

Ådne Lund Øvstebø

Eksisterende bygningers motstandsdyktighet mot klimaendringer

En studie på klassifisering av motstandsdyktighet

Masteroppgave i Bygg- og Miljøteknikk

Veileder: Alenka Temeljotov Salaj

Medveileder: Svein Bjørberg

Juni 2024

Ådne Lund Øvstebø

Eksisterende bygningers motstandsdyktighet mot klimaendringer

En studie på klassifisering av motstandsdyktighet

Masteroppgave i Bygg- og Miljøteknikk
Veileder: Alenka Temeljotov Salaj
Medveileder: Svein Bjørberg
Juni 2024

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg- og miljøteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

Klimaendringer vil ha betydelige konsekvenser for eksisterende bygninger. I Norge forventes klimaendringer å føre til mer intens nedbør og økte temperaturer, noe som betyr at bygningene vil bli utsatt for et klima de ikke opprinnelig var bygd for. Et eksempel er vanninntrenging utenfra, som utgjør den største kostnadsposten for bygningsskader og er derfor den største trusselen. I tillegg, innen 2100 vil 2,4 millioner av dagens bygninger befinne seg i et klima med høy risiko for råtedannelse, en betydelig økning fra dagens 615 000 bygninger i slike forhold. Bygninger har en forventet levetid fra 60 til over 100 år, og det er derfor nødvendig å gjennomføre tiltak for å redusere skadeomfanget fra disse trusselene som følger med klimaendringer. Siden 80% av eksisterende bygg vil bestå etter 2050, er betydningen av å se på eksisterende bygg og deres motstandsdyktighet mot klimaendringer større enn til ubygget bebyggelse. For å oppnå et bærekraftig bygd miljø må vi allerede nå ta hensyn til de økte og endrede klimabelastningene bygningene vil bli utsatt for i de kommende tiårene.

Målet med oppgaven er å finne ut hvordan eksisterende bygninger kan oppnå økt motstandsdyktighet mot klimaendringer. Videre skal det utvikles en kartleggingsmatrise som skal brukes til å klassifisere eksisterende bygninger og dets motstandsdyktighet mot fremtidige klimapåkjenninger i Norge. Denne kartleggingen gir innsikt i bygningens robusthet og egnethet mot kommende klimapåkjenninger, og gjør det lettere å identifiseringen effektive og riktige tiltak for sårbare bygningselementer. Matrisen fokuserer på bygningens klimaskall, som yttertak, yttervegger og grunnmur/fundament. Den tar også for seg noen interne forhold samt bygningsutforming, tomtens egenskaper og bygningsdokumentasjon.

For å nå målet med oppgaven er det benyttet tre forskningsmetoder: litteraturstudie, casestudie og intervjuer. Fokuset har ligget på å identifisere kvaliteter og prinsipper på bygninger med god motstandsdyktighet mot klimapåkjenninger. Litteraturstudien består av et omfattende søk i eksisterende faglitteratur. Det er i tillegg blitt gjennomført 12 intervjuer.

Resultatene fra oppgaven beskriver viktige bygningsprinsipper, konstruksjonsløsninger og kvaliteter som er nødvendige for å oppnå et robust klimaskall. Hovedsakelig fokuserer resultatene på problematikken rundt økt fuktbelastning og understreker betydningen av ventilasjon, uttørkningsevne og drenering. Det er også lagt vekt på viktigheten av å unngå utførelsesfeil og sikre at konstruksjonen er vanntett. Videre er det undersøkt hvilke tiltak som kan utføres på bygningstomten for å forbedre overvannshåndteringen og beskytte bygningen mot vanninntrenging. De viktigste prinsippene for dette er drenering, fordrøyning og infiltrasjon. Samlet sett koker alle tiltakene og prinsippene ned til å unngå direkte vanntrykk mot konstruksjonen til enhver tid.

På bakgrunn av informasjon fra litteraturstudien og intervjuene er det utviklet en kartleggingsmatrise som skal klassifisere bygningers motstandsdyktighet mot klimaendringer. Denne kartleggingsmatrisen er anvendt på Lidarende barnehage, som er casestudien i denne oppgaven. I forbindelse med casestudien ble det gjennomført en analyse som avdekket sterke og svake sider ved barnehagen og bygningstomten. Hensikten er å eksemplifisere hvordan kartleggingsmatrisen kan brukes i praksis.

Kartleggingsmatrisen vil ha et positivt bidrag til fasilitetsstyring (FM) og eiendomsutvikling. Den skal hjelpe med å identifisere sårbare områder på bygninger, slik at man kan iverksette nødvendige tiltak for å oppnå mer bærekraftige og robuste bygninger, som igjen vil bidra til et bedre samfunn.

Nøkkelord: Klimaendringer, klimatilpasning, eksisterende bygninger, motstandsdyktighet, klassifisering, FM

Abstract

Climate change can have significant consequences for existing buildings. In Norway, climate change is expected to lead to more intense rainfall and increased temperatures, meaning that buildings will be exposed to a climate they were not originally designed for. One example is water intrusion from outside, which constitutes the highest cost for building damages and is therefore the greatest threat. Additionally, by 2100, 2.4 million of today's buildings will be located in a climate with a high risk of decay, a significant increase from the current 615,000 buildings in such conditions. Buildings have an expected lifespan of 60 to over 100 years, so it is necessary to implement measures to reduce the extent of damage from these threats associated with climate change. Since 80% of existing buildings will remain after 2050, the importance of focusing on existing buildings and their resilience to climate change is greater than that of unbuilt buildings. To achieve a sustainable built environment, we must already consider the increased and changed climate stresses that buildings will be exposed to in the coming decades.

The aim of this thesis is to determine how existing buildings can achieve increased resilience to climate change. Furthermore, a mapping matrix will be developed to classify the existing building stock and its resilience to future climate stresses in Norway. This mapping provides insight into a building's robustness and suitability against upcoming climate stresses, making it easier to identify effective and appropriate measures for vulnerable building elements. The matrix focuses on the building envelope, such as the roof, exterior walls, and foundation. It also addresses some internal conditions, as well as building design, site characteristics, and building documentation.

To achieve the goal of the project, three research methods were used: scoping review, case study, and interviews. The aim was to identify qualities and principles for buildings with good resilience to moisture. The scoping review consists of an extensive search of existing literature. In addition, 12 interviews were conducted.

The results of the thesis describe important building principles, construction solutions, and qualities necessary to achieve a robust building envelope. Mainly, the results focus on the issue of increased moisture and emphasize the importance of ventilation, drying ability, and drainage. The importance of avoiding process induced building defects and ensuring that the structure is waterproof is also highlighted. Furthermore, measures that can be taken on the building site to improve stormwater management and protect the building from water intrusion are examined. The key principles for this are drainage, water retention, and infiltration. Overall, all measures and principles boil down to avoiding water pressure on the structure at any time.

Based on information from the literature review and interviews, a mapping matrix has been developed to classify buildings' resilience to climate change. This mapping matrix is applied to Lidarende Kindergarten, which is the case study in this project. In connection with the case study, an analysis was conducted that revealed strengths and weaknesses of the kindergarten and the building site. The aim is to exemplify how the mapping matrix can be used in practice.

The mapping matrix will have a positive contribution to facility management (FM) and property development. It is intended to help identify vulnerable elements of buildings, so that necessary measures can be taken to achieve more sustainable and robust buildings, which in turn will contribute to a better society.

Keywords: Climate change, climate adaptation, existing buildings, resilience, classification, FM

Forord

Med denne masteroppgaven er mitt femårige studieløp på Bygg- og Miljøteknikk på Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet i Trondheim ved en veis ende. Arbeidet med denne oppgaven har gitt meg verdifulle erfaringer og lærdom som jeg tar med meg videre, og jeg vil gjerne benytte anledningen til å takke de som har gjort dette arbeidet mulig.

Først og fremst vil jeg takke min hovedveileder, Alenka Temeljotov Salaj, for mange gode innspill og konstruktive tilbakemeldinger på hvordan oppgaven kan løftes enda ett hakk. Jeg vil også takke min medveileder fra Multiconsult, Svein Bjørberg, for å ha introdusert meg for denne spennende tematikken som blir belyst i oppgaven, og for de mange gode samtalene vi har hatt. Deres faglige ekspertise og tilbakemeldinger har vært avgjørende for dette arbeidet.

Jeg vil også rette en stor takk til alle intervjuobjektene som ønsket å hjelpe meg og bidra til denne oppgaven. Uten deres kunnskap og meninger hadde det ikke vært mulig å gjennomføre dette arbeidet.

Jeg ønsker også å takke Trondheim kommune som var veldig samarbeidsvillige og støttende til oppgaven min. Takk for nødvendig dokumentasjon som jeg fikk utlevert.

Videre vil jeg takke mine medstudenter ved NTNU for deres vennskap og de faglige diskusjonene vi har hatt. Jeg har fått verdifull praktisk informasjon fra dere som jeg ikke ville vært foruten. Det er ikke alltid man klarer å få med seg alt på egen hånd. Til slutt vil jeg takke min nærmeste familie for deres støtte gjennom hele studietiden.

Jeg vil også benytte anledningen til å takke Trondheim for en fantastisk studietid, spesielt den siste herlige mai-måned med fantastisk vær. Jeg kunne ikke bedt om en bedre avslutning på min tid som student og i denne flotte studiebyen. Selv om været har hatt både positiv og negativ innvirkning på masterinnspurten.

Trondheim, 10.juni 2024

o


Ådne Lund Øvstebø

Innhold

Sammendrag/Abstract	ii
Figurer	ix
Tabeller	ix
1 Innledning	1
1.1 Intro	1
1.2 Mål og forskningsspørsmål	3
1.3 Avgrensninger	4
1.4 Oppgavens oppbygning	4
2 Bakgrunn	6
2.1 Klimatilpasning og motstandsdyktighet	6
2.2 MultiMap	7
2.3 Bærekraftig ombygging og nye standarder	8
2.4 Klimapåkjenninger i Norge	9
2.5 Bygningsskader og kostnaderstatning	11
2.6 Nordmenns holdninger til klimatilpasningstiltak	13
3 Metode	15
3.1 Valg av forskningsmetode	15
3.1.1 Validitet, reliabilitet og objektivitet	16
3.2 Litteraturstudie	16
3.2.1 Ekskluderingskriterier	17
3.2.2 Identifisering og seleksjon av litteratur	17
3.2.3 Kartlegging og samling av litteratur	21
3.2.4 Nettsider	22
3.2.5 Validitet, reliabilitet og objektivitet	22
3.3 Intervju	23
3.3.1 Forberedelser til intervjuer	24
3.3.2 Utvalget av intervjuobjekter	25
3.3.3 Gjennomføring av intervjuer	25
3.3.4 Analyse av intervjuer	27
3.3.5 Validitet, reliabilitet og objektivitet	27
3.4 Casestudie	29
3.4.1 Utvalget av caseobjekt	29
3.4.2 Gjennomføring og analyse av casestudie	29
3.5 Kunstig intelligens	29
3.6 Gjenbruk av prosjektoppgave	30

4 Resultat	32
4.1 Deskriptiv analyse	32
4.1.1 Antall publikasjoner og publikasjonsår	32
4.1.2 Publikasjonsland	33
4.1.3 Mest relevante forfattere innen temaet	33
4.1.4 Journaler	33
4.1.5 Nøkkelord	34
4.2 Matrisen for kartlegging av motstandsdyktighet mot klimaendringer	34
4.2.1 Definere tilstandsgradene	35
4.3 Funn fra litteraturen	36
4.3.1 Yttertak	37
4.3.2 Yttervegg	38
4.3.3 Grunnmur/fundament	39
4.3.4 Grunn, overflate og eksterne forhold	41
4.4 Funn fra intervjuer	42
4.4.1 Yttertak	42
4.4.2 Yttervegg	47
4.4.3 Grunnmur/fundament	51
4.4.4 Interne forhold	53
4.4.5 Grunn, overflate og eksterne forhold	54
4.4.6 Utforming	56
4.4.7 Dokumentasjon	58
4.4.8 Forsikring mot klimaskader	59
4.5 Case - Lidarende barnehage	61
5 Diskusjon	67
5.1 Hvordan øke motstandsdyktigheten til eksisterende bygninger mot klimaendringer, med fokus på bygningens klimaskall og tilhørende tomt?	67
5.1.1 Diskusjon rundt litteraturstudiet	69
5.1.2 Intervjuer i lys av litteraturstudiet	70
5.2 Hvordan kan motstandsdyktigheten til eksisterende bygninger mot klimaendringer klassifiseres, med fokus på bygningens klimaskall og tilhørende tomt?	72
5.3 Implikasjoner ved avgrensningene	74
6 Konklusjon	75
6.1 Veien videre	77
Referanser	78
Vedlegg	

Figurer

2.1 Bærekraftig ombygging, beslutningsprosess.	9
2.2 Utvikling i antall naturskader fra 1980-2022 med trendlinje i orange.	12
2.3 Erstatningsutbetaling for natur- og vannskader for periode 2013 til 2022.	12
3.1 Flytskjema over resultater fra søkemotorer samt seleksjon av litteratur.	18
3.2 Søkeresultater fra Elicit.	20
3.3 Temainndelingen fra kartleggingsmatrise og intervjuguide.	27
4.1 Oversikt over publiseringsår med trendlinje.	32
4.2 Identifiserte publikasjonsland.	33
4.3 Liste over identifiserte journaler.	34
4.4 Oversiktsbilde av Lidarende barnehage.	62
4.5 Dronebilde av biologisk vekst, og god overlapp i skjøten.	62
4.6 Dronebilde av fortetning av nedløpsrør.	63
4.7 “som-bygget”-tegning av tak og vegg.	64
4.8 Aktsomhetskart for flomfare for Lidarende barnehage.	65
5.1 Kartleggingsmatrise for teknisk tilstand.	72

Tabeller

3.1 Litteratur gjennomgått og inkludert i oppgaven.	21
3.2 Flittig brukte nettsider.	22
3.3 Rolle og sektor til intervjuobjekter	26
4.1 Liste over de 20 mest relevante nøkkelord fra inkludert litteratur.	34
4.2 Oversikt over litteraturfunn og tilhørende tematikk.	36
4.3 Liste over intervjuobjektens bidrag til yttertak.	42
4.4 Liste over intervjuobjektens bidrag til yttervegg.	47
4.5 Liste over intervjuobjektens bidrag til grunnmur/fundament.	51
4.6 Liste over intervjuobjektens bidrag til interne forhold.	53
4.7 Liste over intervjuobjektens bidrag til grunn, overflate og eksterne forhold.	55
4.8 Liste over intervjuobjektens bidrag til utforming.	57
4.9 Liste over intervjuobjektens bidrag til dokumentasjon.	58

1 Innledning

Gjennom forelesningene i studieprogrammet Bygg- og Miljøteknikk ved NTNU og utvekslingen ved Instituto Superior Técnico i Lisboa, har forfatteren utviklet en økende interesse for transformasjon, renovasjon og ombygging av eksisterende bygninger. Kombinert med en sterk interesse for natur, klima og bærekraft, ble retningen for oppgaven tydelig. Etter diskusjoner med medveileder i Multiconsult om disse temaene, ble flere potensielle oppgaver presentert, hvor spesielt ett tema vekket stor interesse: motstandsdyktighet mot klimaendringer for eksisterende bygninger.

