



Høgskulen
på Vestlandet

BACHELOROPPGAVE

Energieffektivisering av Mannsverk boliglag
AS

Energy efficiency improvement of Mannsverk
housing association AS

Petter Christensen, Andreas Kobbeltvedt Endregaard og
Adrian Thue Grønlund

BYG350 Bacheloroppgave

Ingeniørfag bygg og anlegg, bachelorstudium, Bergen

Veileder: Anne Sofie Handal Bjelland og Ane Margrethe Lyng

Innleveringsdato: 16.05.2024

Jeg bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle

kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 12-1.

Forord

Denne bacheloroppgaven er en avsluttende oppgave på byggingeniør studiet som en del emnet «BYG350 Bacheloroppgave» for Petter Christensen, Adrian Thue Grønlund og Andreas Kobbeltvet Endregaard. Oppgaven er skrevet ved Høgkula på Vestlandet campus Bergen, våren 2024.

Oppgaven oppsto som et resultat av at hele gruppen har en interesse for bygningsfysikk, og ønsket derfor å basere oppgaven på dette. I tillegg er dette et dagsaktuelt tema, og kommer trolig til å bli enda viktigere med årene som kommer, spesielt med tanke på temaet energieffektivisering.

Vi ble satt i kontakt med Vestbo AS som skulle i gang med en energikartlegging av Mannsverk boligbyggerlag AS. Vi har gjennom perioden hatt et godt samarbeid med på Vestbo AS, og de har bistått oss slik at denne oppgaven ble en realitet. Vi har gjennom arbeidet med oppgaven vært inne på flere tematikker, før vi til slutt endte opp med en dagsaktuell problemstilling med tilhørende forskningsspørsmål.

Vi ønsker å rett en takk til våre veiledere Ane Margrethe Lyng og Anne Sofie Handal Bjelland, for god veiledning gjennom arbeidet med oppgaven. Ønsker også å takke vaktmester ved Mannsverk boligbyggerlag As for god hjelp ved informasjonshenting og befarings av byggene.

Dato, signatur:

Petter christensen
15.05.2024

Andreas Kobbeltvedt Endregaard
15.05.2024

Adrian Thue Grønlund
15.05.2024

Petter Christensen

Andreas Kobbeltvedt Endregaard

Adrian Thue Grønlund

Sammendrag

Vestbo AS ønsker en energikartlegging av et av Bergens største borettslag Mannsverk Boliglag AS. En slik kartlegging er viktig før man eventuelt går i gang med en oppgradering av bygningsmassen. Kartleggingen gir oss en pekepinn på om det er mulig å få støtte fra Enova eller ikke. Det er beboerne som til slutt skal stemme over hvilke vedtak som skal gjennomføres.

Denne oppgaven tar for seg kostnadsoptimaliserte løsninger for å oppfylle Enova sitt krav om 20% reduksjon i energibehovet. Det ble utarbeidet og gjennomført en spørreundersøkelse av Vestbo, for å kartlegge beboernes opplevelse av bygget. Det blir sett på tilstanden til bygningskroppen og beboernes opplevelse av bygget, for å definere hvilke energieffektive tiltak som må utføres.

Resultatene viste oss det er potensiale for energibesparelse i de ulike tiltakene. Vi laget flere tiltakspakker som kombinerer de ulike energieffektive tiltakene. Det ble deretter regnet på lønnsomhet for de ulike tiltakspakkene og anbefalinger om hvilke som er mest lønnsom.

Denne oppgaven gir verdifull innsikt i hvordan eksisterende betongblokker kan oppgraderes med tanke på energieffektivisering. I tillegg til hvordan dette vil påvirke beboerne i et borettslag. Resultatene vil være nyttige for fagfolk og beslutningstakere i form av et borettslag som ønsker å oppgradere bygningsmassen. Vi har kun sett på energireduksjon i betongblokkene, videre kan man se på energiproduksjon.

Summary

Vestbo AS wants an energy mapping of one of Bergen's largest housing cooperatives, Mannsverk Boliglag AS. Such a survey is important before embarking on an upgrade of the building. The survey gives us an indication of whether it is possible to receive support from Enova or not. It is the residents who will ultimately vote on which decisions are to be implemented.

This thesis deals with cost-optimized solutions to meet Enova's requirement of a 20% reduction in energy demand. A survey was prepared and conducted by Vestbo, to map the residents' experience of the building. We will look at the condition of the building's body and the residents' experience of the building, to define which energy-efficient measures must be carried out.

The results showed us that there is potential for energy savings in the various measures. We made several packages that combine the various energy-efficient measures. The profitability of the various packages and recommendations on which are the most profitable were then calculated.

This thesis provides valuable insight into how existing concrete blocks can be upgraded in terms of energy efficiency. In addition to how this will affect the residents of a housing association. The results will be useful for professionals and decision-makers in the form of a housing association that wants to upgrade the building stock. We have only looked at energy reduction in the concrete blocks, further we can look at energy production.

Innholdsfortegnelse

FORORD	1
SAMMENDRAG	3
SUMMARY	4
INNHOLDSFORTEGNELSE	5
FIGURLISTE	6
TABELLISTE	8
BEGREPSLISTE	5
KAPITTEL 1. INNLEDNING	9
1.1 Oppgavens oppbygning	9
1.2 Bakgrunn for oppgaven	9
1.3 Boligbyggelag- og borettslagets historie	10
1.4 Hvorfor energieffektivisere?	11
1.5 Problemstilling	12
KAPITTEL 2. METODE	12
2.1 VITENSKAPSTEORETISK UTGANGSPUNKT	13
2.2 Forskningsdesign	13
2.3 Litteratursøk	13
2.4 Valg av casebygg	14
2.5 Befaring	15
2.6 Tester	16
2.7 Analyse	18
3.7 Datakvalitet	20
KAPITTEL 3. TEORI	21
3.1 De rettslige rammene i et borettslag	21
3.2 Lovverk	23
3.3 Verktøy for kartlegging av energibehovet til bygget	24
3.4 Varmetap	26
3.5 Energieffektiviserende tiltak	30
3.6 Økonomi	32
KAPITTEL 4. RESULTATER OG DISKUSJON	34
4.1 Kartlegging	34
4.2 Simulering	42
4.3 Tiltak	48
4.4 Energibesparelse	54
4.5 Lønnsomhetsberegning	55
4.6 Oversikt over anbefalte tiltak i prioritert rekkefølge	59

4.7 Forslag til ulike tiltakspakker	60
4.8 Energimerking	62
KAPITTEL 5. KONKLUSJON	63
KAPITTEL 6. VEIEN VIDERE	64
KAPITTEL 7: REFERANSER.....	65
KAPITTEL 8. VEDLEGG	72

Figurliste

Figur 1: Grafen er selvlaget i Excel med data hentet fra forbrukerrådet (Forbrukerrådet, 2024) som viser gjennomsnittlig spotpris for Vestlandet per år fra 2016 til 2023 (Fortum, 2024). ...	10
Figur 2: Viser Mannsverks plassering på kartoversikt av Bergen (farget i blå). Kart hentet fra norgeskart.	15
Figur 3: Viser høyblokken på Mannsverk fotografert med drone fra Vestbo.	15
Figur 4: Viser dronetypen som ble benyttet (Djioslo, u.d.).	17
Figur 5: Viser elektromagnetisk spekter (Emstraling, 2017).....	17
Figur 6: Beslutningsprosessene i borettslag (Byggforsk, 2018).	22
Figur 7: Bilde av karakterskala (Fjordkraft, 2017).....	25
Figur 8: Kyoto- pyramiden hentet fra: (Tønnessen, 2010).....	26
Figur 9: Illustrasjon av ulike typer transmisjonsvarmetap (Byggforsk, 2018).	27
Figur 10: Illustrerer typiske steder kuldebroer kan oppstå (Tekna, 2020).	28
Figur 11: Viser flatt tak med bærekonstruksjon av betong (Byggforsk, 2018).	30
Figur 12: Viser temperaturvariasjonen av henholdsvis utvendig og innvendig etterisolering (Byggforsk, 2014).	31
Figur 13: Privat bilde av vindu fra 1985.	35

Figur 14: Privat bilde av takkonstruksjonen.....	36
Figur 15: Bilde tatt med drone av fasade mot nord på høyblokken.	37
Figur 16: Bilde tatt med drone av fasade mot sør på høyblokken.....	37
Figur 17: Bilde tatt med drone av taket på høyblokken.	38
Figur 18: Bilde tatt med drone av fasade mot øst på en lavblokk.	38
Figur 19: Bilde tatt med drone av fasade mot øst på en lavblokk.	39
Figur 20: Forklaring til resultat av spørreundersøkelsen.....	39
Figur 21: Resultat fra spørreundersøkelsen.....	40
Figur 22: Resultat fra spørreundersøkelsen.....	41
Figur 23: Resultat fra spørreundersøkelsen.....	42
Figur 24: Kakediagram av energibudsjett til en av lavblokkene.....	45
Figur 25: Kakediagram av energibudsjett til høyblokken.	45
Figur 26: Energibudsjett for høyblokken (108 enheter).....	46
Figur 27: Energibudsjett til en av lavblokkene (32 enheter).	46
Figur 28: Levert energi til høyblokken.....	47
Figur 29: Levert energi til en av lavblokkene.	48
Figur 30: Kakediagram som viser hvor stor del av total energibesparelse de ulike tiltakene utgjør.....	55
Figur 31: Stolpediagram som viser nåverdien av de ulike tiltakene med en energipris på 1kr/kWh.....	56
Figur 32: Stolpediagram som viser nåverdien av de ulike tiltakene med en energipris på 1,5kr/kWh.....	57

Figur 33: Stolpediagram som viser nåverdien av de ulike tiltakene med en energipris på 2kr/kWh.....	58
Figur 34: Stolpediagram som viser nåverdien og energibesparelsen til de ulike tiltakspakkene.	60
Figur 35: Energimerking før tiltak.	62
Figur 36: Energimerking etter tiltak.	62

Tabelliste

Tabell 1: Inndataverdier i SIMIEN.....	44
Tabell 2: Oversikt over levert energi for de ulike blokkene.	47
Tabell 3: Etterisolering av fasade	50
Tabell 4: Etterisolering av tak	51
Tabell 5: Utskiftning av vinduer.....	53
Tabell 6: Balansert ventilasjon	54
Tabell 7: Samlet energibesparelse for hele Mannsverk.....	54
Tabell 8: Lønnsomhets beregning ved en energipris på 1kr/kWh.....	56
Tabell 9: Lønnsomhets beregning ved en energipris på 1,5kr/kWh.	57
Tabell 10: Lønnsomhets beregning ved en energipris på 2kr/kWh.....	58
Tabell 11: Oversikt over prioritert rekkefølge på de ulike tiltakene med tanke på levetid.	59
Tabell 12: Oversikt over økningen i kostnader til beboerne, for de ulike tiltakene.	60
Tabell 13: Oversikt over de ulike tiltakspakkene som er presentert.....	60

Kapittel 1. Innledning

1.1 Oppgavens oppbygning

I denne oppgaven vil først bakgrunnen og utgangspunktet for undersøkelsen bli presentert. Sammen med problemstillingen og dens avgrensninger vil det bli definert noen forskningsspørsmål som skal besvares. Deretter vil metoden bli presentert, samt hvordan denne metoden vil bli benyttet for å belyse problemstillingen.

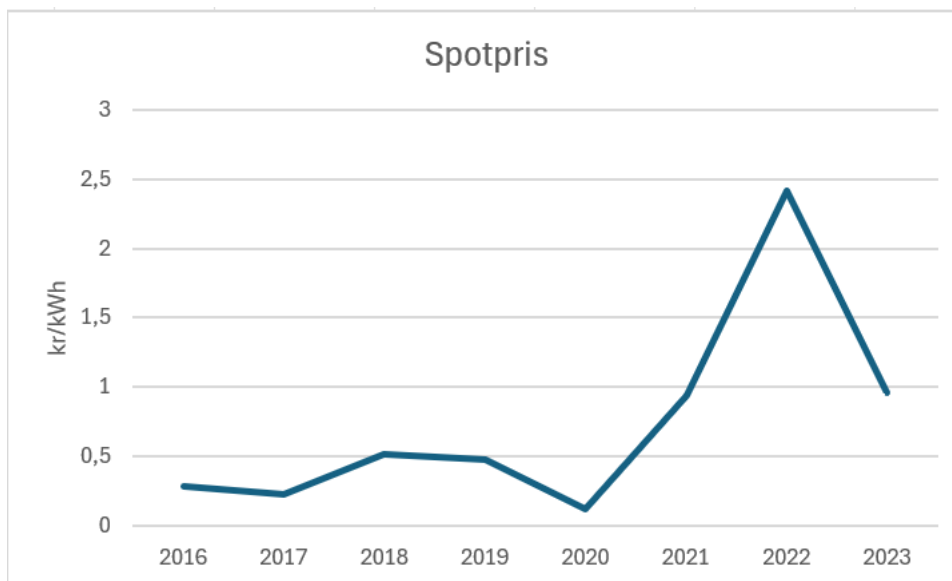
Videre vil et kapittel om teori bli presentert. Dette vil danne det faglige grunnlaget som må til for å kunne besvare problemstillingen med de relevante forskningsspørsmålene.

Neste steg vil innebære å legge frem og drøfte funnene, dette vil inkludere en beboerundersøkelse, rapporter fra SIMIEN samt utregninger gjennomført i Holte. Disse resultatene vil undervis bli nøye diskutert med hensyn til problemstillingen, samt de relevante forskningsspørsmålene.

Avslutningsvis vil en konklusjon bli konkludert, etterfulgt av flere forslag til veien videre.

1.2 Bakgrunn for oppgaven

Det er i dag høye energipriser i Norge og Europa, se figur 1. Dette sammen med økt inflasjon og renteøkninger skaper utfordringer for industri, husholdninger og næringsliv (Regjeringen, 2023). I tillegg bidrar klimamålene som er gitt i den internasjonale klimaavtalen, Parisavtalen, til at flere EU-land faser ut kullkraftverk mot 2030 (Holden, 2023). Hvor det ønskende fokuset i større grad er å innføre grønn industri (Regjeringen, 2023). Dette gjør at vi som samfunn må ha et økt fokus på hvordan vi kan redusere det økende energiforbruket.



Figur 1: Grafen er selvlaget i Excel med data hentet fra forbrukerrådet (Forbrukerrådet, 2024) som viser gjennomsnittlig spotpris for Vestlandet per år fra 2016 til 2023 (Fortum, 2024).

I 2020 sto husholdninger for 22 prosent (%) av det norske forbruket av energi (Energifakta Norge, 2024). Tall fra Statistisk Sentralbyrå (SSB) viser at for Bergen utgjør boligblokker 67 644 boliger av totalt 145 603 boliger, altså 46,5 %. Av disse er 44 186 bygget før 1980, som vil si 65 % (Statistisk Sentralbyrå, 2024). Mange av disse er organisert som boligbyggelag eller borettslag. Dette viser at potensialet for total energibesparing er stort for denne typen boliger. En oppgradering kan i tillegg være positivt for hver enkelt beboer med tanke på bedre inn klima og lavere energiforbruk.

Som et tiltak for å redusere energibruken har Enova ulike støtteordninger for både privatpersoner og bedrifter (Enova, 2023). Ved å kutte energibehovet til bygningene med minimum 20 % vil Enova bidra med støtte til ulike borettslag. Dette er tiltak som er med på å oppnå regjeringens mål om energieffektivisering (Regjeringen, 2023).

1.3 Boligbyggelag- og borettslagets historie

Boligbyggelagets historie i Norge strekker seg helt tilbake til midten av 1800-tallet, hvor sterk befolkningsvekst medførte at arbeidsbevegelsen måtte sette boligspørsmålet høyere opp på dagsorden (NBBL, u.d.). Her kom det frem både krav til kommunale og kooperativ boligbygging, men det var ikke før rundt første verdenskrig at det oppstod et gjennombrudd for boligsak og boligpolitikken i Norge som ligner på det boligbyggerlagene bruker i dag (NBBL, u.d.).

Dette gjennombruddet kom i 1928 med etableringen av Bygningsarbeidernes Boligproduksjon (BB), hvor tanken var at et *«selskap skulle ha ansvar for byggingen, mens et eget selskap skulle overta de kompleksene BB bygde.»* (NBBL, u.d.).

Som følge av 2. verdenskrig var det behov for ytterligere 100 000 boliger (NBBL, u.d.). Her stod boligbyggerlagene for store deler av gjenoppbyggingen av Norges boliger. Dette dannet grunnlaget for etableringen av nye boligbyggerlag over hele landet, som for eksempel Vestbo, som var ansvarlig for oppføringen av Mannsverk boliglag.

I dag er det 41 boligbyggerlag som er tilsluttet Norske Boligbyggelags Landsforbund. Disse boligbyggerlagene er med på å forvalte til sammen 530 000 boliger. Tall fra 2018 viser også at boligbyggerlagene var med å igangsette 3959 boliger (NBBL, u.d.). I et borettslag eier ikke enkeltpersonen selve boligen, men eier en andel i borettslaget (Lovadata, 2022). En slik andel gir en eksklusiv bruksrett til en bestemt leilighet. Det er altså borettslaget i sin helhet som eier og administrerer eiendommen (Eiendomsadvokater, u.d.). En fordel med et slik samvirkeforetak er at borettslaget kan anses som en egen juridisk enhet med partsevne, det vil si at borettslaget kan påta seg større finansielle lån (Eiendomsadvokater, u.d.). Disse lånene kan eksempelvis være med på å gjennomføre større utbedringer av bygningskroppen som f.eks. energieffektivisering.

Statistikk fra 2023 viser at 13,6 % av Norges totale husholdninger er registrert i en form for andels-/ aksjeeier. Dette utgjør 11,3 % av Norges befolkning (SSB, 2024).

1.4 Hvorfor energieffektivisere?

Å bygge nytt er både dyrt og lite miljøvennlig (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2021). Det å rive og bygge nytt medfører også et høyere klimagassutslipp (Enova, 2024). Det er derfor viktig å se på hvordan vi kan gjenbruke og oppgradere eksisterende bygningsmasser.

«FNs bærekrafts mål er verdens felles arbeidsplan for å imøtekomme dagens behov uten å ødelegge mulighetene for kommende generasjoner få dekket sine behov» (De forente nasjoner, 2024). Et av de 17 hovedmålene er å skape bærekraftige byer og lokalsamfunn, mål nr.11. Sammen med Paris-avtalen ser vi derfor viktigheten av å redusere energibruken og gjenbruke bygningsmassene på en bærekraftig måte.

Formålet med denne oppgaven er å se på ulike energieffektiviserende tiltak som kan være med på å forlenge bygningsmassens levetid, redusere energibehovet og samtidig se på bygningens reelle og ønskede energiforbruk. Her ønsker vi å finne de mest optimaliserte løsningene som kan være med på å senke energibehovet til Mannsverk boliglag.

1.5 Problemstilling

Oppgaven skal svare på følgende problemstilling:

«Hvordan tilfredsstille Enova sitt krav om minst 20% energireduksjon, med tanke på kostnadsoptimaliserte energitiltak i eksisterende betongblokker, for eldre borettslag?»

For å kunne svare på hovedproblemstillingen har vi satt opp følgende forskningsspørsmål:

- 1) Hvilke energitiltak har størst potensial for energireduksjon i eldre betongblokker, med fokus på kostnadseffektivitet?
- 2) Hvordan påvirker bygningens alder og tilstand valget og effektiviteten av energitiltakene?
- 3) Hvordan påvirker beboernes adferd og engasjement suksessen til energieffektivitetsprogrammer i borettslag?

1.5.1 Omfang og avgrensning

Oppgavens omfang må begrenses innenfor de ressurs- og tidsbegrensningene vi har. Oppgaven avgrenses til å fokusere på strategier og tiltak som kan anvendes for å gjøre eksisterende betongblokker på Mannsverk mer energieffektive. I tillegg til å gjøre tiltakene så kostnadseffektive som mulig. Dette innebærer å se på ulike typer etterisolering, samt utskiftning og installasjon av vinduer for å forbedre U-verdier til dagens standard. Det vil ikke bli sett på ulike måter av energiproduksjon.

Kapittel 2. Metode

Dette kapittelet vil ta for seg oppgavens metodiske tilnærming. Dette vil gi en innsikt i hvordan vi har gått frem for å samle inn data for å kunne adressere oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål. Videre vil vi gjøre rede for valg av vitenskapsteoretisk utgangspunkt, forskningsdesign, anvendte metoder i tillegg til en vurdering av datakvaliteten.

2.1 Vitenskapsteoretisk utgangspunkt

Oppgaven har som mål å undersøke samt få innsikt i hva som må til for å tilfredsstille Enova sitt 20 % krav for energireduksjon, med tanke på kostnadsoptimaliserte energiltak i eksisterende betongblokker. For å besvare dette har vi valgt å basere den metodiske tilnærmingen på kvalitativ undersøkelse. Ved en slik undersøkelsesform går man i dybden på et begrenset antall caser eller enheter, hvor det fokuseres mer på mening og innhold, fremfor bredde og omfang (Fangen, 2022). Her vil det bli tatt ut et begrenset utvalg av blokkene som befinner seg på Mannsverk. I den hensikt å oppnå en mer helhetlig forståelse av caseobjektet.

