er også omtalt i BKS 471.009, men ikke omregningen til ekvivalent U-verdi (temperasturkorrigert) etter metoden i ISO standarden. Denne ekvivalente U-verdien er deretter brukt i beregningsprogrammet SIMIEN.

Å etterisolere utsiden av kjellerveggene over og under terreng samtidig med graving og drenering er et godt tiltak for å få tørrere kjeller og oppnå høyere temperatur, noe som vil bidra til å redusere varmetapet til leilighetene med 25 %. Dette er inkludert i den ambisiøse oppgraderingen, mens den enkle oppgraderingen er uten tiltak for kjeller.

Etterisolering i kjellerhimling begrenses av romhøyden og er mer komplisert. Kjelleren blir kaldere enn i dag, spesielt om det gjennomføres uten utvendig etterisolering av kjellerveggene. Derfor kan det ikke uten

videre anbefales. Den forenklete beregningen i ISO standarden som baseres på stasjonær årsmiddeltemperatur (6 °C i Trondheim) estimerer gjennomsnittstemperatur i kjeller til 12 °C i snitt over året før oppgradering, forbedret til 14 °C med isolering av kjellerveggene og 11 °C med isolering av kjellervegger og kjellerhimling. Beregningen viser at de to tiltakene i kombinasjon reduserer varmetapet mellom kjeller og leilighetene over med 50 %, og det er denne kombinasjonen som er valgt for nZEB-nivå.

## Balkongfasade

### Enkel

2/3-lags vindu og dører (1,0 W/m<sup>2</sup>K)

Ny utlekket platekledning og vindsperre

### nZEB

+ 150 mm utv. etterisolering (0,15 W/m<sup>2</sup>K)

3-lags vindu og dører (0,80 W/m<sup>2</sup>K)

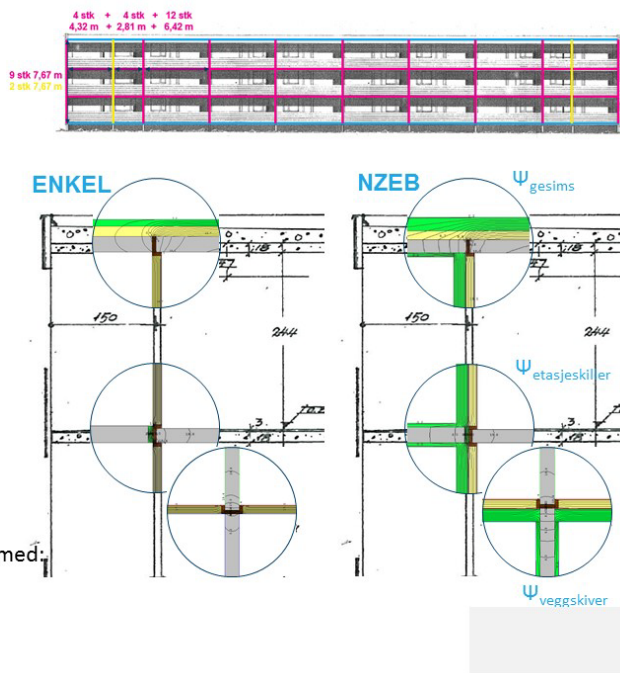
+ 50 mm isolering av skivevegger

+ 50 mm isolering av dekker, nye tremmer etc.

Ny utlekket platekledning og vindsperre

Balkongfasadens transmisjons-varmetap reduseres med:

- 49 %, ved enkel oppgradering
- 66 % ved nZEB oppgradering



## Gavlvegger

### ENKEL

- 50 mm innvendig etterisolering (0,30 W/m<sup>2</sup>K)

### nZEB

- 150 mm utvendig etterisolering (0,14 W/m<sup>2</sup>K)
- Ny utlekket platekledning og vindsperre
- Gavlveggenes transmisjons-varmetap reduseres med:
  - 33 %, i enkel oppgradering
  - 67 % i nZEB oppgradering



## Inngangsfasade

### ENKEL

+50 mm utv. etterisolering (0,30 W/m<sup>2</sup>K)

2/3-lags vindu og dører (1,1 W/m<sup>2</sup>K)

Ny utlekket platekledning og vindsperre

### NZEB

+150 mm utv. etterisolering (0,15 W/m<sup>2</sup>K)

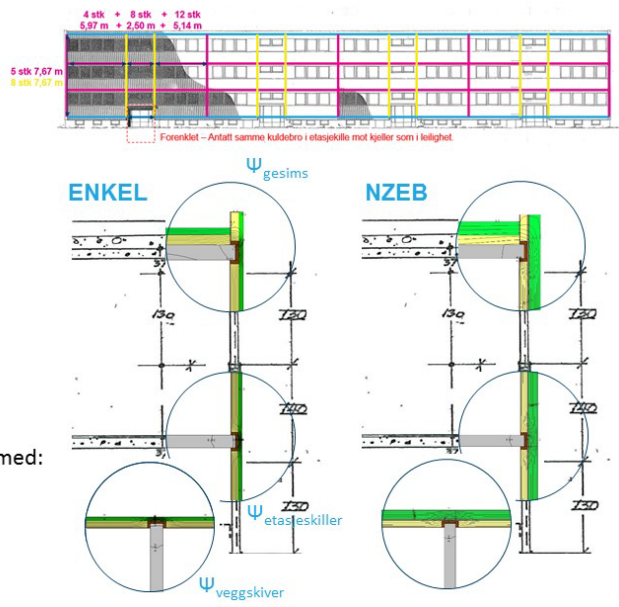
3-lags vindu og dører (0,80 W/m<sup>2</sup>K)

Ny utlekket platekledning og vindsperre

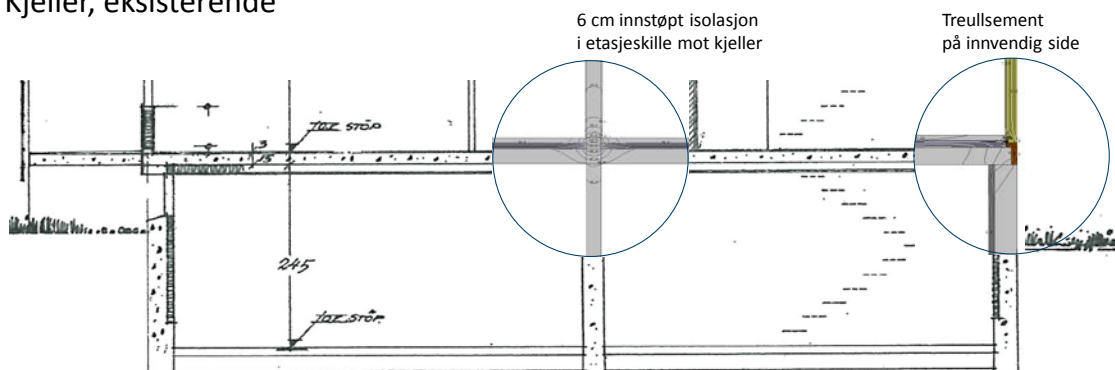
Inngangsfasadens transmisjons-varmetap reduseres med:

- 54 %, i enkel oppgradering

- 71 % i nZEB oppgradering



## Kjeller, eksisterende



U-verdi<sub>ekvivalent</sub> = 0,44 W/m<sup>2</sup>K

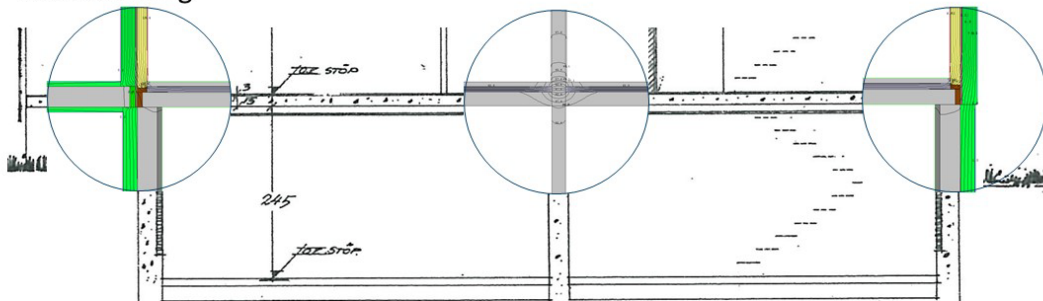
T<sub>kjellerrom, snitt år</sub> = 12 °C (Årsmiddeltemperatur Trondheim: 6 °C)

Forutsatt at kjelleren er ventilert med uteluft tilsvarende 0,30 luftskifte pr. time, beregnes snitt-temperatur i kjeller og varmetapet til uteluft pr °C etter NS-EN ISO 13370:2007  
Se også BKS 471.009. Beregning av U-verdi for uoppvarmede kjellere.



Kjeller,  
NZEB: Drenering og utv.  
etterisolering

+150 mm utv.  
kjellerisolering



$U\text{-verdi}_{\text{ekvivalent}} = 0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$  - 25 % forbedring fra eksisterende

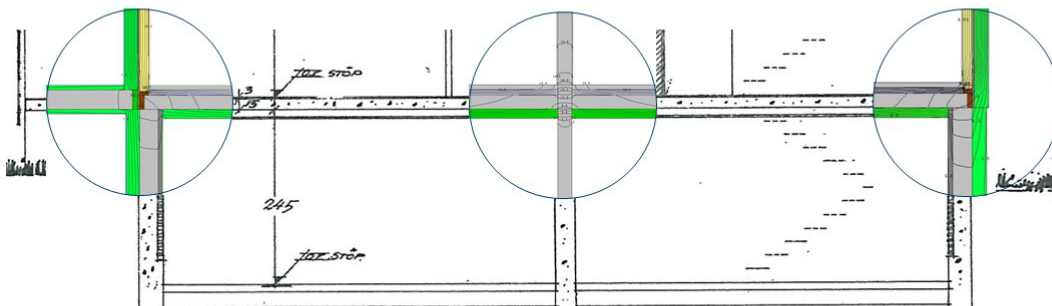
$T_{\text{kjellerrom, snitt år}} = 14 \text{ }^\circ\text{C}$  (Årsmiddeltemperatur Trondheim:  $6 \text{ }^\circ\text{C}$ )  $\rightarrow$  kjelleren blir varmere

Forutsatt at kjelleren er ventilert med uteluft tilsvarende 0,30 luftskifte pr. time,  
beregnes snitttemperatur i kjeller og varmetapet til uteluft pr  $^\circ\text{C}$  etter NS-EN ISO  
13370:2007

5

Kjeller,  
ELLER: Vegg + isolering av kjellerhimling

+150 mm utv.  
kjellerisolering  
+100 mm isolasjon  
i kjellerhimling



$U\text{-verdi}_{\text{ekvivalent}} = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$  - 50 % forbedring i fra eksisterende

$T_{\text{kjellerrom, snitt år}} = 11 \text{ }^\circ\text{C}$  (Årsmiddeltemperatur Trondheim:  $6 \text{ }^\circ\text{C}$ )  $\rightarrow$  kjelleren blir kaldere, kan det da anbefales?

Forutsatt at kjelleren er ventilert med uteluft tilsvarende 0,30 luftskifte pr. time,  
beregnes snitttemperatur i kjeller og varmetapet til uteluft pr  $^\circ\text{C}$  etter NS-EN ISO 13370:2007

## Tak

### Enkel

80-100 mm etterisolering av kompakttak (0,20 W/m<sup>2</sup>K)

Ny takteking og ny takluke (0,80 W/m<sup>2</sup>K)



Blokkene har kompakttak med skrånkjært isolasjon. Taket er etterisolert og tekkes på nytt.