Som en del av emnet *TBM4500 Bygg- og miljøteknikk, fordypningsprosjekt* høsten 2023 ved NTNU, skrev forfatteren en prosjektoppgave om dette temaet. Denne masteroppgaven bygger videre på det arbeidet som ble gjort i prosjektoppgaven, og fungerer som en fortsettelse av det. Temaet for masteroppgaven er derfor også motstandsdyktighet mot klimaendringer for eksisterende bygninger. Hvilke bidrag som er inkludert fra prosjektoppgaven er nærmere beskrevet i underkapittel [3.6](#) Gjenbruk av prosjektoppgave.

Parallelt med masteroppgaven har forfatteren hatt muligheten til å arbeide med, og publisere en vitenskapelig artikkel om dette temaet i forbindelse med EuroFM. Forfatteren har selv vært i London og presentert artikkelen på EuroFM-konferansen. Artikkelen er vedlagt som Vedlegg [A](#).

1.1 Intro

Den første rapporten fra FNs klimapanel som fremhevet viktigheten og konsekvensene rundt klimaendringer kom i 1990. Siden den dag har klimaendringer vært et verdensaktuelt tema og for hvert år som går blir iverksettelse av tiltak mot klimaendringer viktigere enn noen gang. Omfanget av klimaendringene, som har konsekvenser på miljøet, helse og økonomi, gjør at dette er en av de største utfordringene menneskene står ovenfor i dag.

Klimaendringer handler ikke bare om ekstremvær, men også om de gradvise endringene ved temperaturstigning og økt havnivå. I Norge kan en som følge av klimaendringene forvente å få en varmere og våtere vinter, varmere og tørrere sommer og høyere frekvens av intenst regnfall og vind. Indirekte klimapåkjenninger som følge av dette er hyppigere forekomster av flom, skred og stormflo. I følge *Klima i Norge 2100*-rapporten ([Hanssen-Bauer et al., 2015](#)) som er basert på globale framskrivninger fra 5.hovedrapport fra FNs klimapanel, så er noen hovedfunn vedrørende klimaendringer i Norge frem mot 2100 som følger:

- Årstemperatur: Økning på ca 4.5 °C
- Årsnedbør: Økning på ca. 18%

- Styreregneepisodene blir kraftigere og vil forekomme hyppigere.
- Regnflommene blir større og kommer oftere.
- Havnivået øker med mellom 15 og 55 cm avhengig av lokalitet.

Klimaendringer kan skape dramatiske konsekvenser for eksisterende bygninger, og et funksjonelt og pålitelig bygget miljø er en forutsetning for samfunnets økonomiske vekst og utvikling (Flyen et al., 2010). Bygninger blir eksponert for et klima de ikke var dimensjonert for i utgangspunktet (Phillipson et al., 2016). Generelt sett forventes fremtidens bygninger i visse deler av landet å bli utsatt for enda større påkjenninger fra det ytre klimaet enn i dag. Spesielt er det økt oppmerksomhet på utfordringer knyttet til fuktighet basert på forventet økning av nedbør og temperatur (Grynning et al., 2017), og dette med god grunn. En værrapport fra Meteorologisk institutt hevder at det på landsbasis falt 45% mer nedbør enn normalt i august 2023. Og at ekstremværet "Hans", som inntraff samme måned, bidro til over 100 nedbørsrekorder (Grinde et al., 2023). Derfor vil det bli stadig viktigere i fremtiden å sikre at bygningskonstruksjonene er i stand til å motstå vinddrevet regn og forhindre fuktighet fra å trenge gjennom konstruksjonen (Lacasse et al., 2020).

Det bygde miljøet har en forventet levetid på omtrent 60 til over 100 år. For å opprettholde denne levetiden og for å sikre at det nye bygde miljøet er bærekraftig, må vi allerede nå ta hensyn til de økte og endrede klimabelastningene som bygningene vil bli utsatt for de kommende tiårene. Det er også anslått at 80% av eksisterende bygg vil bestå etter 2050 (SINTEF, 2019), så motstandsdyktigheten til eksisterende bygg mot klimaendringer er svært viktig. Dette gjør også at betydningen av å se på eksisterende bygg er større enn til ubygget bebyggelse. Likevel ser man at feltet som omhandler motstandsdyktighet på bygningsnivå er begrenset, men under utvikling. I utviklede land, der mange av bygningene ble oppført før 1980, bør det fokuseres på å utvikle retningslinjer for renovering og iverksettelse av tiltak av eksisterende bygningsmasse, tilpasset fremtidige klimatiske forhold (Kristl et al., 2020). Måten man kan klimatilpasse eksisterende bygninger mot klimaendringens påvirkning, er å øke beskyttelsen av bygningsmaterialene, forbedre ytelsen, og ta kontroll over hastigheten på nedbrytningen (Lacasse et al., 2020).

Inntil relativt nylig har flertallet av bygninger vært avhengig av tilgjengeligheten av lokale materialer og ressurser, og derfor har regionale bygningsutforminger i stor grad gjenspeilet tilgjengeligheten av egnede materialer og utviklet en tradisjonell byggestil. Disse bygningene har vært gjennom en naturlig evolusjonsprosess og blitt vellykkede bygg som naturlig har blitt motstandsdyktige mot de lokale klimapåkjenningene (Phillipson et al., 2016). Grunnet klimaforskjeller i Norge er det stor forskjell i hvilke påkjenninger bygninger må tåle, avhengig av hvor i landet de er bygget. Bygningsutformingen må

derfor ta hensyn til lokale klimapåkjenninger (Flyen et al., 2010).

Fremover nå er det derfor viktig å utvikle nye og forbedrede metoder for å vurdere risikoen knyttet til de potensielle konsekvensene på bygninger. Det er viktig å identifisere sårbarheter i eksisterende bygninger og finne effektive klimatilpasningstiltak for å øke dets motstandsdyktighet. Tidlig innsats og planlegging er avgjørende for å sikre at bygninger kan tåle de stadig mer ekstreme værforholdene som klimaendringene medfører.

1.2 Mål og forskningsspørsmål

Problemstillingen for denne oppgaven bygger på problematikken beskrevet i Intro 1.1, som omhandler eksisterende bygningers økte belastning som følge av klimaendringer. Siden nye og forbedrede metoder for å vurdere de potensielle konsekvensene av klimaendringer må utvikles, har denne oppgaven som mål å finne ut hvordan eksisterende bygninger kan oppnå økt motstandsdyktighet mot klimaendringer. Videre skal det utvikles en kartleggingsmatrise som skal brukes til å klassifisere eksisterende bygninger og dets motstandsdyktighet mot fremtidige klimapåkjenninger i Norge. En fullstendig kartlegging vil avdekke både sterke og svake kvaliteter ved bygningene, noe som gjør det lettere å identifisere sårbarheter og områder hvor tiltak kan være lønnsomme. Riktige tiltak vil styrke bygningenes robusthet mot fremtidige klimapåkjenninger og dermed redusere skadeomfanget.

Motstandsdyktigheten til en eksisterende bygning mot klimaendringer avhenger primært av to hovedfaktorer. Den første faktoren er bygningens klimaskall, som materialvalg, bygningsdesign, og konstruksjonsløsninger. Den andre faktoren er bygningens geografiske plassering, som bygningstomtens egenskaper og eksponering for flom og overvann. Ved å kartlegge disse faktorene kan man få innsikt i bygningens sårbarhet og behov for tiltak.

Matrisen skal være en del av MultiMap, som er et verktøy under utvikling av Multiconsult. Denne matrisen skal være strukturert i henhold til eksisterende tilstandsanalyser som allerede finnes i MultiMap, med tilstandsklassifiseringer som spenner fra 0 til 3. Mer om MultiMap er beskrevet i underkapittel 2.2. For å oppnå dette formålet har det blitt formulert forskningsspørsmål som springer ut fra problemstillingen og som utgjør fundamentet for oppgaven. Forskningsspørsmålene kan beskrives som følger:

- Hvordan øke motstandsdyktigheten til eksisterende bygninger mot klimaendringer, med fokus på bygningens klimaskall og tilhørende tomt?
- Hvordan kan motstandsdyktigheten til eksisterende bygninger mot klimaendringer klassifiseres, med fokus på bygningens klimaskall og tilhørende tomt?

1.3 Avgrensninger

Masteroppgaven er en del av emnet TBM4900 Bygg- og miljøteknikk, våren 2024. Emnet gir 30 studiepoeng, og arbeidet med masteroppgaven utgjør hele faget. Dette begrenser både tidsbruk og ressursbruk. I et slikt prosjekt, er det naturligvis mye arbeid som ligger bak kulissene, som ikke nødvendigvis vises i selve oppgaven.

Masteroppgaven er også underlagt flere definerte avgrensninger for å sikre en klar og relevant forskningsramme. Forskningsfokuset er siktet mot klimaforhold som er relevant for Norge. Behovet for denne avgrensningen har vært å utforske klimatilpasningstiltak og sårbarheter som er tilpasset lokale forhold og utfordringer. Som et resultat av denne avgrensningen tas det i mindre grad hensyn til litteratur og aspekter knyttet til globale klimaendringer som ikke nødvendigvis gjelder norske forhold, for eksempel fenomener som hetebølger. Å studere internasjonal litteratur om klimatilpasning har vært utfordrende, da det kan være vanskelig å vurdere relevansen for norske forhold.

I denne oppgaven er fokuset rettet mot bygningers motstandsdyktighet mot eksterne klimapåkjenninger, slik som intens nedbør, flom og økt temperatur som bidrar til en økt fuktbelastning. Dette innebærer et fokus på byggetekniske kvaliteter, løsninger og materialvalg. Samt tomtas egenskaper. Litteratur knyttet til klimatilpasningsløsninger på felt som by- og arealplanlegging, infrastruktur, ledelse og styring, samt tiltak for å øke energieffektiviteten i bygninger, er utelukket. Videre blir heller ikke tiltak som adresserer reduksjon av CO₂-utslipp, livssyklusanalyser og begrensning av skadevirkninger på klima gjort rede for.

Denne avgrensningen er gjort med hensikt for å konsentrere seg om spesifikke aspekter ved klimatilpasningstiltak, identifisere faktorer som gjør bygg motstandsdyktige mot ytre klimapåkjenninger, og vurderingsparametere knyttet til disse aspektene.

1.4 Oppgavens oppbygning

I første del av oppgaven skal bakgrunnskapittelet gjøre rede for hva klimatilpasningstiltak og motstandsdyktighet innebærer. Det vil også bli beskrevet hvilke klimapåkjenninger norske bygg i økende grad kan forvente fremover. Videre vil bakgrunnen gi innsikt i bygningsskader og forsikring, inkludert de vanligste klimarelaterte bygningsskadene og nordmenns holdninger til klimatilpasning. Formålet med bakgrunnen er å motivere valget av problemstilling, vise hvorfor temaet er viktig, og peke på oppgavens potensielle bidrag til problematikken.

I metodekapittelet er forskningsmetodene nærmere beskrevet. I forbindelse med arbeidet er det blitt gjennomført et litteraturstudie, intervjuer, og det er blitt sett nærmere på en bygningscase. Målet med forskningsmetodene har vært å identifisere kvaliteter og egenskaper ved hva som gjør en bygning motstandsdyktig mot klimaendringer. Videre

undersøke ulike sårbarheter bygninger kan ha, og hvilke klimatilpasningstiltak som kan egne seg.

Hovedfunnene fra litteraturstudiet og intervjuene presenteres i resultatdelen. Der vil det også bli beskrevet hvordan disse resultatene er brukt til å utvikle kartleggingsmatrisen, som er oppgavens mål. Resultatdelen inneholder også en analyse av en bygningscase, der kartleggingsmatrisen er brukt til å kartlegge en barnehage.

I diskusjonsdelen blir forskningsspørsmålene gjennomgått, og det forsøkes å besvare i hvilken grad oppgaven har svart på disse. Samtidig blir hovedfunnene fra intervjuene vurdert i forhold til funnene fra litteraturstudiet, da funnene fra litteraturstudiet utgjør teorigrunnlaget. Usikkerheter og svakheter ved utviklingen og sluttresultatet av kartleggingsmatrisen blir også nøyere diskutert.

Til slutt vil konklusjonen oppsummere formålet med oppgaven og sammenligne det med hva som faktisk er oppnådd. Det vil også bli presentert løse tråder og anbefalinger for videre arbeid.

2 Bakgrunn

2.1 Klimatilpasning og motstandsdyktighet

Klimatilpasningstiltak kan enten være reaktive, utført etter at en hendelse har oppstått, eller proaktive, utført i forkant av en forventet klimapåkjenning. Proaktive tiltak har fordelen av å redusere påkjenningen før den inntreffer, dermed begrense skader på mennesker, samfunn og økonomi. Likevel opplever kommuner utfordringer med proaktiv tilpasning grunnet begrenset kapasitet, ressurser og kunnskap om tilpasningstiltak (Amundsen and Dannevig, 2021). Det er tenkt at kartleggingsmatrisen fungerer som et verktøy for bygningseiere, slik at de kan kartlegge behovene for klimatilpasning på bygningen før en klimahendelse inntreffer og potensielt forårsaker skade.