Vi har funnet det mest hensiktsmessig å ta i bruk en casestudie som forskningsdesign. Gerring har definert en slik studie som «*an intensive study of a single unit for the purpose of understanding a larger class of (similar) units*» (Gerring, 2004). Her vil innhenting av data bli gjort gjennom varierte tester og analyser av de aktuelle caseobjektene. I tillegg til den kvalitative undersøkelsen vil det bli gjennomført en kvantitativ spørreundersøkelse. En slik kombinasjon av metodetyper omtales ofte som metodetriangulering. Denne metodetypen vil kunne bidra til et større omfang av deduksjon og induksjon slik at man får en bedre forståelse av problemstillingen (Grønmo, 2012).

2.2 Forskningsdesign

En casestudie er gjerne preget av grundige og spesifikke undersøkelser av én eller flere enheter innenfor en bestemt kontekst (Yin, Case Study Research, 2014). En slik tilnærming innebærer et dypdykk inn i de valgte casebyggene på Mannsverk, i den hensikt å få en detaljert forståelse av disse byggene og hvordan de fungerer. Gjennom disse undersøkelsene av Mannsverk søker vi som forskere å få innsikt i relevant informasjon som kan være med å besvare problemstillingen, men også for å få en forståelse av lignende situasjoner eller fenomener i fremtiden. Det er med andre ord viktig at casestudiet er analytisk generaliserbart (Yin, Validity and generalization in future case study evaluations, 2013).

2.3 Litteratursøk

Litteratursøket vil danne grunnlaget for teorikapitlet ved denne oppgaven. Dette utgjør en viktig del av arbeidet, som vil være med å gi både oppgaven og oss som skribenter det teoretiske grunnlaget som kreves for å besvare problemstillingen. For oss som skribenter har det vært viktig å kunne utvikle en problemstilling som ikke allerede er tilstrekkelig utforsket.

Dette har medført at vi har måtte bruke mye tid på litteratursøk og systematisk gjennomgang av dette, for å se at vi ikke allerede besvarer en tidligere utarbeidet problemstilling.

For å tilegne oss den nødvendige informasjonen og kunnskapen som trengtes til å besvare problemstillingen har vi i all hovedsak benyttet oss av Google Scholar, Oria og SINTEF Byggforsk. I tillegg er det blitt benyttet relevante litteratur- og fagbøker som har vært pensum ved emner fra tidligere i studieløpet. Disse søkemotorene og databasene betraktes gjerne som pålitelige kilder, men likevel er det av avgjørende for oppgavens betydning å utøve en kritisk kildetilnærming til den innhentede informasjonen. Ved å ta i bruk slike ressurser, legger vi grunnlaget for en grundigere og mer velbegrunnet forskning.

2.4 Valg av casebygg

Ved valg av casebygg er det avgjørende for forskningens relevans at caset er representativt for vår problemstilling med angitte forskningsspørsmål. En grundig utvalgsprosess er nødvendig for å sikre at caset reflekterer den faktiske situasjonen og dens utfordringer ved eksisterende betongblokker.

Som nevnt under kapittel 1.3 er det idag mange eldre boligblokker som har behov for oppgradering. Det er derfor viktig at caseobjektene er representativt for byggverk fra denne tidsepoken. I tillegg ble boliger på denne tiden bygget før nyere tekniske forskrifter og byggekrav. Noe som gjør at dette er boliger med et større potensial for energieffektivisering, dette fordi de tekniske kravene var mildere på den tiden.

I den anledning ble vi kontaktet av Vestbo AS, som nå er i gang med en oppgraderingsprosess av Mannsverk Boliglag AS, for et samarbeid om en energikartlegging av bygningsmassen.

Mannsverk Boliglag AS ble etablert på slutten av 1950-tallet og består av 588 leiligheter. Boliglaget består av en høyblokk på 13 etasjer som er omgitt av ni blokker på fire etasjer (Nilsen, 2012). Disse blokkene ble ved hjelp av moderne fundamenteringsteknologi og bygningselementer reist på kort tid. Dette var første gang denne byggeteknikken ble brukt i Bergen, og flere senere prosjekter har hentet erfaringer herfra (Nilsen, 2012).



Figur 2: Viser Mannsverks plassering på kartoversikt av Bergen (farget i blå). Kart hentet fra norgeskart.

Det har i senere tid blitt utført ulike typer oppgraderinger på boligene, men det er fortsatt usikkert hvor energieffektive boligene er i dag.

2.5 Befaring

For å oppnå en dypere forståelse for blokkene på Mannsverk valgte vi å gjennomføre en befaring i mars. Befaringen ble gjennomført sammen med vaktmesteren for Mannsverk boliglag.



Figur 3: Viser høyblokken på Mannsverk fotografert med drone fra Vestbo.

Befaringen ble gjennomført fordi det var nødvendig med en direkte inspeksjon for å danne et mer omfattende inntrykk av hvordan blokkene så ut i dag. I tillegg fantes det svært lite tilgjengelige dokumenter av byggenes oppbygning eller kart av området som var av vesentlig interesse for vår oppgave. Her ble det gjennomført en generell omvisning på området, samt gitt innsyn i aktuelle bygningsdeler som vi hadde interesse av. Videre fikk vi tilgang til gamle tegninger med beskrivelse av byggets oppbygning som lå i arkivet tilknyttet vaktmesteren. Det ble også tatt en rekke bilder gjennom mobilkamera av både tegninger, bygningsdeler og av området. Dette vil videre bli benyttet som et tillegg til oppgaven.

2.6 Tester

For at vi skal klare å gjennomføre beregninger er det avgjørende at vi klarer å samle inn nødvendige data for det aktuelle caseobjektet Disse dataene er essensielle for å kunne utføre en grundig analyse av bygningsmassen. Her har vi funnet det hensiktsmessig å benytte oss av termografering ved bruk av drone, for å se på bygningens varmeegenskaper. Dataene som er innsamlet vil ved en senere anledning i oppgaven bli analysert og behandlet for å identifisere aktuelle områder som bør utbedres.

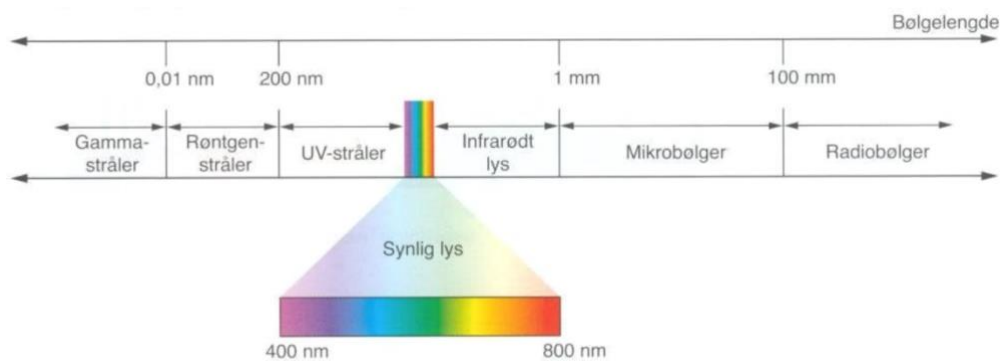
2.6.1 Termografering med drone

Formålet med termograferingen er å kunne lokalisere og dokumentere varmeisoleringssevnenene til ulike bygningsdeler, samtidig som man avdekker eventuelle luftlekkasjer i bygningens klimaskjerm. Metoden egner seg særdeles godt når man skal kontrollere en bygning termiske og energimessige egenskaper (Byggforsk, 2014). Her har vi benyttet oss av drone med tilkoblet termograferingskamera som figur 12 illustrerer. Dette kameraet hjelper oss til å visualisere temperaturfordelingen for den aktuelle bygningsdelen. Et slikt kamera er i stand til å registrere infrarød stråling (IR-stråling) som brukes til å danne et bilde basert på intensiteten av strålingen fra de fotograferte objektene (Byggforsk, 2014).



Figur 4: Viser dronetypen som ble benyttet (Djioslo, u.d.).

IR-stråling er elektromagnetisk stråling som ligger utenfor det synlige spekteret, som illustrert i figur 13. Strålingen har en bølgelengde på mellom $0,7 \mu\text{m}$ (mikrometer) og ca. 1 mm (millimeter). For alle legemer med en temperatur som er over det absolutte nullpunkt ($273,15$ grader celsius) sendes det ut IR-stråling. Jo høyere temperaturen på et legeme er, desto sterkere blir intensiteten på strålingen den avgir (Holtebekk, 2021).



Figur 5: Viser elektromagnetisk spekter (Emstraling, 2017).

Blokkene på Mannsverk har flere kritiske områder langs byggets fasade som krever nærmere undersøkelse. Disse områdene avgir ofte varme som vil kunne sees på et termograferingskamera. Typiske konstruksjonsdeler er hjørner samt områdene rundt dører og vinduer.

Byggforskserien byggedetaljer 474.642 har vi valgt å legge til grunn for termografering av bygninger (Energikompetanse, u.d.). Byggedetaljen bygger også på NS-EN 13187 (Standard,

2023). Anvisningen tar altså for seg bruksområder, prinsipp og utstyr. I tillegg omtaler den også planlegging samt gjennomføring og vurdering av termograferingen (Byggforsk, 2014).

2.7 Analyse

I dette kapittelet vil vi utforske, samt gi forklaringer på de aktuelle analysemetodene som vi har valgt å benytte oss av ved denne studien. Analysen er med på å spille en avgjørende rolle i ulike beslutningsprosesser. Dette er med på å avsløre skjulte sammenhenger, i tillegg til å gi innsikt i potensielle utfall. Analyse er en nøyaktig undersøkelse av noe som er sammensatt av flere bestanddeler for da å kunne forklare et gitt problem eller en gitt utvikling (Nilstun, 2020). Samlet sett er analyse en uunnværlig ressurs for enhver organisasjon som søker å ta informerte og veloverveide beslutninger.

2.7.1 Simuleringer

SIMIEN 6 er et norsk simuleringsprogram som brukes for å evaluere bygg mot energibehov, energimerking og byggeforskrifter (SIMIEN, u.d.). Programmet ble lansert i 2008 og brukes blant annet av ingeniører innenfor bygg, elektro, vvs, og arkitekter for å nevne noen. SIMIEN bygger på den dynamiske beregningsmetoden beskrevet i NS 3031:2014 «*Beregning av bygningers energiytelse*», i tillegg evalueres det opp mot TEK17 og tidligere byggeforskrifter (SIMIEN, u.d.).

En SIMIEN beregning involverer innsamling, samt analyse av data for et gitt bygg. Det er ofte en utfordring å samle inn nøyaktig informasjon, da det kan være mangler eller usikkerhet rundt den innhentede dataen. I slike tilfeller kan det være hensiktsmessig å benytte seg av erfaringsbaserte estimater og tilnærminger. Samtidig innehar programvaren standardverdier for noen parametere i tillegg til forslag til vanlige konstruksjoner.

Tar man f.eks. og ser på en veggkonstruksjon vil programvaren komme med egne forhåndsdefinerte alternativer. Dette er midlertidige tallverdier som kan overskride med egendefinerte U-verdier dersom det er hensiktsmessig. Det kan være nødvendig å endre disse verdien når vi skal tilpasse beregningene til spesifikke forhold eller materialer i bygget.

Programmet fungerer som en verdifull ressurs for å finjustere bygge design og for å forbedre energieffektiviteten. Med SIMIEN får brukeren en nøyaktig og omfattende analyse av det

aktuelle energiforbruket, som igjen vil kunne ha en innvirkning på energikostnadene. Dette er med på å gjøre SIMIEN til et verdifullt verktøy for både byggebransjen og miljøet som helhet.

2.7.2 Spørreundersøkelse

Som nevnt under kapittel 2.1 vil det bli gjennomført en kvantitativ datainnsamling. Denne vil bli gjennomført i form av en digital spørreundersøkelse, med den hensikt å supplere casestudiet. Ved en kvantitativ studie innhentes data fra en større gruppe mennesker. Hvor denne informasjonen videre blir analysert ved hjelp av tall eller andre målbare mengdeenheter (Grønmo, 2012). Denne spørreundersøkelsen er utarbeidet alene av Vestbo, med lukkede svaralternativer beboerne velger mellom. Hvor vi har fått tilgang til resultatene fra undersøkelsen. Enheten tvinges inn i svarkategorier av typen «*litt enig*», «*litt uenig*», «*helt enig*», «*helt uenig*» o.l. (Jacobsen, Hvordan gjennomføre undersøkelser?, 2021).

Undersøkelsen vil bli utsendt via mail. Når man velger å sende ut spørreundersøkelsen på en slik måte har man kontroll på hvem som svarer. Utvalget av respondenter blir gjort ut fra en populasjonsliste (Jacobsen, Hvordan gjennomføre undersøkelser?, 2021). I denne undersøkelsen blir det utsendt 689 henvisninger, hvor vi ønsker å innhente informasjon som best gjenspeiler vår casestudie. Ut fra spørreundersøkelsen fikk vi 122 besvarelser, som utgjør 17,7 %.

2.7.3 Økonomi

Holte er en portal som leverer programvare, tjenester og kurs innen fagområder som HMS, kvalitetssikring, byggesak, kalkulasjon, uavhengig kontroll, FDV og prosjektstyring (Holte, u.d.). I oppgaven tar vi i bruk Holte sitt kalkulasjonsprogram, hvor prisene på de ulike tiltakene blir hentet fra. Disse vil bli ført inn i en kalkyle for å gi et bedre estimat på hva de eventuelle tiltakene vil koste.

Ved f.eks. utskiftning av vinduer av ulik størrelse så vil nødvendigvis ikke erfaringsverdier på kostnader strekke til, men ved bruk av Holte sin kalkulasjonsnøkkel vil vi kunne få et bedre estimat på hva slike tiltak i form av utskiftning av vinduer vil kunne koste.

Vi har valgt å bruke Excel for å lage en kostandskalkyle. Vi vil bruke nøkkeltall fra Holte for å se på kostnadene på de ulike tiltakene gjort i SIMIEN. Målet er å angi årlig besparelse på strømkostnadene etter en energieffektivisering av blokkene, som gir oss et grunnlag for hvilke tiltak som vil kunne resultere i størst økonomisk gevinst gjennom reduserte strømuttergifter.

2.8 Datakvalitet

Dette delkapittelet vil omhandle kvaliteten på valg av forskningsmetode. Hvor vi vil se på svakheter og styrker ved metodevalget. Dette vil videre bli evaluert ved å vurdere både validiteten og reliabiliteten ved den gjennomførte forskningen. I tillegg vil eventuelle usikkerhetsmomenter betraktes.

2.8.1 Validitet og reliabilitet

Validitet og reliabilitet er to sentrale begreper innenfor forskningsmetodikk. Validitet omhandler hvorvidt en studie måler det den faktisk ønsker å måle. Det dreiser seg altså om hvor nøyaktig og relevant forskningen er i forhold til forskningsspørsmålet eller hypotesen. Med en høy validitet innebærer det at resultatene er troverdige og representative for det som studeres (Sigmund Grønmo, 2024). Validitet skiller seg fra reliabilitet, som dreier seg om konsistensen og påliteligheten av forskningsresultatene. Reliabilitet omhandler hvorvidt en studie vil kunne få samme resultat om man gjør de samme undersøkelsene under like forhold gjentatte ganger. Har en studie høy reliabilitet indikerer dette at forskningsmetodene er pålitelige og gir konsistente resultater over tid (Svartdal, 2020).

Ved termograferingen kan det være flere usikkerhetsmomenter som må vurderes og tolkes ved analyse av dataene. Kalibrering av termokameraet, emissivitet, atmosfæriske forhold og avstand til de målte objektene er noen av faktorene som kan være med på å påvirke resultatet (Angeliki Kylili, 2014). Nøyaktigheten til termografiske målinger er avhengig av kalibreringen av termokameraet. Usikkerhetsmomentet kan her være når kameraet sist ble kalibrert, noe som i dette tilfellet var ukjent, som igjen kan ha innvirkning på nøyaktigheten til målingene. Emissivitet er en numerisk verdi mellom null og en som viser objektets evne til å avgi infrarød energi. For å oppnå optimal nøyaktighet bør denne verdien ligge så nært én som mulig. Materiale, overflatestruktur og overflatetemperatur er eksempler på faktorer som har en innvirkning på emissiviteten (maxsievert, u.d.). Atmosfæriske forhold som luftfuktighet, temperatur og atmosfærisk støv kan ha noe å si for termograferingen. Dette kan f.eks. få direkte innvirkning på strålingsmengden fra et objekt, som igjen vil kunne bidra til unøyaktige målinger. Avstanden mellom termokameraet og de målte objektet kan også være med å påvirke kvaliteten på målingene til termograferingen. En lengre avstand vil kunne vise mindre detaljer og nøyaktighet, dette grunnet begrensninger i oppløsningen til termokameraet (Angeliki Kylili, 2014).

Når det gjennomføres en kvantitativ spørreundersøkelse, er det viktig at analysen vurderer både validiteten og reliabiliteten. Ettersom denne undersøkelsen er utarbeidet av Vestbo er det svært viktig at vi som datamottakeren er oppmerksomme på eventuelle usikkerhetsmomenter ved undersøkelsen. Slike momenter kan være feil i utvalget, lav prosentbesvarelse, misoppfatning av spørsmålene og eventuelle feil i innsamlingen, samt behandlingen av disse dataene (Johnson, 2012). Ved at vi som datamottaker er klar over disse usikkerhetsmomentene er vi med på å sikre at undersøkelsen gir korrekte og gode resultater.

Kapittel 3. Teori

Teorikapitlet innledes med en gjennomgang av det juridiske rammeverket og beslutningsprosessene rundt et borettslag. Deretter presenteres teorien bak den tekniske forskriften, med spesiell vekt på hvordan den forholder seg til den bygningsfysiske teorien som f.eks. varmetap og U-verdi. Videre utforskes ulike energiltak og deres påvirkning på det totale energibehovet for blokkene. Til slutt vil den økonomiske teorien bli presentert.

3.1 De rettslige rammene i et borettslag

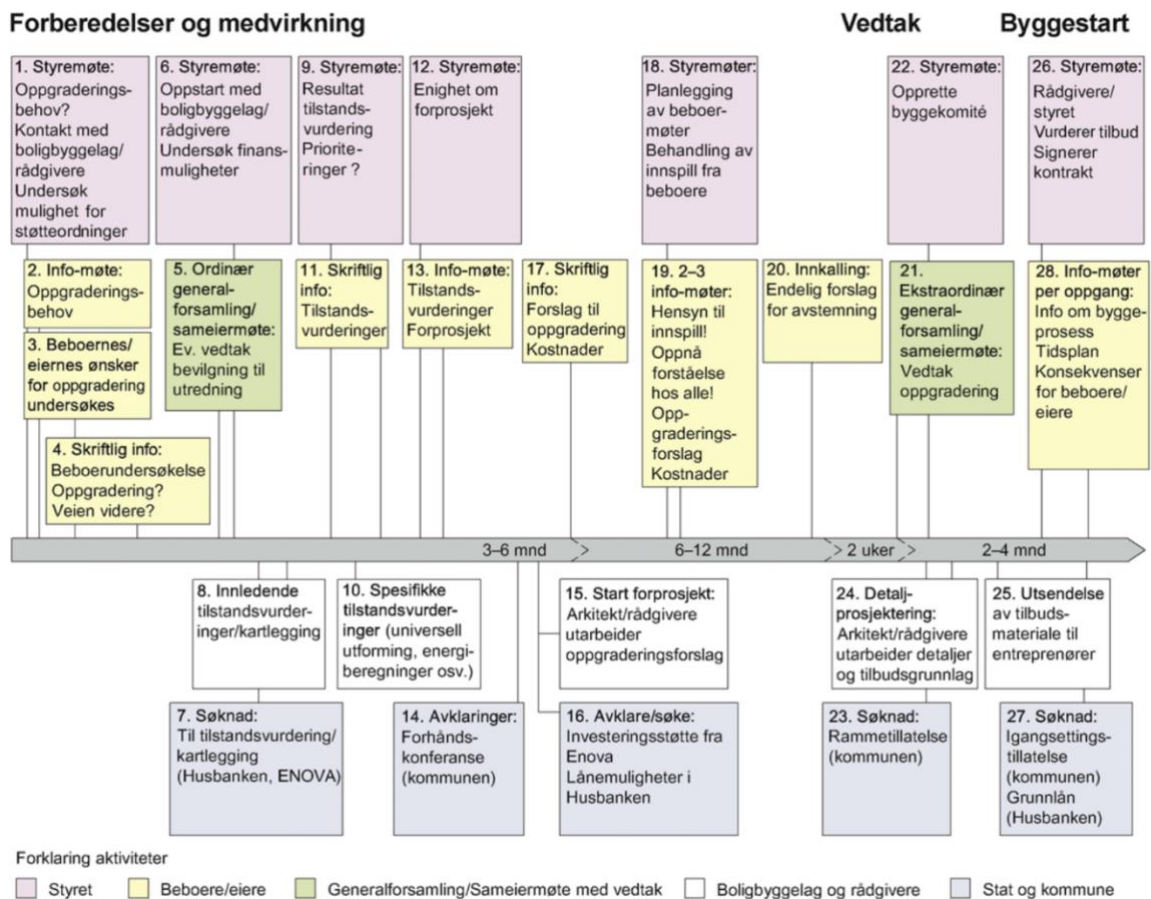
Det å bo i et borettslag bringer også med seg en rekke rettslige rammebetingelser, både for den enkelte andelseier og borettslaget i sin helhet (Lovadata, 2022). Skulle det være nødvendig å gjennomføre større tiltak som er med på å endre bygningens opprinnelige stand må dette gå gjennom generalforsamlingen.