### NZEB

180-200 mm utv. etterisolering (0,13 W/m<sup>2</sup>K)

Ny takteking og ny takluke/overlys (0,80 W/m<sup>2</sup>K)

Solcellpanel montert med ca. 15° vinkel, 144 m<sup>2</sup> -> ca 29 kW<sub>p</sub>

Transmisjonsvarmetap gjennom yttertaket reduseres:

33 %, i enkel oppgradering

54 % i nZEB oppgradering

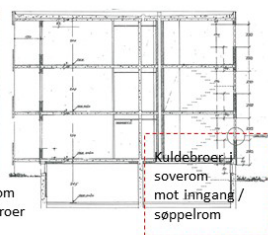
## Trapperom

Trapperom er innenfor klimaskallet som blir etterisolert fra utsiden. I energiberegningen er trapperom innenfor oppvarmet areal, og dermed blir varmetapet mot gulv og vegger i kjeller forholdsvis høyt.

I virkeligheten vil trapperommet kun være delvis oppvarmet, men vil fortsatt bidra til varmetap gjennom innerveggene til leilighetene



Halvparten av blokkene har søppelrom som er delvis uttrukket, med kuldebroer mot soverom



### NZEB

Isoler utvendige kjellervegger på inngangsfasade med 15 cm

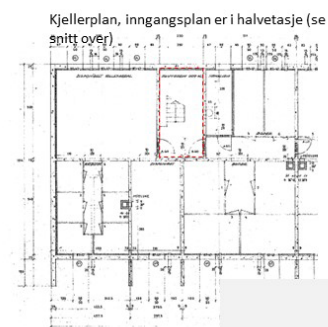
Isoler gulv i trapperom med 8 cm SPU isolasjon el. tilsvarende

Isolere innervegger mellom trapperom og kjeller med 10 cm isolasjon

Transmisjonsvarmetap gjennom kjeller i trapperom reduseres:

0 %, i enkel oppgradering

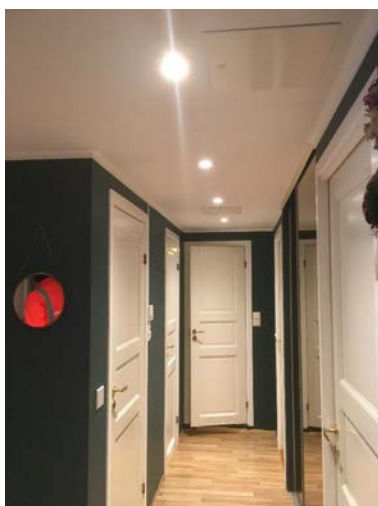
65 % i nZEB oppgradering



### 3.2 Ventilasjon

Mange eldre borettslag har avtrekksventilasjon som av ulike grunner er utilfredsstillende. Sentrale avtrekkssystemer er sensitive, enten de er viftebasert eller bygger på naturlige drivkrefter. Det kan være vanskelig å innregulere og holde ved like avtrekket over tid. Klager på dårlig luft og lukt er vanlig, som følge av tilbakeslag og ubalanse mellom naboileiligheter og mellom etasjer. Systemer uten forvarming av frisklufta fører til plagsom trekk i kalde perioder, og ventilering som baseres på naturlige drivkrefter varierer mye over året. Erfaringene diskutert i prosjektgruppen tilsier at mange problemer knyttet til ventilering kommer av at brukere ikke har nok kunnskap, både om ventilasjon i egen leilighet og om hvordan de påvirker felles avtrekkssystem.

Ved montering av balansert ventilasjon er det viktig med individuell tilpassing i leilighetene. Ved senkning av himling og innkassing av kanaler er det muligheter for oppgradering av lys til LED Downlights, legge inn trekkør til eventuell ny el-tilførsel i framtiden (gjelder f.eks. ved senere oppgradering av kjøkken), legge inn skjultanlegg for ny tilførsel til aggregat osv.



*Bildet til venstre viser fordeling av ventilasjonskanaler i området mellom soverommene, bad, wc og vaskerom.*

*Bildet til høyre viser samme området med ferdig monterte kanaler og ny himling for å skjule disse. Himlingen er også oppgradert med LED Downlights*

*Bildene under viser en innkassing av tilluftskanal. Med smart fargevalg blir den lite synlig. Bildet til venstre viser en vegg som er føret på for å gi plass til kabler for elektriske føringer og multimedia.*



Det finnes mange løsninger for ventilasjon, men ikke alle oppfyller krav til både luftskifte og varmegjenvinning. Det er behov for enkle, robuste mønsterløsninger som er et godt kompromiss mellom krav til luftmengder, enkel styring og samtidig lavt energiforbruk. Løsninger som reduserer kostnader og

kompleksitet og som beboere/eiere er overbevist om, vil resultere i en oppgradering til moderne, energieffektive, komfortable leiligheter med godt inn klima.

Under er det vist en beregning av dagens løsning med ventiler over vinduene og beregnede luftmengder utfra forskriftskrav til avtrekksmengde fra kjøkken, bad og WC. Avtrekksmengden blir  $1,7 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$  for leiligheten på  $70 \text{ m}^2$  og det gir et årlig energibehov til oppvarming og ventilasjon på  $200 \text{ kWt}/\text{m}^2$  eller  $14\,000 \text{ kWt}/\text{år}$ . Med halverte luftmengder (som sannsynligvis er nærmere dagens situasjon) er oppvarmingsbehovet  $160 \text{ kWt}/\text{m}^2$ .

Systemløsninger som er vanlige i eldre borettslag som har spalteventiler i vindu eller vegg-ventiler:

- Naturlig ventilasjon med avtrekk fra kjøkken og bad basert på oppdrift eller vifte (vist under).
- Mekanisk avtrekks-ventilasjon over tak (sentral).

Systemer som er aktuelle ved oppgradering:

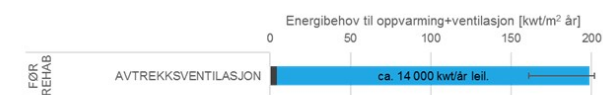
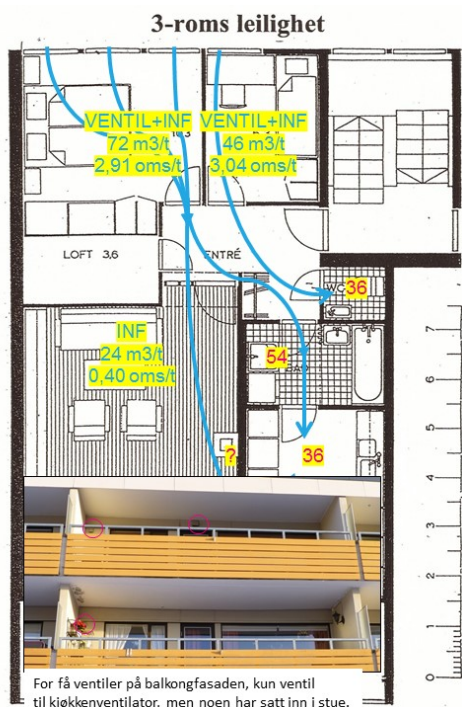
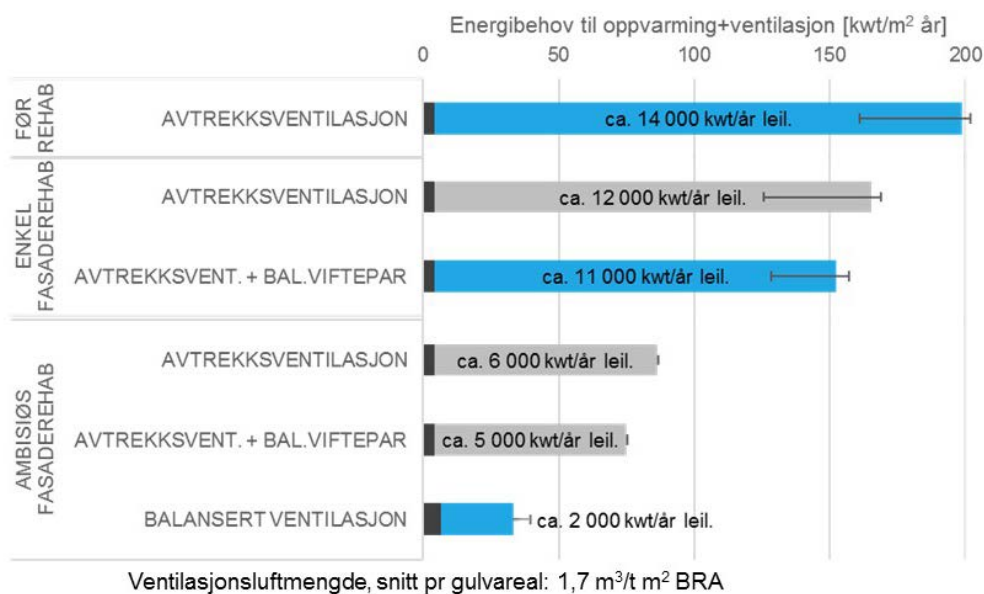
- Veggventiler med vifter som jobber i par med forvarming (f.eks. type Lunos, Flexit, etc.). Avtrekk fra kjøkken og bad (vist under).
- Veggventiler som forvarmes av radiator (svensk modell). Avtrekk fra kjøkken og bad (ikke vist her).
- Balansert ventilasjon – desentrale systemer (leilighetsaggregat) (vist under).

Andre system som ble vurdert som mindre aktuelle for oppgradering av borettslag:

- Mekanisk avtrekks-ventilasjon (sentral) med avtrekksvarmepumpe på tak
- Balansert ventilasjon – sentrale systemer (kjeller)

Beboere blir etter hvert mer "moderne" med tilhørende forventinger til komfort og ventilasjon. En løsning med montering av et viftepar på balkongfasaden er foreslått som del av den enkle oppgraderingen. Avtrekk må fortsatt ivaretas fra våtrom og kjøkken. Denne løsningen vil sørger for bedre grunnventilasjon på stue/kjøkken med varmegjenvinning, men fortsatt vil eksisterende avtrekksventilering «fyrer for kråka». Balansert ventilasjon vil imidlertid gi filtrering av tilluften (anbefalt av NAAF (Norges Asma og Allergiforbund)), forvarming og gjenvinning av all ventilasjonslufta foruten å sikre luftskifte i alle rom og redusere energibehovet betydelig.