FNs organ for katastrofeforebygging definerer motstandsdyktighet som “*Evnen til et system, miljø eller et samfunn som er utsatt for farer, til å motstå, absorbere, tilpasse seg, transformere og komme seg etter påvirkningen av en fare på en tidseffektiv måte, inkludert gjennom bevaring og gjenoppretting av dets essensielle grunnstrukturer og funksjoner gjennom risikostyring.*” (UNDRR, n.d.). I forbindelse med utfordringen knyttet til å håndtere truslene forbundet med klimaendringer, har konseptet om motstandsdyktighet blitt veldig aktuelt for bevaring av eksisterende bygninger.

I planleggingen og dimensjoneringen av bygninger har det vært vanlig å benytte historiske klimadata for å vurdere bygningens sårbarhet overfor klimarelaterte påkjenninger (Honkonen and Romppanen, 2022). Denne tilnærmingen er ikke lenger tilstrekkelig, og de involverte i utviklingen av byggekoder og standarder oppfordres nå til å vurdere og inkludere fremtidige klimabelastninger (Phillipson et al., 2016).

For eksisterende bygninger vil klimaendringer akselerere nedbrytningen av bygningsmaterialer. Uten tiltak vil nedbrytningen føre til alvorlige byggeskader (Phillipson et al., 2016). Vedlikehold og reparasjon utgjør sentrale steg for å øke motstandsdyktigheten (Curtis and Snow, 2017). Tilpasning til klimaendringer må også bidra til å opprettholde eller forlenge levetiden til eksisterende bygningsmasse. Et betydelig vedlikeholdsetterslep hemmer tilpasningen, og manglende overholdelse av regelverk, vedlikehold og kompetanse i byggenæringen svekker kapasiteten for klimatilpasning (Flyen et al., 2014). Rådgivende Ingeniørers Forening rapporterer om et vedlikeholdsetterslep på 226 milliarder kroner bare for offentlige bygg, som inkluderer kommunale bygg, helsebygg og andre statlige bygg (RIF, 2021).

Hverdagsvær og ekstremvær påvirker det bygde miljøet forskjellig, med hverdagsvær som gir langvarige påkjenninger og ekstremvær som gir kortsiktige påkjenninger. Begge påkjenningene påvirker imidlertid robustheten, og øker dermed sårbarheten for klimapåkjenninger og endringer. Over tid vil hverdagsvær svekke bygninger, noe som gjør dem

mer mottakelige for skader ved ekstremvær. Samtidig kan skader fra ekstremvær skape grunnlag for økte påkjenninger ved hverdagsvær (Flyen et al., 2014).

I tillegg til langsiktige miljøfordeler vil et klimatilpasset bygg bidra til økt trygghet, sikkerhet og komfort for beboere. En bedre beskyttelse av eiendommen og innholdet vil også ha økonomiske fordeler for både samfunnet og eieren (Basyouni, 2017). Grønn infrastruktur bidrar også til bedre helse ved bedre luft- og vannkvalitet, samtidig som det knytter sammen urbane og rurale områder, skaper et attraktivt miljø for å bo og arbeide, og det styrker urban utvikling (Kristl et al., 2020). Til tross for intuitive fordeler ved klimatilpassede bygninger, er det en manglende drivkraft for å oppnå dette. Hauge et al. (2017) undersøkte drivere og barrierer for klimatilpasning av bygg. Forskningen peker på at forsikringsordningene i Norge ikke gir tilstrekkelige insentiver for klimatilpasning og forebygging. Naturskadeforsikring og erstatning, samt statens skjønnsmidler etter naturskade, prioriterer gjenoppretting over forebygging. Kommuner har krav om å utarbeide risiko- og sårbarhetsanalyser, men det mangler tilsyn av disse analysene, noe som medfører praktiske konsekvenser. De største utfordringene knyttes til eksisterende bygninger der det etterspørres retningslinjer for klimatilpasning av allerede utbygde områder (Hauge et al., 2017). På det personlige plan viser evolusjonspsykologi at den menneskelige hjernen er programert til å reagere på umiddelbare farer. Saktekommende kriser som klimakrisen undervurderes, og langvarige og fjerntliggende trusler er mennesker dårlig til å ta innover seg. For å øke oppmerksomheten på klimatilpasning er det nødvendig å fokusere på lokale aktuelle forhold og det som skjer nå (Hauge et al., 2017).

2.2 MultiMap

På bakgrunn av et stort vedlikeholdsetterslep ble MultiMap utviklet i 1997 i samarbeid med Oslo kommune (Bjørberg et al., 2012). MultiMap er et verktøy under utvikling av Multiconsult innenfor eiendomsforvaltning, og har som formål å tilby en oversikt over behovene og mulighetene knyttet til en eiendomsmasse. I MultiMap er det implementert kartleggingsmetoder som muliggjør analyser av eksisterende bygningsmasse, spesielt fokusert på diagnostiske stadier. Det er analyser for teknisk tilstand, tilpasningsdyktighet, og klimasårbarhet til bygninger. En analyse av disse faktorene er avgjørende for utforming av strategiske og taktiske planer for den videre utviklingen av eiendomsmassen (Multiconsult AS, n.d.a). MultiMap har allerede kartleggingsmatriser som kan brukes til å evaluere den tekniske tilstanden og tilpasningsdyktigheten til eksisterende bygg, og har blitt brukt til å analysere omtrent 25 millioner kvadratmeter, mest sykehus og andre offentlige bygninger (Bjørberg et al., 2012). Imidlertid mangler det for tiden en fullverdig hjelpematrix for vurdering av klimasårbarhet.

Siden MultiMap ikke har en fullverdig matrise for kartlegging av klimasårbarhet, skal matrisen som utvikles i denne oppgaven være et forslag til hvordan en slik matrise kan se

ut. Formålet er at kartleggingen skal synliggjøre tekniske kvaliteter, vedlikeholdsetterslep og være en driver for å iverksette effektive tiltak. Samt hva som er optimal fremtidig bruk av bygningen.

2.3 Bærekraftig ombygging og nye standarder

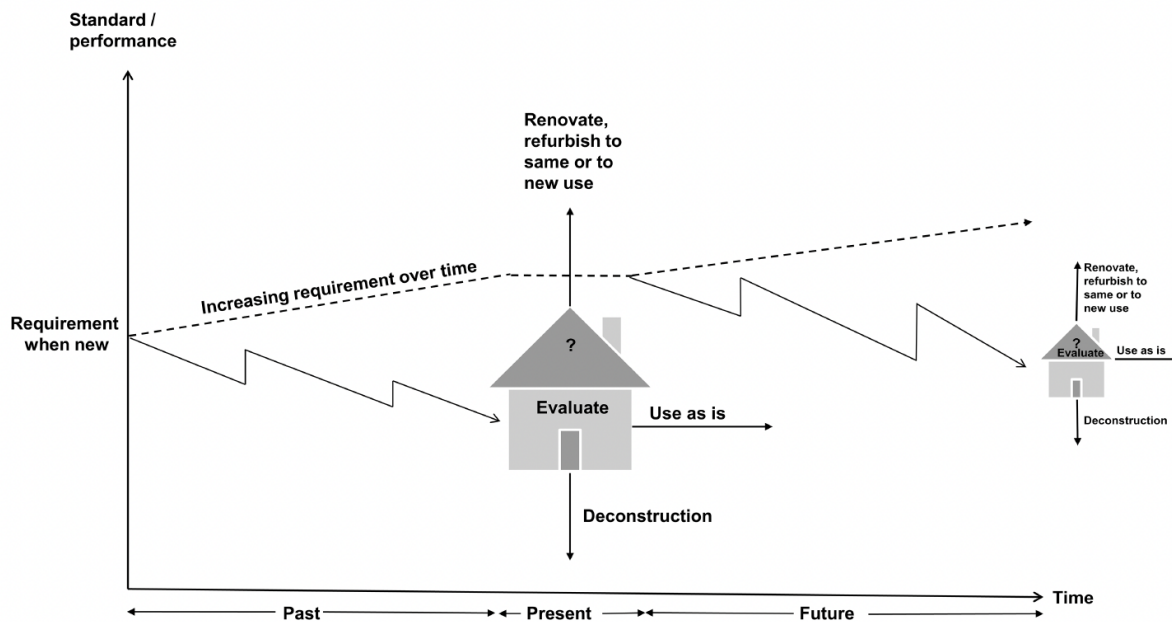
Standard prEN 17860:2023 (Standard Norge, 2023) er en ny europeisk standard for evaluering av bærekraftig ombygging av eksisterende bygninger. For å møte fremtidige krav er det nødvendig med nye strategier for klimanøytrale løsninger og sirkulær økonomi. Ombygging av eksisterende bygninger har stort potensial for å redusere utslipp, noe som skaper behov for en standardisert evalueringsmetode. Eksisterende bygninger kan redusere klimagassutslipp betydelig, ettersom de står for 40% av den totale bruken av energi fra fossile kilder (Bjørberg and Salaj, 2022).

Introduksjonen til prEN17680 fremhever tydelige fordeler ved bærekraftig ombygging sammenlignet med dekonstruering, som inkluderer (Bjørberg and Salaj, 2022):

- Redusert deponering på søppelfyllinger
- Forlenget levetid for hele bygningen
- Redusert miljøavtrykk gjennom bedre bevaring og gjenbruk av materialer
- Lavere livssyklus kostnader
- Bedre tilpasning til klimaendringer

Evalueringen starter med valg om bygningen skal dekonstrueres, brukes som den er, eller oppgraderes for samme eller annen bruk, basert på teknisk og miljømessig tilstand samt brukervennlighet og tilpasningsevne. Bygningen bør vurderes opp mot dagens og fremtidens krav og behov. For å gjøre dette må den eksisterende tilstanden evalueres, og disse vurderingene vil danne grunnlaget videre i beslutningsprosessen når en ser på alternativer for ombygging (Standard Norge, 2023). Figur 2.1 er hentet fra standard prEN17680, og illustrerer beslutningsprosessen.

Indikatorene som brukes i evalueringen er delt inn i ni hovedkategorier: tekniske aspekter, tilpasningsevne, brukervennlighet, sosiale aspekter, energi-, vann- og driftsmessige påvirkninger, kvalitet på innemiljøet (inkludert helseaspekter), økonomisk gjennomførbarhet, motstandsdyktighet mot klimaendringer og innebygde miljøpåvirkninger (Standard Norge, 2023). MultiMap, beskrevet nærmere i underkapittel 2.2, er et verktøy som i dag evaluerer bygninger innen flere av disse kategoriene, med tilhørende indikatorer. Indikatorene som er listet i standarden, og berører kategorien *motstandsdyktighet mot klimaendringer* er ekstreme værforhold som kraftig vind og intens nedbør, materialer og detaljer i bygningsskallet, økende havnivå, flom og forskjellige former for skred. Kart-



Figur 2.1: Bærekraftig ombygging, beslutningsprosess. Hentet fra prEN 17680:2023 (Standard Norge, 2023)

leggingsmatrisen som utarbeides i forbindelse med denne oppgaven, vil være et verktøy for å evaluere bygninger innen kategorien *motstandsdyktighet mot klimaendringer* og forhåpentligvis vil bidra til å fremme bærekraftig ombygging. Standarden understreker generelt viktigheten av at utformingen av bygningen, konstruksjonsarbeidene og materialene som benyttes, bør forsøke å redusere de negative virkningene av klimaendringer.

Norge har hatt standarder og retningslinjer for tilstandsvurdering av bygg siden 1995, da NS 3454 ble publisert. En annen viktig milepæl var etableringen av SURE (Sustainable Refurbishment) initiert av de nordiske statsministrene i 2009 (Bjørberg and Salaj, 2022). Dette forskningsprosjektet, et samarbeid mellom Norge, Island, Danmark og Finland, har som mål å samle kunnskap og forske på hvordan man kan oppnå bærekraftig ombygging av eksisterende bygninger (Multiconsult AS, n.d.b).

2.4 Klimapåkjenninger i Norge

Flom

Flomregimet vil påvirkes av klimaendringer, men påvirkningene er noe varierte. Generelt vil flomstørrelsene øke ved framtidens klima, men det er også forventet en reduksjon i store elver i noen innlandsområder fordi snøsmelteflommene dominerer i dag, og snømengden vil bli redusert. Flomberegninger for 200-årsflom i 2100 basert på klimaframskrivningene, viser endringer fra -40% til 40% i flomstørrelse i uike deler av landet. Det er en kraftigst økning på Vestlandet, Sør-Norge og i Nordland, og reduksjon i nordlige deler av Innlandet og i Finnmark (Kalsnes et al., 2021; Lawrence, 2016). Dette medfører at eksisterende bebyggelse som er lokalisert i et flomutsatt området kan forvente å bli

møtt med flere og større flomhendelser. Samtidig som at bebygde områder som tidligere har vært trygge for flom, kan forvente en annen situasjon i fremtiden.

Skred

Skred klassifiseres i tre kategorier basert på sammensetningen av massene de involverer: fjellskred/bergskred, løsmasseskred, og snøskred (NVE, n.d.). Disse massene er påvirket av klima på et gitt sted, og endringer i disse forholdene kan utløse ustabilitet i massene. En påvirkningsfaktor er økt nedbør og hyppigere flomhendelser, som medfører økt erosjonskraft (Thorgersen, 2019). Derfor kan det forekomme skredhendelser i områder som tidligere har blitt sett på som skredsikre områder. For bebygde områder med allerede eksisterende bygninger, er det derfor nødvendig å vurdere risikoen og hvor utsatte bygningene er for økt skredfare.

Økt nedbør og temperatur

Økt hyppighet og mer intens nedbør, spesielt slagregn, er den mest problematiske klimapåkjenningen for spesielt yttervegger og tak. Oppsprekking på grunn av mekaniske påkjenninger, samt fukt og temperaturbevegelser kan over tid åpne opp for økende vanninntrengning (Byggforskserien 542.003, 2013). Med vanninntrengning åpnes det opp en hel verden for råtedannelse. Økt nedbør vil også bidra til en større belastning for membraner, fuger, skjøter, takrenner og dreneringssystemer (Grynning et al., 2020). I studien utført av Almås (2013) ble det konkludert med at innen 2100 vil hele 2,4 millioner av dagens eksisterende bygninger befinne seg i et klima med høy risiko for råtedannelse. Dette utgjør en betydelig økning sammenlignet med dagens situasjon, der 615 000 bygninger allerede er lokalisert i slike klimaforhold. Høyere temperaturer vil også gi økt fare for uønsket biologisk vekst på og i bygningskonstruksjoner over hele landet.