Generalforsamlingen er borettslagets øverste organ og består av alle andelseierne i borettslaget (Huseierne, u.d.). Generalforsamling skal avholdes hvert år hvor saker som blant annet årsregnskap og årsmelding tas opp. I tillegg kan andre foreslåtte saker bli tatt opp her, eksempelvis større vedlikeholdsplaner. Her tas det avgjørelser som den enkelte andelseier må rette seg etter. I generalforsamlingen må det også velges ut et styre (Eiendomsrett, u.d.). Styret vil ta seg av den daglige driften på vegne av borettslaget og utføre vedtatte planer bestemt i generalforsamlingen. Hvis styret skal gjennomføre større utbredelser eller rehabilitering, kreves det samtykke fra generalforsamlingen. Ved slike tilfeller trenger styret et flertall på to tredjedeler for at tiltakene skal kunne gjennomføres (Lovadata, 2022).

3.1.1 Beslutningsprosesser

Som nevnt under kapittel 3.1 trenger styret et flertall fra generalforsamlingen for å kunne gjennomføre eventuelle oppgraderingstiltak av borettslaget. Styrets oppgave blir med andre ord å overbevise generalforsamling om nødvendigheten av oppgraderinger. En slik prosess kan være langstrekkelig og kreve mye arbeid. Det er dermed svært essensielt at all informasjon om en slik prosess blir godt kommunisert til alle beboere (Byggforsk, 2010).

SINTEF Byggforsk og NBBL har utarbeidet en beslutningsprosess på 28 trinn som en anbefaling på hvordan en slik prosess kan gjennomføres. I dette kapitlet vil bare de overordnede delene gjennomgås. Figur 6 viser en visuell fremstilling av trinnene over en tidslinje (Byggforsk, 2018).



Figur 6: Beslutningsprosessene i borettslag (Byggforsk, 2018).

Av figur 6 ser man at forberedelse- og medvirkningsfasen er den mest omfattede, og inneholder flest punkter. I denne fasen er det dermed avgjørende å dele informasjon så tidlig som mulig med både eierne og beboerne (Byggforsk, 2018). Transparent kommunikasjon og

tydeliggjøring om potensielle fordeler er nøkkelen til styret slik at de klarer å bygge tillit og oppnå støtte fra beboerne (Hauge, Mellegård, & Amundsen, 2011). Denne støtten er styret igjen avhengig av for å få gjennomslag for eventuelle endringer.

I figuren viser også noen gule bokser, disse representerer aktiviteter der andelseiere er involvert. Videre følger rene styreaktiviteter (rosa). De grønne boksene representerer generalforsamlinger. Tidslinjen er videre med på å tydeliggjøre betydningen av andelseiernes involvering gjennom hele prosessen. Rapporten tar i tillegg med anbefalinger om bruk av eksterne rådgivere (hvite bokser). Disse rådgiverne kan være det tilhørende boligbyggerlaget som da borettslaget har tilknytning til, eksempelvis Vestbo i dette tilfellet. Til slutt kommer involveringen av statlige og kommunale aktørene (blå bokser). Her kan støtte fra eksempelvis Husbanken og Enova være reelle alternativer for finansieringen. Kommunen på sin side må involveres gjennom byggesak og eventuell ny reguleringsplan for prosjektet, i tillegg til søknad om igangsettelse.

Det er åpenbart at borettslag, som en eierform, møter på større utfordringer sammenlignet med andre eiendomsformer når det kommer til gjennomføring av større tiltak. Derfor er styrets kommunikasjon med andelseierne en vesentlig del av prosessen og arbeidet. I tillegg er det helt essensielt med tanke på gjennomslag i generalforsamlingen (NBBI, u.d.).

3.2 Lovverk

Lovverket og byggeforskriftene spiller en sentral rolle for å opprettholde energi, miljø, helse og sikkerhet til bygg og konstruksjoner. «Byggeteknisk forskrift er en norsk forskrift som inneholder krav til utforming og gjennomføring av tiltak etter plan- og bygningsloven» (Lovdata, 2017).

3.2.1 Teknisk forskrift

Byggeteknisk forskrift også kalt TEK17 er den gjeldende standarden med krav til byggverk, og sier noe om grensene for det minimumet av egenskaper et byggverk må ha for å kunne oppføres lovlig i Norge (Direktoratet for byggkvalitet, 2017). TEK17 trådte i kraft den 1. juli 2017, og opphevet da de tidligere kravene i TEK10. Med andre ord så har det byggetekniske gjennomgått store endringer i sine krav gjennom årene, da både med tanke på utførelse og de tekniske kravene (Dibk, 2015).

3.2.1.1 Kapittel 14 energi

Kapittel 14 i TEK17 omhandler energibruk i alle bygninger. Det må dermed følges ved oppstilling av nye bygg, eller bygg som skal oppgraderes for å sørge for lavt energibehov og miljøvennlig energiforsyning (Direktoratet for Byggkvalitet, 2015). Veilederen «*arbeid på eksisterende bygg*» gir svar på om det utførte arbeidet krever søknad og om kravene i TEK17 gjelder.

3.2.1.2 Energirammemodellen og energitiltaksmodellen

Energirammemodellen og energitiltaksmodellen er to metoder for å dokumentere kravene til energieffektivitet definert i TEK17.

Energirammemodellen sier noe om tillat «*netto energibehov*», denne må ikke overstige «*energirammen i tabellen i §14-2 første ledd, i tillegg må minimumskravene i § 14-3 være oppfylt*» (Direktoratet for byggkvalitet, 2018). For at kravet skal være oppfylt må det totale netto energibehovet være innenfor kravene som er fastsatt i energirammen for bygningskategorien. Kontrollberegningen skal følge reglene i NS 3031 og energirammen angis i kilowattimer per kvadratmeter (kWh/m²).

Netto energibehov, kWh/m², er et tall på hvor mange kilowattimer (kWh) per kvadratmeter oppvarma bruksareal (BRA) per år. Netto energibehov er energibehovet en bolig har og inkluderer: varmetap, passivt tilskudd og internvarmetilskudd. Det tar ikke hensyn til energisystemets virkningsgrad eller tap fra energikilden. Begrepet er abstrakt, det kun kan regnes ut og ikke måles fysisk (Direktoratet for Byggkvalitet, 2015).

Energiltaksmodellen er beskrevet i tabellen i §14-2 andre ledd i TEK17 (Direktoratet for byggkvalitet, 2018). Det er et alternativ til rammemodellen, fordelene med tiltaksmodellen er omfordelingsprinsippet. Denne modellen gir rom for fleksibilitet ved at det er tillatt å omfordele mellom energitiltakene. Dette betyr at en kan redusere energikvaliteten på enkelte områder, men da må andre områder ha tilsvarende bedre kvalitet (Direktoratet for byggkvalitet, 2020).

3.3 Verktøy for energikartlegging

Under vil vi nevne noen verktøy som vil være nødvendige for å kunne kartlegge energibehovet for et bygg.

3.3.1 NS 3031

NS 3031 «*Beregning av bygningers energiytelse*» ble utgitt i 2014 av Standard Norge og spesifiserer metoder og krav for å evaluere energiytelsen til bygninger. Standarden ble trukket tilbake i 2018, men den blir fortsatt vist til i TEK17 kapittel 14. Standarden benyttes for beregning og dokumentasjon av bygningers energiytelse. Standarden er i tillegg grunnlaget for programmet SIMIEN som er et simuleringsprogram. Standarden brukes også for bestemmelse av energimerking for bygninger (Standard, 2021).

3.3.2 Energimerkings ordninger

Energimerking er et mål på boligens energibehov i tillegg til hvor denne energien kommer fra. Skalaen for energibehov angis i et karaktersystem som går fra G (dårligst) til A (best). Karakteren blir gitt ut ifra energibehovet til bygningen, dette angis i antall kWh/m² ved normalt bruk (Dibk, 2018). Karakterene A og B er forbeholdt boliger som plusshus og lavenergi boliger. Mens eldre bygg uten etterisolering ofte havner på karakteren G.

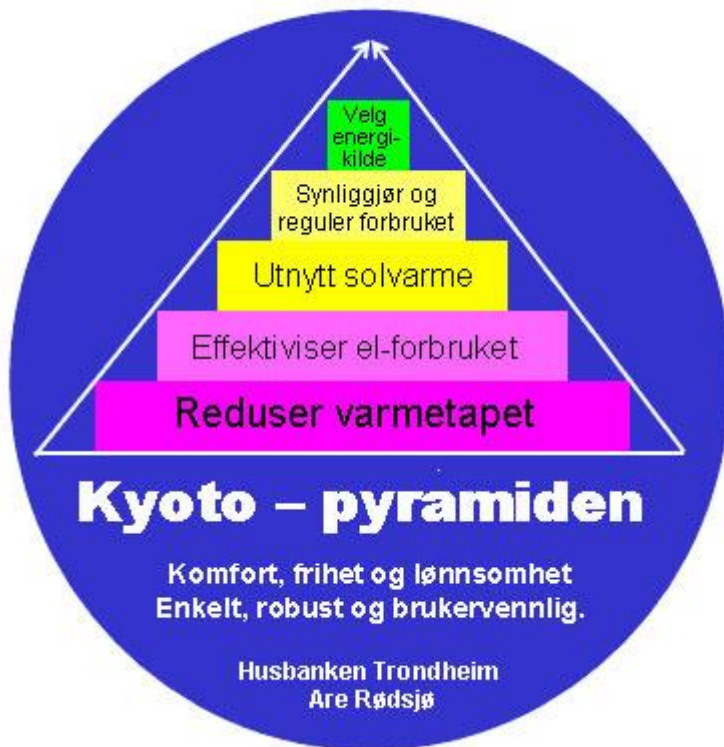
Skalaen for oppvarming viser hvor mye av oppvarming som kommer fra andre kilder enn strøm og fossilt brennstoff. Dette synligjøres av en fargeskala fra grønt (best) til rødt (dårligst) (Dibk, 2018). Ved bruk av fornybare energikilder som for eksempel solceller og fjernvarme.



Figur 7: Bilde av karakterskala (Fjordkraft, 2017)

3.3.3 Kyoto-pyramiden

Kyoto-pyramiden fra Husbanken og Sintef er et utgangspunkt for energieffektivisering av eksisterende bygg (Tor Helge Dokka, 2012). Pyramiden består av fem steg, hvor man starter på bunnen og jobber seg oppover, se figur 8.



Figur 8: Kyoto- pyramiden hentet fra: (Tønnessen, 2010).

Første steg er å redusere varmetapet fra bygningskroppen. Dette innebærer å hindre tap av energi ved blant annet minimering av kuldebroer og superisolerte vinduer og dører (Tor Helge Dokka, 2012). Steg to handler om å effektivisere elektrisitetsforbruket, ved blant annet å bruke energieffektive hvitevarer og belysning. De siste tre stegene i pyramiden dreier seg mer om hvor energien kommer fra, som blant annet utnyttelse av solenergi eller andre energikilder. Dermed ser vi at tiltak for å hindre energitap er det som først må prioriteres for å skape et energieffektivt bygg. Dette er med på å sette grunnlaget for vår problemstilling.

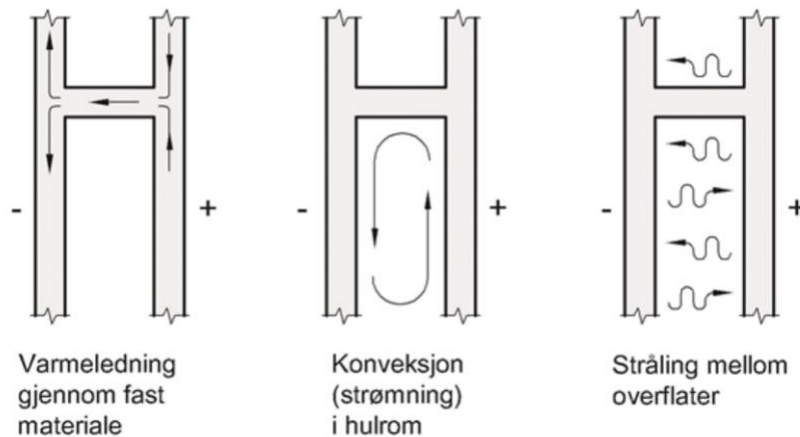
3.4 Varmetap

Varmetapet for et bygg refererer til den prosessen hvor varmeenergi lekker ut fra bygningen til omgivelsene. Dette tapet oppstår primært gjennom konstruksjonsdeler i klimaskjermen som tak, yttervegger, gulv, vinduer og dører (Byggeindustrien, 2010). I det kommende kapittelet vil de mest relevante kategoriene innenfor varmetap ved vår casestudie bli gjennomgått: transmisjon, infiltrasjon og ventilasjon. Disse kategoriene vil gi et mer omfattende bilde av hvordan varmetapet oppstår, i tillegg til hvordan dette kan håndteres for å forbedre energieffektiviteten til blokkene på Mannsverk.

3.4.1 Transmisjon

Transmisjonsvarmetap refererer til varmetap gjennom klimaskjermen og mot uoppvarmede soner i bygget. Et slik varmetap kan skje gjennom tre ulike hovedtransportformer: varmeledning, konveksjon og stråling. På vei gjennom konstruksjonen vil man kunne passere ulike materialtyper som tre, stål, betong, mineralull og luftsjikt (Geving, 2021). For å redusere dette tapet, er det viktig å forstå hvordan varme overføres gjennom disse materialene og bruke passende isolasjon og design for å redusere dette tapet.

Varmeledning skjer ved at varmen transporteres gjennom faste materialer fra et varmt område til et kaldere. Konveksjon derimot oppstår når varme transporteres gjennom væske eller gasser, mens stråling skjer gjennom å emittere elektromagnetiske bølger.



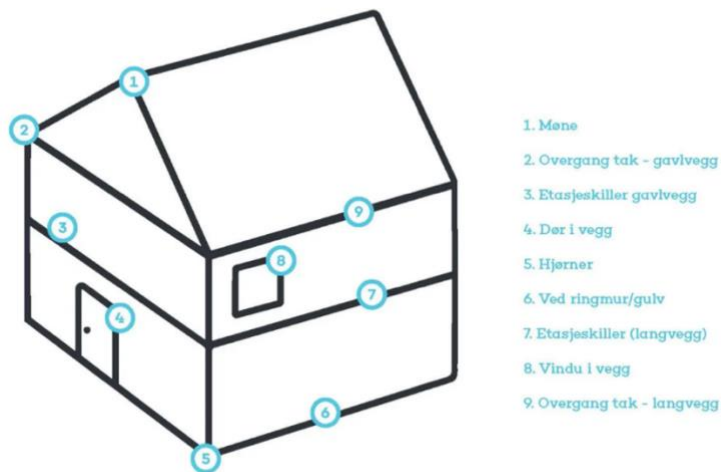
Figur 9: Illustrasjon av ulike typer transmisjonsvarmetap (Byggforsk, 2018).

For å minimere varmetapet gjennom transmisjon, benyttes det gjerne isolasjonsmaterialer med en lav varmekonduktivitet. Det vil si at materialet innehar en lav termisk ledningsevne, mineralull og skumplast er gode eksempler på materialer med slike egenskaper. Dette bidrar også til at konstruksjonen får en lavere U-verdi. I tillegg er det gunstig å implementere termisk brutte konstruksjoner for å redusere effekten av kuldebroer (Direktoratet for Byggkvalitet, 2015).

3.4.1.1 Kuldebroverdi

En kuldebro er et område der varmetapet er høyere i sammenføyningene. En kuldebro oppstår når to eller flere bygningsdeler møtes, hvor minst én av dem er en del av klimaskjermen som skiller innendørs- og utendørsmiljøet. Forskjellig varmeledningsevne blant materialene fører dermed til økt varmetap gjennom de materialene med høyere varmekonduktivitet, som

eksempelvis betong eller stål (Byggforsk, 2019). Kuldebroene kan altså være med på å øke energiforbruket til bygget, i tillegg til å redusere termisk komfort (Byggforsk, 2019). I denne oppgaven vil det bli benyttet normalisert kuldebroverdi, som er det samlede varmetapet gjennom alle kuldebroer for en bygning derivert på byggets samlede oppvarmede del av BRA (Byggforsk, 2019). Denne verdien vil bli benyttet under resultatdelen, hvor verdiene er hentet fra tillegg A i NS 3031.



Figur 10: Illustrerer typiske steder kuldebroer kan oppstå (Tekna, 2020).

3.4.1.2 U-verdi

U-verdien, eller varmegjennomgangskoeffisienten, er et mål på en bygningsdels evne til å isolere varme, uttrykt i watt per kvadratmeter per kelvin (W/m^2K). Det er avgjørende å ha kjennskap til denne verdien for å forstå hvor effektivt en bygningsdel isolerer mot varmetap (Byggforsk, 2018).

I praksis representerer U-verdien mengden varme som strømmer gjennom en kvadratmeter av bygningsdelen per tidsenhet og per grad temperaturforskjell mellom omgivelsene på hver side av bygningsdelen. Varmestrømmen måles i watt (W), mens temperaturforskjellen måles i kelvin (K), hvor 1 K tilsvarer 1 grad Celsius (Byggforsk, 2018).

Jo lavere U-verdien er, desto bedre er bygningsdelen på å begrense varmetap til omgivelsene. Dette fordi mindre varme vil strømme gjennom bygningsdelen, altså god varmemotstand (R). Derfor er det ønskelig å ha så lave U-verdier som mulig i bygningsmaterialer og

konstruksjoner for å oppnå energieffektive og varmesparende bygninger. Vi har regnet U-verdier med henhold i byggdetalj 471.013, 471.008 og 471.014. Se vedlegg 1 for utregninger.

3.4.2 Infiltrasjon

Infiltrasjonsvarmetap refererer til varmetap gjennom luftlekkasjer som kommer fra utettheter i bygningskroppen, f.eks. åpninger i innfesting rundt vinduer og utettheter i overgang mellom vegg og tak (Greving, 2021). Infiltrasjonsvarmetapet avhenger av byggets tetthet og vindpåvirkning. Dårlig lufttetthet bidrar også til trekk som er med på å senke komforten.

Lekkasjetall er et mål for byggets tetthet. Lekkasjetall er luftveksling ved 50Pa trykkforskjell over bygningskroppen, altså antall luftvekslinger per time med en trykkdifferanse på 50Pa (Byggforsk, 2013). Dette kan måles ved en trykktest beskrevet i NS-EN ISO 9972, om en test ikke er gjennomført kan man bruke erfaringstall (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2013).

For å minimere infiltrasjonsvarmetapet er det derfor hensiktsmessig å tette bygget. Dette kan gjøres ved lufttette sjikt, som dampsperre og vindsperre.

3.4.3 Ventilasjon

I boliger kan varmetap også skje gjennom ventilasjonen, eksempelvis når varm luft lekker ut gjennom ventilasjonskanaler eller når kald luft sniker seg inn gjennom utettheter i systemet. Dette kan skape utfordringer med å opprettholde en jevn og ønsket temperatur.

Konsekvensene av dette kan være økte energikostnader og mer slitasje på oppvarmings- og ventilasjonssystemet (Byggforsk, 2017). En effektiv løsning på dette problemet vil være å sørge for at ventilasjonssystemet er godt vedlikeholdt og tett, i tillegg til å se til at boligen er godt isolert for å redusere et mulig varmetap. Det kan også være nyttig å sette inn ventilasjonsvifter med en varmegjenvinner. Disse fungerer ved at den utnytter varmen i den luften som forlater boligen til å varme opp den friske luften som da kommer inn (Byggforsk, 2017). Dette kan oppnås ved å sette opp et balansert ventilasjonssystem, som vil bli adressert senere i oppgaven.

3.5 Energieffektiviserende tiltak

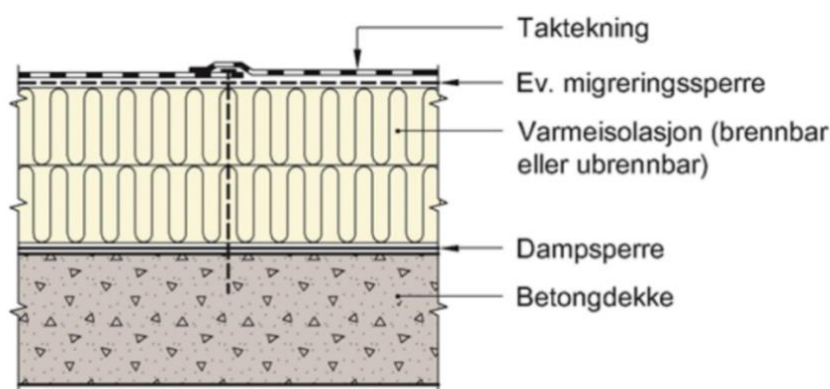
Energieffektivisering handler om å senke bruken av energi og bidrar til lavere energikostnader (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2021). I hovedsak handler energieffektivisering om å redusere energiforbruket, samtidig som man opprettholder minst samme ytelse og tjenester (Strømbedrift, u.d.). Dette oppnås gjennom mindre tiltak som f.eks. bytte til LED-lys, eller større tiltak som etterisolering av vegger og tak. Sammen vil dette være med på å redusere energibehovet

3.5.1 Etterisolering

Etterisolering av boligen er et tiltak som vil være med å redusere energiforbruket og forbedre boforholdene. Dette tiltaket vil også kunne føre til lavere energikostnader, samt økt komfort. I tillegg har etterisolering potensialet til å kunne forbedre energimerkingen av boligen (Enova, 2016).