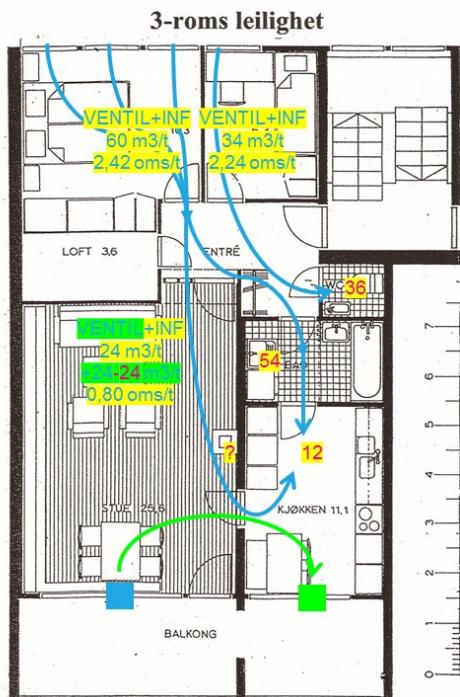
## Energibehov



### Dagens situasjon: Avtrekksventilasjon

- Avtrekk fra kjøkken, bad og WC til over tak, uten varmegjenvinning.
- Mesteparten av friskluft kommer inn gjennom spalteventiler i soverom.
- Det er trolig for få ventiler i stue, men klages på trekk fra balkongvinduer.
- Dersom vindusutskifting bør det gjøres det tett tiltak, og lages åpninger for nye veggventiler på stue og kjøkken.





ENKEL FASADEREHAB	AVTREKKSVENTILASJON	ca. 12 000 kw/år leil.
	AVTREKKSVENT. + BAL.VIFTEPAR	ca. 11 000 kw/år leil.

## Viftepar og avtrekksventilasjon

- Montering av 1 stk. viftepar (Lunos, Flexit etc.) i stue/kjøkkenfasade
- Bedre luftskifte i stue/kjøkken (grunnventilasjon)
- Sparer ca. 850 kWt/år per leilighet - 680 kr/år
- Forenklet payback 20 år, ved I = 13 600 kr
- Beregningen forutsetter at:
  - Viftene jobber ca. halve tiden på trinn 1 og halve tiden på trinn 2 i snitt over året (~24 m<sup>3</sup>/t).
  - Varmegjenninningsgraden minst < 80 %
  - Spesifikk vifteeffekt < 0,80 kw/m<sup>3</sup>/s



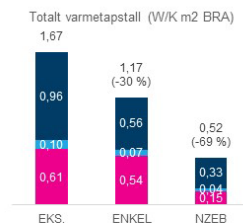
AMBISJØS FASADEREHAB	AVTREKKSVENTILASJON	ca. 6 000 kw/år leil.
	AVTREKKSVENT. + BAL.VIFTEPAR	ca. 5 000 kw/år leil.
	BALANSERT VENTILASJON	ca. 2 000 kw/år leil.

## Balansert ventilasjon

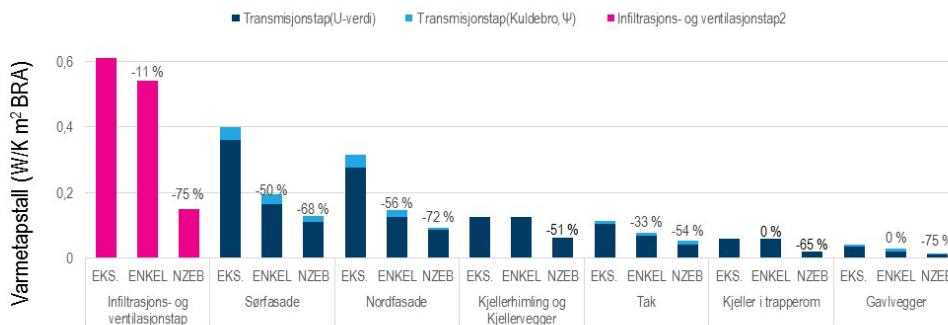
- Ved ambisiøs fasaderehabilitering er balansert ventilasjon å foretrekke.
- Stabile driftsforhold, sikrer luftskifte i alle rom
- Bedre inneklima, filtrert og forvarmet friskluft
- Sparer ca. 3 700 kWt/år per leilighet - 2 980 kr/år
- Forenklet payback 20 år, ved I = 59 500 kr
- Aggregatet i bod og korte kanalstrekk
- Tilluft til soverom og stue/kjøkken
- Avtrekk fra kjøkken, bad og WC

Figurene viser beregnet varmetap for blokka fordelt på ulike bygningsdeler. Den første figuren er delt opp i fasader, mens den neste figuren viser vegger og vindu hver for seg. Til sammenligning er total energibesparelse i kWt/år hhv 28% og 67 %, beregnet med helelektrisk oppvarming (vedlegg A.4).

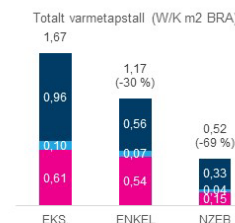
69 % reduksjon i varmetap for NZEB,  
30 % for enkel oppgradering



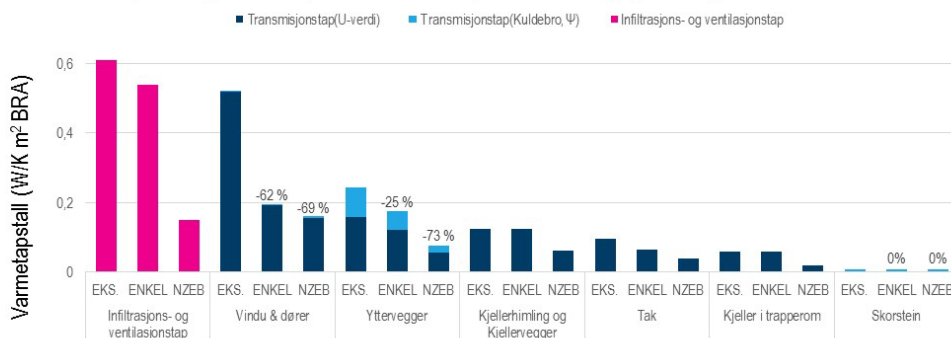
Ventilasjon og oppgradering av hovedfasader har størst betydning.



69 % reduksjon i varmetap for NZEB,  
30 % for enkel oppgradering



Utskifting til 3-lags vindu og dører står for mye av fasadeoppgraderingen.



### 3.3 Styring

I forbindelse med oppgraderinger som f.eks. etterisolering av tak eller vegger i et eksisterende borettslag, kan beboerne benytte seg av muligheten til samtidig å oppgradere det elektriske anlegget. Hvis man skal inn med ventilasjonskanaler i en innkassing, kan man f.eks. bestille autorisert personell til å felle inn downlights i kassen. Ved enkle oppgraderinger kan man også se på mulige styresystemer som vil gi bedre kontroll på f.eks. varme eller lys hver for seg. I enkelte tilfeller kan styringen tas til et nivå hvor hver enkelt komponent er selvstyrende. Ved mer ambisiøse oppgraderinger kan man se på kontrollering av lys, varme, solavskjerming, VVS, samt sin egen boligs sikkerhet (komfyrvakt, brannalarm, adgang, innbrudd, ITV) m.m. Dette kan samles i et og samme styringssystem, slik at man får synergieffekten ved full kontroll på sitt elektriske anlegg, effektbruk og komfort. Slike løsninger finnes for autonom/lokal, trådløs (X-comfort, Z-wave, IoT, osv.) og trådbasert styring (ulike bus-systemer, KNX, osv.). Disse kan man også få på mobiltelefonen og via internett. Dette gir enkeltpersoner muligheten til å interagere med boligens styringssystem fra hvor som helst i verden. En utfordring med styringssystemer koblet til internett er gjerne sikkerheten. Faren for å bli hacket vil være tilstede. Dette er noe som leverandørene av slike systemer jobber kontinuerlig med å beskytte brukerne mot.



*Eksempel på smarthusbetjening av typen KNX, via internett*

I borettslagenes fellesarealer kan man ha samme prinsippet som for hver boenhet. Man kan ha enkle styringer for hver enkelt komponent/system (lys og varme, osv.), man kan også investere i et overordnet system (smarthus/SD) som gir full kontroll på det elektriske anlegget, effektbruken og brukervennligheten til beboere og driftsansvarlig. For fellesarealer kan også el-bil lading styres med slike systemer, noe som vil gi bedre kontroll på hvor effektbruken til borettslaget går. Det finnes flere gode systemer for statisk og dynamisk el-bil lading i dagens marked. Disse kan knyttes sammen med ulike løsninger som kan fakturere brukeren ut fra faktisk brukt energi. En annen mulighet for fellesarealene er å se på alternative energikilder. Utnyttelse av solenergi er en alternativ energikilde som for eksempel kan brukes i sammenheng med el-bil



lading. Dette kan gjøres ved at man knytter opp solceller med en lastbank (batteribank) som kan lagre energien. Slike løsninger kan brukes til el-bil lading, varmeelementer og andre effekttopper. Dette er dyre investeringer pr. i dag, men ved økning i strømprisen og/eller nettleien vil dette være løsninger som medfører en raskere tilbakebetalingstid.

NVE (Norges vassdrags- og energidirektorat) har målsatt at det innen utgangen av 2018 skal være installert AMS-måler (avanserte måle- og styresystemer) i alle norske el-inntak. Denne måleren måler kWh/h og sender informasjonen automatisk til kraftselskapet. Forbrukeren vil også få tilgang til denne dataen via innloggingsportal på internett og app-løsninger. Disse målerne kommer også med et HAN-uttak (Home Area Network). Uttaket er ikke ferdigdefinert for bruk pr. dags dato (mars 2018), men planen er at man skal kunne hente ut sine egne detaljerte forbruksdata eller koble til tjenestetilbydere for andre styringsenheter, via dette; smarthus, varme, alarm (brann, adgang, innbrudd), helse og omsorg. Man vil altså tilrettelegge for bedre kontroll over sin egen bolig.

Det kommer stadig flere effektkrevede produkter som el-/hybridbil, gjennomstrømningsvannvarmer, og induksjonstopper. Disse vil trolig fortsette å øke i omfang og vil øke belastningen på strømnettet. Det kommer en ny tariff for nettleie i 2021, (jmf. NVE Høringsdokument 5, 2017 – *Forslag til endring i forskrift om kontroll av nettvirksomhet - Utforming av uttakstariffer i distribusjonsnettet*). Her foreslår NVE at det skal innføres forskjellige abonnementer med effekttariffer pr time og effektutkobling (e-verket). En slik løsning vil gjøre styringen av effektbruk og laststyring viktig for hver enkelt ettersom den vil bidra til å bekjempe den forventede effektknappheten i årene som kommer.



Eksempel på AMS-måler

## 4 Klimaberegninger

---

### 4.1 Hva er et klimafotspor?

Vi regner ut klimafotsporet til et produkt eller en tjeneste ved å summere alle utslipp som bidrar til global oppvarming, fra råvareutvinning til bruk og avhending. Utslippene regnes om til en felles enhet, som vi kaller CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Et utslipp av 1 kg metan har omtrent like stor påvirkning på global oppvarming som et utslipp av 25 kg CO<sub>2</sub>. Vi sier derfor at utslippet av 1 kg metan tilsvarer 25 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Klimafotsporet regnes altså ut i et livsløpsperspektiv (fra vugge til grav). Her er klimafotsporet for de to oppgraderingspakkene beregnet. Dette betyr at vi har regnet klimafotsporet for alle materialene som inngår, i tillegg til at vi har regnet på klimafotsporet fra energibruk i drift. Klimafotsporet fra forbruket til en gjennomsnittlig person i Norge er i dag på ca. 10,5 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per år (Steen-Olsen et al. 2016), mens ambisjonene om å bli et lavutslippssamfunn innen 2050 innebærer at vi må redusere utslippene med 80-95 % (KMD 207), til 2 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per år.