Frost-tine-sykluser vil bli et hyppigere fenomen om vinteren (Grynning et al., 2020). I høyereliggende og nordlige områder, hvor bygninger vanligvis ikke er konstruert for hyppige fryse/tine-sykluser, kan frostsprenging bli et problem. Derfor er det viktig å unngå vanninntrengning og sikre gode uttørkningsmuligheter slik at fukt ikke akkumuleres i konstruksjonene under fryse/tine-sykluser (Riksantikvaren, 2014). Hyppigere fryse/tine-sykluser kan også føre til mer isdannelse på flate tak, der effektiv avrenning er avgjørende. Hvis isdannelsen hindrer avrenningssystemene, kan vann bli liggende på taket ved plussgrader når isen smelter, og en ny periode med minusgrader vil igjen skape mer is. Det er derfor nødvendig å ta hensyn til økte fryse/tine-sykluser i detaljene. Det er også avgjørende at taktekking, takrenner, nedløp, beslagsløsninger og drenering fungerer som de skal for å hindre videre frostsprengning i takkonstruksjonen (Riksantikvaren, 2014).

Økt havnivå

Havstigningen i Norge forventes å overstige det globale gjennomsnittet, hovedsakelig som følge av effektivt varmeopptak i norske farvann. Samtidig opplever fastlandet fortsatt landheving etter siste istid, og dette resulterer i regionale forskjeller i graden av havnivåstigning (Regjeringen, n.d.). I tråd med denne problematikken indikerer Almås' studie at 110 000 bygninger i Norge ligger mindre enn 1 meter over dagens havnivå (Almås, 2013).

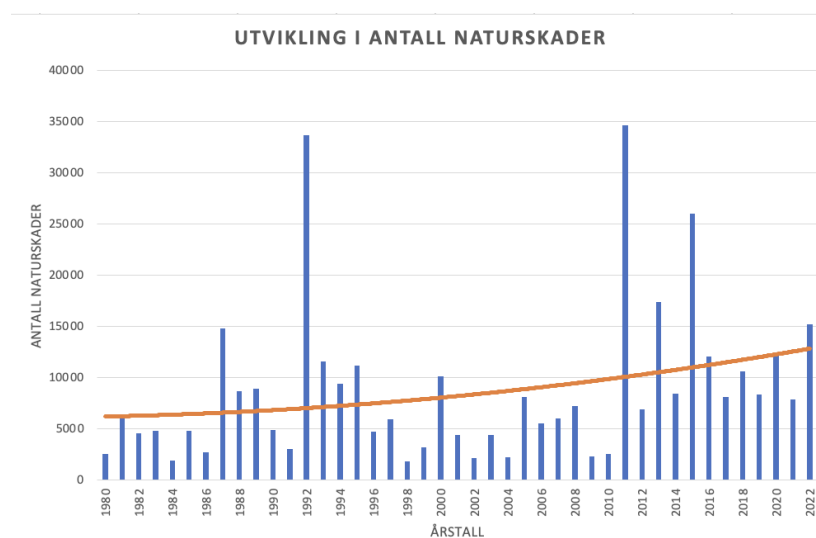
2.5 Bygningsskader og kostnadserstatning

I følge Finans Norge har forsikringsselskaper de siste ti årene utbetalt en samlet skadeerstatning på omkring 30 milliarder kroner relatert til skader på bygning og innbo som skyldes naturhendelser og vær. Når en ser på registrerte skader så skiller statistikken på naturskader og vannskader. Naturskade i lovens forstand er skader på bygg som skyldes skred, storm, stormflo, jordskjelv, vulkanutbrudd, flodbølge og meteorittnedslag. Vannskader skyldes vanninntrenging utenfra, stopp i avløp/tilbakeslag eller frost (Finans Norge, n.d.).

Siden naturskade fra jordskjelv, vulkanutbrudd, flodbølge og meteorittnedslag ikke kan relateres til klimaendringer vil tall fra disse hendelsene bli ekskludert. Ingen av disse hendelsene er utbredt i Norge, så de tar i utgangspunktet ikke så mye plass i statistikken. Tall hentet fra naturskader er derfor skader som skyldes skred, storm, stormflo og flom. Det varierer mye fra år til år hvor mange naturskader som blir registrert, men ser en på en tiårsperiode så ble det fra og med 2000 til og med 2009 registrert 52 674 skadesaker som tilsammen kostet 4,009 milliarder. Fra og med 2010 til og med 2019 ble det registrert 135 191 naturskader på bygg og innbo som tilsvarte en skadeerstatning på 11,27 milliarder. Sammenligner en de to tiårsperiodene så har antall naturskader økt med 256%, og skadekostnadene økt med 281% der kostandene er KPI-justert. Vel og merke så hadde Norge tidenes verste naturskadeår i 2011 da Dagmar-stormen herjet, og det ble meldt skade for over tre milliarder kroner (Finans Norge, n.d.).

Av de 43 største naturskadehendelser som er registrert på Finans Norge, der den første registrerte var i 1981 og siste 2022, så har 23 av de 43 naturskadehendelsene skjedd etter 2010. En kan derfor se en stigende trend på hvor hyppige naturskadehendelser inntreffer. I Figur 2.2 er alle registrerte naturskader forårsaket av storm, stormflo, flom og skred fra hvert år mellom 1980 og 2022 satt inn i et stolpediagram med en trendlinje (Finans Norge, n.d.).

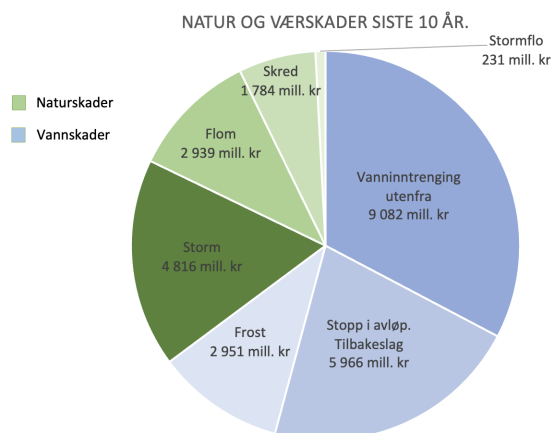
De største utbetalingene stammer fra vannskader i bygg og innbo. Som tidligere nevnt så skyldes de fleste vannskadene fra stopp i avløp/tilbakeslag, vanninntrengning utenfra og frost. Ved stopp i avløp vil det bli oversvømmelse i bygningen ved at vann trenger inn gjennom avløpsnett. Vanninntrenging utenfra forekommer gjennom grunnmur, yt-



Figur 2.2: Utvikling i antall naturskader fra 1980-2022 med trendlinje i orange. Illustrasjon laget av forfatter. (Finans Norge, n.d.)

tertak, yttervegger, takrenner og overflatevann. Frost skaper skade ved frostsprengning av rør og utstyr, og tele og hiv. Ser man på vannskader for perioden 2013 til 2022 så er omkring 60% av vannskadene relatert til vanninntrenging utenfra. Dette alene hadde erstatningskostnader på 9,082 milliarder, som tilsvarer 50% av de totale kostnadene for vannskader. Fra og med 2009 til og med 2015 ble det registrert 212 199 vannskader i bygninger. For perioden 2016 til og med 2022 ble det registrert 238 030 skadesaker. Dette tilsvarer en økning på omkring 12% (Finans Norge, n.d.).

Setter man kostnaderstatningene for både naturskader og vannskader ved siden av hverandre, ser man at vannskadene tar en større del av kaken. Erstatningene for perioden 2013 til 2022 er summert, og illustrert i Figur 2.3. Med et endret klima i vente, er det forventet at naturskadehendelsene og vannskadene vil forekomme hyppigere. Utviklingen vil være slik den har vært siste årene; en stigende trend i både antall og kostnad. Disse tallene er et stort insentiv for å jobbe mot et mer robust og klimatilpasset bygd miljø.



Figur 2.3: Erstatningsutbetaling for natur- og vannskader for periode 2013 til 2022. (Finans Norge, n.d.)

SINTEF har også gjennomført en analyse (Bunkholt et al., 2021) der de har undersøkt 175 bygningsskader mellom 2017 og 2020. Hensikten er å identifisere hovedårsakene til bygningsskadene og hvilke bygningselementer som er mest sårbare.

Analysen viser at 63% av bygningsskadene ble funnet i boligbygninger, til tross for at boligbygninger utgjør kun 37% av alle bygningene i Norge. Dette indikerer at bygningsskader oftest oppstår i denne typen bygg. Videre viser analysen at 70% av skadesakene er knyttet til klimaskallet, som inkluderer yttertak, yttervegger, grunnmur og fundamenter. Av alle skadene mellom 2017 og 2020 var 41% forårsaket av nedbør. Disse tallene demonstrerer sårbarheten til bygningsskallet mot nedbør, og antallet bygningsskader forårsaket av nedbør har økt med 16% siden perioden mellom 1993 og 2002.

Når det gjelder de ulike konstruksjonene i bygningsskallet, viser analysen at uventilerte kompakte tak står for 33% av skadene, mens betonggulv på mark står for 43% av skadene. Sammenlignet med dette utgjør ventilerte treak kun 13% av skadene, og treak med kaldt loft kun 5%. Resultatene indikerer at kompakte tak opplever langt flere bygningsskader enn andre typer tak. Dette bekreftes også fra en annen studie som SINTEF har gjennomført (Rambæk, 2023), der skader på flate kompakte tak samlet sett representerer omtrent 75% av alle rapporterte skadesaker relatert til klimaskallet de siste fire årene.

2.6 Nordmenns holdninger til klimatilpasningstiltak

CICERO Senter for klimaforskning har utgitt en rapport (Vindegg et al., 2023) som utforsker norske huseieres holdninger til klimatilpasningstiltak, som for eksempel å tilpasse eiendommen deres til kraftig nedbør og flomhendelser. Gjennom en undersøkelse har de fått svar på hvordan nordmenn ser på konsekvensene av klimaendringer, klimatilpasningstiltak og hvem som er ansvarlige for å gjennomføre dem. Denne undersøkelsen er relevant for denne oppgaven, da denne oppgaven har til hensikt å redegjøre for flere klimatilpasningstiltak og kartleggingen av eiendommer.

Resultatene fra undersøkelsen viser at 8 av 10 nordmenn er bekymret for klimaendringer, der kraftig nedbør blir sett på som den mest kritiske hendelsen. Undersøkelsen viser også at mange er oppmerksomme på disse hendelsene, da halvparten mener de ser negative konsekvenser av klimaendringer, og 4 av 10 har selv opplevd konsekvensene.

Når det gjelder hvem som er ansvarlige for å gjennomføre klimatilpasningstiltak, kan dette fordeles på kommuner, regjeringen, fylkesmannen, private selskaper og huseiere. Siden denne oppgaven fokuserer på klimatilpasningstiltak på bygnings- og tomtnivå, er resultatene som angår huseiere og private selskaper mest interessante. Undersøkelsen viser at 4 av 10 mener at private selskaper eller huseiere er ansvarlige for å sikre en god beredskap mot konsekvensene av klimaendringer. Dette kan tyde på at huseiere mangler kunnskap om hvilke tiltak de faktisk kan gjennomføre på sin egen eiendom.

Samtidig viser undersøkelsen at 8 av 10 anerkjenner at de selv kan gjennomføre tiltak for å redusere konsekvensene av klimaendringer på sin egen tomt. Dette betyr at mange kan gjennomføre tiltak, selv om de ikke mener de er ansvarlige for å gjøre det. Huseiere med høy inntekt er også mer villige til å gjennomføre tiltak for å beskytte eiendommen sin sammenlignet med huseiere med lavere inntekt.

Undersøkelsen viser også at bekymringen for klimaendringer er størst i Oslo. Dette er interessant da konsekvensene av klimaendringer i form av kraftig nedbør, flom og skred ikke påvirker Oslo like mye som andre områder, som for eksempel vestlandet, og andre flomutsatte områder.

3 Metode

Dette kapittelet redegjør valg av forskningsmetoder som er brukt i denne oppgaven. Arbeidet som er gjort i forbindelse med informasjonsheiting og datainnsamling i masteroppgaven består av litteratursøk, intervjuer og casestudie. Hvordan disse metodene er blitt brukt vil beskrives nærmere. Til slutt vil det bli nevnt hvordan kunstig intelligens har bidratt til dette prosjektet, samt hva studenten har brukt fra prosjektoppgaven.

3.1 Valg av forskningsmetode

I forskningsprosjekter så skiller man hovedsakelig på to forskningsmetoder; kvalitativ og kvantitativ. Dalland og Tjora (2012; 2017, s. 113, s. 24) beskriver at skillet mellom disse forskningsmetodene går på at kvalitativ metode vektlegger forståelse framfor forklaring. Under en kvalitativ forskningsmetode har man som forsker større nærhet til informant med en åpen interaksjon, data kommer i form av tekst, og en induktiv framgangsmåte, som er en røff hovedregel. Med induktiv framgangsmåte menes at man utleder noen generelle teorier, sammenhenger eller hypoteser basert på observasjoner og data av enkelttilfeller (Tjora, 2017, s. 33). I en kvantitativ forskningsmetode har man gjerne større avstand til respondenter, data i form av tall, og en deduktiv framgangsmåte, der man heller begynner med generelle teorier, sammenhenger og hypoteser, og tester disse gjennom observasjoner og data. Med andre ord, så har kvalitative forskningsmetoder sin hensikt å fokusere på meninger og opplevelser fra informanter som ikke lar seg tallfeste. Kvantitative metoder derimot, har en fordel ved at det gir resultater i form av målbare enheter (Dalland, 2012, s. 112).