3.5.2 Etterisolering av tak

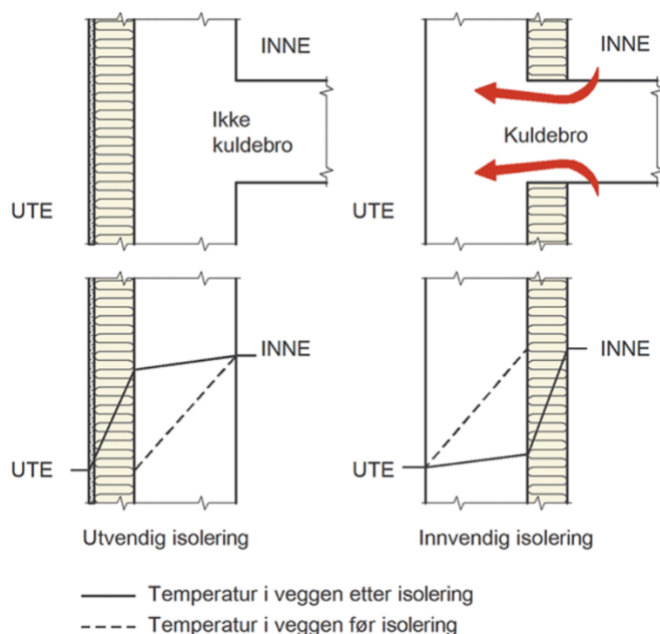
En av de mest effektive energitiltakene er å etterisolere et kaldt loft. Dårlig isolerte takkonstruksjoner lekker varme og vil øke oppvarmingsbehovet til bygningen, dermed økte kostnadene til boligen (SINTEF, 2015). Ved å utbedre dette vil man kunne redusere varmetapet, og da hindre snøsmelting og isdannelse på taket. Under vises oppbygningen av et kompakt tak som vil kunne forhindre dette.



Figur 11: Viser flatt tak med bærekonstruksjon av betong (Byggforsk, 2018).

3.5.3 Etterisolering av yttervegger

Isolering og tetting av yttervegger er en av postene som Enova mener har størst potensial for energibesparelse (Enova, 2016). Arealet av ytterveggene utgjør den største delen av konstruksjonen, ved å oppgradere ytterveggen vil man senke varmetapet (Byggforsk, 2014). Utvendig etterisolering er den beste formen for etterisolering, da man får et kontinuerlig sjikt over hele fasaden slik at det ikke dannes flere kuldebroer. Ved innvendig etterisolering vil det derimot ikke være et kontinuerlig sjikt, men bli avbrutt i etasjeskillerne. Ved utvendig etterisolering vil fasaden bli tykkere, og dermed må vinduene flyttes ut for å gå i ett med fasaden (Byggforsk, 2014).



Figur 12: Viser temperaturvariasjonen av henholdsvis utvendig og innvendig etterisolering (Byggforsk, 2014).

3.5.4 Nye vinduer

Dårlig isolerte vinduer står for en store deler av varmetapet i et bygg. Nye vinduer er godt isolerte og vil bidra til å redusere varmetapet (Nordan, u.d.). Det er viktig at vinduet monteres korrekt, for å unngå trekk rundt vinduet (Byggforsk, 2018). Dagens vinduer har tre lag med glass, med en gass imellom hvert av lagene. Glassene er isolerglass med et energibelegg på innsiden av de ytre glassene. Den største svakheten i tre-lags vinduene er karmen. Glasset er bedre isolert enn karmen, så varmetapet vil være i selve karmen og ikke glasset.

3.5.5 Ventilasjonstyper

Ventilasjonsanlegg i boliger har to hovedformål. Sikre tilfredsstillende luftkvalitet for brukerne, og begrense luftfuktigheten innendørs. Ventilasjonsanlegget skal erstatte forurenset inneluft med frisk uteluft i boligen (Byggforsk, 2017).

De to vanligste ventilasjonstypene er naturlig ventilasjon og balansert ventilasjon. Naturlig ventilasjon har ingen elektriske eller mekaniske tilluft- eller avtrekks-komponenter (Byggforsk, 2017). Frisk luft blir tilført gjennom ventiler i vinduene, og forurenset inneluft blir ført ut gjennom avtrekkskanaler.

Balansert ventilasjon sørger for at avtrekk og tilluftsmengden er omtrent like store. Innvendige ventilasjonskanaler i boligen fordeler frisk luft i de rommene som har behov for det gjennom tilførselsventiler. Inneluften blir ventilert ut av huset gjennom avtrekksventiler, som er koblet til et ventilasjonsaggregat. Før inneluften slippes ut blir varmen overført til den friske uteluften som er på vei inn i konstruksjonen (Byggforsk, 2017).

3.6 Økonomi

Økonomi er en viktig del for å kunne gå i gang med energieffektiviserende tiltak (Enova, 2023). Dette kapitlet tar for hvordan en kan finne ut kostnadene og eventuelt få støtte for å senke kostnadene.

3.6.1 Kalkyle

Hensikten med en kalkyle er å få en oversikt over hva det du skal utføre faktisk koster. En kalkyle settes opp for å få et kostnadsoverslag. For at et prosjekt skal være lønnsomt må inntektene være høyere enn kostnadene (industriskolen, 2022).

Vi deler kostnader inn i faste og variable kostnader. De faste kostnadene holder seg uendret innenfor visse grenser, uansett hvor mye eller lite produkter som blir produsert. Eksempler på faste kostnader er lønn, utstyr, administrasjon, leie av lokaler osv. De variable kostnadene varierer avhengig av mengden som blir produsert eller solgt. Eksempler på dette kan være frakt, materialer, emballasje osv. Totalkostnaden blir da summen av de faste og variable kostnadene (industriskolen, 2022)

Vi skiller også i direkte og indirekte kostnader. Dette er spesielt når man skal kalkulere prisen på et prosjekt. De direkte kostnadene er variable og tilhører kun selve produksjonen av produktet eller prosjektet. Eksempler på dette er råvarer, svinn, lønn og strøm. De indirekte kostnadene er felleskostnader som ikke kan føres tilbake i et bestemt prosjekt eller produkt. Eksempler på dette er renter, avskrivninger, lønn og ansatte for vedlikehold (industriskolen, 2022).

3.6.2 Statlig støtte

Regjeringen skal nå styrke arbeidet med energieffektivisering, «*et arbeid som i mange år ikke har blitt prioritert høyt nok*» (Regjeringen, 2023). For at de skal lykkes med en slik storsatsing på energieffektivisering har regjeringen fremmet en handlingsplan som viser en rekke tiltak som trengs for å kunne oppnå dette. I statsbudsjettet for 2024 foreslår regjeringen å øke den statlige støtten til Enova sitt arbeid med energieffektivisering med 180 millioner kroner. Statlig støtte refererer til økonomisk støtte gitt av en stat til bedrifter, enkeltpersoner eller andre enheter for å oppnå bestemte mål eller formål (Skatteetaten, 2024). «*Regjeringen er opptatt av at staten skal gå foran og vise vei*», derav vil disse støtteordningene til energieffektivisering kunne være med på å dempe veksten i kraftforbruket (Regjeringen, 2023). Dette har også en direkte innvirkning på tiltakene nevnt under Kyoto-pyramiden, se figur 8.

3.6.3 Enova

Enova er et statlig foretak som er eid av Klima- og miljødepartementet og ble opprettet av Stortinget i 2001 (Enova, 2023). For at Norge skal bli et lavutslippssamfunn, trenger vi innovasjon og teknologiutvikling. Enova jobber for omlegging av energibruk og energiproduksjon. Målet til Enova er å bidra til at Norge reduserer klimagassutslippene og utvikler ny energi- og klimateknologi (Enova, 2023).

Enova bidrar økonomisk til prosjekter som er med på å redusere energibruk og klimautslipp. Et av tiltakene er støtte til forbedring av energitilstand i boligselskap som borettslag og boligsameier. I slike prosjekter kan Enova dekke inntil 30 % av kostnadene og maksimalt 10 millioner kroner. For å oppfylle kravet til støtte må søker ha et mål om minimum 20% energiforbedring (Enova, 2023). Det er opp til søker og se på hvilke energitiltak som må gjøres for å oppnå målet. Enova støtter i tillegg kartlegging av energi kalt «*støtte til forbedring av energitilstand i borettslag og boligsameier*» (Enova, 2023). Denne støtten skal

være med å bidra til at borettslag kan få en samlet oversikt over mulige tiltak som kan redusere energibehovet i egen bygningsmasse.

Kapittel 4. Resultater og diskusjon

I dette kapittelet vil vi gjennomgå, drøfte og diskutere resultatene fra undersøkelser, tester og simuleringer. Analysene som blir lagt frem vil bli brukt for å svare på problemstillingen. Til slutt presenterer vi et løsningsforslag med ulike tiltakspakker, deretter drøfter ulike fordeler og ulemper ved disse.

4.1 Kartlegging

Vi har kartlagt hvilke deler av bygningskroppen som har størst varmetap. Deretter kartlegger vi oppbygningen til bygget slik at vi kan regne U-verdien til de aktuelle bygningsdelene. I tillegg vil resultatene fra spørreundersøkelsen bli presentert og drøftet opp mot funnene fra befaring. Dette gjør vi for å sammenligne våres funn opp mot beboernes opplevelse av bygget.

4.1.1 Befaring

For å få oversikt over bygningsmassens tilstand utførte vi en befaring av boliglaget. Formålet med befaringen var å hente informasjon som videre ble brukt til å regne ut U-verdier som ble brukt i simuleringen. Vi fant gamle plantegninger fra de ulike blokkene. Det ble brukt målestokk, kamera, observasjoner og termografering for å hente inn denne dataen.

14.03.2024 ble første befaring gjennomført sammen med vaktmester for boliglaget. Her observerte vi bygningsmassen og innhentet relevant data som størrelsen og tilstanden til vinduene, tilstanden på dørene og oppbygningen av byggets ytre skall.

Alle gavlveggene er lektet ut med 48 mm x 123 mm og etterisolert med 100 mm mineralull. Langveggen på lavblokkene er lektet ut med 48 mm x 48 mm og etterisolert med 50 mm mineralull. Betongveggene er 180 mm tykke.

Vinduene ble oppmålt og observert. Vinduene var av veldig varierende standard. Ved avlesning av produksjonsår for vinduene ble det observert vinduer fra 1985 til 2016. Det ble også observert vinduer av enkelt glass som trolig har stått siden byggeår. Dette gjorde at det

var stort sprik i U-verdiene til vinduene, og vi valgte derfor å bruke en gjennomsnittts verdi av alle vinduene.



Figur 13: Privat bilde av vindu fra 1985.

21.03.2024 gjennomførte vi andre og siste befaringsrunde. Sammen med tidligere vaktmester for boliglaget gikk vi gjennom plantegninger for bygningsmassen. Taket ble også inspisert nærmere for å finne oppbygningen av denne, da det ikke var sikkert hvordan denne var bygd opp. Da vi inspiserte takkonstruksjonen fant vi ut at det skulle vært 10 cm glassull oppå betongdekket, ved nærmere inspeksjon så vi at glassullen var komprimert sammen og mistet sin funksjon. Det var ingen isolasjon i det øvre sjiktet av taket, se figur 14. Vi fikk også undersøkt deler av konstruksjonen som vi var usikre på. Dette gjorde at vi fikk nok data til å gjennomføre en simulering av bygningskroppen.



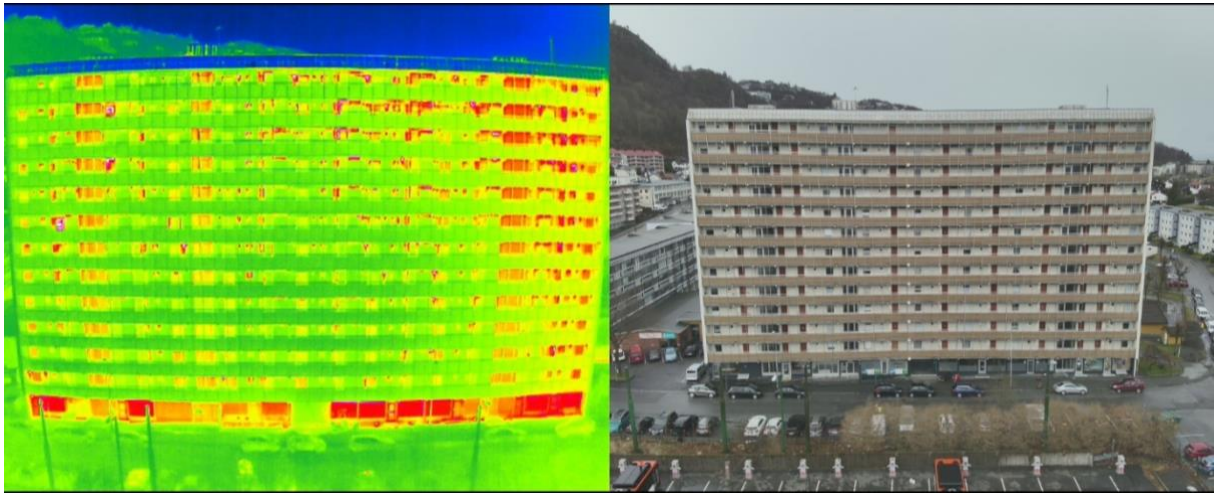
Figur 14: Privat bilde av takkonstruksjonen.

4.1.2 Termografering

18.03.2024 ble det gjennomført termografering ved hjelp av drone sammen med Vestbo. Det ble fotografert alle fasader på både høyblokk og lavblokkene. Fra termograferingen fikk vi flere svar som underbygde våre teorier fra tidligere befaringer om varmetap fra bygningskroppen. Vi kunne se et betydelig varmetap fra ventilasjonsanleggene, kuldebroer og direkte fra vinduene. Under presenteres resultater fra termograferingen.

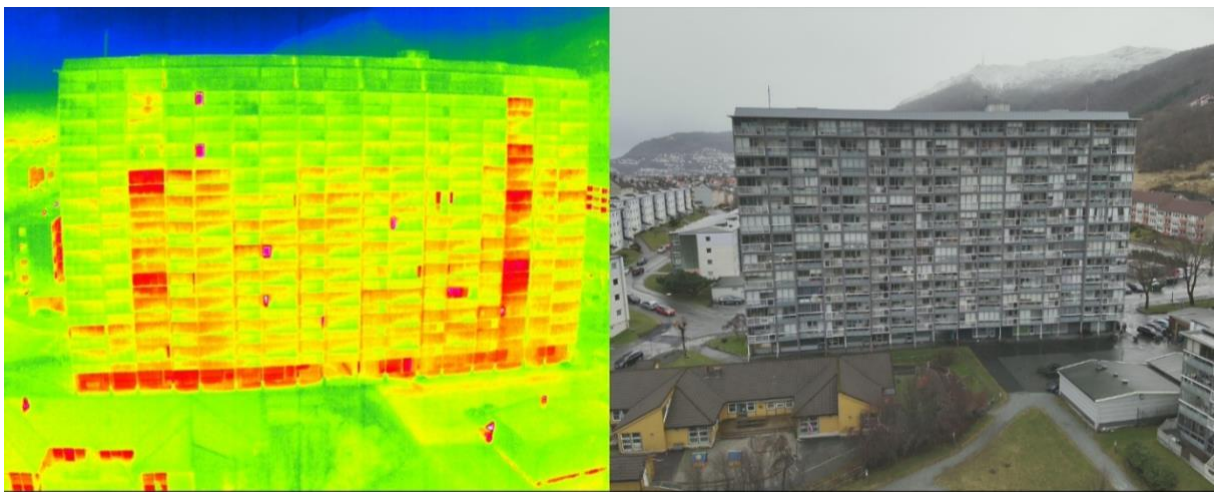
Høyblokk:

Som nevnt over er vinduene av varierende stand, dette ser vi igjen ved termograferingen av fasaden som vender mot nord på høyblokken, se figur 15. Det er forventet noe temperaturforskjell fra vinduer og dører, men ser av figuren at det er enkelte vinduer som skiller seg ut og dermed bidrar til varmetap. Ser i tillegg at nesten hele første etasje har en sterk rødfarge som indikerer varmetap, dette er forventet da hele fasaden til første etasje består av vinduer. Første etasje består av små næringer som ikke krever mye energi og vil i det store bilde ikke ha stor innvirkning på energibruken. Ser også at det er lite varmetap fra dørene i forhold til vinduene, noe som gjør at det er lite behov for utskiftning eller utbedring av disse.



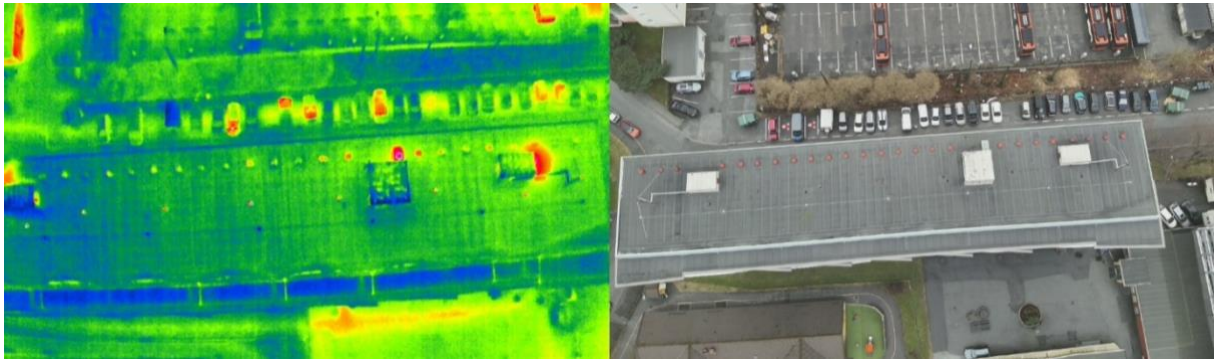
Figur 15: Bilde tatt med drone av fasade mot nord på høyblokken.

Ved termograferingen av fasen som vender mot sør, se figur 16, ser vi mye av det samme som på fasaden mot nord. Forskjellen er at det er innglassede balkonger som blir brukt på forskjellig vis. Noen har oppvarming ute på balkongen, mens andre bruker balkongen slik som den er.



Figur 16: Bilde tatt med drone av fasade mot sør på høyblokken.

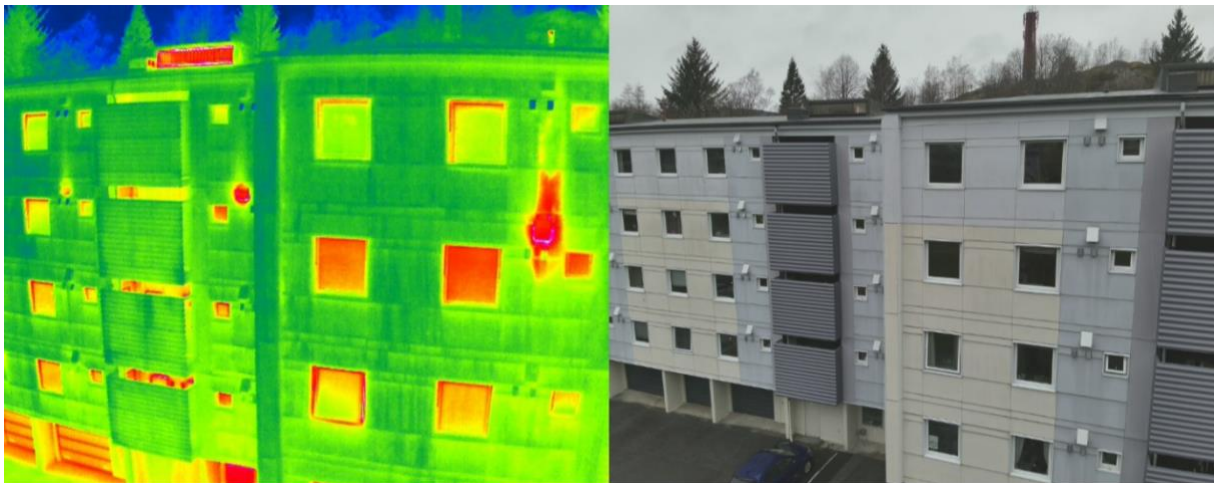
På taket finner vi uttaket til avtrekket, se figur 17. Ser at det her blir frigjort varme fra ventilasjons-avtrekket på taket. Dette varmetapet kan reduseres ved å installere balansert ventilasjonsanlegg med varmegjenvinning.



Figur 17: Bilde tatt med drone av taket på høyblokken.

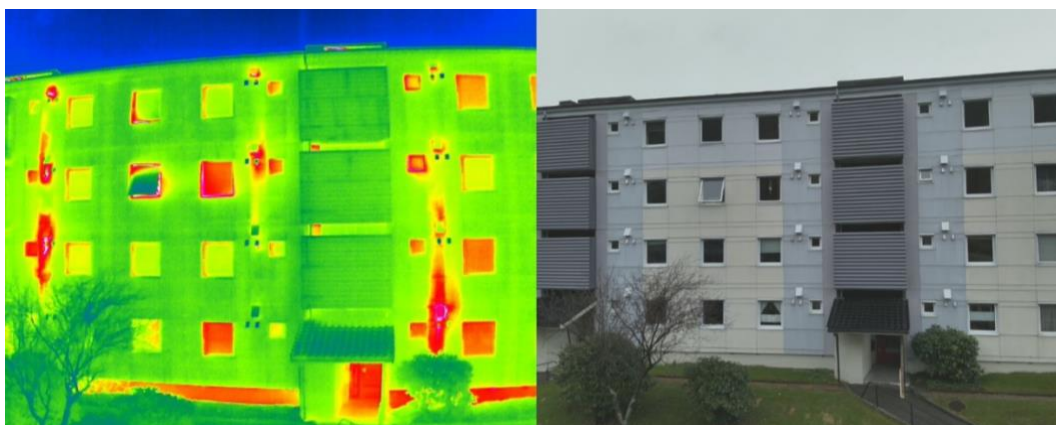
Lavblokk:

Under enkelte av lavblokkene er det garasjer, se figur 18. På figuren ser vi et varmetap gjennom garasjeportene. Dette er noe som ikke er tatt høyde for i simuleringene, men dette vil likevel ha liten innvirkning på resultatet da det i simuleringene har blitt simulert med at dette er gulv på grunn.