For et oppgraderingsprosjekt kan vi regne ut klimafotsporet av oppgraderingen ved å summere klimafotsporet for alle materialene som benyttes. Dette er klimafotsporet for selve oppussingen. Så vet vi at oppgraderingen også fører til at vi bruker mindre energi. Vi kan da regne ut hvor stort klimafotsporet vårt ville vært, hvis vi ikke hadde spart denne energien. Oppgraderingen er et klimatiltak hvis vi reduserer klimafotsporet fra energibruken mer enn hva klimafotsporet for oppgraderingen er.

## 4.2 Materialer og energi i bruksfasen

Det er regnet på materialforbruket for de to oppgraderingspakkene for tiltak på bygningskroppen og for ventilasjon, for å tallfeste mengder og typer materialer benyttet. For hver oppgraderingspakke er klimafotsporet for materialene beregnet, som en indikator på miljøpåvirkningen. Klimafotsporet for materialene er beregnet etter samme krav som gjelder for miljødeklarasjoner (EPD-Norge). Dette er basert på internasjonale og europeiske standarder (ISO 21930:2007, NS-EN 15804:2012). Beregningene er utført i et verktøy utviklet fra Forskningscenteret Zero Emission Buildings (Wiik, 2017).

Energibesparingen er beregnet med helelektrisk oppvarming og to ulike CO<sub>2</sub>-faktorer for elektrisiteten. Årsaken til at det benyttes to ulike CO<sub>2</sub>-faktorer er at dette er en faktor som er sentral for å beregne energi- og klimabalansen i et livsløpsperspektiv, samtidig som den er basert på scenarier for fremtidig energiproduksjon. Ved å vurdere to ulike faktorer, er det mulig å vurdere hvor følsomme resultatene er for valg av CO<sub>2</sub>-faktor for elektrisitet.

ENKEL OPPGRADERING	Materialbruk	Energisparing	CO <sub>2</sub> ved 0,025 kg/kWh		CO <sub>2</sub> ved 0,13 kg/kWh	
	CO <sub>2</sub> ekv. kg	kWh/år	kg/år	år	kg/år	år
Etterisolering av balkongdekker for å redusere kuldebroer	200	2 488	62	3	323	1
Etterisolering av vegg, vindtetting og vindusbytte	42 269	83 326	2 083	20	10 832	4
Etterisolering av yttertak og bytte av overlyskuppel i trapperom	7 629	8 892	222	34	1 156	7
Utbedring av ventilasjon	114	23 855	596	0	3 101	0

NZEB OPPGRADERING	Materialbruk	Energisparing	CO <sub>2</sub> ved 0,025 kg/kWh		CO <sub>2</sub> ved 0,13 kg/kWh	
	CO <sub>2</sub> ekv. kg	kWh/år	kg/år	år	kg/år	år
Etterisolering av balkongdekker for å redusere kuldebroer	12 827	3 577	89	143	465	28
Etterisolering av kjellervegger og kjellergulv i trapperom	2 583	9 164	229	11	1 191	2
Drenering og etterisolering av kjellerhimling og kjellervegger	7 623	15 339	383	20	1 994	4
Etterisolering av skivevegger for å redusere kuldebroer	2 341	2 171	54	43	282	8
Etterisolering av vegg, vindtetting og vindusbytte	60 821	108 821	2 721	22	14 147	4
Etterisolering av yttertak og bytte av overlyskuppel i trapperom	11 694	15 133	378	31	1 967	6
Utbedring av ventilasjon	114	123 670	3 092	0	16 077	0

Tabell nr xx: Resultattabellen over med to ulike CO<sub>2</sub> faktorer (EPD og ZEB) for elektrisitet viser hvor mange år det tar før materialene til hvert tiltak er tilbakebetalt i miljøregnskapet.

I tabellen over er energibesparelsen fordelt mellom de ulike tiltakene. Det gir et godt bilde av hvilke tiltak som er mest effektive. Resultatene viser at total energibesparelse for enkel oppgradering er 28 % og for ambisiøs oppgradering 67 % (se energiberegninger i vedlegg A4). Spesielt interessant er at resultatene viser relativt liten forskjell på energibesparelsen mellom den enkle og den mer omfattende etterisoleringen av balkongdekkene, til tross for at det er stor forskjell på materialmengdene. I praksis innebærer den enkle oppgraderingen å fylle spalten på balkongdekkene med isolasjon, som gir en god effekt på varmetapet. Den omfattende innkledningen av balkongdekkene inneholder betydelig mer isolasjon, nye balkongdekker med folie, tremmegulv og balkonghimlingsplater, og det er ingen lineær sammenheng mellom mengder materialer og effekt på varmetapet.

De to CO2-faktorene som er benyttet for elektrisitet er 25 g CO2/kWh og 130 g CO2/kWh. Førstnevnte tilsvarer norsk elektrisitetsmiks inkludert import/eksport. Dette er den samme metoden som benyttes i miljødeklarasjoner (EPD). 130 g CO2/kWh er den faktoren som brukes av ZEB-senteret for beregninger over 60 år. Denne er snittverdien for et scenario for europeisk elektrisitet fram mot 2050. Denne er også i samme størrelsesorden som nordisk elektrisitetsmiks de siste 5 år, men dette er en tilfeldig sammenheng.

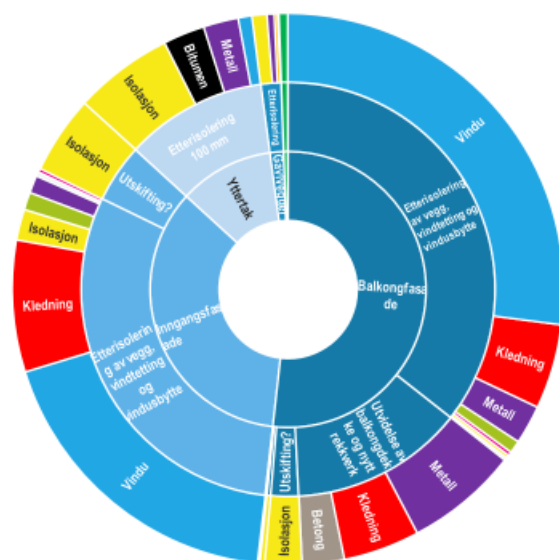
Resultattabellen over med to CO2 faktorer for elektrisitet viser hvor mange år det tar før materialene til hvert tiltak er tilbakebetalt på i miljøregnskapet. Her ser vi at det mest effektive tiltaket er utbedring av ventilasjon, hvor det for begge elektrisitetsfaktorer er en tilbakebetalingstid på 2 år eller mindre. Motsatt er det minst effektive tiltaket etterisolering av balkongdekker, som har et relativt stort materialforbruk og fører til en relativt liten reduksjon i energiforbruket. Dette gjør at nedbetalingstiden er 143 år med norsk elektrisitetsfaktor og 28 år med ZEB-faktoren.

De to figurene under viser klimafotsporet for hver av de to oppgraderingene. Figurene er bygget opp på følgende måte:

- Innerste sirkel: Denne viser hvilke bygningsdeler det er gjennomført tiltak på.
- Midterste sirkel: Denne viser hvilke tiltak som er gjennomført for hver av bygningsdelene.
- Ytterste sirkel: Denne viser hvilke materialer som er benyttet for hver av tiltakene som er gjennomført.

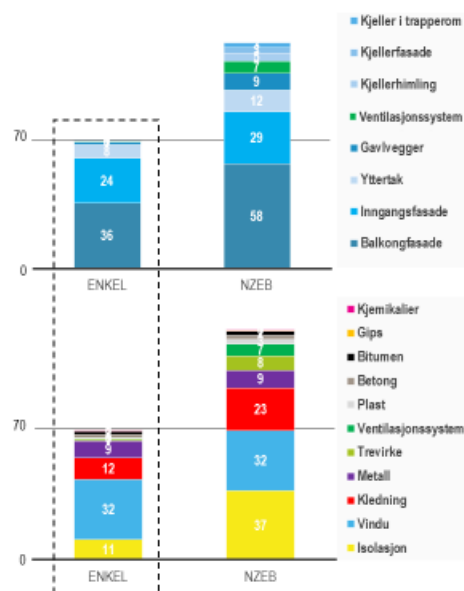
I den enkle oppgraderingen ser vi at vinduene står for ca. halvparten, etterfulgt av platekledning, isolasjon (utskifting) og metall. For nZEB-oppgraderingen er det ingen enkeltmaterialer som skiller seg ut på samme måte, her er bildet mer sammensatt.

## ENKEL: 70 tonn CO<sub>2</sub> ekv.



### Søylediagrammene,

- øverst viser til innerste sirkel, CO<sub>2</sub> ekv. for bygningsdeler.
- nederst viser til ytterste sirkel, CO<sub>2</sub> ekv. fordelt på materialer.

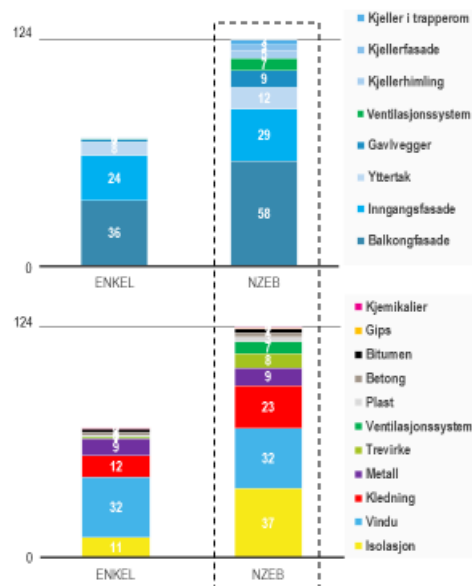


Figuren viser fordelingen klimagassutslipp fra materialer til den enkle oppgraderingen. Det totale klimafotsporet fra selve oppgraderingen av blokken (med 6 toroms og 18 treroms leiligheter) er på 70 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Dette tilsvarer ca. 7 personers gjennomsnittlige klimafotspor for ett år.

## NZEB: 124 tonn CO<sub>2</sub> ekv.

Søylediagrammene,

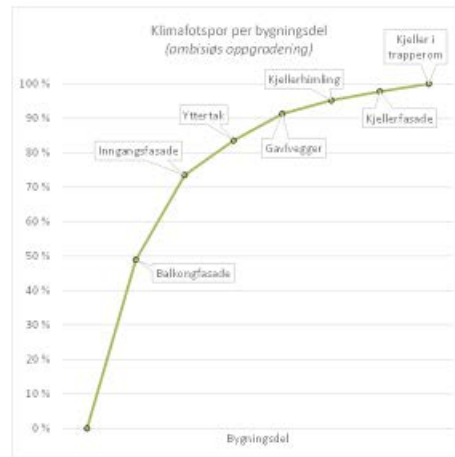
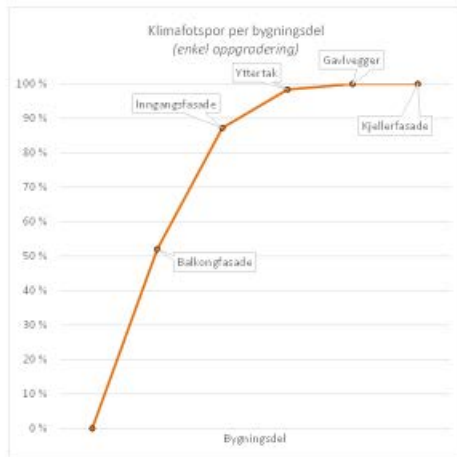
- øverst viser til innerste sirkel, CO<sub>2</sub> ekv. for bygningsdeler.
- nederst viser til ytterste sirkel, CO<sub>2</sub> ekv. fordelt på materialer.