Denne studien er basert på kvalitative forskningsmetoder. Metodevalget ble basert på gitt problemstilling, med tilhørende forskningsspørsmål og hvordan disse kunne bli besvart på en hensiktsmessig måte. Forskningsprosessen startet med et litteratursøk, etterfulgt av en skrivebordsanalyse av eksisterende litteratur som var relevant for besvarelse av forskningsspørsmålene. Deretter ble det gjennomført intervjuer med en deduktiv tilnærming. Selv om intervjuer vanligvis benyttes innen kvalitativ forskning, kan de ha både induktive og deduktive tilnærminger. Målet var å undersøke om resultatene fra intervjuene støttet funnene fra litteraturstudiet, samt å tilføre ytterligere funn og informasjon utover det som kom frem i litteraturgjennomgangen. Funnene fra både litteratursøket og intervjuene var primært rettet mot å besvare spørsmål angående motstandsdyktighet til eksisterende bygninger og implementering av tiltak. For å ytterligere illustrere hvordan motstandsdyktighet til bygninger kan klassifiseres, ble det også utført et casestudie av en utvalgt bygning. Denne casestudien hadde til hensikt å gi et mer konkret bilde av temaet og bidra til å illustrere ulike aspekter til motstandsdyktighet.

3.1.1 Validitet, reliabilitet og objektivitet

Selv om metodene som er anvendt for å svare på oppgavens problemstilling er hensiktsmessige, er det avgjørende å evaluere validitet, reliabilitet og objektivitet i informasjonsgrunnet. Disse er vesentlige kvalitetsindikatorer for oppgaven. Validitet handler om gyldigheten, og hvor nøyaktig og kvalitetssikret den innsamlede informasjonen er, og i hvilken grad den svarer på forskningsspørsmålene. Tjora (2017, s. 232) knytter gyldighet til om svarene faktisk adresserer de spørsmålene som er stilt i forskningen. Reliabilitet angår graden av pålitelighet i resultatene. Selv om dataene er relevante, må de samles og struktureres på en måte som sikrer pålitelighet. Dette betyr at alle trinn i prosessen må være fri for unøyaktigheter (Dalland, 2012, s. 120), og det dreier seg om intern logikk eller sammenheng gjennom hele forskningsprosjektet (Tjora, 2017, s. 231). For å sikre objektivitet, må forskningsprosessen og resultatene være upåvirket av forskerens personlige meninger. Innenfor kvalitative metoder innebærer dette å erkjenne subjektivitet samtidig som man er ærlig om dens påvirkning. Andre begreper for objektivitet inkluderer saklighet eller upartiskhet (Dalland, 2012, s. 119). For å oppnå god validitet og reliabilitet er transparens også avgjørende. Dette innebærer å gi leseren et godt innblikk i forskningen slik at de kan vurdere dens kvalitet (Tjora, 2017, s. 248). Hvilke valg som er tatt til hvilket tidspunkt, hvordan utvalget av intervjuobjekter er hentet og hvilke problemer som har oppstått underveis er noen spørsmål som er viktig å utrede for å fremme god transparens i prosjektet.

En vurdering av hver forskningsmetode blir utredet nærmere senere i dette kapittelet.

3.2 Litteraturstudie

Under arbeidet med prosjektoppgaven ble det gjennomført en litteratursøkemethode kjent som “scoping review“. Metoden har til hensikt å undersøke litteraturen innenfor et spesifikt tema med formålet å skape en helhetlig oversikt over tilgjengelig kunnskap. Dette inkluderer identifisering av sentrale begreper og definisjoner, en evaluering av forskningsmetoder som er blitt anvendt, samt en vurdering av eventuelle kunnskapshull innenfor det valgte temaet (Munn et al., 2018).

Målet med litteratursøket er å systematisk gjennomgå og analysere eksisterende forskning knyttet til klimatilpasning av bygninger. Litteraturen blir nøye gjennomgått for å ekstrahere relevant informasjon. Fokuset har vært særlig rettet mot å identifisere litteratur som evaluerer og diskuterer spesifikke tiltak og egenskaper ved bygninger som gjør dem motstandsdyktige mot klimatiske påkjenninger. Dette inkluderer aspekter som valg av materialer, rehabilitering og designløsninger. Under litteraturstudien har det også vært vektlagt å finne informasjon om klimaforhold i Norge, samt hvordan norske bygninger kan tilpasses og beskyttes mot de mest aktuelle klimapåkjenningene i landet.

Litteratursøkemethoden er basert på fremgangsmåten beskrevet av [Arksey and O'Malley \(2005\)](#), som består av seks steg:

1. Identifisere forsknings spørsmål
2. Identifisere relevante studier
3. Seleksjon av studier
4. Kartlegging av data
5. Samle, oppsummere og rapportere resultatene
6. Konsultasjon

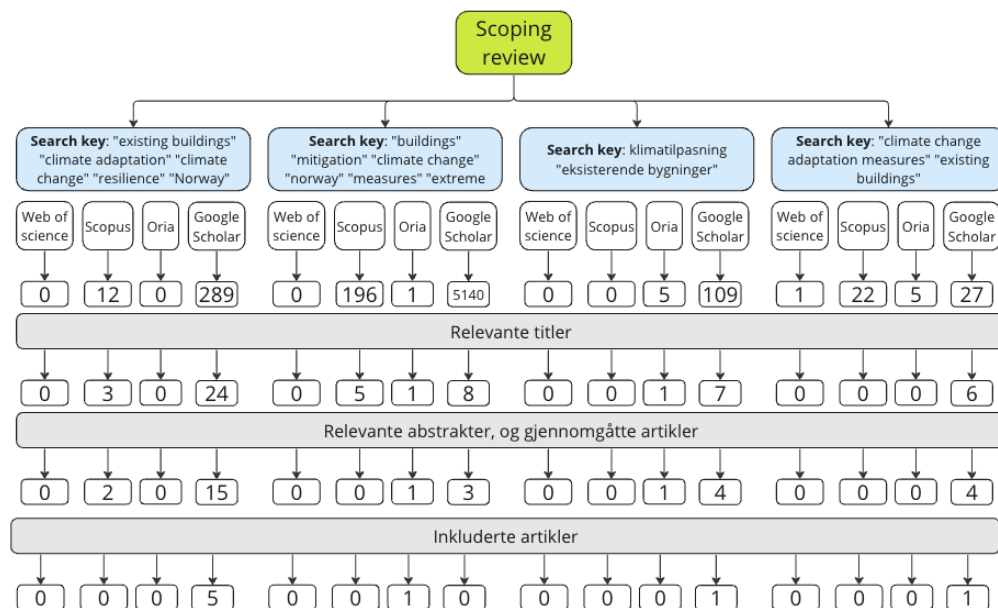
3.2.1 Ekskluderingskriterier

Siden klimatilpasning er et ganske bredt felt, ble det nødvendig å avklare begrensninger ved utvelgelsen av litteratur for å skape et klart definert forskningsområde. Formålet med oppgaven er å utarbeide en kartleggingsmatrise som en kan brukes til å evaluere en bygnings motstandsdyktighet mot klimaendringer, med fokus på bygningsfysikken. For å oppnå denne avgrensningen ble artikler og temaer som omhandler klimatilpasning innenfor by- og arealplanlegging, infrastruktur, styring og ledelse, samt energieffektivitet til bygninger, ekskludert fra oppgaven. For å forsikre seg at litteraturen var relativt oppdatert, så er det bare artikler som er blitt publisert de siste ti årene som er inkludert. I de tilfellene der forfatteren har brukt kilder som er mer enn ti år gamle, er det kun referert til tidløs informasjon som ikke påvirker resultatet eller forskningen innen dette temaet. Samtidig er tema rundt sårbarhet og påvirkningen klimaendringene gjør på bygninger et relativt nytt forskningsfelt ([Stagrum et al., 2020](#)). Påvirkningen av klimaendringer varierer betydelig rundt om i verden, med noen regioner stilt overfor utfordringer som tørke, hetebølger og orkaner, mens andre opplever fuktighet, regn og flom som de primære påkjenningene på bygninger. Gitt at denne studien fokuserer spesifikt på klimatilpasning av norske bygg, ble også litteraturseleksjonen justert i tråd med dette perspektivet. Publikasjoner som behandler klimapåkjenninger på bygninger i regioner med et annerledes klimaforhold enn i Norge ble derfor utelukket.

3.2.2 Identifisering og seleksjon av litteratur

For å undersøke et bredt spekter av eksisterende litteratur, ble det utført et omfattende søk i flere søkemotorer og databaser. Litteratursøkene ble gjennomført på følgende søkemotorer: Google Scholar, Oria, Scopus, Web of Science og Elicit. I litteratursøket ble det totalt utført fire søk, med fire forskjellige søkestrenger som inneholdt ulike kombinasjoner av nøkkelord. Disse søkestrengene er basert på forsknings spørsmålene og ekskluderingskriteriene som ble utarbeidet i prosjektoppgaven. Temaet i alle søkestrengene er

sammenfallende, og målet var å finne artikler som omhandlet klimatilpasning, hvordan klimaendringer påvirker byggene, og hvordan en kan øke motstandsdyktigheten til eksisterende bygg mot fremtidige klimapåkjenninger. Det er derimot brukt noen forskjellige nøkkelord fra søkestreng til søkestreng for å undersøke om det ville føre til flere funn, til tross for at mange av nøkkelordene har lignende betydning. For eksempel, som en kan se i søkestrengene i Figur 3.1, ved å endre nøkkelord som “existing buildings” til “buildings”, og “climate adaptation” til “mitigation” og “measures”, ble det observert betydelig flere treff på noen av søkemotorene, der den første søkestrengen ga 289 treff, og den andre 5140 treff i Google Scholar. Hensikten med disse søkestrengene var å fange opp artikler som omhandler det samme temaet, men med ulik innfallsvinkel i søkemotorene. Dette gir flere perspektiver og muligheter for å identifisere relevant litteratur innenfor emnet. Det kan argumenteres for om søket med 5140 treff er for bredt, mens søket med 27 treff i Google Scholar er for snevert. Siden det ble gjennomført totalt fire søk, er forfatteren tilfreds med omfanget av søkene, og mener at dette har vært tilstrekkelig for å dekke bredden av tilgjengelig litteratur innen temaet. Flytskjemaet i Figur 3.1 gir en visuell representasjon av søkestrengene, tilhørende nøkkelord, og resultatene av søkene i de ulike søkemotorene. Samt seleksjonsprosessen og hvordan antall artikler blir nedsnevret fra relevante titler, til inkluderte artikler. I og med at søk på engelsk ofte gir bredere søkeresultater, ble tre av hovedsøkene utført på engelsk, og ett på norsk med nøkkelord “klimatilpasning” og “eksisterende bygninger”.



Figur 3.1: Flytskjema over resultater fra søkemotorer samt seleksjon av litteratur. Illustrasjon laget av forfatter.

For å selektere søkeresultatene ytterligere, gjennomførte forfatteren en manuell seleksjonsprosess i tre påfølgende stadier. Det første seleksjonstrinnet involverte en gjennomgang av titlene i søkeresultatene. Resultatene fra søkestreng en, tre og fire i Figur 3.1 resulterte i et overkommelig antall artikler, og alle titlene ble gjennomgått. På den an-

nen side, fra søkestreng to, som ga 5140 treff i Google Scholar, ble de første 200 titlene vurdert. Resten av treffene ble ekskludert fra prosessen, da det ville vært for tidkrevende å vurdere alle. Titler som umiddelbart virket irrelevante ble ekskludert, mens de titlene som inneholdt nøkkelordene og syntes relevante for det overordnede temaet ble videreført til neste trinn av prosessen. I denne fasen av prosessen ble også duplikater identifisert, der artikler med samme tittel som en annen ble ekskludert. Totalt ble det identifisert to duplikater, der samme artikkel ble funnet i to forskjellige søkemotorer. Etter fullføringen av det første trinnet i seleksjonsprosessen, endte forfatteren opp med 55 artikler med relevante titler fra alle søkestrengene og alle søkemotorene.

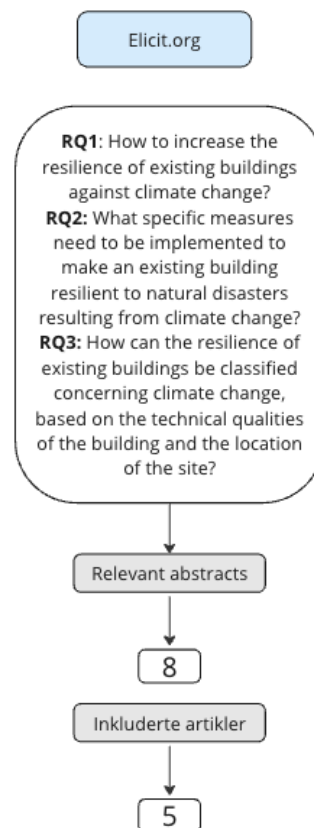
Det andre trinnet besto av gjennomgang av abstraktene for alle artikler med relevante titler. Dersom abstraktet også viste seg å være relevant for oppgavens tema, ble disse artiklene lagret for en grundigere gjennomgang. Alle artikler med relevante abstrakter ble samlet i en systematisk liste. Artikler som hadde en tilsynelatende relevant tittel, men som ikke oppfylte relevanskriteriene etter gjennomgått abstrakt, ble utelukket fra videre vurdering. Etter denne prosessen hadde forfatteren 30 relevante artikler.

Det siste seleksjonstrinnet involverte en mer omfattende gjennomgang. Dersom det ble påvist at artikkelen inneholdt relevant informasjon i samsvar med oppgavens forsknings-spørsmål, ble artiklene inkludert i oppgaven, og innholdet benyttet i resultatdelen av studien. Denne manuelle seleksjonsprosessen sikret at kun den mest relevante og innsiktsfulle litteraturen ble inkludert i studien. Etter gjennomgangen, er det derfor åtte artikler fra de fire søkemotorene som hadde tilstrekkelig relevans til oppgaven, og som er inkludert i resultatdelen.

Det er viktig å merke seg at det antallet som er oppgitt under *Inkluderte artikler* i [Figur 3.1](#) er antall artikler som bidrar til resultatdelen. Det er flere artikler fra litteraturstudien som er inkludert i andre deler av oppgaven fordi de bidrar på andre områder, men disse artiklene er ikke inklusive det antallet som er oppgitt under *Inkluderte artikler* i [Figur 3.1](#). Artikler som viste seg å være irrelevante og ikke ble inkludert i oppgaven på noen måte, forblir likevel oppført i litteraturoversikten som ligger vedlagt som Vedlegg [C](#).