Figur 18: Bilde tatt med drone av fasade mot øst på en lavblokk.

Vi kan også se at det gjennom store deler av grunnmuren er varmetap. Vi har ikke sett på tiltak for å senke varmetapet på grunnmuren, da det ikke er noen oppvarming i garasjene. Det er også observert varmetap på både vinduene og ventilasjonskanalene, se figur 19. Ved å skifte vinduene og sette inn balansert ventilasjon med varmegjenvinning, kan vi senke varmetapet.

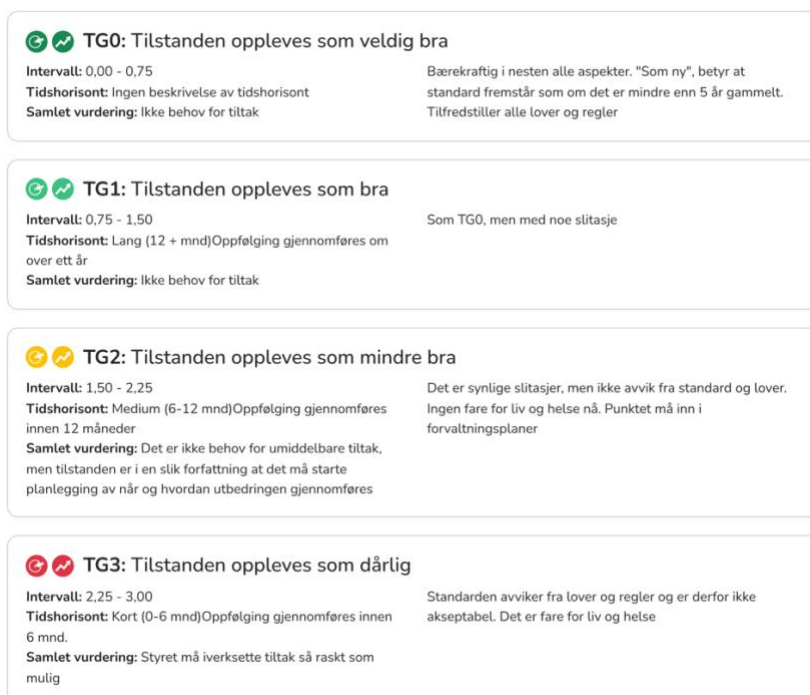


Figur 19: Bilde tatt med drone av fasade mot øst på en lavblokk.

4.1.3 Spørreundersøkelse

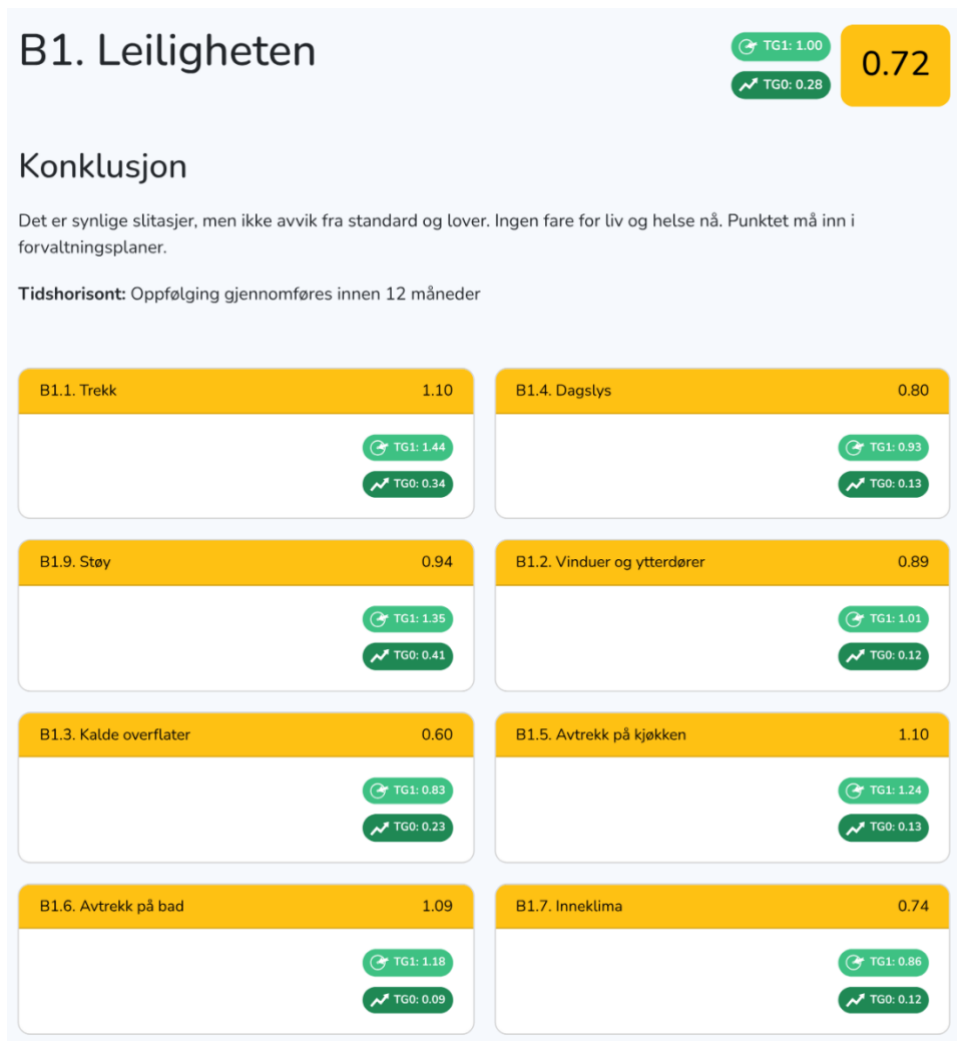
Som nevnt under 2.7.2 fikk vi inn 122 svar på spørreundersøkelsen. Dette utgjør en relativt lav svarprosent rett i underkant av 20%, men det er likevel såpass mange at vi kan danne oss et bilde av beboernes tilfredshet. Spørreundersøkelsen i sin helhet vil ligge som vedlegg 9. I dette avsnittet vil vi imidlertid fokusere på de mest aktuelle temaene i forhold til vår problemstilling.

På bakgrunn av svarene fra undersøkelsen har Vestbo utledet ulike tilstandsgrader, se figur 20, den sier noe om den aktuelle tilstanden som beboerne opplever.



Figur 20: Forklaring til resultat av spørreundersøkelsen

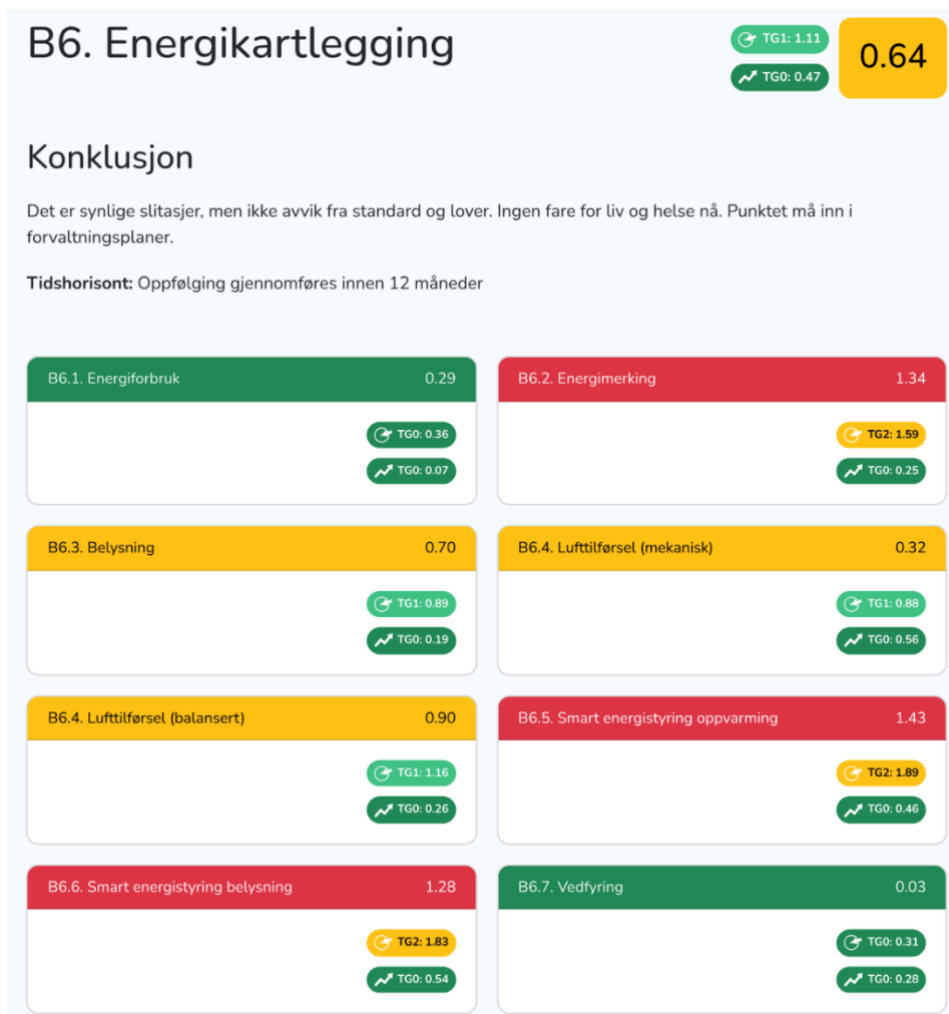
En del av undersøkelsen handler om hvordan beboer oppfatter leiligheten (B1), se figur 21. Her kommer det frem at punkt B1.1 har en verdi som tilsier at beboer opplever tilstanden som mindre bra (TG2), og at det bør utføres en oppfølging innen 12 måneder. Dette gjelder generelt sett hele B1. Vi ser da at resultatene fra befaringer og termografering gjenspeiler seg i beboernes opplevelse av bygget.



Figur 21: Resultat fra spørreundersøkelsen

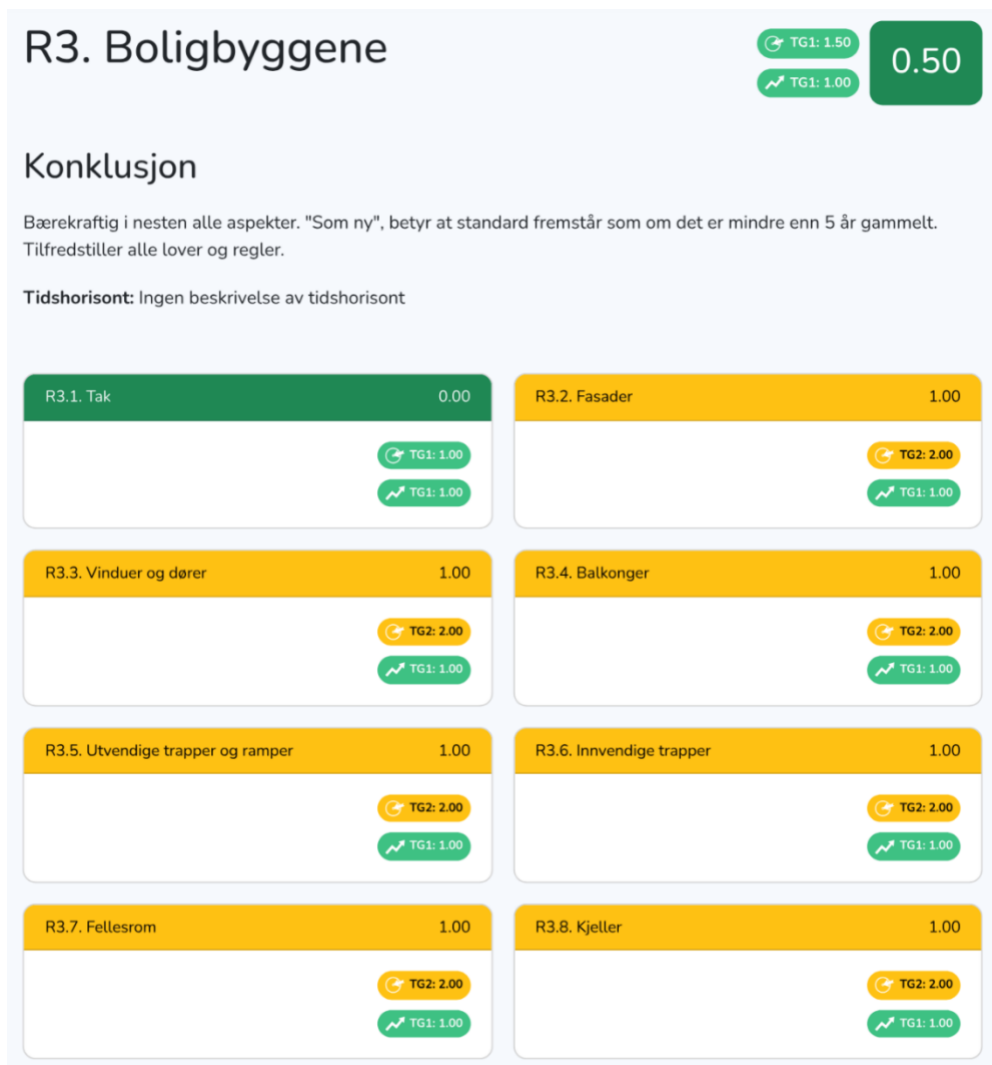
Under energikartlegging (B6), se figur 22, kommer det frem at beboerne opplever tilstanden som dårlig (TG3) ved enkelte av punktene, henholdsvis B6.2, B6.5 og B6.6. Derimot er beboerne meget fornøyd med punkt B6.1 som omhandler energiforbruket. Dette er meget forståelig, da det er fjernvarmen som står for den generelle oppvarmingen av blokkene. Hvor kostnadene tilknyttet dette blir delt ut på en brøk, ut fra det arealet leiligheten til den enkelte utgjør av det totale BRA. Altså jo større leiligheten er, desto høyere blir energibehovet. Vi ser

videre at det også er blitt plassert TG2 på lufttilførselen, noen som igjen samsvarer godt med tiltaket om å installere balansert ventilasjon til blokkene.



Figur 22: Resultat fra spørreundersøkelsen

Under boligbyggene (R3), se figur 23, ser vi også at beboerne er mindre fornøyde med selve blokken. Det kan virke som beboerne har vurdert selve utseende av blokken, istedenfor den tekniske tilstanden til bygningskroppen. Dermed blir det utfordrende å bruke denne delen av undersøkelsen for å vurdere hvilke tiltak som bør gjennomføres.



Figur 23: Resultat fra spørreundersøkelsen

4.2 Simulering

Her vil vi gjøre en simulering av bygningsmassen i SIMIEN og analysere og diskutere resultatene vi får ut. Vi gjør en simulering av dagens tilstand av bygningsmassen. Deretter vil vi gjøre en ny simulering med tiltakene som vi har valgt, og se på hvor mye energi vi vil klare å redusere.

4.2.1 Inputverdier

Bygningsdel	U-verdi	Areal Høyblokken (m ²)	Areal Lavblokkene (m ²)	Kommentar
Takkonstruksjon	0,36	Ca. 800 m ²	Ca. 12 000 m ²	Se vedlegg 1 for utregning. Vi satte u-verdi= 0,4 fordi isolasjonen var godt sammentrykt
Gavlvegger(betong)	0,269	Ca. 940 m ²	Ca. 7300 m ²	Se vedlegg 1 for utregning.
Langveggen (Bindingsverk)	0,265	Ca. 4 200 m ²	Ca. 20300 m ²	Se vedlegg 1 for utregning
Gulv på grunn	3,4	Ca. 800 m ²	Ca. 12 000 m ²	Se vedlegg 1 for utregning
Vinduer	1,6 – 2,4	Ca. 507 m ²	Ca. 3050 m ²	Alderen på vinduene varierer veldig, alt fra 1987-2016. Bruker da en snittverdi i simuleringene hentet fra Enova. (Enova, 2012)

Dører	2,4	Ca. 205 m ²	Ca. 114 m ²	Erfaringstall fra SIMIEN. Standard isolert ytterdør
-------	-----	------------------------	------------------------	--

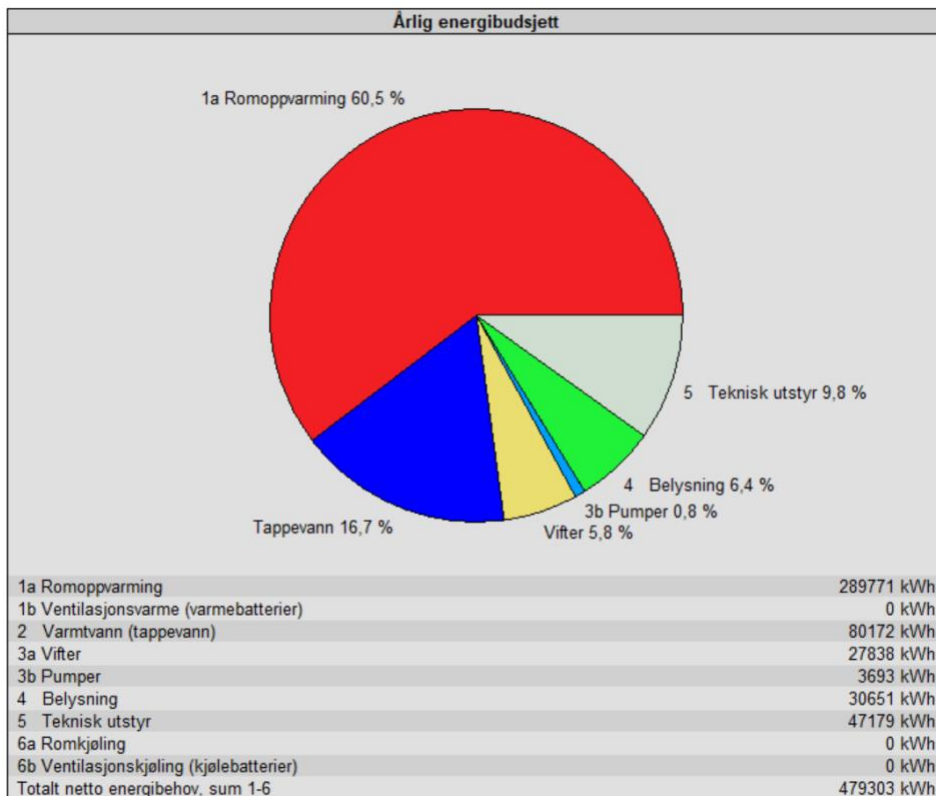
Tabell 1: Inndataverdier i SIMIEN.

I tabellen over er en oversikt over de ulike inputverdiene vi har brukt til å gjøre SIMIEN simuleringer. Vi har Regnet U-verdiene til ytterveggene, vinduene og gulv på grunn. U-verdien for tak har vi brukt erfaringstall fra byggforsk. Arealene har vi målt på befaringen.

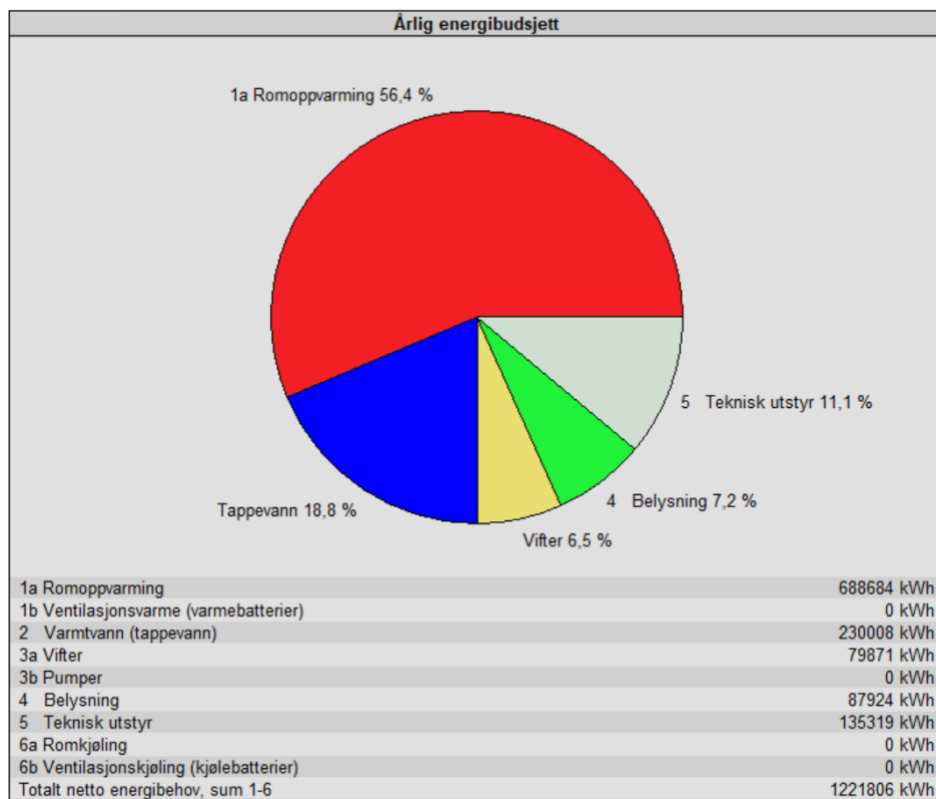
For å bestemme nye U-verdier bruker vi TEK17 §14-3. Kapittel 14 handler om energi og i 3.ledd står minimumskravene for energieffektivisering. Det er ikke et krav om å oppfylle tek 17 sine minimumskrav ved rehabilitering, disse gjelder kun ved bygging av nye boliger (Når gjelder byggt teknisk forskrift (TEK17)?, 2023). Vi bruker da minimumskravene som en veiledning til å bestemme de nye U-verdiene.