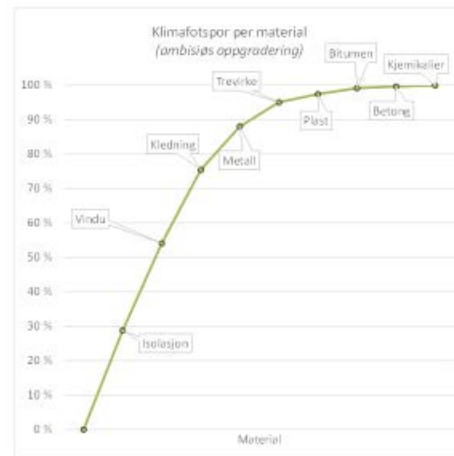
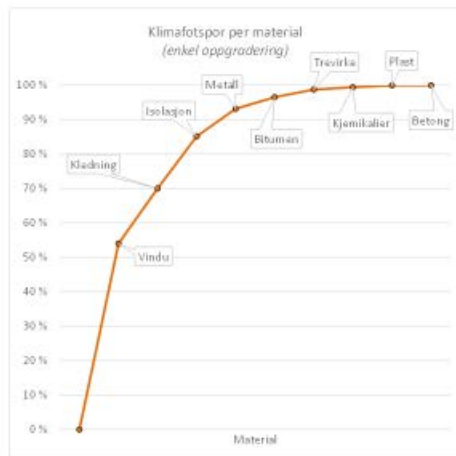
Figuren viser fordelingen klimagassutslipp fra materialer til den mer omfattende nZEB-oppgraderingen. Det totale klimafotsporet fra selve oppgraderingen av blokken (med 6 toroms og 18 treroms leiligheter) er på 124 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Dette tilsvarer ca. 12 personers gjennomsnittlige klimafotspor for ett år.

Vi kan også visualisere de viktigste bidragene på andre måter. Figurene under viser klimafotsporet per bygningsdel, per material og per fag. Dette gir oss et bilde av hvor vi bør gjennomføre tiltak hvis vi ønsker å redusere klimafotsporet av oppgraderingene. Per bygningsdel ser vi at det i begge oppgraderingene er balkongfasade og inngangsfasade som er de to viktigste bygningsdelene. Samtidig ser vi fra neste figur at det er isolasjon, kledning og vindu som er de viktigste materialene. Men her ser vi også en forskjell mellom den enkle og nZEB-oppgraderingen. I den enkle står to materialer for over 70 % av klimafotsporet, mens det i nZEB-oppgraderingen er flere tiltak som har betydning.

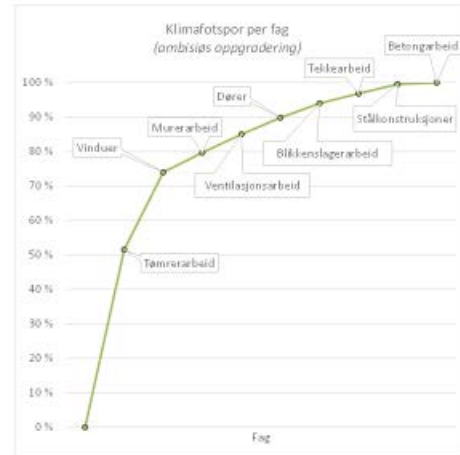
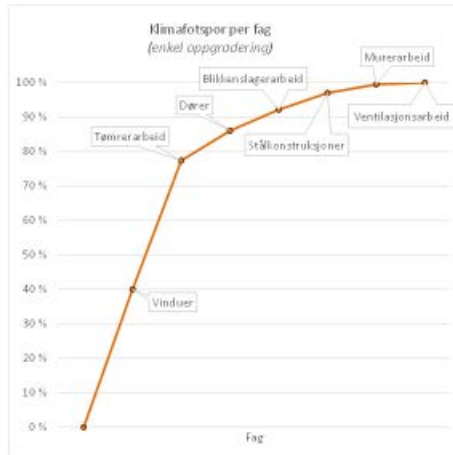
## Klimafotspor per bygningsdel



## Klimafotspor per material



## Klimafotspor per fag



Resultatene viser at klimafotsporet for selve oppgraderingen er høyere for den ambisiøse oppgraderingen, sammenlignet med den enkle. Dette er som forventet, siden vi blant annet øker isolasjonsmengden. Dette betyr at den ambisiøse oppgraderingen må føre til et enda lavere energiforbruk enn den enkle oppgraderingen for å være et positivt klimatiltak. Vi ser også at det er noen forskjeller i hva som bidrar mest til klimafotsporet. For den ambisiøse oppgraderingen er det isolasjonen som har størst klimafotspor, mens det i den enkle er vinduene. Samtidig ser vi at rekkefølgen på de fire bygningsdelene som har størst bidrag er den samme. Denne type informasjon kan vi bruke til å se hvor de største bidragene er, slik at vi kan ha fokus på å velge produkter med lavt klimafotspor i disse kategoriene.

# Sammenligning av NZEB og ENKEL

	Materialer tonn CO <sub>2</sub> ekv.	Energibruk kWh/m <sup>2</sup> år	Inkludert i konsept	
<b>Oppgraderingspakke</b>				
NZEB nivå på bygningskropp og ventilasjon	122,8	90,5	NZEB	Antar elektrisk oppvarming (levert el.).
ENKEL nivå på bygningskropp og ventilasjon	68,3	178,6	ENKEL	
<b>Differanse</b>	<b>54,5</b>	<b>-88,1</b>		
<b>Ekstrakvaliteter som øker oppvarmingsbehovet</b>				
	Ekstra tonn	Ekstra kWh/m <sup>2</sup> år		Materialbruk for ekstrakvaliteter er beskjeden, men over 60 år vil tiltak som gir økt energibruk påvirke resultatet (se neste slide).
Utvide balkong med (+45 cm) betongelement	1,7	0,7	BEGGE	
Øke vindushøyde i stue/kjøkken (+10cm)	0,6	0,2	BEGGE	
Bytte til glassfasade i stue (3,9x2,3m foldedør)	1,2	0,9	NEI	
Nye vindusåpninger på gavivegger (1,2x2,1m)	1,4	0,3	NEI	
Bytte balkongdekke med f.eks. massivtreelement (+65 cm)	?	1,0	NEI	
<b>Tiltak med levetid under 60 år</b>				
	Ekstra tonn			
Balansert ventilasjon, 50 % utskifting etter 20 år	3,3		NZEB	
Balansert ventilasjon, 50 % utskifting etter 40 år	3,3		NZEB	
Viftepar i stue, utskifting 1 etter 20 år	0,3		ENKEL	
Viftepar i stue, utskifting 2 etter 40 år	0,3		ENKEL	
<b>Differanse, utskiftinger over 60 år</b>	<b>5,9</b>			

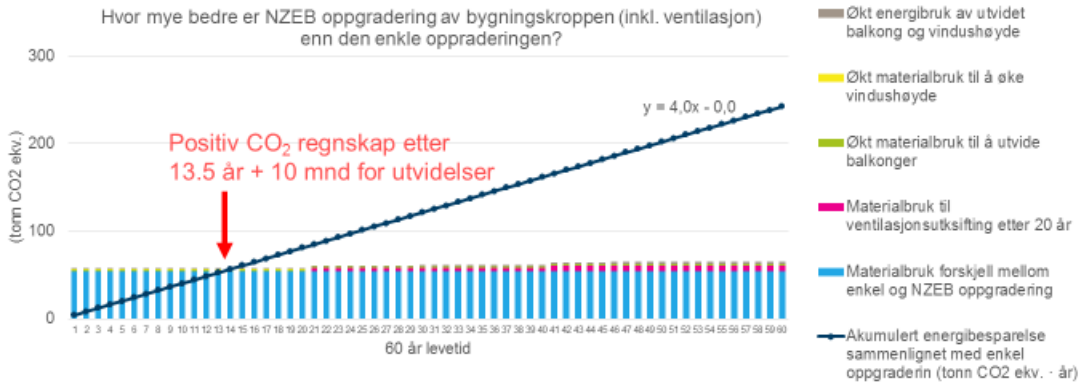
Figur: Sammenligning av nZEB-oppgadering og enkel oppgradering

Figuren over sammenligner de to oppgraderingene med tanke på hvilke tiltak og ekstrakvaliteter som gjennomføres. Hvor det er relevant er forskjellen også oppgitt med tanke på tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalanter og energiforbruk/energisparring. Dette er grunnlaget for å regne ut det samlede klimafotsporet, som er gjort i de to figurene under. Disse viser forskjellen i klimaregnskapet for de to oppgraderingene. Her har vi også gjennomført en følsomhetsanalyse, for å se hvilke utslag CO<sub>2</sub>-faktoren for elektrisiteten har. Det første er for norsk el-miks og deretter for nordisk el-miks (som omtrent tilsvarer CO<sub>2</sub>-faktoren i ZEB-prosjektet). Her ser vi at forskjellen for selve oppgraderingen, vist som den blå søylen, er stor innledningsvis. Samtidig er energibruk i nZEB-oppgaderingen ca. halvparten av den enkle oppgraderingen. Når forskjellen i energibruk multipliseres med CO<sub>2</sub>-faktoren per kWh, ser vi hvordan forskjellen øker over tid. Innledningsvis har nZEB-oppgaderingen høyere klimafotspor, men dette er spart inn etter 13,5 år med norsk el-miks og ca. 3,5 år med ZEB-el-miks. I et 60-årsperspektiv har altså nZEB-oppgaderingen et langt lavere klimafotspor enn den enkle oppgraderingen. Dette gjelder uavhengig av hvilken CO<sub>2</sub>-faktor vi benytter for elektrisiteten.