I tillegg til “scoping review” som ble gjennomført i nevnte databaser, ble søkemotoren Elicit også brukt for å identifisere relevante artikler. Elicit opererer på en annen måte sammenlignet med andre søkemotorer. I stedet for å benytte seg av søkestrenger og nøkkelord, utfører den litteratursøk basert på et definert forskningsspørsmål. Resultatene fra Elicit er derfor basert på prosjektoppgavens formulerte forskningsspørsmål. Elicit er også annerledes ved at den har en evne til å generere et ubegrenset antall resultater, derfor presenteres ikke konkrete tall for totalt antall resultater ved søk, eller antall relevante titler. Men forfatteren bladde gjennom, og vurderte en omfattende mengde med artikler. Søkene i Elicit ble utført på både engelsk og norsk for å sikre en bred dekning av

relevant litteratur og for å inkludere potensielt unike bidrag fra begge språkområdene. Vel og merke er alle artiklene hentet fra Elicit på engelsk. Utfallet av søkene i Elicit er presentert i flytskjemaet vist i [Figur 3.2](#), som gir en oversikt over antall relevante abstrakter og inkluderte artikler. De selekterte artiklene fra Elicit gikk gjennom den samme seleksjonsprosessen som artiklene fra Google Scholar, Oria, Scopus og Web of Science, der først titler ble vurdert, også abstraktet, samt hele artikkelen til slutt. Av de åtte artiklene med relevante abstrakter og som ble nærmere gjennomgått, er fem av de inkludert i resultatdelen i oppgaven.



Figur 3.2: Søkeresultater fra Elicit. Illustrasjon laget av forfatter.

I løpet av forskningsarbeidet har forfatteren kontinuerlig innhentet annen relevant litteratur, som ikke nødvendigvis stammer fra søkene i databasene beskrevet tidligere. Dette inkluderer litteratur som forfatteren har støtt på gjennom enkeltstående søk eller ved anvendelse av snøballmetoden. Snøballmetoden innebærer å søke i bibliografien til allerede identifiserte relevante artikler, med formål å oppdage ytterligere relevante publikasjoner. Denne prosessen vil resultere i en gradvis økning av flere relevante artikler. Gitt oppgavens tidsbegrensninger, er det nødvendig å ta en beslutning om når tilstrekkelig antall artikler er identifisert, slik at det er mulig å dedikere tid til en grundig studie av hver publikasjon. Gjennom snøballmetoden er det identifisert ti artikler med relevant abstrakt, hvorav to er inkludert i resultatdelen. Seks artikler fremkommer av enkeltsøk, og tre artikkel er fra anbefaling fra intervjuobjekt og veiledere.

Etter gjennomført “scoping review”, søk i Elicit, snøballmetoden, enkeltstående søk, samt anbefalinger, har forfatteren gjennomgått 57 relevante litteraturkilder. Av disse er 15 artikler inkludert i resultatdelen. En oppsummering er listet i [Tabell 3.1](#). Litteraturoversikten, som ligger vedlagt som Vedlegg [C](#), inneholder informasjon om tittel, forfatter, publikasjonsår, om artikkelen er inkludert i oppgaven og i så fall hvor, samt andre merknader.

Tabell 3.1: Litteratur gjennomgått og inkludert i oppgaven.

Forskningsmetode	Antall artikler gjennomgått	Antall artikler inkludert i oppgave	Antall artikler inkludert i resultatdel
Scoping review	30	15	8
Elicit	8	6	5
Snøballmetoden	10	7	2
Enkeltstående søk	6	6	0
Anbefalt litteratur	3	3	0

På grunn av tidsbegrensninger under prosjektoppgaven ble ikke alle relevante litteraturkilder gjennomgått. Da arbeidet med masteroppgaven startet, var det derfor litteratur som var identifisert som relevant, men som ikke var gjennomgått. I arbeidet med masteroppgaven har forfatteren nå gjennomgått all relevant litteratur, og relevante funn er inkludert i oppgaven. Mer spesifikt ble 34 litteraturkilder gjennomgått under prosjektoppgaven, og de resterende 23 ble gjennomgått under masteroppgaven, der 16 av de 23 er artikler fra litteratursøket.

3.2.3 Kartlegging og samling av litteratur

Etter endt søkeprosess og den påfølgende seleksjonsprosessen ble litteratur lagret for videre analyse. Ved hjelp av Microsoft Excel ble en oversikt utarbeidet, der informasjon som forfatterens navn, publiseringsår og relevans for oppgaven for hver artikkel ble dokumentert. Samtidig ble alle artiklene kategorisert etter deres relevans for prosjektets overordnede tema. Litteraturoversikten ligger vedlagt som vedlegg [C](#).

For å effektivisere organiseringen av litteraturen og håndtere referanser, ble programvaren Mendeley benyttet som et verktøy for å systematisk sortere og administrere den samlede litteraturen.

3.2.4 Nettsider

I tillegg til vitenskapelige artikler, og andre litteraturkilder har flere nettsider også vært av betydning for å forstå temaene knyttet til klimatilpasning, byggetekniske forskrifter og byggeløsninger. En oversikt over nettsider som har vært av betydning er presentert i tabell [3.2](#).

Tabell 3.2: Flittig brukte nettsider.

Nettside	Beskrivelse
www.miljodirektoratet.no	Lager analyser og gir råd om videreutvikling av klima- og miljøpolitiske mål, foreslår tiltak og virkemiddel.
www.dibk.no	Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning.
www.multimap.no	For inspirasjon ved utarbeidelse av hjelpematriser.
www.sjekkhuset.no	Nyttige tips rundt forskjellige utbedringstiltak ved bygninger. Utarbeidet av DIBK (Direktoratet for byggekvalitet).
www.klima2050.no	Relevant litteratur og forskning relatert til klimatilpasningen i Norge.
www.sintef.no	Relevante forskningsartikler.
www.byggforskserien.no	Byggedetaljer.

3.2.5 Validitet, reliabilitet og objektivitet

Hovedmålet med oppgaven har vært å identifisere sårbarheter og prinsipper ved motstandsdyktighet for eksisterende bygninger mot klimaendringer, spesielt økt temperatur og nedbørsmengder som fører til økt fuktpåkjenning. For å sikre god validitet, ble forsknings spørsmål og problemstilling klart definert før litteratursøket. Søkestrenger og søkeord ble nøye utformet basert på disse, med fokus på presisjon slik at søket i etterkant resulterte i relevante studier. En for bred søkestreng kan føre til mer arbeid og distraksjon av irrelevant informasjon. Valget av søkemotorer er et bevisst valg, med tanke på pålitelighet og omdømme, og at de er ofte brukt i litteraturstudier. Etter fullført litteratursøk ble alle hovedfunnene systematisk sammenlignet og analysert for å identifisere sammenhenger, eventuelle motstridende funn og mønstre. Dette bidrar til å styrke validiteten ved å gi et helhetlig bilde av forskningen på temaet.

For å sikre reliabilitet ble det lagt vekt på å ha en systematisk tilnærming til litteratursøket, der framgangsmåten blir tydelig dokumentert, samt vurdering av ulike valgkriterier knyttet til inkludering og ekskludering av kilder. Disse kriteriene blir beskrevet i underkapittel [3.2.1](#). Dette gjør det mulig for andre forskere å gjenskape søket og vurdere påliteligheten til resultatene, samtidig som det bidrar til god transparens. En oversikt over de valgte kildene, inkludert informasjon om databaser og søkeord, er opprettet for

å sikre at prosessen er etterprøvable. Denne litteraturoversikten gir et grunnlag for å evaluere reliabiliteten til forskningsresultatene. Denne oversikten er vedlagt som Vedlegg [C](#)

Siden formålet med litteratursøket er å identifisere tekniske løsninger og tiltak for å øke bygningers motstandsdyktighet mot klimaendringer, ble fokuset naturligvis lagt på tekniske funn. Dette bidrar til å minimere risikoen for at funn blir påvirket av forfatterens subjektive meninger og holdninger, og sikrer dermed objektivitet. En standardisert tilnærming til vurdering av kilder, inkludert klare ekskluderingskriterier, bidrar til å minimere subjektivitet ved seleksjon av relevante kilder. Ved å ha en åpen og transparent prosess kan andre forskere også vurdere forfatterens objektivitet av funnene.

3.3 Intervju

Intervjuer er den mest brukte metoden for datainnsamling innen kvalitativ forskning ([Tjora, 2017](#), s. 113), og det er i denne oppgaven blitt benyttet som den viktigste kilden til informasjon og datainnsamling. Hovedmålet med intervjuene i denne studien er å utforske informantenes erfaringer, meninger og kunnskap om emnet. Det finnes flere tilnærminger til å gjennomføre intervjuer, og i det følgende delkapittelet vil det bli redegjort for valgene som er tatt angående intervjuform, samt arbeidet som ble gjort både før og etter gjennomføringen av intervjuene.

Målet med intervjuene var å gå dypere i tematikken om bygningers motstandsdyktighet mot klimaendringer, med spesielt fokus på økt fuktpåkjenning. Forfatteren har i forbindelse med prosjektoppgaven utarbeidet et utkast til en kartleggingsmatrise som kan anvendes på eksisterende bygg for å få en forståelse av dets robusthet eller sårbarhet mot fremtidige klimapåkjenninger i Norge. Denne matrisen ble hovedsakelig utviklet basert på funn fra litteratursøk. Hensikten med å gjennomføre intervjuene var å forbedre denne matrisen ved å identifisere flere aspekter og prinsipper utover det som ble funnet i litteraturstudiet. Intervjuspørsmålene ble derfor utformet med utgangspunkt i kartleggingsmatrisen, og med fokus på hva som var relevant og nødvendig for videreutvikling av matrisen. Det ble valgt å gjennomføre semistrukturerte intervjuer med en rekke, men presise spørsmål, som skulle avdekke de ulike aspektene ved kartlegging av motstandsdyktighet etter matrisens utforming. Tjora definerer det slik: “*Semistrukturerte intervjuer brukes ofte som en annen betegnelse på dybdeintervjuer. I begrepet ligger det at intervjuet bare har en halvfast struktur*” ([Tjora, 2017](#), s. 264). Det betyr at spørsmålene og temaet er bestemt og utarbeidet på forhånd, men tilnærmingen tillater også rom for å utforske, dele og diskutere nye erfaringer og refleksjoner som oppstår spontant under intervjuet, som nødvendigvis ikke må være et svar på en av de forhåndsbestemte spørsmålene. Dette gir både forskeren og informanten muligheten til å gå dypt inn i emnet og utforske det mer grundig, samtidig som det er en viss grad av veiledning gjennom den

delvis strukturerte tilnærmingen. Semistrukturerte intervjuer ble også valgt på grunn av forventningen om at informantene ville kunne bidra med informasjon som kanskje ikke var dekket i intervjuguiden. Derfor var det viktig å ha muligheten til å utforske og gå dypere inn i eventuell ny informasjon som ble presentert under intervjuene.

3.3.1 Forberedelser til intervjuer

Forberedelsene til intervjuene spiller en betydelig rolle da det påvirker hele intervjuprosessen. Det er viktig for intervjueren å gjøre et godt inntrykk (Dalland, 2012, s. 164), derfor er kvaliteten på forberedelsene og den første kontakten med intervjuobjektet av stor betydning. Som en del av forberedelsene ble formålet med intervjuet og hvordan det skulle bidra til å svare på problemstillingen avklart, og en intervjuguide ble utarbeidet. Informasjon om intervjuobjektene, deres personvern og samtykke, ble også håndtert på forhånd.

Intervjuguiden skal fungere som et hjelpemiddel for å huske temaene som skal tas opp, og lede gjennom intervjuet (Dalland, 2012, s. 167). Den skal ikke være en streng liste med spørsmål som må følges slavisk, så det er viktig å etterstrebe en naturlig samtaleform. Som nevnt tidligere ble intervjuguiden utformet som et semistrukturert intervju med utgangspunkt i kartleggingsmatrisen. Kartleggingsmatrisen går gjennom vurderingsparametre relatert til motstandsdyktighet for yttertak, yttervegg, grunnmur og fundament, interne forhold, overflate og eksterne forhold til tilhørende tomt, utforming og dokumentasjon. Spørsmålene i intervjuguiden gikk i dybden på disse elementene, med fokus på å diskutere hva som bidrar til robusthet, hvilke løsninger som er gunstige eller ugunstige, hva som har fungert og hva som ikke har fungert tidligere, vanlige skader, og fremtidige tiltak for å øke motstandsdyktigheten til disse bygningselementene. Resultatet var en omfattende intervjuguide med mange spørsmål, selv om de fleste spørsmålene var ganske presise og ikke krever lange svar. Intervjuguiden ble gjennomgått med veileder og co-veileder, og nødvendige endringer ble gjort før gjennomføringen av intervjuene startet. Se Vedlegg D for utarbeidet intervjuguide.

Prosjekter som innebærer bruk av personopplysninger må meldes til Personvernombudet. Dette inkluderer også bilde- og lydopptak av stemmer, da disse regnes som personopplysninger (Dalland, 2012, s. 101). Som en del av forberedelsene var det derfor nødvendig å informere intervjuobjektene om hvordan deres personvern ville bli ivaretatt gjennom intervjuprosessen. Dette ble gjort ved å fylle ut et meldeskjema på nettsidene til Sikt, Kunnskapssektorens tjenesteleverandør, som deretter vurderte om prosjektet oppfylte kravene til personvern. I forbindelse med dette ble det utarbeidet et informasjonsskriv som ga en nærmere beskrivelse av hva det innebar å delta på intervju, hvilke rettigheter deltakerne hadde, hvordan personvern og anonymitet ble ivaretatt gjennom prosjektet, og hva som skjedde etter prosjektets avslutning. Til slutt fikk intervjuobjektene mu-

ligheten til å gi skriftlig samtykke til deltakelse. En underskrift kan også fungere som beskyttelse for forskeren, da det gjør det mulig å henvise til det inngåtte samtykket hvis det oppstår uenigheter (Dalland, 2012, s. 106). De utvalgte intervjuobjektene ble kontaktet på en profesjonell måte, og de fikk muligheten til å gjennomgå både intervju-guide og informasjonsskriv før de besvarte på spørsmålet om deltakelse. Se Vedlegg E for utarbeidet informasjonsskriv.