4.2.2 Årssimulering

Det ble gjennomført en SIMIEN simulering av årsforbruket til de to ulike blokketyperne. Her vil man se fordelingen av energibehovet til bygget.



Figur 24: Kakediagram av energibudsjett til en av lavblokkene.



Figur 25: Kakediagram av energibudsjett til høyblokken.

Vi kan se at i begge simuleringene at oppvarming står for det største forbruket av energi. Dette kan reduseres ved å etterisolere bygget slik at det holder bedre på varmen. For å kontrollere varmetapet gjennom avtrekkene i leilighetene, kan det installeres balansert ventilasjon med varmegjenvinning.

4.2.2.1 Energibehov

Energianalysen består av en omtrentlig simulering av byggets energibehov i dag, gjort i SIMIEN. Det tas forbehold om at det faktiske forbruket avviker noe fra det simulerte energibehovet. Inndataen brukt i energiberegningen tar utgangspunkt i hvordan bygget er i dag. Der det ikke har vært mulig å få presis data fra bygget, eksempelvis eksakt U-verdi for gulv på grunn eller virkningsgraden til varmeanlegget, har vi brukt erfaringstall fra SINTEF Byggforsk. Det er denne energianalysen som vil bli brukt når vi skal se på energibesparelsen på de ulike tiltakene vi skal utføre.

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	688684 kWh	89,2 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	230008 kWh	29,8 kWh/m ²
3a Vifter	79871 kWh	10,3 kWh/m ²
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Belysning	87924 kWh	11,4 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	135319 kWh	17,5 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	1221806 kWh	158,2 kWh/m ²

Figur 26: Energibudsjett for høyblokken (108 enheter).

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	289771 kWh	107,6 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	80172 kWh	29,8 kWh/m ²
3a Vifter	27838 kWh	10,3 kWh/m ²
3b Pumper	3693 kWh	1,4 kWh/m ²
4 Belysning	30651 kWh	11,4 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	47179 kWh	17,5 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	479303 kWh	178,0 kWh/m ²

Figur 27: Energibudsjett til en av lavblokkene (32 enheter).

Vi ser at lavblokkene har et større energibehov enn høyblokken per m². Dette kommer av at høyblokken har flere etasjer og vil derfor ha flere enheter med oppvarmede tak og gulv fra enhetene over og under. Dette medfører at energibehovet per m² for romoppvarming på høyblokken reduseres, da disse leilighetene i de midterste etasjene blir varmet opp av etasjene under.

4.2.2.2 Levert energi

Årlig levert energi	Årlig levert energi (kWh)	Årlig levert energi fjernvarme Simien (kWh)	Faktisk årlig levert energi fjernvarme (kWh)	kWh/ m ² (Simien)
Høyblokken	1 372 678	857 007	798 768	177,8
Lavblokkene	8 136 675	5 154 735	3 550 082	201,5

Tabell 2: Oversikt over levert energi for de ulike blokkene.

Som vi ser i sammenligningen i tabell 2, så avviker levert energi fra fjernvarme simuleringen en del fra det faktiske forbruket. I høyblokken stemmer simuleringen godt overens med det faktiske forbruket. Noen faktorer på dette kan være at dette er kun simuleringer med erfaringstall, og alle mennesker er ulike og vil regulere temperaturen i boligen forskjellig.

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	515671 kWh	66,8 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	857007 kWh	111,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	1372678 kWh	177,8 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	1372678 kWh	177,8 kWh/m ²

Figur 28: Levert energi til høyblokken.

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	198796 kWh	73,8 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	343649 kWh	127,7 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	542445 kWh	201,5 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	542445 kWh	201,5 kWh/m ²

Figur 29: Levert energi til en av lavblokkene.

Vi ser her at fjernvarmen står for mye av den leverte energien. Da fjernvarmen hovedsakelig brukes til romoppvarming og oppvarming av varmtvann, ser vi at direkte elektrisitet er relativt lav per m². Dette gjenspeiler seg i svarene fra spørreundersøkelsen om at beboerne er veldig fornøyde med energiforbruket. Beboerne har kun kontroll på hva de selv bruker av direkte elektrisitet og ikke fjernvarme. Det er ikke installert måler i hver enhet, så fjernvarmen blir fordelt ved hjelp av en brøk fordelt per m² BRA. Vi har ikke sett på hva det vil koste å installere målere til hver enhet, slik at hver enhet betaler for sitt forbruk av fjernvarme. Dette er noe boliglaget bør se nærmere på, og kan være med å gjøre beboerne mer oppmerksomme på hvor mye energi de faktisk bruker.

4.3 Tiltak

Her vil vi ta for oss en beskrivelse av konstruksjonen og U-verdier for de ulike bygningselementene. Videre kommer ny U-verdi, gjenværende levetid og beskrivelse av de nye tiltakene. Deretter kommer investeringskostnaden, inntjeningstiden og nåverdien på investeringen med ulike energipriser.

4.3.1 Etterisolering fasade

Tiltak	Fjerne de gamle fasadeplatene og etterisolere med 150 mm steinull ($\lambda = 0,037$) på gavlveggene og langveggene. Deretter sette på nye steniplater, evt. gjenbruke de gamle steniplatene.
--------	---

Beskrivelse konstruksjon	<p>Gavlveggen: Utvendig steniplate (lektet og luftet), 100 mm mineralull, 180 mm betong, 50 mm mineralull, gips 13 mm innvendig.</p> <p>Langveggen: Utvendig steniplate (lektet og luftet), 50 mm mineralull, bindingsverk 100 mm mineralull, innvendig gips 13 mm</p>
U-verdi konstruksjon i dag	<p>Gavlveggen = 0,269 W/(m²K)</p> <p>Langveggen = 0,265 W/(m²K)</p>
Sist oppgradert/rehabilitert	2007: fasaderehabilitering (byttet steniplate og etterisolerte med 100 mm mineralull på gavlveggen og 50mm mineralull på langveggen)
Estimert restlevetid	0-20år
Investering og besparelse	<p>Etterisolere samtlige fasader til U = 0,18 W/(m²K).</p> <p>Investering = 54 450 000 kr</p> <p>Endring årlig vedlikeholdskostnad = 0 kr</p> <p>Økonomisk levetid = 60 år</p>
Energipris = 1,0 kr/kWh	<p>Nåverdi investering (uten støtte) = - 7 136 340 kr</p> <p>Inntjeningstid = 69,05 år</p> <p>Nåverdi investering (med støtte) = - 4 636 340 kr</p> <p>Inntjeningstid = 65,88 år</p>

Energipris = 1,5 kr/kWh	Nåverdi investering (uten støtte) = 16 519 050 kr Inntjeningstid = 46,03 år Nåverdi investering (med støtte) = 19 019 050 kr Inntjeningstid = 43,92 år
Energipris = 2,0 kr/kWh	Nåverdi investering (uten støtte) = 40 174 440 kr Inntjeningstid = 34,53 år Nåverdi investering (med støtte) = 42 674 440 kr Inntjeningstid = 32,94 år

Tabell 3: Etterisolering av fasade

4.3.2 Etterisolering tak

Tiltak	Ta ut den gamle glassull isolasjonen som er der idag, sette inn ny Rockwool isolasjon 100 mm. Så vil vi isolere taket under selve taktekkingen med 150 mm Rockwool isolasjon og tekke hele taket på nytt med asfalttekking.
Beskrivelse konstruksjon	Kompakt tak med 180 mm betong, lektet gulv med 100 mm glassull, 400 mm, rupanel, asfaltdekket takpapp
U-verdi konstruksjon i dag	0,36
Sist oppgradert/rehabilitert	Retekket i 2001
Estimert restlevetid	0-1år

<p>Investering og besparelse</p>	<p>Etterisolere taket til dagens krav til $U = 0,13 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.</p> <p>Investering = 18 240 000 kr</p> <p>Endring årlig vedlikeholdskostnad = 0 kr</p> <p>Økonomisk levetid = 60 år</p>
<p>Energipris = 1,0 kr/kWh</p>	<p>Nåverdi investering (uten støtte) = 9 433 020 kr</p> <p>Inntjeningstid = 39,55 år</p> <p>Nåverdi investering (med støtte) = 11 933 020 kr</p> <p>Inntjeningstid = 34,13 år</p>
<p>Energipris = 1,5 kr/kWh</p>	<p>Nåverdi investering (uten støtte) = 23 269 530 kr</p> <p>Inntjeningstid = 26,37 år</p> <p>Nåverdi investering (med støtte) = 25 769 530 kr</p> <p>Inntjeningstid = 22,75 år</p>
<p>Energipris = 2,0 kr/kWh</p>	<p>Nåverdi investering (uten støtte) = 37 106 040 kr</p> <p>Inntjeningstid = 19,77 år</p> <p>Nåverdi investering (med støtte) = 39 606 040 kr</p> <p>Inntjeningstid = 17,06 år</p>

Tabell 4: Etterisolering av tak

4.3.3 Utskifting av vinduer

Tiltak	Utskifting av samtlige vinduer. De nye vinduene skal oppfylle dagens krav på $U = 0,8\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
U-verdi konstruksjon i dag	1,6 – 2,4 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
Sist oppgradert/rehabilitert	2007 ble vinduene skiftet på alle veggene som ble
Estimert restlevetid	0-20år
Investering og besparelse	Investering = 37 700 000 Endring årlig vedlikeholdskostnad = 0 kr Økonomisk levetid = 30 år
Energipris = 1,0 kr/kWh	Nåverdi investering (uten støtte) = - 17 253 308 kr Inntjeningstid = - Nåverdi investering (med støtte) = - 14 753 308 kr Inntjeningstid = -
Energipris = 1,5 kr/kWh	Nåverdi investering (uten støtte) = - 7 026 983 kr Inntjeningstid = - Nåverdi investering (med støtte) = - 4 526 983 kr Inntjeningstid = -
Energipris = 2,0 kr/kWh	Nåverdi investering (uten støtte) = 3 199 314 kr

	<p>Inntjeningstid = -</p> <p>Nåverdi investering (med støtte) = 5 699 314 kr</p> <p>Inntjeningstid = -</p>
--	--

Tabell 5: Utskiftning av vinduer

4.3.4 Balansert ventilasjon

Beskrivelse ventilasjon i dag	Dagens løsning baserer seg på naturlig ventilasjon. Oppretter balansert ventilasjon for å bedre innemiljø og spare strøm.
Tiltak	Installering av balansert ventilasjon med varmegjenvinning i hver boenhet.
Estimert restlevetid	-
Investering og besparelse	<p>Installere balansert ventilasjon i alle boliger</p> <p>Investering = 30 850 000</p> <p>Endring årlig vedlikeholdskostnad = 0 kr</p> <p>Økonomisk levetid = 60 år</p>
Energipris = 1,0 kr/kWh	<p>Nåverdi investering (uten støtte) = -6 527 835 kr</p> <p>Inntjeningstid = 19,02 år</p> <p>Nåverdi investering (med støtte) = - 4 027 835 kr</p> <p>Inntjeningstid = 17,48 år</p>
Energipris = 1,5 kr/kWh	Nåverdi investering (uten støtte) = 5 637 367 kr

	<p>Inntjeningstid = 12,68 år</p> <p>Nåverdi investering (med støtte) = 8 137 367 kr</p> <p>Inntjeningstid = 11,66 år</p>
Energipris = 2,0kr/kWh	<p>Nåverdi investering (uten støtte) = 17 802 570 kr</p> <p>Inntjeningstid = 9,51 år</p> <p>Nåverdi investering (med støtte) = 20 302 570 kr</p> <p>Inntjeningstid = 8,74 år</p>

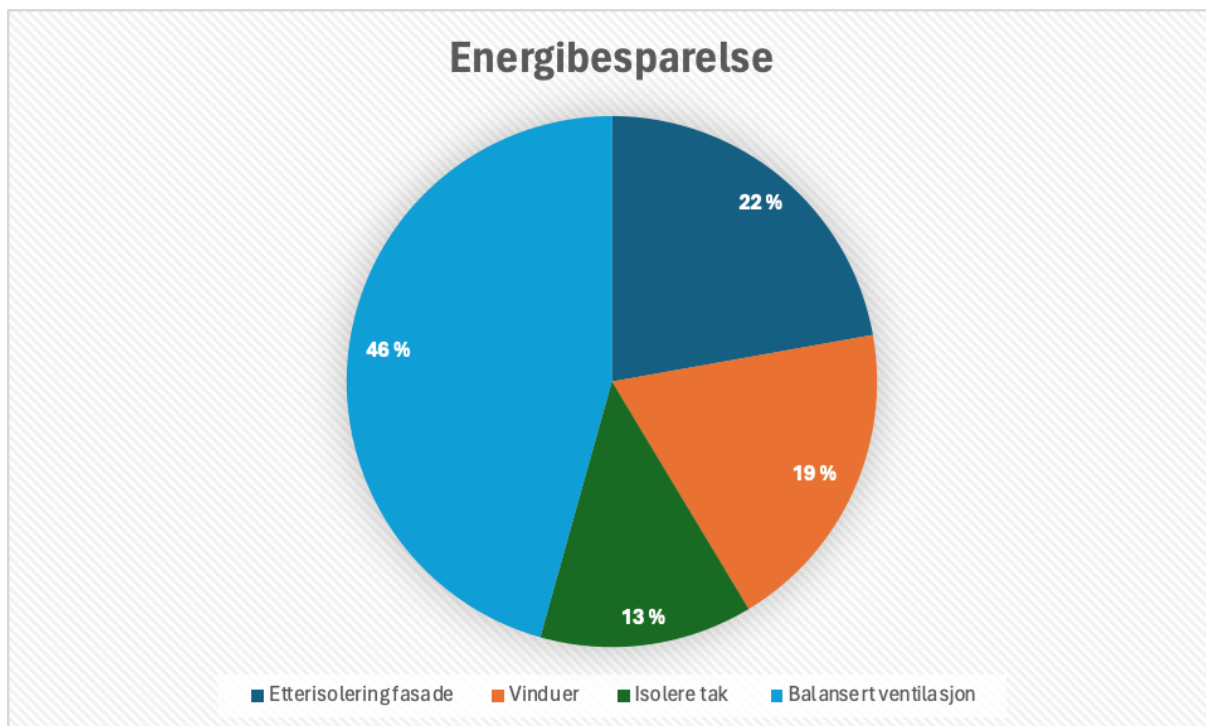
Tabell 6: Balansert ventilasjon

4.4 Energibesparelse

Tabellen under viser hvor mange prosent energi besparelse hvert av de ulike tiltakene utgjør av det nåværende energibehovet. Enova har som nevnt et krav om minst 20% besparelse i energibehov for å få støtte for energireducerende tiltak.

Tiltak	Forbruk (kWh)	Besparelse (kWh/år)	Besparelse (%)
Simien simulering	9524353		
Etterisolere fasade		681 755	7,83 %
Utskiftning av vinduer		788 513	8,35 %
Etterisolere tak		461 217	3,50 %
Balansert ventilasjon		1 622 027	15,60 %
Sum		3 553 512	35,28 %

Tabell 7: Samlet energibesparelse for hele Mannsverk.



Figur 30: Kakediagram som viser hvor stor del av total energibesparelse de ulike tiltakene utgjør.

Fra tabellene over kan man se at vi klarer Enova sitt krav om 20% reduksjon i energibehovet. Dette kan gjøres på ulike måter, men ved å utføre alle tiltakene vil det bli en samlet besparelse på 35,28%, noe som er 15,28% høyere enn kravet fra Enova. Det vil senere bli presentert ulike tiltakspakker.

I figur 30 ser vi også at den største energibesparelsen ligger i utskiftning av ventilasjonsanlegget til balansert ventilasjon med varmegjenvinning. Den utgjør hele 46% av hele energibesparelsen. Etterisolering av fasaden og utskiftning av vinduene utgjør 39% av energibesparelsen hvis de gjøres samtidig. Dette vil jo være mest lønnsomt med tanke på utførelsen av arbeidet. Etterisoleringen av taket utgjør bare 13% av energibesparelsen da arealet av taket er mye mindre enn arealet av fasaden. Dette medfører da at det er mye mindre varme som kan gå tapt og dermed vil ikke taket klare å redusere mer energi.

4.5 Lønnsomhetsberegning

Simuleringen av bygget blir videre brukt til å se på ulike oppgraderings kombinasjoner. Det legges vekt på å presentere realistiske tiltak som passer til byggets tilstand, behov og videre muligheter. Investeringskostnadene for de ulike tiltakene er hentet fra erfaringstall (Byggforsk, 2012) eller holte. Lønnsomheten og tilbakebetalingstiden er beregnet ut ifra

verdiene i tabellen under. Det er ikke tatt hensyn til rentekostnader, skattefradrag eller inflasjon i nåverdien under.

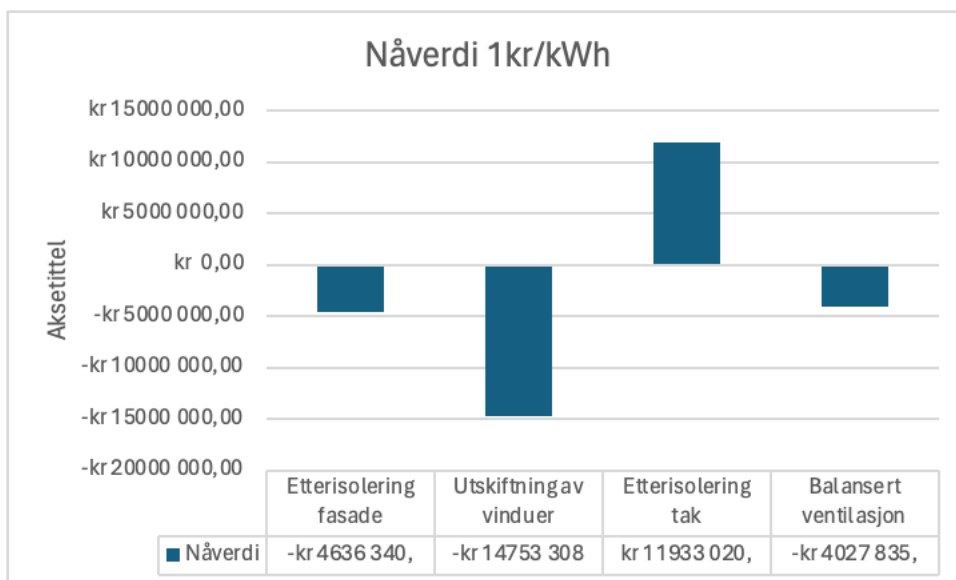
Tabell 8 viser verdier for både enkelttiltak og kombinasjoner av de ulike tiltakene. Grunnen til dette er at det er kostnadsbesparende å utføre noen av disse tiltakene samtidig. Simuleringen og prisingen av hvert tiltak har blitt gjort for hele borettslaget (588 av 588 enheter).

De simulerte prisene under tar høyde for støtte fra gjennomføring av tiltak fra Enova. Enova har en støtteordning for borettslag og sameier som dekker 30% av oppgraderingskostnaden, med et maksimalt støttebeløp på 10 millioner kroner, som nevnt tidligere. I grafene som er presentert brukes nåverdien uten støtte.

Lønnsomhet (Energipris: 1 kr/kWh):

Strømpris 1 kr/kWh	investering ink. Mva	Nåverdi uten støtte	Inntjenings tid	Nåverdi med støtte	inntjenings tid	Årlig energibesparelse	Levetid
Etterisolering fasade	kr 54 447 120	-kr 7 136 340	69,05	-kr 4 636 340	65,88	kr 788 513	60
Utskiftning av vinduer	kr 37 705 958	-kr 17 253 308		-kr 14 753 308		kr 681 755	30
Sum tiltak over	kr 92 153 078	-kr 24 389 648		-kr 19 389 648		kr 1 470 268	
Etterisolering tak	kr 18 240 000	kr 9 433 020	39,55	kr 11 933 020	34,13	kr 461 217	60
Balansert ventilasjon	kr 30 858 240	-kr 6 527 835	19,02	-kr 4 027 835	17,48	kr 1 622 027	15-20
Sum tiltak over	kr 49 098 240	kr 2 905 185		kr 7 905 185		kr 2 083 244	
Sum alle tiltak	kr 141 251 318	-kr 21 484 463	42,54	-kr 11 484 463	39,16	kr 3 553 512	

Tabell 8: Lønnsomhets beregning ved en energipris på 1kr/kWh.



Figur 31: Stolpediagram som viser nåverdien av de ulike tiltakene med en energipris på 1kr/kWh.