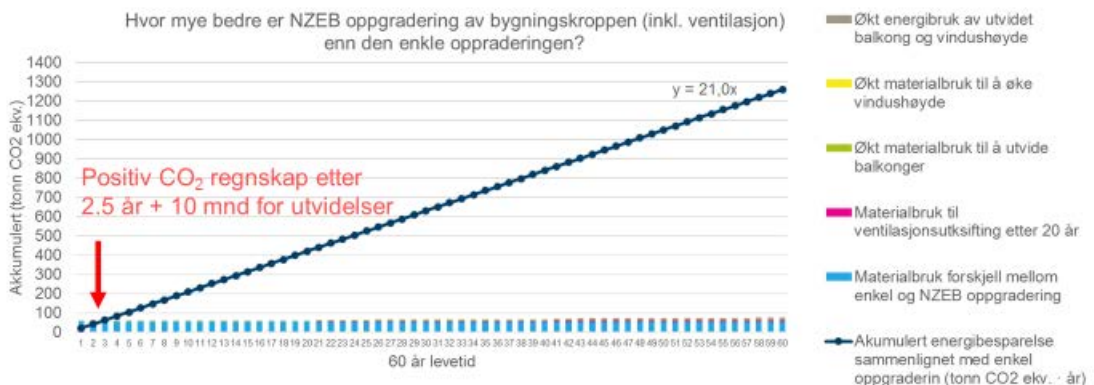
# Over 60 år er NZEB bedre

**CO<sub>2</sub> ekv. Norsk el-miks**  
**25 gram Co2ekv./kWh**  
 (EPD Norge)



# Over 60 år er NZEB bedre

**CO<sub>2</sub> ekv. Nordisk el-miks**  
**130 gram Co2ekv./kWh**



## 5 Oppsummering og videre forskning

---

Kartleggingen i første del av prosjektet viste at omtrent like mange borettslag er stiftet i hvert tiår mellom 1950 og 2000 (49-61 stk), mens størrelsen varierer mye. Fra 1971 til 1980 ble det bygget 61 borettslag med til sammen nesten 10 000 leiligheter. Fra 1991 til 2000 ble det bygget 58 borettslag med til sammen 1 700 leiligheter. Mellom 1950 og 1980 ble det bygget mest lavblokker, til sammen 11 000 leiligheter. Dette er borettslag som skal oppgraderes de nærmeste årene. Et borettslag fra denne perioden, Vestlia borettslag i Trondheim, er valgt til casestudie. Tiltak for en enkel oppgradering og en ambisiøs oppgradering er foreslått. Den ambisiøse oppgraderingen er et forslag til nZEB-nivå. Energiberegning og beregninger av klimafotspor er gjennomført for de to nivåene. Resultatene viser at energibehovet reduseres med 29% for den enkle oppgraderingen og 68% for nZEB-oppgraderingen. Innledningsvis har nZEB-oppgraderingen høyere klimafotspor, siden det gjennomføres flere og mer ambisiøse tiltak. For eksempel er det benyttet mer isolasjon i nZEB-oppgraderingen enn i den enkle oppgraderingen. Men resultatene viser også at nZEB-oppgraderingen gir et langt lavere energiforbruk. Klimafotsporet av nZEB-oppgraderingen er spart inn etter 13,5 år med norsk el-miks og ca. 3,5 år med ZEB-el-miks. Dette betyr at i et 60-årsperspektiv har altså nZEB-oppgraderingen et langt lavere klimafotspor enn den enkle oppgraderingen.

I prosjektperioden ble det gjennomført fire workshops med partnerne; boligbyggelaget TOBB, ventilasjonsleverandøren Trønderblikk, elektroinstallatøren Vintervoll og forskere fra SINTEF Byggforsk. Løsninger og tiltak for en enkel og en ambisiøs oppgradering ble diskutert i forhold til hva som i mange tilfeller vil bli foreslått av TOBB og hva som ofte vil bli valgt av borettslagets generalforsamling. Økt fellesgjeld og husleie er ofte en barriere for beslutningen om omfattende oppgradering. Et dilemma er at boligbyggelaget som forvalter et borettslag foreslår å oppgradere til best mulig bygningsteknisk standard som på lang sikt er mest lønnsomt, mens eierne av andelene i borettslaget ønsker at fellesgjeld og husleie skal holdes så lavt som mulig på kort sikt. Eierne ønsker også at leilighetene innvendig skal bli minst mulig berørt i rehabiliteringsprosessen. I tillegg vil tidshorizonten blant andelseierne ofte være svært forskjellig, fordi noen bor midlertidig mens andre har ingen planer om å flytte. Dette fører til at det alltid vil være en diskusjons-/forhandlingsfase i rehabiliteringsprosessen hvor boligbyggelaget arbeider for en langsiktig løsning med helhetlige tiltak, mens grupperinger blant beboerne er negative til økte kostnader og bygningsmessige inngrep. Det kan også være skepsis til i hvilken grad en oppgradering fører til faktisk økt boligkvalitet. En konklusjon fra diskusjonene i partner-workshopene var at beslutningsprosessene i borettslagene er utfordrende og tar for lang tid. Partneren mente at ved å bruke erfaringer og gode eksempler bør det være mulig å få til bedre og kortere beslutningsprosesser. I denne fasen er det viktig for boligbyggelaget å vise til gode erfaringer som er godt dokumentert. Dette er i tråd med forskningsbehovene identifisert av Kjølle et al. (2016) og Hauge et al. (2014). TOBB har gjennomført en rekke ambisiøse oppgraderinger som ikke er evaluert i ettertid. Det er behov for å måle og dokumentere resultatene og det er behov for å finne ut i hvilken grad disse rehabiliteringene har vært vellykket sett fra beboernes side. Dette gjelder spesielt når bygningskroppen er blitt tettere og behovet for ventilasjon er endret.

En viktig barriere er at mange ikke ønsker å installere balansert ventilasjon. Partneren opplever at beboerne tror at kanalene blir montert på en måte som ikke blir fint, mange tror det blir for varmt på soverommet og at anlegget vil føre til støy, mange betviler også at det er lønnsomt på sikt. Manglende kunnskap om erfaringer, kombinert med motforestillinger og myter, gjør at informasjons- og motivasjonsjobben blir lang og tung hver gang TOBB skal starte planlegging av rehabilitering for et nytt borettslag. Åshild Hauge skrev "Få oppslutning om oppgradering" i 2015, en veileder for styrer i borettslag og sameier, basert på resultatene fra BESLUTT (Hauge et al. 2011; Hauge et al. 2012) og BEVISST (Hauge et al. 2014; Löfström et al. 2015). Veilederen er en god start, men det er behov for mer konkrete verktøy med forslag til løsninger. En "verktøykasse" bør inneholde verktøy for vurdering av både ventilasjon, styring, energiløsninger og etterisolering. Verktøykassa må ha fokus på samspillet mellom beboerne, boligbyggelag og andre

involverte i tidlig planleggingsfase av et oppgraderingsprosjekt. Dette samspillet kan bidra til å øke oppslutningen om oppgradering.

Et borettslag oppgraderes når det er behov for vedlikehold og forbedring av boligkvalitetene. Energisparing kommer med på kjøpet når kunnskap, holdninger og muligheter for å velge gode løsninger er til stede. I en videreføring av prosjektet er det behov for å utvikle mer kunnskap om løsninger for ambisiøs oppgradering av borettslag som er kostnadseffektive, men det er først og fremst behov for nye beslutningsverktøy som skal støtte borettslagene når de skal ta beslutninger om energioppgradering i tråd med det grønne skiftet.

## 6 Formidling

---

Workshop 4/avslutningsseminar: *Resultater fra prosjekt støttet av RFF Midt-Norge "Rehabilitering av TOBB Borettslag til nZEB-området"*, SINTEF Byggforsk 13. desember. Deltagere: RoJo arkitekter, Ducky, Blikkenslageren, Husbanken, Trondheim kommune, TOBB, Trønderblikk, Vintervoll og SINTEF Byggforsk.

Tøsse, Anders (2017) *Samarbeider om fornyelse av boligblokker*, artikkel i Blikkenslageren. [[lenke](#)]

Skaar, C., Lien A.G., Skeie, K.S., Skippervik, R., Olsen, E (2017) *Identifying nearly zero-energy building candidates – A case study of the renovation potential of a Trondheim housing cooperative*, presentation, presentation at NTNU Sustainability Science Conference Trondheim 18-20 October 2017.

## 7 Referanser

---

Andresen, I. (2017) *Towards Zero Energy and Zero Emission Buildings—Definitions, Concepts, and Strategies*, Current Sustainable/Renewable Energy Reports 4(2): 63-71.

Edvardsen, K. I. (2009). *Boligkjøperboka: undersøk boligen før du kjøper*, Oslo: SINTEF Byggforsk. [sintefbok.no]

Hauge, Å. L. mfl. (2015) *Få oppslutning om oppgradering! – Veileder for styre i borettslag og sameier*, Oslo: SINTEF Byggforsk: NBBL [<http://hdl.handle.net/11250/2378592>]

Hauge, Å. L., Fredriksen, E., Klinski, M (2014). *Vurdering av EPC/energisparkontrakter i boligselskaper*, Forskningsprosjektet BEVISST, Oslo: SINTEF Byggforsk, SINTEF Fag nr. 17. [sintefbok.no]

Hauge, Å. L., J. Thomsen and E. Löfström (2012). "How to get residents/owners in housing cooperatives to agree on sustainable renovation." *Energy Efficiency* 6(2): 315-328.

Hauge, Å. L., Mellegård, S. & Amundsen, K. H. (2011). *Beslutningsprosesser i borettslag og sameier – hva fører til bærekraftige oppgraderingsprosjekter?* Forskningsprosjektet BESLUTT, *Prosjektrapport 82*, Oslo: SINTEF Byggforsk. [sintefbok.no]

ISO 21930:2007 *Sustainability in building construction — Environmental declaration of building products*, edition 1 (2007-10-01). [standard.no]

KMD (2017) *Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid*. Meldt. St. 41. Klima og miljødepartementet.

- Kjølle, K. H., Hauge, Å. L., Wågø, S. (2016) *Synergier mellom energieffektivitet og universell utforming i oppgradering av flerboligbygg*, Oslo: SINTEF Byggforsk, SINTEF Notat nr. 18. [sintefbok.no]
- Lien, A. G., Skeie, K. S., Bjaanes, E. O., Hagen, K., Kvalø, Y., (2017) *Oppgradering av et 60-tallshus og et 70-tallshus*, SINTEF fag 42, 89 sider, ISBN: 978-82-536-1539-4
- Löfström, E., Hauge, Å.L., Mellegård, S., Fredriksen, E., Klinski M. (2015) *Bevisste strategier for oppgradering av boligselskaper*, Forskningsprosjektet BEVISST, Oslo: SINTEF Byggforsk, SINTEF Fag 32. [sintefbok.no]
- NS 3031:2014, *Beregning av bygningers energiytelse - Metode og data*, utgave 1 (2014-07-01) [standard.no]
- NS 3700:2013 *Kriterier for passivhus og lavenergibygninger – Boligbygninger*, utgave 1 (2013-05-01) [standard.no]
- NS-EN 15804:2012 *Bærekraftige byggverk - Miljødeklarasjoner - Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer*, utgave 1 (2014-02-01) [standard.no]
- NS-EN ISO 13370:2007, *Bygningers termiske egenskaper - Varmeoverføring via grunnen - Beregningsmetoder*, utgave 2 (2008-04-01) [standard.no]
- NVE (2017) *Forslag til endring i forskrift om kontroll av nettvirksomhet - Utforming av uttakstariffer i distribusjonsnett*, Høringsdokument nr. 5 2017, Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat. [nve.no]
- SINTEF Byggforsk kunnskapssystemer, 471.009 *Beregning av U-verdi og varmemestrøm for konstruksjoner mot grunnen etter NS-EN ISO 13370*. [byggforsk.no]
- SINTEF Byggforsk kunnskapssystemer, 723.105 *Boligblokker. Modernisering og utbedring av fasader*. [byggforsk.no]
- Steen-Olsen et al. (2016) *The Carbon Footprint of Norwegian Household Consumption 1999-2012*. Journal of Industrial Ecology, volume 20, number 3. Doi: 10.1111/jiec.12405
- Wiik, M.K., R.D. Schlanbusch, A.H. Wiberg, and T. Kristjansdottir (2017) *ZEB Tool Manual. User Guide. Version 1*. External memo. The Research Centre for Zero Emission Buildings. 2017.