3.3.2 Utvalget av intervjuobjekter

Intervjuobjektene ble valgt gjennom et strategisk utvalg, som innebærer å velge personer med spesifikke kunnskaper og erfaringer (Dalland, 2012, s. 163). Som en del av forberedelsene, selekterte forfatteren ønskede intervjuobjekter i ulike roller innen både privat og offentlig sektor som var forventet å kunne bidra konstruktivt til oppgaven. Det var ønskelig å komme i kontakt med fagekspertter, utførende entreprenører, arkitekter, konsulenter, driftsledere og FDV-ansvarlige i både privat og offentlig sektor. I samråd med medveileder i Multiconsult ble kontaktopplysninger til mange relevante personer med disse rollene hentet. Det har også vært tilfeller der forfatteren har henvendt seg til anbefalte intervjuobjekter, men har blitt henvist videre til andre kandidater. Intervjuobjektene utover disse er personer forfatteren har selektert selv, ved mistanke om relevans og kunnskap til problemstillingen. Et eksempel på dette er partnere til forskningsprosjektet Klima2050. Utvalget er sammensatt basert på deres kompetanse innen bygningsfysikk, spesifikt med fokus på ytre klimaskall av bygninger. De besitter med kunnskap innen dagens praksis innen klimatilpasning av bygninger og relevant forskning på området. I tillegg inkluderer utvalget intervjuobjekter med erfaring innen sikring mot flom- og skredhendelser, samt fra forsikringselskap for å få innsikt i hvordan disse selskapene forholder seg til klimarelaterte skader på bygninger.

I Tabell 3.3 er rolle og sektor intervjuobjektene representerer listet:

3.3.3 Gjennomføring av intervjuer

Alle intervjuene ble gjennomført mellom 19. februar og 5. mars, med unntak av ett intervju som ble gjennomført en uke senere. Målet var å oppnå en effektiv prosess og gjennomføre intervjuene i løpet av et par ukers tidsramme, noe som ble muliggjort takket være god respons fra intervjuobjektene. Totalt ble det gjennomført 12 intervjuer, hvorav ni ble gjennomført via Microsoft Teams og de resterende tre ble avholdt fysisk. Informasjonen fra intervjuene ble bearbeidet ved å ta lydopptak, noe som tillot en grundig gjennomgang av intervjuet i etterkant uten å måtte fokusere på å ta notater underveis. Dette gjør også at man kan rette oppmerksomheten og fokusere på intervjuobjektet, lytte og stille de riktige oppfølgingsspørsmålene. Alle intervjuobjekter ble informert om og samtykket til lydopptak før intervjuet startet.

Tabell 3.3: Rolle og sektor til intervjuobjekter

Rolle/Stilling	Sektor	Intervjuobjekt
Leder, Forretning og produktutvikling	Privat	P1
Forskningsleder	Privat	P2
Teknisk sjef	Privat	P3
Sjef forsker	Privat	P4
Sjef rådgiver Bygningsfysikk	Privat	P5
Senior rådgiver/Gruppeleder	Privat	P6
Direktør Byggteknikk og prosjektutvikling	Privat	P7
Senior rådgiver	Privat	P8
Produktutvikler	Privat	P9
Eiendomsdirektør	Offentlig	O1
Fagekspert Strategisk Eiendomsledelse	Offentlig	O2
Senioringeniør, Skred og vassdrags avdeling	Offentlig	O3

Fordelen med intervjuer over Microsoft Teams var tilgjengeligheten til intervjuobjektene til tross for geografisk avstand. Forfatteren opplevde også at etterarbeidet ble lettere med intervjuer gjennomført på denne plattformen, da lydopptakene var av bedre kvalitet og bidro til en mer presis transkribering. Lydopptaket fra fysiske intervjuer hadde en tendens til å bli noe mer uklart, som gjorde etterarbeidet mer tidskrevende.

Intervjuene begynte med en gjennomgang av formålet med oppgaven og hva forfatteren ønsket å finne svar på. Varigheten av intervjuene varierte fra 30 minutter til omtrent 90 minutter, avhengig av tilgjengelig tidsramme hos intervjuobjektene og mengden informasjon de kunne bidra med. Intervjuguiden ble brukt som et ledende verktøy, men ble ikke fulgt til punkt og prikke. Bruken varierte basert på tilgjengelig tid og intervjuobjektets utgangspunkt. Noen av intervjuobjektene hadde ikke samme forutsetninger til å svare på spørsmålene fra intervjuguiden, og det ble derfor noe avvik fra guiden. Til tross for dette ble det bevisst valgt å ikke lage individuelle intervjuguides, med forventning om at noen intervjuer ville avvike fra guiden. Grunnen til at det ble valgt å intervju intervjuobjekter som ikke har samme forutsetning til å svare på spørsmålene fra intervjuguiden, var for å få informasjon fra informanter som sitter i roller som har et litt annet perspektiv og kunnskap om temaet.

Mot slutten av intervjuene ble alle intervjuobjektene spurt om de hadde noen kommentarer de ønsket å legge til, slik at de kunne supplere med informasjon som ikke ble berørt gjennom intervjuguiden.

3.3.4 Analyse av intervjuer

Etter at intervjuene er gjennomført, begynner etterarbeidet, som involverer analyse. Analysen skal utlede hva intervjuet har å fortelle (Dalland, 2012, s. 178). Dette sikrer en riktig håndtering av informasjonen, som er avgjørende for å kunne anvende den på senere stadier. Den første delen av analysen involverte transkribering av alle intervjuene. Lydopptakene, som ble gjort med intervjuobjektene samtykke, ble transkribert ved hjelp av NTNU sitt transkriberingsprogram, *Tale til tekst*, som ga best resultat. Programvarene har imidlertid ikke vært helt nøyaktige, og det har vært nødvendig for forfatteren å gjennomgå transkriberingen for å rette feil og eventuelt skrive om der nødvendig. Når spørsmål og svar blir til tekst, går visse elementer tapt (Dalland, 2012, s. 179), og det viktigste tapet er visuelle ledetråder og informasjon om stemningen under intervjuet (Tjora, 2017, s. 175). Det er derfor en fordel at samme person som gjennomførte intervjuet også står for transkriberingen, da dette kan bidra til å redusere tapet av kontekst. Etter at transkriberingen var fullført, ble de sendt tilbake til intervjuobjektene for godkjenning.

Neste trinn i prosessen var å sortere og ekstrahere relevant informasjon. Ved å bryte ned intervjuene i mindre deler, kan man lettere fange opp de ulike aspektene av det intervjuobjektet har sagt (Dalland, 2012, s. 178). I dette tilfellet fulgte forfatteren tema-inndelingen som ble brukt i intervjuguiden. Gjennom lesing av de transkriberte intervjuene, markerte forfatteren informasjon som var relevant for å inkludere videre i analysen. Etter at alle transkripsjonene var gjennomgått, ble den markerte informasjonen sortert og samlet i Microsoft Excel. Der ble det opprettet et system med den bestemte tema-inndeling, slik at man kunne sammenligne informasjonen fra de ulike intervjuene som berørte samme temainndeling. Temainndeling er vist i Figur 3.3. Dette muliggjorde observasjon av sammenhenger, forskjeller og gjentakelser, noe som var svært nyttig for en dypere analyse av intervjuene.

Temainndeling						
Yttertak	Yttervegg	Grunnmur og fundament	Interne forhold	Grunn, overflate og eksterne forhold	Utforming	Dokumentasjon

Figur 3.3: Temainndelingen fra kartleggingsmatrise og intervjuguide. Illustrasjon laget av forfatter i Miro.

3.3.5 Validitet, reliabilitet og objektivitet

I intervjuprosessen er forskeren selve instrumentet, og svarene er avhengig av forskerens spørsmål. Derfor hviler det et betydelig ansvar på forskerens evne til å oppfatte, bevare og analysere svarene (Dalland, 2012, s. 151). Dette er avgjørende for å oppnå pålitelige resultater.

For å sikre objektivitet ble åpne spørsmål benyttet, slik at spørsmålene ikke ble påvirket av forskerens egne holdninger til emnet. Intervjuspørsmålene fokuserte hovedsakelig på

tekniske aspekter, med mål om å få presise svar på løsninger eller prinsipper. Subjektive refleksjoner og meninger ble derfor sjelden vurdert som relevante, da fokuset var på hva som faktisk fungerer basert på dokumentert eller pågående forskning. Likevel ble enkelte udokumenterte påstander fra intervjuobjektene vurdert, spesielt når de var basert på lang erfaring innen feltet.

For å sikre validitet ble utvalget av intervjuobjekter nøye vurdert. De fleste ble hentet av oppgavens medveileder med betydelig erfaring og kjennskap til relevante personer innen bransjen. Utvalget inneholder hovedsakelig personer som jobber med, og har erfaring innen klimatilpasning. Mange av disse forsker også på motstandsdyktighet mot klimapåkjenninger, og har ekspertise innen klimaskallet på bygninger. I tillegg består utvalget av personer fra både privat og offentlig sektor for å sikre en helhetlig og nyansert forståelse av temaet. Ved å ha en utarbeidet intervjuguide styrkes også validiteten, da det er lettere å holde seg til samme tematikk gjennom alle intervjuene, og datainnsamlingen baseres på samme grunnlag.

Ved å gi intervjuobjektene tilgang til intervjuguiden på forhånd og la dem se over spørsmålene før selve intervjuet, bidrar det til å sikre reliabiliteten. Dette gir intervjuobjektene muligheten til å gjennomtenke svarene på forhånd. I tillegg, ved å informere intervjuobjektene om at alle svar vil bli anonymisert i oppgaven, bidrar det til å gi rene og ufiltrerte uttalelser, noe som ytterligere sikrer reliabiliteten til datagrunnlaget. Utvalget av intervjuobjekter, som består av personer med lang erfaring og utdanning innen emnet, bidrar også til å sikre påliteligheten til informasjonen.

Når det gjelder antallet intervjuer, anså forfatteren 12 intervjuer som tilstrekkelig. Siden spørsmålene hovedsakelig var av teknisk art, var det en del gjentakelser og repetisjoner fra intervju til intervju. Dersom en type svar går igjen hos mange intervjuobjekter, har dette svaret mer tyngde enn et svar som bare blir nevnt én gang (Dalland, 2012, s. 183). Derfor er kvantifisering av informasjonen viktig, og etter å ha gjennomført 12 intervjuer, konkluderte forfatteren med at det ikke var nødvendig å gjennomføre flere intervjuer da informasjonsinnhenting ble ansett som tilfredsstillende.

3.4 Casestudie

I oppgaven er det valgt å gjennomføre en analyse av en bygningscase der den utarbeidede kartleggingsmatrisen blir anvendt. Målet med casen er å demonstrere hvordan matrisen kan benyttes på eksisterende bygningsmasse for å skape et helhetlig bilde av bygningens motstandsdyktighet samt den tilhørende tomten.

3.4.1 Utvalget av caseobjekt

I utvelgelsen av caseobjekt var det avgjørende at tilstrekkelig dokumentasjon eksisterte for å kunne gjennomføre en grundig kartlegging. Forfatteren tok kontakt med eiendomsavdelingen i Trondheim kommune for å undersøke om de hadde noen bygninger som kunne benyttes som case. Etter å ha gitt en kort beskrivelse av hensikt, målet med oppgaven og behovet for dokumentasjon, fikk forfatteren valget mellom bygningstype og tilstand på bygningene. Ettersom kommunen har ansvar for de kommunale byggene, ble det besluttet at barnehager ville være velegnede casestudier, da de vanligvis ikke er for store og har utendørsområder. Dette dekker flere punkter og aspekter i kartleggingsmatrisen.

Forfatteren fikk flere valgmuligheter blant barnehager og valgte til slutt Lidarende barnehage, da denne hadde mest dokumentasjon tilgjengelig. Samtidig er barnehagen plassert slik at den er utsatt for forsøkninger, noe som gjør den sårbar ved kraftige nedbørsperioder.

3.4.2 Gjennomføring og analyse av casestudie

Casestudien ble gjennomført ved at forfatteren nøye gjennomgikk tilgjengelig dokumentasjon: en tilstandsrapport av barnehagen, dronebilder av tomten, yttertak og vegger, en klimarapport utført av COWI, og "Som bygget"-tegninger av tak- og veggkonstruksjonen. Ved å grundig studere disse dokumentene, ble det innhentet tilstrekkelig informasjon til å utføre en grov kartlegging av bygningscasens motstandsdyktighet.

Gjennom bruk av kartleggingsmatrisen, gikk analysen punktvis gjennom alle vurderingsparameterene. Etter at analysen var fullført, gjennomgikk forfatteren resultatene sammen med medveilederen for å diskutere funnene og få videre innspill til analysen.

3.5 Kunstig intelligens

Kunstig intelligens har opplevd en betydelig vekst de siste årene, og med de tilgjengelige programmene i dag har verden tilgang til et bredt spekter av funksjoner og muligheter. Kunstig intelligens har vært en ressurs under arbeidet av denne oppgaven.

Som tidligere nevnt har forfatteren benyttet seg av Elicit under litteratursøket. Dette programmet utnytter kunstig intelligens til å søke gjennom eksisterende litteratur med høy relevans til et spesifikt forskningstema, basert på forskningsspørsmål. Programmet kan også identifisere relevante artikler selv om søket og artikkelen ikke har sammenfallende nøkkelord. Elicit har også kapasitet til å skanne artikler og annen litteratur, og generere kortfattede sammendrag av de mest betydningsfulle funnene i artiklene.

ChatGPT er brukt som et redskap til tekstformulering i oppgaven. Forfatteren har skrevet all tekst og innhold i oppgaven selv, og så er ChatGPT brukt i enkelte tilfeller til å komme med forslag til hvordan teksten kan presenteres bedre, på en mer ryddig og forståelig måte. Det er viktig å understreke at forfatteren har brukt kunstig intelligens som et verktøy og ikke som et middel for å generere ny tekst (tekst og innhold som ikke allerede er nevnt og beskrevet), ideer eller resultater. Forfatteren har også hatt en kritisk tilnærming til bidragene fra kunstig intelligens gjennom hele prosessen.