Hvis energiprisen holder seg på 1 kr/kWh, vil nåverdien til de fleste tiltakene være negativ. Med andre ord vil ikke tiltakene være lønnsomme når man har en samlet nåverdi på -21 millioner. Ved å søke om støtte til Enova vil man kunne senke nåverdien med 10 millioner og

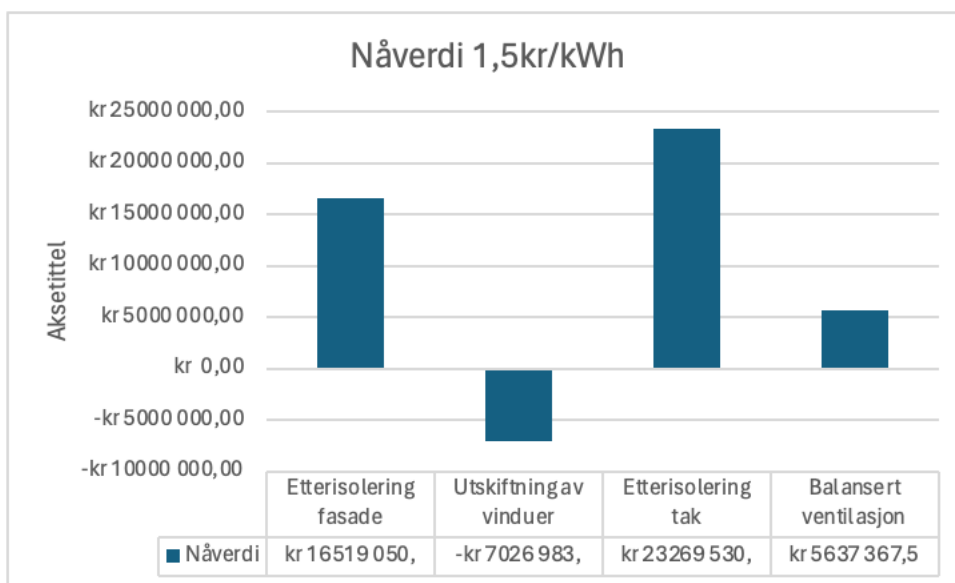
ende på en negativ nåverdi på kun –11 millioner. Dette er jo en halvering av «tapet» ved utførelse av alle tiltakene.

Vi ser på de ulike tiltakene at nåverdien på utskiftning av vinduer er den største taps posten. Den gir en nåverdi alene på -17 millioner. Så ved å ikke skifte vinduene vil man kunne oppnå et lønnsomt budsjett for de tre andre tiltakene, hvis man får støtte fra Enova.

Lønnsomhet (Energipris: 1,5 kr/kWh):

Strømpris 1,5 kr/kWh	investering ink. Mva	Nåverdi uten støtte	Inntjenings tid	Nåverdi med støtte	inntjenings tid	Årlig energibesparelse	Levetid
Etterisolering fasade	kr 54 447 120	kr 16 519 050	46,03	kr 19 019 050	43,92	kr 788 513	60
Utskiftning av vinduer	kr 37 705 958	-kr 7 026 983		-kr 4 526 983		kr 681 755	30
Sum tiltak over	kr 92 153 078	kr 9 492 067		kr 14 492 067		kr 1 470 268	
Etterisolering tak	kr 18 240 000	kr 23 269 530	26,37	kr 25 769 530	22,75	kr 461 217	60
Balansert ventilasjon	kr 30 858 240	kr 5 637 368	12,68	kr 8 137 368	11,66	kr 1 622 027	15-20
Sum tiltak over	kr 49 098 240	kr 28 906 898		kr 33 906 898		kr 2 083 244	
Sum alle tiltak	kr 141 251 318	kr 38 398 964	28,36	kr 48 398 964	26,11	kr 3 553 512	

Tabell 9: Lønnsomhets beregning ved en energipris på 1,5kr/kWh.



Figur 32: Stolpediagram som viser nåverdien av de ulike tiltakene med en energipris på 1,5kr/kWh.

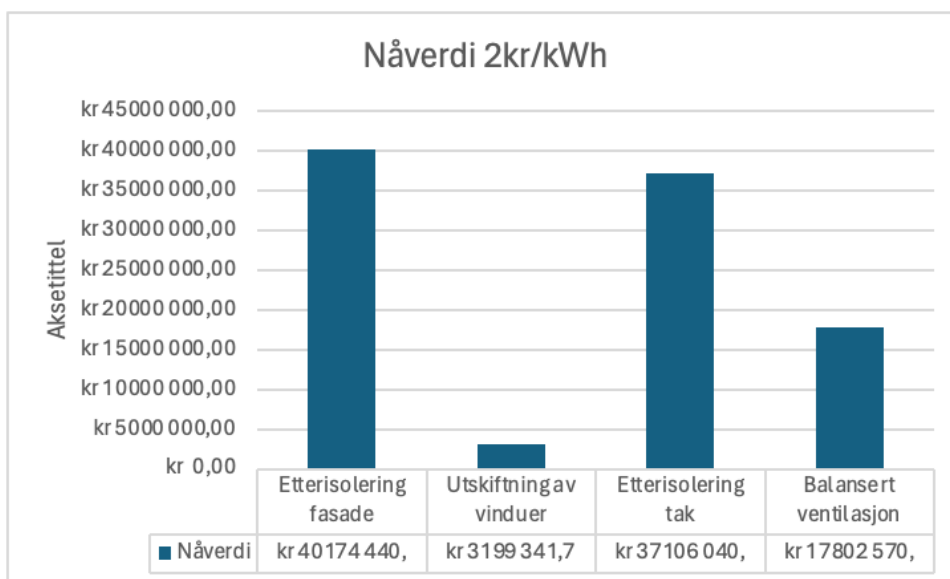
Ved å øke energiprisen til 1,5 kr/kWh vil alle tiltakene utenom utskiftning av vinduene bli lønnsomme, se figur 32. Da vil besparelsen av energi per år øke, slik at nåverdien også økes. Etterisolering av tak er det mest lønnsomme tiltaket som vist i figur 32. Denne posten summert med etterisolering av fasaden og balansert ventilasjon, vil gi et så stort overskudd at den negative nåverdien til utskiftning av vinduer vil bli nullet ut. Ved å utføre alle tiltakene vil vi få en positiv nåverdi på 38 millioner kroner. Det vil da være lønnsomt å utføre alle

tiltakene. Beboerne vil tjene inn investeringen i løpet av 29 år, dette er ekskludert levetiden til vinduene.

Lønnsomhet (Energipris: 2 kr/kWh):

Strømpris 2 kr/kWh	investering ink. Mva	Nåverdi uten støtte	Inntjeningstid	Nåverdi med støtte	inntjeningstid	Årtigenersbesparelse	Levetid
Etterisolering fasade	kr 54 447 120	kr 40 174 440	34,53	kr 42 674 440	32,94	kr 1 577 026	60
Utskiftning av vinduer	kr 37 705 958	kr 3 199 342		kr 5 699 342		kr 1 363 510	30
Sum tiltak over	kr 92 153 078	kr 43 373 782		kr 48 373 782		kr 2 940 536	
Etterisolering tak	kr 18 240 000	kr 37 106 040	19,77	kr 39 606 040	17,06	kr 922 434	60
Balansert ventilasjon	kr 30 858 240	kr 17 802 570	9,51	kr 20 302 570	8,74	kr 3 244 054	15-20
Sum tiltak over	kr 49 098 240	kr 54 908 610		kr 59 908 610		kr 4 166 488	
Sum alle tiltak	kr 141 251 318	kr 98 282 392	21,27	kr 108 282 392	19,58	kr 7 107 024	

Tabell 10: Lønnsomhets beregning ved en energipris på 2kr/kWh.



Figur 33: Stolpediagram som viser nåverdien av de ulike tiltakene med en energipris på 2kr/kWh.

Hvis energiprisen skulle nærmet seg 2kr/kWh ville alle tiltakene hatt en positiv nåverdi. Da ville det vært lønnsomt og utført alle tiltakene hver for seg. Nåverdien på alle tiltakene vil da være 98 millioner kr. Ved å utføre alle tiltakene utenom vinduene vil man tjene inn investeringen etter 21,3 år.

Samlet sett ser vi i lønnsomhetsberegningene at det ikke vil bli lønnsomt å utføre alle tiltakene, med mindre energiprisen blir høyere enn dagens energipris (ca. 1kr/kWh). Allerede med en energipris på 1,5 kr/kWh vil det være lønnsomt for alle tiltakene utenom utskiftning av vinduer. Bygget vil trenge vedlikehold i framtiden. Ved å innføre energieffektiviserende tiltak samtidig som vedlikeholdet skjer, vil kostnaden for det energieffektiviserende tiltaket senkes da disse arbeidene skjer samtidig.

4.6 Oversikt over anbefalte tiltak i prioritert rekkefølge

Prioritet	Tiltak	Kommentar
1	Balansert ventilasjon med varmegjenvinning	I beregningene på energibesparelse er det denne posten som sparer mest energi. Det vil også bedre inneklimate.
2	Etterisolering tak	Kort gjenværende levetid. Kan dermed etterisolere samtidig som man retekker taket.
3	Fasaderehabilitering/inkl. Nye vinduer	En sikrer bedre prosjekt og byggetekniske gjennomføringer ved å kombinere disse to tiltakene.

Tabell 11: Oversikt over prioritert rekkefølge på de ulike tiltakene med tanke på levetid.

Vi har valgt å sette balansert ventilasjon som første prioritering, med tanke på at det er her beboerne kan spare mest energi. Balansert ventilasjon med varmegjenvinning utgjør hele 46% av hele energibesparelsen, og vil dermed senke energikostnadene mest.

Etterisolering av tak har vi satt som prioritering nummer to, grunnet den korte gjenværende levetiden til taket. Hvis man først skal i gang med en retekking av taket, burde man investere i kostnadene for å etterisolere samtidig. Dette vil bli billigere enn å gjøre hele jobben på nytt ved en eventuell etterisolering i framtiden.

Etterisoleringen av fasaden bør gjøres for å bedre inneklimate i de ulike boligene. Fasaden ble rehabilitert i 2007, så den har i teorien en god del levetid igjen. Det kan ses på muligheten for å bruke fasadeplatene på nytt ved etterisolering av fasaden. Ved å se på lønnsomheten ser vi at det lønne seg i lengden.

4.7 Forslag til ulike tiltakspakker

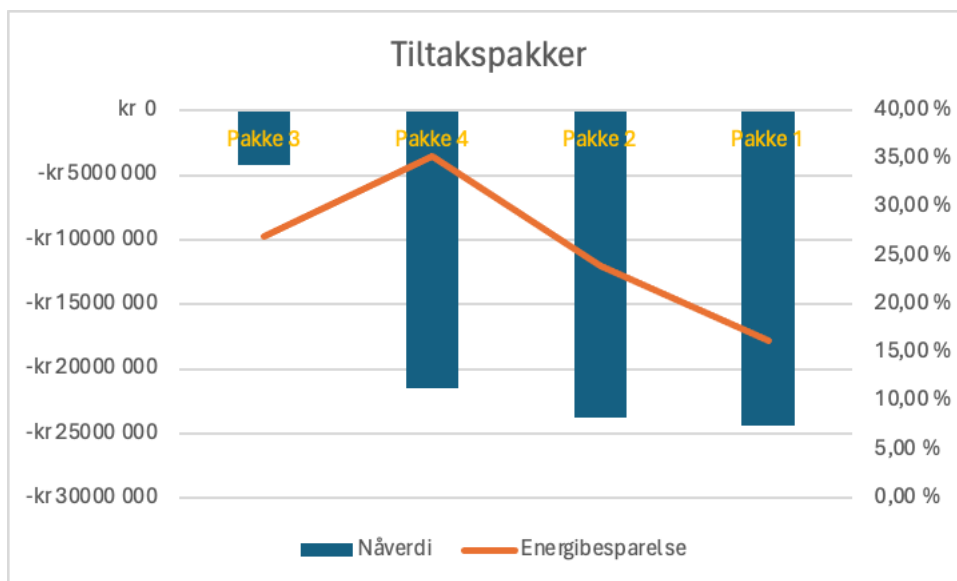
	Investering	Lånebehov	Økning i felleskost	Energibesparelse
Etterisolering fasade	kr 54 447 120,00	kr 57 713 947,00	kr 1 401,00	7,83 %
Utskiftning av vinduer	kr 37 705 958,25	kr 39 968 315,00	kr 970,00	8,35 %
Etterisolering tak	kr 18 240 000,00	kr 19 334 400,00	kr 469,00	3,50 %
Balansert ventilasjon	kr 30 858 240,00	kr 32 709 734,00	kr 794,00	15,60 %
Sum	kr 141 251 318,25	kr 149 726 396,00	kr 3 634,00	35,28 %

Tabell 12: Oversikt over økningen i kostnader til beboerne, for de ulike tiltakene.

Tiltakspakker	Tiltak	Energibesparelse (kWh/år)	Energibesparelse (%)	Investering	Nåverdi (1kr/kWh)	Økning i felleskostnader
Pakke 1	Etterisolering fasade, inkl nye vinduer	kr 1 470 268	16,18 %	kr 92 153 078	-kr 24 389 648	kr 2 371
Pakke 2	Balansert ventilasjon, inkl. Nye vinduer	kr 2 303 782	23,95 %	kr 68 564 198	-kr 23 781 143	kr 1 764
Pakke 3	Etterisolering av fasade og tak, inkl. Balansert ventilasjon	kr 2 871 757	26,93 %	kr 103 545 360	-kr 4 231 155	kr 2 664
Pakke 4	Alle tiltakene	kr 3 553 512	35,28 %	kr 141 251 318	-kr 21 484 463	kr 3 634

Tabell 13: Oversikt over de ulike tiltakspakkene som er presentert.

Det er benyttet OBOS sin rehabiliteringskalkulator for å regne økning i felleskostnader for de ulike tiltakene (OBOS, u.d.). I utregningen av økte felleskostnader tas det ikke forbehold om bruk av egenkapital. Ved å bruke egenkapital vil økningen av felleskostnadene være litt mindre enn oppgitt. Felleskostnadene er også gjennomsnittsberegnet, det vil si at den vil variere litt mer med tanke på størrelsen på enhetene, da denne regnes per m².



Figur 34: Stolpediagram som viser nåverdien og energibesparelsen til de ulike tiltakspakkene.

I figuren over ser vi en oversikt over nåverdien til de ulike tiltakspakkene, samt hvor mange prosent energibesparelse man får ved de ulike tiltakspakkene.

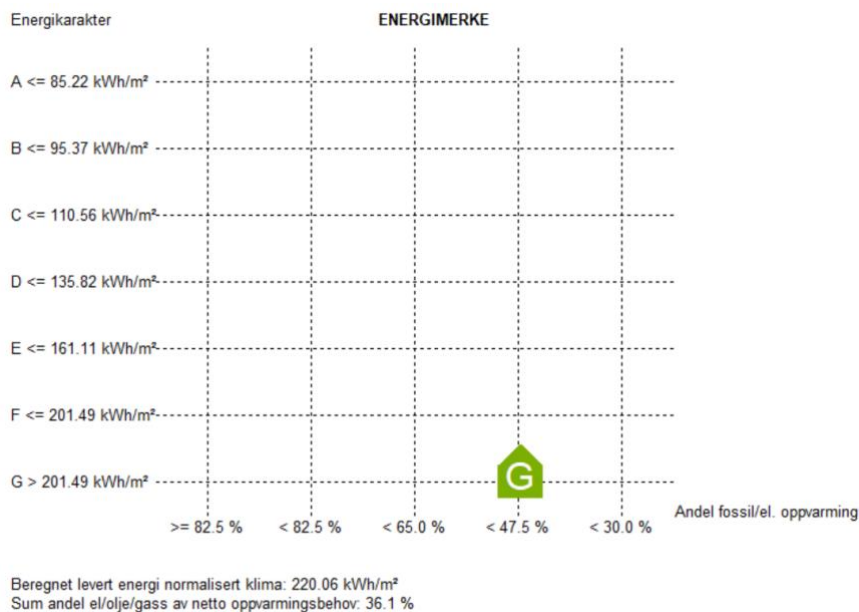
Det er størst energibesparelse på tiltakspakke fire (35,28%), men den oppnår også en høy nåverdi på -21 484 463kr, noe som ikke gjør den lønnsom. Med en energibesparelse på 35,38% vil man imøtekomme Enova sitt krav om 20% reduksjon, og dermed få dekket inntil 10 000 000kr av investeringskostnaden (30% av investeringen). Dette oppfyller Enova sitt krav om støtte til energieffektivisering, som gir en ny nåverdi på - 11 484 463kr. Denne støtten gjør dette tiltaket mer attraktivt, men det vil koste en del mer enn de andre pakkene. Denne pakken vil øke felleskostnadene med 3634kr.

I tiltakspakke tre derimot er det 26,93% besparelse, men kun en nåverdi på -4 231 155kr, noe som gjøre denne pakken mest lønnsom. Dette oppfyller Enova sitt krav om støtte til energieffektivisering, noe som gir en ny positiv nåverdi på 5 768 845kr. Det vil øke felleskostnadene med 2664kr noe som er betydelig lavere enn tiltakspakke fire. I spørreundersøkelsen sa beboerne at det var en del trekk i leiligheten, dette vil forsvinne ved en etterisolering av fasaden. Dette vil da kunne bli mer populært i en eventuell generalforsamling, der de ulike tiltakspakkene vil bli presentert for beboerne. Det er beboerne som til slutt skal stemme og vedta de ulike forslagene.

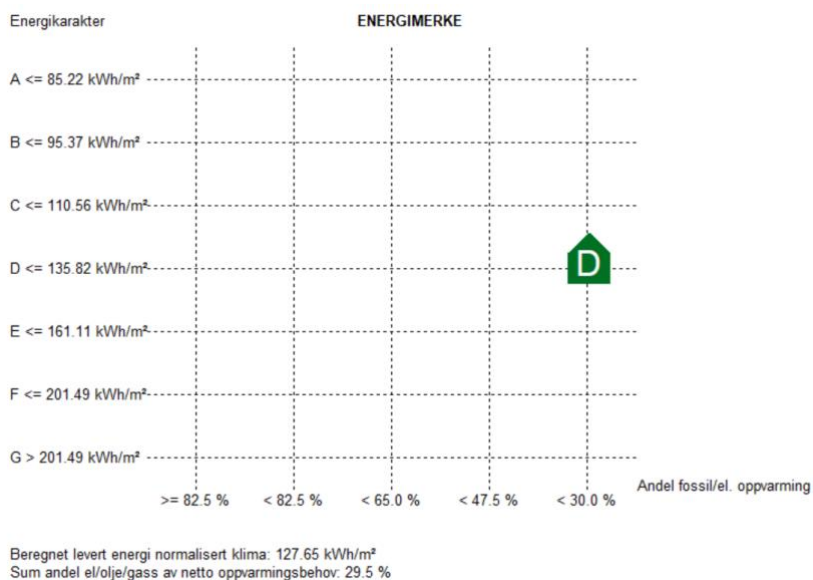
Tiltakspakke en gir energibesparelse på 16,18%, dette vil ikke oppfylle Enova sitt energireduksjons krav og dermed ikke få støtte. Nåverdien på dette tiltaket er den høyeste av alle tiltakene, - 24 389 648kr og dermed det minst lønnsomme tiltaket. Det vil øke fellesgjelden med 2371kr. I en generalforsamling der borettslaget skal stemme over tiltakene vil trolig dette tiltaket få lite stemmer. Dette er med tanke på den høye nåverdien satt opp mot økningen i felleskostnader. Beboerne vil være ute etter hvor lønnsomt disse tiltakene er, og hvor mye de eventuelt kan spare i måneden.

Tiltakspakke to vil gi en energibesparelse på 23,95%, dette oppfyller kravet om støtte fra Enova. Nåverdien går da fra å være -23 781 143 kr til å bli - 13 781 143 kr. Dette vil gi en økning på 1764kr i felleskostnadene. I og med at dette er det alternativet som gir minst økning i felleskostnadene vil det kanskje være et av de mer populære tiltakene i en generalforsamling. Spørreundersøkelsen avdekket misnøye med inn klimaet i leilighetene, dette vil forbedres betydelig ved utskiftning av vinduer og balansert ventilasjon. Noe som kan bidra enda mer til å få igjennom dette vedtaket.

4.8 Energimerking



Figur 35: Energimerking før tiltak.



Figur 36: Energimerking etter tiltak.

Vi utførte en energimerking i SIMIEN både før og etter tiltakene. Dagens tilstand får en energikarakter G i SIMIEN, se figur 35. Dette er laveste karakter man kan få, med et forbruk på 220 kWh/m². Det ble avdekket sterk misnøye i spørreundersøkelsen tilknyttet energimerking, se figur 22. Energimerking har fått et større fokus i dagens samfunn grunnet de økende strømprisene. Energieffektivisering er framtiden som nevnt tidligere.

Etter vi la inn alle tiltakene i SIMIEN fikk vi forbedret energimerkingen til karakter D, se figur 36. Dette er vesentlig bedre med et forbruk på 127,5 kWh/m². Dette er nesten en halvering av levert energi. Vi kom oss også under 30% grensen av brukt andel el/olje/gass netto oppvarmingsbehov slik at beboerne får en mørkegrønn D.

Kapittel 5. Konklusjon

Oppgradering av borettslag er en veldig relevant problemstilling i dagens situasjon. Vestbo har som boligbyggelag et stort ansvar for at borettslagene de forvalter skal holde god stand. Det er derfor veldig aktuelt å se nærmere på hvilken effekt de ulike oppgraderingstiltakene har på energibehovet og kostnader. I denne oppgaven har vi sett på ulike oppgraderingstiltak som Mannsverk borettslag kan dra nytte av.