**A1 - Kuldebrobudsjett tabell**

<i>Bygningsdel</i>	<i>Navn kuldebro, plassering</i>	<i>Bredde-høyde (mm)</i>	<i>Lengde (m)</i>	<i>Ant.</i>	<i>Kuldebroverdi <math>\Psi</math> (W/m K)</i>			<i>Varmetap H' (W/K)</i>		
					<i>EKS</i>	<i>ENKEL</i>	<i>NZEB</i>	<i>EKS</i>	<i>ENKEL</i>	<i>NZEB</i>
<i>Gavlvegger</i>	Gesims	180x45 stender	10,9	2	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0
<i>Gavlvegger</i>	Kjellermur	150x45 stender	10,9	2	0,514	0,514	0,090	11,2	11,2	2,0
<i>Nordfasade</i>	D0, trapperom	2400x2100	9,0	4	0,020	0,020	0,020	0,7	0,7	0,7
<i>Nordfasade</i>	Gesims	180x45 stender	13,6	12	1,065	0,360	- 0,177	18,7	6,3	-3,1
<i>Nordfasade</i>	Horisontale dekker	180x45 stender	13,6	24	0,822	0,411	0,030	28,9	14,5	1,1
<i>Nordfasade</i>	Kjellermur	150x45 stender	13,6	12	0,162	0,162	0,378	2,9	2,9	6,7
<i>Nordfasade</i>	V0, trapperom	1090x590	3,4	24	0,000	0,007	0,012	0,0	0,6	1,0
<i>Nordfasade</i>	Vertikale skiver	150x45 stender	7,7	8	0,227	0,114	0,007	14,0	7,0	0,4
<i>Nordfasade</i>	Vertikale skiver	180x45 stender	15,3	5	0,548	0,274	0,020	10,5	5,3	0,4
<i>Nordfasade</i>	VN, soverom	1090x1190	9,1	78	0,000	0,014	0,024	0,0	2,5	4,3
<i>Sørfasade</i>	D9	890x1990	11,5	24	0,040	0,040	0,040	2,8	2,8	2,8
<i>Sørfasade</i>	Gesims	180x45 stender	13,6	8	0,598	0,598	0,390	15,8	15,8	10,3
<i>Sørfasade</i>	Horisontale dekker	180x45 stender	13,6	16	0,548	0,186	0,140	28,9	9,8	7,4
<i>Sørfasade</i>	Kjellermur	150x45 stender	13,6	8	0,108	0,108	0,252	2,9	2,9	6,7
<i>Sørfasade</i>	V4	2090x1190	6,6	6	0,000	0,000	0,012	0,0	0,0	0,5

<i>Sørfasade</i>	V6	1600x1190	5,6	18	0,000	0,000	0,012	0,0	0,0	1,2
<i>Sørfasade</i>	V7	2840x1590	17,7	24	0,000	0,000	0,024	0,0	0,0	2,6
<i>Sørfasade</i>	Vertikale skiver	150x45 stender	7,7	2	0,227	0,227	0,067	3,5	3,5	1,0
<i>Sørfasade</i>	Vertikale skiver	180x45 stender	15,3	9	0,548	0,548	0,144	18,9	18,9	5,0
<i>Tak</i>	Skorstein	460x460	1,0	2	2,809	2,809	2,809	5,6	5,6	5,6
<i>Tak</i>	Skorstein	460x800	1,0	3	3,768	3,768	3,768	11,3	11,3	11,3
<i>Tak</i>	Takvindu	1200x1200	4,8	4	0,020	0,020	0,020	0,4	0,4	0,4
<b>Varmetap kuldebroer (W/K), H' SUM</b>								177	122	68
<b>Normalisert kuldebroverdi (W/K m<sup>2</sup> BRA), H''</b>								<b>0,10</b>	<b>0,07</b>	<b>0,04</b>



## A2 - Sentrale inndata tabell

	DAGENS SITUASJON		ENKEL OPPGRADERING		LAVENERGI "NZEB"	
	Inndata	Dokumentasjon	Inndata	Dokumentasjon	Inndata	Dokumentasjon
<b>AREALER</b>						
Yttervegger	803	Oppmåling	803	Ingen endring	803	Se vindusandel for end
Tak	596	Oppmåling	596	Ingen endring	596	Ingen endring
Gulv mot kjeller (etasjeskille)	560	Oppmåling	560	Ingen endring	560	Ingen endring
Gulv i trapperom (på grunn)	36	Oppmåling	36	Ingen endring	36	Ingen endring
Vinduer, dører og glassfelt	337	Oppmåling	337	Ingen endring	337	Se vindusandel
Oppvarmet del av BRA (Afl)[m <sup>2</sup> ]	1833	Oppmåling	1833	Ingen endring	1833	Ingen endring
Oppvarmet luftvolum (V) [m <sup>3</sup> ]	4575	Oppmåling	4575	Ingen endring	4575	Ingen endring
<b>U-VERDI FOR BYGNINGSDELER [W/m<sup>2</sup>·K]</b>						
Yttervegger, nord	0,44	Lett bindingsverk med 100 mm mineralull	0,30	+50 mm utvendig påfôret isolasjon	0,15	+150 mm utvendig påfôret isolasjon
Yttervegger, sør	0,44	Lett bindingsverk med 100 mm mineralull	0,44	Ingen endring, kun bytte vindu og kledning	0,15	+150 mm utvendig påfôret isolasjon
Yttervegger, gavl	0,39	Betongvegg med 100 mm mineralull utvendig	0,24	+50 mm innvendig påfôret isolasjon.	0,14	+150 mm kontinuerlig isolasjon utvendig

Yttervegger, kjeller	1,10	50 mm treullsement innstøpt	1,10	Ingen endring. (1,5 / 0,7 W/m <sup>2</sup> K o./u. terreng)	0,16	+150 mm EPS utvendig (0,13 / 0,19 W/m <sup>2</sup> K)
Kjellervegger mot trapperom	0,91	Betongvegg inkl. red. varmetap til kjeller	0,91	Ingen endring	0,32	+100 mm mineralull i betongvegg
Yttertak	0,42	100 mm isolasjon i snitt, kompakttak på betong	0,2	200 mm isolasjon i snitt, kompakttak på betong	0,13	300 mm isolasjon i snitt på betong, kompakttak
Gulv mot kjeller	0,49	6 cm innstøpt isolasjon inkl. red. tap til kjeller	0,49	Ingen endring	0,25	+ 98 mm nedforing i kjeller med k0,033.
Gulv i trapperom (kjeller)	0,31	Ingen isolasjon	0,31	Ingen endring	0,11	+ 80 mm SPU isolasjon i trapperom
Vinduer, dører og glassfelt	2,70	2 lags vinduer fra byggeår	1,10	2 lags vinduer m/isolert karm, eller 3 lags uten	0,80	3 lags vinduer med isolert karm
<b>ANDRE SENTRALE INNDATA</b>						
Arealandel for vinduer, dører og glassfelt [%]	18,4	Oppmåling	19,0	10 cm økt vindushøyde på balkongfasade	19,0	10 cm økt vindushøyde på balkongfasade
Normalisert kuldebroverdi [W/ <sup>2</sup> ·K]	0,10	Se beregning	0,07	Se beregning	0,04	Se beregning
Normalisert varmekapasitet [Wt/m <sup>2</sup> ·K]	81	Std. leilighet med gipshimling	77	Endring, gavlvegg innv. isolert.	81	Std. leilighet med gipshimling
Lekkasjetall (n <sub>50</sub> ) [1/t]	2,5	Erfaringsverdi	2,5	Ingen endring	1,0	Minstekrav lavenergi

Estimert gjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner pga frostsikring	0	Avtrekkventilasjon uten varmegjenvinning	0,22	Beregnet med 1 stk viftepar til å dekke 25 m <sup>3</sup> /t i leilighet	0,85	Balansert ventilasjon med roterende gjenvinner
Spesifikk vifteeffekt (SFP)relatert til luftmengder i driftstiden	1,0	Avtrekksvifte over tak, og kjøkkenventilator	0,95	0,80 (viftepar) og 1,0 kW/m <sup>3</sup> /s (avtrekk/kjøk.)	1,4	Minstekrav lavenergi
Spesifikk vifteeffekt (SFP)relatert til luftmengder utenfor driftstiden	-	Alltid i drift	-	Ingen endring	-	Ingen endring
Gjennomsnittlig spesifikk ventilasjonsluftmengde i driftstiden (Von/Afl)[m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·t]	1,75	Beregnet fra veiledning til TEK avtrekksluftmengder	1,75	Ingen endring	1,75	Ingen endring
Årgjennomsnittlig systemvirkningsgrad/varmefaktor for oppvarmingssystemet [%]	1	Direkte elektrisk, panelovner etc.	1	Ingen endring	1	Ingen endring
Installert effekt til romoppvarming og ventilasjonsvarme [W]	80	W/m <sup>2</sup>	55	W/m <sup>2</sup>	25	W/m <sup>2</sup>
Settpunkttemperaturer for oppvarming [°C]	21/19	°C dag/natt	21/19	Ingen endring	21/19	Ingen endring
Total solfaktor (gt) for vindu og solavskjerming (Ø/S/V/N)	0,75	2 lags vindusglass	0,55	2 eller 3 lags vindusglass	0,51	3 lags vindusglass
Gjennomsnittlig karmfaktor(Ff)	0,2	Ikke beregnet	0,2	Ikke beregnet	0,2	Ikke beregnet
Solskjermingsfaktor pga horisont, nærliggende bebyggelse, vegetasjon og ev boligutspring	9°	Forenklet vurdering	9°	Forenklet vurdering	9°	Forenklet vurdering

### A3 – Beregning av varmetap

Det er foretatt beregninger av varmetap fra hvert enkelt energiltak og for hver leilighet.

Varmetap oppsummert per bygningsfasade og komponent.

	Varmetap bygningdeler (W/K)			Reduksjon i prosent (%)		Energibesparelse, estimert (kWh/m <sup>2</sup> år)	
	EKS	ENKEL	nZEB	ENKEL	nZEB	ENKEL	nZEB
<b>Gavlvegger</b>	<b>77</b>	<b>52</b>	<b>25</b>	<b>33 %</b>	<b>67 %</b>		
Transmisjonstap (Kuldebro, $\Psi$ )	11	11	2	0 %	82 %		
Transmisjonstap (U-verdi)	65	40	23	38 %	65 %		
<b>Infiltrasjons- og ventilasjonstap</b>	<b>1118</b>	<b>989</b>	<b>275</b>	<b>11 %</b>	<b>75 %</b>		
Infiltrasjons- og ventilasjonstap	1118	989	275	11 %	75 %		
<b>Kjeller i trapperom</b>	<b>107</b>	<b>107</b>	<b>38</b>	<b>0 %</b>	<b>65 %</b>		
Transmisjonstap (U-verdi)	107	107	38	0 %	65 %		
<b>Kjellerhimling og kjellervegger</b>	<b>228</b>	<b>228</b>	<b>114</b>	<b>0 %</b>	<b>50 %</b>		
Transmisjonstap (U-verdi)	228	228	114	0 %	50 %		
<b>Nordfasade</b>	<b>581</b>	<b>269</b>	<b>168</b>	<b>54 %</b>	<b>71 %</b>		
Transmisjonstap (Kuldebro, $\Psi$ )	76	40	11	48 %	85 %		
Transmisjonstap (U-verdi)	505	229	157	55 %	69 %		
<b>Sørfasade</b>	<b>709</b>	<b>361</b>	<b>240</b>	<b>49 %</b>	<b>66 %</b>		
Transmisjonstap (Kuldebro, $\Psi$ )	73	54	37	26 %	49 %		
Transmisjonstap (U-verdi)	636	307	202	52 %	68 %		
<b>Tak</b>	<b>210</b>	<b>142</b>	<b>96</b>	<b>33 %</b>	<b>54 %</b>		
Transmisjonstap (Kuldebro, $\Psi$ )	17	17	17	0 %	0 %		
Transmisjonstap (U-verdi)	193	124	78	35 %	59 %		
<b>Grand Total</b>	<b>3029</b>	<b>2147</b>	<b>956</b>	<b>29 %</b>	<b>68 %</b>		

Varmetap oppsummert for leiligheter og trapperom. Det er 18 leiligheter av typen C/D og 6 leiligheter av typen A/B i tillegg til 4 trapperom i blokka.