Vi ser at ved å utføre alle tiltakene vil vi redusere levert energi med 35,28%. Det er gjort antakelser i simuleringene for dette borettslaget, dette vil dermed påvirke nøyaktigheten til resultatene. Målet om reduksjon på over 20% i levert energi er dermed oppfylt, og vi vil da få støtte fra Enova om de godkjenner tiltakene vi har valgt.

Alle ulike bygningsdeler har en utløpsdato der de trenger en oppgradering eller vedlikehold. Ved å gjennomføre disse tiltakene i allerede planlagte vedlikeholdsarbeid vil vi senke kostnadene for å utføre disse tiltakene mye. Eldre betongblokker vil ha et større oppgraderingsbehov mtp. alderen. Dette medfører en del vedlikeholdsarbeid i framtiden som åpner muligheter for energieffektiviserende tiltak.

Kostnadsanalysene viser utregninger for de ulike tiltakene med ulike energipriser. Vi ser at utskiftning av vinduer vil være det minst lønnsomme tiltaket med tanke på nåverdi. Etterisolering av taket vil derimot være et av de mest lønnsomme tiltakene med tanke på nåverdi. Etterisolering av taket utgjør ikke den største energibesparelsen, men er mest lønnsomt. Balansert ventilasjon med varmegjenvinning vil utgjøre den største energibesparelsen, men er dyrt å gjennomføre. Tiltakspakke tre vil være den mest lønnsomme pakken å gjennomføre. Denne pakken innebærer etterisolering av både fasaden og taket, pluss balansert ventilasjon med varmegjenvinning i alle enheter. Hvis vi dropper utskiftning av vinduer, vil de andre tiltakene være lønnsomme.

Energimerkingen ble også forbedret fra en karakter grønn G til en mørkegrønn D. Dette medførte nesten en halvering av levert energi etter tiltakene.

I oppgaven viser det seg at i oppgraderingsprosjekter er det vanskelig å fastslå hvilke tiltak som er best å utføre. Det er mange elementer som er med å påvirke om prosjektet er gjennomførbart. Ved å oppgradere bygningskroppen vil vi senke energibehovet, men det koster penger å utføre det. Det er der diskusjonen i et borettslag kommer inn og påvirker om dette blir gjennomført. For å vedta et tiltak i et borettslag må det være 2/3 som stemmer «ja» for vedtaket. Alt handler til slutt om hvor mye mer beboerne må betale, og hvor mye de sparer hver måned. Det blir en økning på 3634kr hvis alle tiltakene blir utført. Dette er en stor økning i felleskostnaden, men energibehovet vil samtidig bli lavere. Hele prosessen i et borettslag handler om hva beboerne er villige til å gå med på. Det er dette som gjør det så vanskelig for boligbyggelagene å utføre slike store oppgraderingsprosjekter.

Kapittel 6. Veien videre

Denne oppgaven er begrenset med tanke på tid, ressurser og valgt problemstilling. Det vil derfor være flere områder som det kan arbeides videre med. Inneklima vil være et av temaene vi ikke går inn på. Det kunne vært gjort ytterligere målinger for å finne ut hvordan balansert ventilasjon vil påvirke inneklimaet.

Det er heller ikke vurdert andre energikilder enn de som eksisterer i dag. Det kan derfor være veldig interessant å se på andre typer energikilder, for å senke både forbruk og kostnad. Eksempelvis solceller, varmebrønn, varmepumpe etc.

Det kan også ses videre på energibruksmønster hos beboerne. Man kan installere smartbolig løsninger som kan optimalisere energibruken av boligene.

Materialbruk er også et tema man kan gå mer i dybden på. Det kan bli utført simuleringer som viser forskjellen på en trefasade kontra en steniplate fasade. Man kan også se nærmere på ulike typer isolasjonsmaterialer for å spare penger og redusere tykkelse i veggene. Ved å lage tykkere og tykkere vegger for å isolere bedre, kan man få problemer i trange områder da man ikke vil isolere innvendig for å miste areal. Ved å se nærmere på de ulike alternativene vil man kunne finne den best mulige løsningen for kostnad, energibruk og inneklima.

Kapittel 7: Referanser

- Angeliki Kylili, P. A. (2014, Desember 1). *Infrared thermography (IRT) applications for building diagnostics: A review*. Hentet fra sciencedirect.com:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261914008083?via%3Dihub>
- Byggeindustrien. (2010, Februar 23). *Enova svarer på spørsmål om energibruk*. Hentet fra Bygg.no: <https://www.bygg.no/sporsmal-og-svar-fra-enova/51103!/>
- Byggforsk. (2010, Juni). *Utbedring og ombygging i boligselskaper*. Hentet fra byggforsk.no: https://www.byggforsk.no/dokument/621/utbedring_og_ombygging_i_boligselskaper
- Byggforsk. (2013, Desember). *Lufttetting av bygninger. Framgangsmåte for å oppnå lavt lekkasjetall*. Hentet fra Byggforsk:
https://www.byggforsk.no/dokument/4110/lufttetting_av_bygninger_framgangsmaate_for_aa_oppnaa_lavt_lekkasjetall
- Byggforsk. (2014, Desember). *Etterisolering av betongvegger*. Hentet fra Byggforsk.no: https://www.byggforsk.no/dokument/678/etterisolering_av_betongvegger
- Byggforsk. (2014, Desember). *Termografering av bygninger*. Hentet fra Byggforsk.no: https://www.byggforsk.no/dokument/4123/termografering_av_bygninger
- Byggforsk. (2017, Desember). *Ventilasjon av boliger. Prinsipper*. Hentet fra Byggforsk.no: https://www.byggforsk.no/dokument/527/ventilasjon_av_boliger_prinsipper
- Byggforsk. (2018, September). *Beregning av U-verdier etter NS-EN ISO 6946*. Hentet fra Byggforsk.no: https://www.byggforsk.no/dokument/208/beregning_av_u-verdier_etter_ns-en_iso_6946
- Byggforsk. (2018, April). *Kompakte tak*. Hentet fra Byggforsk.no: https://www.byggforsk.no/dokument/387/kompakte_tak
- Byggforsk. (2018, August). *Oppgradering i boligselskaper. Beslutningsprosesser*. Hentet fra byggforsk.no: https://www.byggforsk.no/dokument/4037/oppgradering_i_boligselskaper_beslutningsprosesser

Byggforsk. (2018, Mars). *Utskifting av vinduer*. Hentet fra Byggforsk.no:

https://www.byggforsk.no/dokument/680/utskifting_av_vinduer

Byggforsk. (2019, Oktober). *Kuldebroer. Typer, konsekvenser og bruk av normalisert kuldebroverdi*. Hentet fra Byggforsk.no:

https://www.byggforsk.no/dokument/5206/kuldebroer_typer_konsekvenser_og_bruk_av_normalisert_kuldebroverdi

Byggforsk, M. A. (2012). *Kostnads optimalitet Energiregler i TEK*. Direktoratet for byggkvalitet (DIBK).

De forente nasjoner. (2024, Februar 1). *FNs bærekraftsmål*. Hentet fra FN.no:

<https://fn.no/Om-FN/FNs-baerekraftsmaal#HvaerFNsb%C3%A6rekraftsm%C3%A5l?-0>

Dibk. (2015, April). *Teknikse krav ved tiltak i eksisterende bygg*. Hentet fra dibk.no:

https://www.dibk.no/globalassets/eksisterende-bygg/veiledningsstoff/tekniske-krav-ved-tiltak-i-eksisterende-bygg_eksempelsamling_nkf.pdf

Dibk. (2018, mai 23). *hva sier energimerket om boligen din?* Hentet fra dibk.no:

<https://www.dibk.no/bygge-eller-endre/puss-opp-energismart/hva-sier-energimerket-om-boligen-din>

Direktoratet for Byggkvalitet. (2015). *Veiledning om tekniske krav til byggverk Kapittel 14. Energi*. Dibk.

Direktoratet for byggkvalitet. (2017, september 15). *Teknisk forskrift (TEK17) med veiledning*.

Hentet fra dibk.no: <https://www.dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17>

Direktoratet for byggkvalitet. (2018, april 19). *Krav til energieffektivitet-*

rammekravsmetoden. Hentet fra dibk.no: <https://www.dibk.no/byggtekniske-omrader/krav-til-energieffektivitetet---rammekravsmetoden>

Direktoratet for byggkvalitet. (2020, september 1). *Teknisk forskrift (TEK17) med veiledning*.

Hentet fra dibk.no: <https://www.dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/14/14-2>

Djioslo. (u.d.). *DJI MAVIC 3 CINE PREMIUM COMBO*. Hentet fra Djioslo.no:

<https://djioslo.no/produkt/dji-mavic/dji-mavic-3-cine-combo/>

- Eiendomsadvokater. (u.d.). *Hva er et borettslag?* Hentet fra eiendomsadvokater.no:
<https://www.eiendomsadvokater.no/eierformer/lov-om-borettslag/#hva-er-et-borettslag>
- Eiendomsrett. (u.d.). *Andelsleilighet i borettslag- her er alt du trenger å vite.* Hentet fra eiendomsrett.no: <https://www.eiendomsrett.no/andelsleilighet-i-borettslag/>
- Emstraling. (2017, Januar 3). *DET ELEKTROMAGNETISKE SPEKTERET.* Hentet fra emstraling.wordpress.com: <https://emstraling.wordpress.com/2017/01/03/det-elektromagnetiske-spekteret/>
- Energifakta Norge. (2024, April 15). *ENERGIBRUK I ULIKE SEKTORER.* Hentet fra Energifakta Norge.no: <https://energifaktanorge.no/norsk-energibruk/energibruken-i-ulike-sektorer/>
- Energikompetanse. (u.d.). *Aktuelle standarder og anvisninger for byggtermografi.* Hentet fra Energikompetanse.no: <https://www.energikompetanse.no/artikler/aktuelle-standarder-og-anvisninger-for-byggtermografi>
- Enova. (2012, februar). *Hjelp til deg som skal kjøpe energieffektive vinduer.* Hentet fra enova.no:
https://www.enova.no/upload_images/CB2B889C445B43E8A55E2E7C9C653518.pdf
- Enova. (2016, Desember 27). *Etterisolering.* Hentet fra Enova.no:
<https://www.enova.no/privat/alle-energitiltak/oppgradere-huset/etterisolering-/>
- Enova. (2023). *Om Enova.* Hentet fra Enova.no: <https://www.enova.no/om-enova/>
- Enova. (2024, April). *Tjenesteyting og sluttbruk status.* Hentet fra Enova.no:
<https://2022.enova.no/artikkel/status-og-kjennetegn-ved-tjenesteyting-og-sluttbruk>
- Fangen, K. (2022, September 6). *Kvalitativ metode.* Hentet fra Forskningsetikk.no:
<https://www.forskningsetikk.no/ressurser/fbib/metoder/kvalitativ-metode/>
- Fjordkraft. (2017, desember 12). *Dette betyr energimerking av bolig.* Hentet fra fjordkraft.no:
<https://www.fjordkraft.no/strom/stromprat/flytting/energimerking-av-bolig/>
- Forbrukerrådet. (2024, April). *Spotpriser.* Hentet fra Forbrukerrådet.no:
<https://www.forbrukerradet.no/strompris/spotpriser>

- Fortum. (2024, April). *Historiske strømpriser*. Hentet fra Fortum.no:
https://www.fortum.com/no/strom/strompriser/historiske-strompriser?_gl=1*1oa28k6*_gcl_au*MTczODY5Njk1MC4xNzEyNzUwMTEw*_ga*MjEzOTUyNjkyNS4xNzEyNzUwMTEw*_ga_TMRXWTSKVX*MTcxMjc1MDExMC4xLjEuMTcxMjc1MDExMC4wLjAuNzk3NDMxMDAy#vestlandet-no5
- Gerring, J. (2004, Juni 21). *What Is a Case Study and What Is It Good for?* Hentet fra Cambridge.org: <https://www.cambridge.org/core/journals/american-political-science-review/article/what-is-a-case-study-and-what-is-it-good-for/C5B2D9930B94600EC0DAC93EB2361863>
- Geving, S. (2021). Praktisk bygningsfysikk, 1.utgave. I S. Geving, *Praktisk bygningsfysikk* (ss. 18-19). Bokforlaget.
- Grønmo, S. (2012, Januar 10). *Kvalitative og kvantitative metoder: Begreper og distinksjoner*. Hentet fra Iduun.no: <https://www.iduun.no/doi/full/10.18261/ISSN1504-2928-2012-01-06>
- Greving, S. (2021). Praktisk bygningsfysikk, 1.utgave. I S. Greving, *Praktisk bygningsfysikk* (ss. 34-36). Bokforlaget.
- Hauge, Å. L., Mellegård, S. E., & Amundsen, K. H. (2011). Beslutningsprosesser i borettslag og sameiere. I Å. L. Hauge, S. E. Mellegård, & K. H. Amundsen, *Beslutningsprosesser i borettslag og sameiere. Hva fører til bærekraftige oppgraderingsprosjekter?* (s. 53). SINTEF akademisk forlag.
- Holden, J. (2023, Oktober 23). *Hva er Parisavtalen? Ni spørsmål og svar*. Hentet fra Greenpeace.org: <https://www.greenpeace.org/norway/fakta/klimaendringer/hva-er-parisavtalen-ni-sporsmal-og-svar/>
- Holte. (u.d.). *Om oss*. Hentet fra Holte.no: <https://holte.no/om-oss/>
- Holtebekk, T. (2021, August 21). *infrarød stråling*. Hentet fra Snl.no: https://snl.no/infrar%C3%B8d_str%C3%A5ling

- Huseierne. (u.d.). *Generalforsamlingen i borettslaget*. Hentet fra huseierne.no:
<https://www.huseierne.no/alt-om-bolig/sameier-og-borettslag/borettslag/generalforsamlingen/>
- industriskolen, F. (2022, mai 11). *Kalkyler*. Hentet fra ndla.no:
<https://ndla.no/nb/subject:1:9e515764-0ce6-49d5-8ecd-1cde8b08a33f/topic:87568040-e35f-4474-bfd5-d737e8101448/resource:1:138614>
- Jacobsen, D. I. (2021). Hvordan gjennomføre undersøkelser? I D. I. Jacobsen, *Undersøkelsens fjerde fase: Hvordan skal vi smale inn kvantitativ informasjon?* (s. 263). Cappelen Damm Akademisk, 4. utgave.
- Jacobsen, D. I. (2021). Hvordan gjennomføre undersøkelser? I D. I. Jacobsen, *Hvordan gjennomføre undersøkelse*, 4. utgave (s. 288). Cappelen Damm Akademisk.
- Johnson, T. P. (2012, November 27). *Failures in Substance Use Surveys*. Hentet fra tandfonline.com:
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/10826084.2012.706161>
- Lovdata. (2022, juli 1). *Lov om burettslag (burettslagslova)*. Hentet fra lovdata.no:
https://lovdata.no/pro/#document/NL/lov/2003-06-06-39/KAPITTEL_1
- Lovdata. (2017, juli 1). *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift)*. Hentet fra lovdata.no: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840>
- maxsievert. (u.d.). *Emissivitet ved infrarød måling*. Hentet fra maxsievert.no:
<https://maxsievert.no/emissivitet-ved-infrarod-maling/>
- Når gjelder byggteknisk forskrift (TEK17)?* (2023, 01 27). Hentet fra dibk.no:
<https://www.dibk.no/bygge-eller-endre/arbeid-pa-eksisterende-bygg/nar-gjelder-byggteknisk-forskrift-tek17>
- NBBL. (u.d.). *Boligsamvirkets historie*. Hentet fra nbbl.no: <https://www.nbbl.no/om-oss/boligsamvirkets-historie/>
- NBBL. (u.d.). *Oppgradering og rehabilitering*. Hentet fra nbbl.no: <https://www.nbbl.no/for-borettslag-og-sameier/oppgradering/>

- Nilsen, M. (2012, Oktober 4). *Historier fra en bydel – Årstad*. Hentet fra Byantikvaren.no: <https://www.bergenbyarkiv.no/aarstad/archives/boligblokker-pa-mannsverk/3809>
- Nilstun, C. (2020, Juli 18). *Analyse*. Hentet fra Snl.no: <https://snl.no/analyse>
- Nordan. (u.d.). *Glasskolen*. Hentet fra Nordan.no: <https://www.nordan.no/glasskolen/>
- Norges vassdrags- og energidirektorat. (2013). *Praktisk veileder for energimerking*. NVE. Hentet fra https://publikasjoner.nve.no/veileder/2013/veileder2013_05.pdf
- Norges vassdrags- og energidirektorat. (2021, Mars 16). *Energieffektivisering*. Hentet fra NVE.no: <https://www.nve.no/energi/energisystem/energibruk/energieffektivisering/>
- OBOS. (u.d.). *Regn ut hva prosjektet koster*. Hentet fra obos.no: <https://bank.obos.no/styre/rehabilitering/rehabiliteringskalkulator/#housingType=1&projectCost=0&equity=0&interest=6.00&projectPeriod=12&downpayment=30&commonExpenses=3000000&todayCommonExpenses=1000>
- Regjeringen. (2023, September 28). *Med grønn industri skal vi bygge landet videre*. Hentet fra Regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/med-gronn-industri-skal-vi-bygge-landet-videre/id2996148/>
- Regjeringen. (2023). *NOU 2023: 3*. Hentet fra Regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2023-3/id2961311/?ch=4>
- Regjeringen. (2023, Mai 10). *Regjeringen styrker arbeidet med energieffektivisering*. Hentet fra Regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/regjeringen-styrker-arbeidet-med-energieffektivisering2/id2998063/>
- Sigmund Grønmo, S. D. (2024, Februar 14). *validitet*. Hentet fra Snl.no: <https://snl.no/validitet>
- SIMIEN. (u.d.). *Beregning av energibruk og inn klima*. Hentet fra Simenergi.no: <https://simenergi.no/simien/>
- SIMIEN. (u.d.). *Simien energiberegning- velg produkt*. Hentet fra simien.no: <https://simien.no/produkt/>

- SINTEF. (2015, Desember 14). *Etterisoler taket når du har sjansen*. Hentet fra sintef.no:
<https://www.sintef.no/siste-nytt/2015/etterisoler-taket-nar-du-har-sjansen/>
- Skatteetaten. (2024). *Offentlig støtte (statsstøtte)*. Hentet fra Skatteetaten.no:
<https://www.skatteetaten.no/bedrift-og-organisasjon/rapportering-og-bransjer/bransjer-med-egne-regler/offentlig-stotte/>
- SSB. (2024, januar 24). *Boforhold, registerbasert*. Hentet fra ssb.no:
<https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/bolig-og-boforhold/statistikk/boforhold-registerbasert>
- Standard. (2021, September 29). *NS 3031*. Hentet fra Standard.no:
<https://standard.no/fagomrader/energi-og-klima-i-bygg/bygningsenergi/ns-3031-beregning-av-bygningers-energiytelse-er-trukket-tilbake-men-vises-fortsatt-til-i-byggteknisk-forskrift/>
- Standard. (2023, August). *NS-EN ISO 6781-1:2023*. Hentet fra Standard.no:
<https://online.standard.no/nb/ns-en-iso-6781-1-2023>
- Statistisk Sentralbyrå. (2024). *Boliger, etter bygningstype (K) 2006 - 2024*. Hentet fra Statistisk Sentralbyrå.no: <https://www.ssb.no/statbank/table/06265/>
- Strømbedrift. (u.d.). *Energieffektivisering av bygg*. Hentet fra Strømbedrift.no:
<https://stromforbedrift.no/guide/energieffektivisering-av-bygg>
- Svartdal, F. (2020, April 3). *reliabilitet*. Hentet fra Snl.no: <https://snl.no/reliabilitet>
- Tønnessen, R. (2010, Mail 7). *Aktivhus og passivhus*. Hentet fra Passivern.wordpress:
<https://passivern.wordpress.com/2010/05/07/aktivhus-og-passivhus/>
- Tekna. (2020, Desember 7). *Typiske kuldebroverdier*. Hentet fra Tekna.no:
<https://www.tekna.no/fag-og-nettverk/bygg-og-anlegg/byggbloggen/typiske-kuldebroverdier/>
- Tor Helge Dokka, S. B. (2012). *En håndbok for planlegging av passivhus og lavenergiboliger*. Trondheim.

Yin, R. K. (2013). Validity and generalization in future case study evaluations. I R. K. Yin, *Validity and generalization in future case study evaluations* (ss. 325-326). SAGE Publications.

Yin, R. K. (2014). Case Study Research. I R. K. Yin, *Case Study Research: Design and Methods* (s. 4). SAGE Publications.

Kapittel 8. Vedlegg

Vedlegg 1: U-verdier

Vedlegg 2: Lønnsomhetsberegninger

Vedlegg 3: SIMIEN årssimulering av høyblokk før tiltak

Vedlegg 4: SIMIEN årssimulering av lavblokk før tiltak

Vedlegg 5: SIMIEN årssimulering av høyblokk etter tiltak

Vedlegg 6: SIMIEN årssimulering av lavblokk etter tiltak

Vedlegg 7: SIMIEN energimerkesimulering av lavblokk før tiltak

Vedlegg 8: SIMIEN energimerkesimulering av lavblokk etter tiltak

Vedlegg 9: Spørreundersøkelse

Vedlegg 10: Resultat spørreundersøkelse