	Totalt varmetap (W/K)			Reduksjon i prosent (%)	
	EKS	ENKEL	nZEB	ENKEL	nZEB
<b>A/B Leilighet</b>	<b>783</b>	<b>550</b>	<b>250</b>	<b>30 %</b>	<b>68 %</b>

Infiltrasjons- og ventilasjonstap	275	243	68	11 %	75 %
Transmisjonstap (Kuldebro, $\Psi$ )	56	43	21	23 %	62 %
Transmisjonstap (U-verdi)	453	264	161	42 %	64 %
<b>C/D Leilighet</b>	<b>1852</b>	<b>1310</b>	<b>589</b>	<b>29 %</b>	<b>68 %</b>
Infiltrasjons- og ventilasjonstap	736	651	181	11 %	75 %
Transmisjonstap (Kuldebro, $\Psi$ )	97	65	43	32 %	55 %
Transmisjonstap (U-verdi)	1020	594	364	42 %	64 %
<b>Trapperom</b>	<b>394</b>	<b>286</b>	<b>117</b>	<b>27 %</b>	<b>70 %</b>
Infiltrasjons- og ventilasjonstap	107	95	26	11 %	75 %
Transmisjonstap (Kuldebro, $\Psi$ )	25	13	3	47 %	86 %
Transmisjonstap (U-verdi)	262	178	87	32 %	67 %
<b>Grand Total</b>	<b>3029</b>	<b>2147</b>	<b>956</b>	<b>29 %</b>	<b>68 %</b>

---

## A4 – Energiberegninger

Det er foretatt energieuvaluering mot reviderte TEK10 energiregler i programmet SIMIEN v6.006 (Programbyggerne, 2017) som følger beregningsmetoden i NS3031:2014.

Det er også foretatt energiberegninger i SIMIEN med lokalklima for Trondheim etter passivhusstandarden NS3700. Klimafilen som er benyttet baseres på perioden 1992-2014 fra (SINTTEF Byggforsk kunnskapssystemer, 2015 [kan lastes ned fra byggforsk.no]) og årsmiddeltemperaturen er 1 grad varmere enn Trondheimsklimafilen som kommer med SIMIEN.

### Evaluering mot med det reviderte energikapittelet i TEK10

#### 1 DAGENS SITUASJON:

Resultater av evalueringen		
Evalueringsav		Beskrivelse
Energiltak		Bygningen tilfredsstillere ikke kravene til energiltak i §14-2 (2)
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstillere ikke omfordeling energiltak (varmetapstall) ihht. §14-2 (2)	
Energiramme		Bygningen tilfredsstillere ikke energirammen ihht. §14-2 (1)
Minstekrav		Bygningen tilfredsstillere ikke minstekravene i §14-3
Luftmengde ventilasjon		Luftmengdene tilfredsstillere minstekrav gitt i NS3031:2014 (tabell A.6)
Energiforsyning		Fossilt brensel benyttes ikke i oppvarmingsanlegget (§14-4)
Samlet evaluering		Bygningen tilfredsstillere ikke byggeforskriftenes energikrav
Minstekrav (§14-3)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,49	0,22
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,30	0,18
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m <sup>2</sup> K]	0,43	0,18
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]	2,70	1,20
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	2,50	1,50
Energiltak (§14-2 (2))		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Samlet glass-, vindus og dørareal delt på bruksarealet [%]	18,4	25,0
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,49	0,18
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,30	0,13
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m <sup>2</sup> K]	0,43	0,10
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]	2,70	0,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]	0,10	0,07
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	2,50	0,6
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	0	80
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	2,50	1,50



## 2 ENKEL OPPGRADERING AV BYGNINGSKROPPEN OG VENTILASJON:

Resultater av evalueringen		
Evaluering av	Beskrivelse	
Energiltak	Bygningen tilfredsstiller ikke kravene til energiltak i §14-2 (2)	
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller ikke omfordeling energiltak (varmetapstall) ihht. §14-2 (2)	
Energiramme	Bygningen tilfredsstiller ikke energirammen ihht. §14-2 (1)	
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller ikke minstekravene i §14-3	
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3031:2014 (tabell A.6)	
Energiforsyning	Fossilt brensel benyttes ikke i oppvarmingsanlegget (§14-4)	
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller ikke byggeforskriftenes energikrav	
Minstekrav (§14-3)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m²K]	0,40	0,22
U-verdi tak [W/m²K]	0,20	0,18
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m²K]	0,43	0,18
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m²K]	1,19	1,20
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	2,50	1,50
Energiltak (§14-2 (2))		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Samlet glass-, vindus og dørrareal delt på bruksarealet [%]	19,0	25,0
U-verdi yttervegger [W/m²K]	0,40	0,18
U-verdi tak [W/m²K]	0,20	0,13
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m²K]	0,43	0,10
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m²K]	1,19	0,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m²K]	0,07	0,07
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	2,50	0,6
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	15	80
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m³/s]:	0,96	1,50

## 3 OMFATTENDE OPPGRADERING AV BYGNINGSKROPPEN OG VENTILASJON:

Resultater av evalueringen		
Evaluering av	Beskrivelse	
Energiltak	Bygningen tilfredsstiller ikke kravene til energiltak i §14-2 (2)	
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller omfordeling energiltak (varmetapstall) ihht. §14-2 (2)	
Energiramme	Bygningen tilfredsstiller energirammen ihht. §14-2 (1)	
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller ikke minstekravene i §14-3	
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3031:2014 (tabell A.6)	
Energiforsyning	Fossilt brensel benyttes ikke i oppvarmingsanlegget (§14-4)	
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller ikke byggeforskriftenes energikrav	

Minstekrav (§14-3)			
Beskrivelse	Verdi	Krav	
U-verdi yttervegger [W/m²K]	0,17	0,22	
U-verdi tak [W/m²K]	0,12	0,18	
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m²K]	0,21	0,18	
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m²K]	0,80	1,20	
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	1,00	1,50	

Energiltak (§14-2 (2))			
Beskrivelse	Verdi	Krav	
Samlet glass-, vindus og dørareal delt på bruksarealet [%]	19,0	25,0	
U-verdi yttervegger [W/m²K]	0,17	0,18	
U-verdi tak [W/m²K]	0,12	0,13	
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m²K]	0,21	0,10	
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m²K]	0,80	0,80	
Normalisert kuldebroverdi [W/m²K]	0,04	0,07	
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	1,00	0,6	
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	85	80	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m³/s]:	1,50	1,50	

## Passivhusevaluering og energiberegning med lokalklima

### 1 DAGENS SITUASJON:

Energiytelse			
Beskrivelse	Verdi	Krav	
Netto oppvarmingsbehov	161,6 kWh/m²	15,6 kWh/m²	
Netto kjølebehov	0,0 kWh/m²	0,0 kWh/m²	
Energibruk el./fossile energibærere	247,4 kWh/m²	216,5 kWh/m²	

Energibudsjett (NS 3700)			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	296134 kWh	161,6 kWh/m²	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m²	
2 Varmtvann (tappevann)	54619 kWh	29,8 kWh/m²	
3a Vifter	20399 kWh	11,1 kWh/m²	
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m²	
4 Belysning	20879 kWh	11,4 kWh/m²	
5 Teknisk utstyr	32108 kWh	17,5 kWh/m²	
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m²	
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m²	
Totalt netto energibehov, sum 1-6	424140 kWh	231,4 kWh/m²	

## 2 ENKEL OPPGRADERING AV BYGNINGSKROPPEN OG VENTILASJON:

Energiytelse			
Beskrivelse		Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov		105,1 kWh/m <sup>2</sup>	15,6 kWh/m <sup>2</sup>
Netto kjølebehov		0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Energibruk el./fossile energibærere		178,4 kWh/m <sup>2</sup>	153,1 kWh/m <sup>2</sup>

Energibudsjett (NS 3700)			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	192680 kWh	105,1 kWh/m <sup>2</sup>	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
2 Varmtvann (tappevann)	54619 kWh	29,8 kWh/m <sup>2</sup>	
3a Vifter	7603 kWh	4,1 kWh/m <sup>2</sup>	
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
4 Belysning	20879 kWh	11,4 kWh/m <sup>2</sup>	
5 Teknisk utstyr	32108 kWh	17,5 kWh/m <sup>2</sup>	
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
Totalt netto energibehov, sum 1-6	307889 kWh	168,0 kWh/m <sup>2</sup>	

## 3 OMFATTENDE OPPGRADERING AV BYGNINGSKROPPEN OG VENTILASJON:

Energiytelse			
Beskrivelse		Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov		24,0 kWh/m <sup>2</sup>	15,6 kWh/m <sup>2</sup>
Netto kjølebehov		0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Energibruk el./fossile energibærere		80,5 kWh/m <sup>2</sup>	74,5 kWh/m <sup>2</sup>

Energibudsjett (NS 3700)			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	43957 kWh	24,0 kWh/m <sup>2</sup>	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
2 Varmtvann (tappevann)	54619 kWh	29,8 kWh/m <sup>2</sup>	
3a Vifter	12240 kWh	6,7 kWh/m <sup>2</sup>	
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
4 Belysning	20879 kWh	11,4 kWh/m <sup>2</sup>	
5 Teknisk utstyr	32108 kWh	17,5 kWh/m <sup>2</sup>	
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
Totalt netto energibehov, sum 1-6	163804 kWh	89,4 kWh/m <sup>2</sup>	

# REHABILITERING AV BORETTSLAG TIL NESTEN NULLENERGINIVÅ EN MULIGHETSSTUDIE FOR BOLIGBYGGELAGET TOBB

Hvilket potensial kan et boligbyggelag som TOBB ha for oppgradering av bygningsmassen til nesten nullenerginivå (nZEB) fram mot 2030? Hvilke tiltak er nødvendige, og lønner det seg i et klimaperspektiv?

Vestlia borettslag, et boligområde i Trondheim bygget på 70-tallet, er brukt som case. Oppgradering til et enkelt nivå og et ambisiøst nivå som er kalt nZEB-nivå er beskrevet. Beregninger er foretatt både for energibruk og for klimafotspor.

Resultatene viser at i et 60-årsperspektiv har nZEB-oppgraderingen et langt lavere klimafotspor enn den enkle oppgraderingen fordi energibesparelsen gir en større klimagevinst enn klimafotsporet av oppgraderingen. Resultater fra workshoper med partnerne TOBB, Trønderblikk og Vintervill, viste et stort behov for nye verktøy for at borettslag skal kunne ta beslutninger om energioppgradering i tråd med det grønne skiftet.