Kunstig intelligens er også blitt brukt i intervjuprosessen. Som nevnt i underkapittel [3.3.4](#), så er *Tale til tekst* blitt brukt som transkriberingsverktøy. Dette verktøyet bruker Whisper, som er et talegjenkjenningsprogram utviklet av OpenAI.

3.6 Gjenbruk av prosjektoppgave

Masteroppgaven bygger videre på prosjektoppgaven og funnene som ble gjort i forbindelse med den oppgaven. Forfatteren er selv fornøyd med det som ble utrettet i prosjektoppgaven, og har derfor inkludert store bidrag fra den. Problemstillingen og forskningsspørsmålene som lå til grunn for arbeidet i prosjektoppgaven er de samme som i denne masteroppgaven. Det vil si at masteroppgaven har til hensikt å utbedre og fordype seg i allerede eksisterende arbeid fra prosjektoppgaven. I forbindelse med prosjektoppgaven ble det gjennomført et litteraturstudie, og det ble utarbeidet et utkast til kartleggingsmatrisen. Forfatteren så forbedringspotensiale i denne matrisen og ønsket derfor å bruke masteroppgaven til å videreutvikle en mer fullstendig kartleggingsmatrise. Følgende deler av prosjektoppgaven er brukt videre i masteroppgaven:

- Innledning:
 - Introkapittelet [1.1](#) er i sin helhet tatt inn fra prosjektoppgaven. Et par avsnitt er utvidet på bakgrunn av en bredere litteraturgjennomgang.
 - Mål og forskningsspørsmål, underkapittel [1.2](#), er i sin helhet tatt inn fra prosjektoppgaven med noen redaksjonelle endringer.
 - Avgrensninger, underkapittel [1.3](#), er i sin helhet tatt inn fra prosjektoppgaven med mindre redaksjonelle endringer.

- Bakgrunn:
 - Klimatilpasning og motstandsdyktighet, underkapittel [2.1](#), er i sin helhet tatt inn fra prosjektoppgaven med mindre redaksjonelle endringer.
 - MultiMap, underkapittel [2.2](#), er utvidet på bakgrunn av en bredere litteraturgjennomgang.
 - Klimapåkjenninger i Norge, underkapittel [2.4](#), er i sin helhet tatt inn fra prosjektoppgaven med mindre redaksjonelle endringer.
 - Bygningsskader og kostnadserstatning, underkapittel [2.5](#), er utvidet på bakgrunn av en bredere litteraturgjennomgang.
- Metode:
 - Første del av litteraturstudie-kapittelet, underkapittel [3.2](#), er hentet fra prosjektoppgaven.
 - Ekskluderingskriterier, underkapittel [3.2.1](#), er hentet fra prosjektoppgaven.
 - Identifisering og seleksjon av litteratur, underkapittel [3.2.2](#), er basert på prosjektoppgaven, men er betydelig utvidet og bearbeidet.
 - Kartlegging og samling av litteratur, underkapittel [3.2.3](#), er i sin helhet tatt inn fra prosjektoppgaven med mindre redaksjonelle endringer.
 - Nettsider, underkapittel [3.2.4](#), er i sin helhet tatt inn fra prosjektoppgaven med mindre redaksjonelle endringer.
 - Kunstig intelligens, underkapittel [3.5](#), er i sin helhet tatt inn fra prosjektoppgaven med mindre redaksjonelle endringer.
- Resultat:
 - Matrisen for kartlegging av motstandsdyktighet mot klimaendringer, underkapittel [4.3](#), er i sin helhet tatt inn fra prosjektoppgaven med mindre redaksjonelle endringer.
 - Funn fra litteraturen, underkapittel [4.4](#), er i sin helhet tatt inn fra prosjektoppgaven. Underkapittelet er utvidet med [Tabell 4.2](#), og utvidet *Yttertak* og *Grunnmur/fundament* på bakgrunn av en bredere litteraturgjennomgang.
- Diskusjon:
 - Diskusjon rundt litteraturstudiet, underkapittel [5.1.1](#), er i sin helhet tatt inn fra prosjektoppgaven med mindre redaksjonelle endringer.

4 Resultat

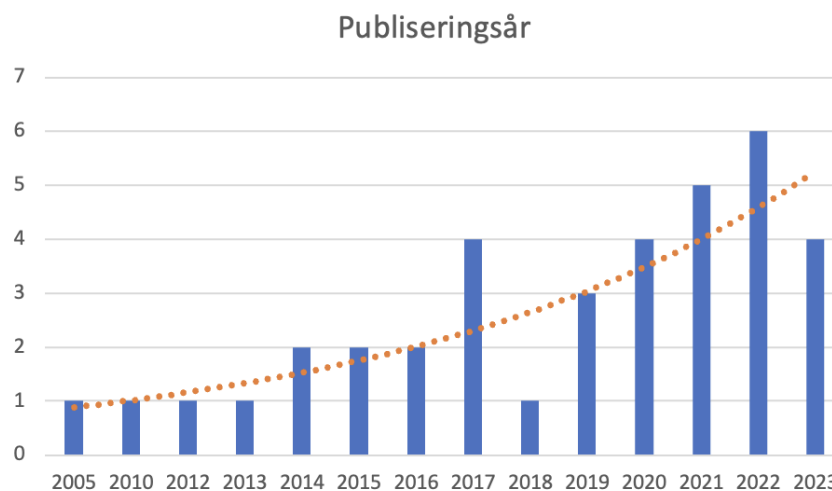
Dette kapittelet vil presentere resultatene fra litteratursøket og intervjuene, samt case-studiet. Den første delen viser en deskriptiv analyse av relevant litteratur som har blitt inkludert i denne oppgaven. Deretter, vil det bli gjort rede for hvordan hovedfunnene har vært med på å forme kartleggingsmatrisen. Videre vil funnene fra litteraturstudiet og intervjuene som svarer på oppgavens forskningsspørsmål bli presentert. Til slutt vil kartleggingsmatrisen bli anvendt på en bygningscase, for å eksemplifisere hvordan en slik matrise kan funke i praksis.

4.1 Deskriptiv analyse

Den første delen av analysen ser på antall publikasjoner og publiseringsår. Videre vil det gis en redegjørelse for de mest fremtredende forfatterne innenfor dette temaet, deretter vil de ulike journalene som opptrer i litteraturen bli presentert. Til slutt oppsummeres de mest relevante og gjentakene nøkkelordene fra studien.

4.1.1 Antall publikasjoner og publikasjonsår

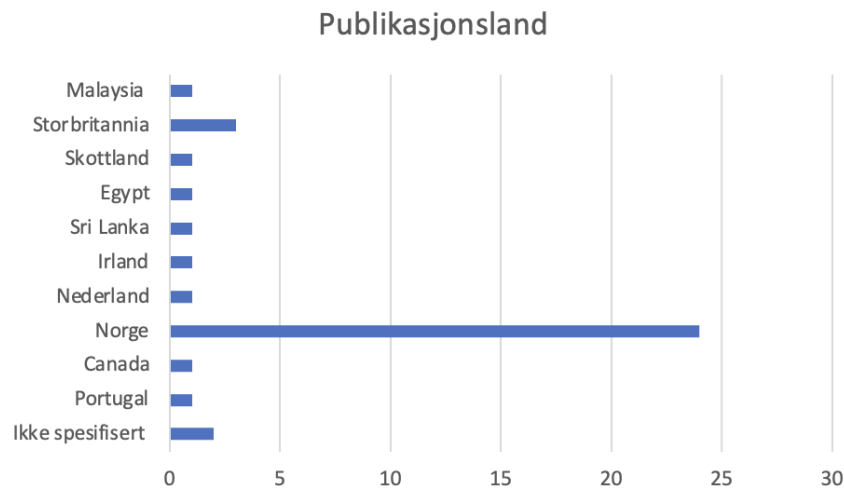
Gjennom litteratursøket, snøballmetoden, enkeltstående søk og anbefalinger sitter forfatteren igjen med 37 litteraturkilder som er inkludert i denne oppgaven. Disse kildene, som inkluderer vitenskapelige artikler, bøker, rapporter, doktorgrader og masteroppgaver, utgjør grunnlaget for analysen. [Figur 4.1](#) viser en oversikt over publiseringsår for den inkluderte litteraturen med en trendlinje i orange. Trendlinjen illustrerer en betydelig økning av publikasjoner de siste årene innenfor dette temaet.



Figur 4.1: Oversikt over publiseringsår for inkludert litteratur med trendlinje. Illustrasjon laget av forfatter.

4.1.2 Publikasjonsland

Blant den litteraturen som er inkludert i oppgaven er det et klart flertall av publiseringer i Norge. Dette er en naturlig observasjon, da litteratursøket i stor grad baserte seg på norsk klimadata og informasjon relevant for Norge. I figur 4.2 er de gjenværende landene listet opp sammen med antallet publikasjoner. Det må nevnes at et par litteraturkilder ikke spesifiserer tilhørighet til et land.



Figur 4.2: Identifiserte publikasjonsland. Illustrasjon laget av forfatter.

4.1.3 Mest relevante forfattere innen temaet

En analyse av forfatterne bak de 37 inkluderte publikasjonene er gjennomført. De fire mest frekvente forfatterne er som følger: Berit Time med åtte publikasjoner, Tore Kvande med syv publikasjoner, Anders-Johan Almås med fire publikasjoner og Jardar Lohne med fire publikasjoner.

4.1.4 Journaler

Mange publikasjoner har ikke spesifisert tilhørighet til en bestemt journal. Dette skyldes at det ikke er oppgitt i de gjennomgåtte dokumentene, og at alle publikasjonene ikke er vitenskapelige artikler. I figur 4.3 er de identifiserte journalene listet opp, der *Sustainability* og *Buildings* var de mest gjentakende journalene.



Figur 4.3: Liste over identifiserte journaler. Illustrasjon laget av forfatter

4.1.5 Nøkkelord

Alle nøkkelord fra relevant litteratur har blitt samlet og kvantifisert. For å forenkle oversikten, er de 20 mest gjentatte og relevante nøkkelordene fra litteraturen oppført i Tabell 4.1. Nøkkelord med hyppigst forekomst er plassert først.

Tabell 4.1: Liste over de 20 mest relevante nøkkelord fra inkludert litteratur.

Nøkkelord
Climate change, Buildings, Climate change adaptation, Adaptation, Klimatilpasning, Maintenance, Klimaendringer, Resilience, Moisture-resilience, Adaptation measures, Disaster risk reduction, Extreme weather events, Degradation, Resilience strategies, Building adaptability, Service life prediction, Built environment, Facade building materials, Climate resilience

4.2 Matrisen for kartlegging av motstandsdyktighet mot klimaendringer

Som første steg mot å øke motstandsdyktigheten til eksisterende bygninger er det avgjørende å systematisk identifisere deres svakheter og sårbarheter i møte med endringer i klimaet. Bruk av kartleggingsmatrisen gir en helhetlig forståelse av hvorvidt bygningen er robust mot de forventede klimatiske forholdene i Norge, preget av økt nedbør og uforutsigbare værmønstre.

Matrisen ble først bygget på vurderingsparametere funnet fra litteraturstudiet. Hovedfunnene fra litteraturstudiet er oppsummert i Tabell 4.2. Etter dette litteraturstudiet hadde matrisen en struktur og oppbygning. Denne strukturen ble brukt ved gjennomføring av intervjuer som hadde til hensikt å utbedre kartleggingsmatrisen. Hovedfunnene fra intervjuene er oppsummert i underkapittel 4.4. Matrisen bygger derfor også på informasjon hentet fra intervjuprosessen. Gjennom en vurdering av denne informasjonen

nen kan man analysere de mest kritiske aspektene, og sårbarhetene som er relatert til klimapåkjenninger. Dette gir innsikt i hva som er nøkkelfaktorer for å vurdere bygningens motstandsdyktighet.

Etter å ha gjennomført en kartlegging av motstandsdyktighet ved hjelp av matrisen, vil bygningen få tildelt en samlet tilstandsgrad basert på alle vurderingsparametrene. Denne tilstandsgraden reflekterer bygningens generelle evne til å håndtere fremtidige klimaendringer. Samtidig gir den verdifull innsikt i spesifikke sårbarheter, noe som forenkler implementeringen av målrettede tiltak for å redusere disse sårbarhetene.

4.2.1 Definere tilstandsgradene

Det er bevisst valgt å utvikle en skala med fire tilstandsgrader, rangert fra 0 til 3. Denne skalaen korresponderer med de eksisterende kartleggingsmatrisene, noe som bidrar til klarhet og reduserer muligheten for misforståelser. En harmonisert tilnærming gjør det også enklere å overføre tilstandsgraden til andre kartleggingsområder.

Viktigheten av å ha tydelige forskjeller mellom tilstandsgradene understrekes. Klare og entydige forskjeller mellom 0 og 1, samt 1 og 2, er ønskelig. Introduksjon av for mange grader vil gjøre at grensene mellom tilstandsgradene blir mindre tydelige. Konseptet bak tilstandsgradene er enkelt: 0 representerer en ideell tilstand hvor alt fungerer optimalt, og bygningen viser høy motstandsdyktighet mot klimaendringer. Nivå 1 symboliserer en noe mer naturlig slitasje, men bygningen presterer fortsatt godt og krever ikke omfattende utbedringer. Den har til dels god motstandsdyktighet. Nivå 0 og 1 kan betraktes som grønt lys. Nivå 2 kan ses som et gult lys, det er behov for oppmerksomhet rettet mot rehabilitering og forebygging. Skader blir mer synlige, og bygningen begynner å vise sårbarhet mot ytre klimapåkjenninger. Nivå 3 representerer rødt lys, og det er nødvendig med umiddelbare tiltak. Bygningen har svært lav motstandsdyktighet og er ekstremt sårbar for ytre klimapåkjenninger.

Videre utarbeidelse av tilstandsgradene har sin basis i funn fra litteraturen og intervjuene, der tiltak og aspekter ved robuste og motstandsdyktige bygninger har blitt nøye undersøkt. Tilstandsgrad 0 representerer derfor en syntese av alle de viktige løsningene og tiltakene som bør implementeres for å oppnå en bygning med høy motstandsdyktighet. De påfølgende tilstandsgradene innebærer en gradvis redusert implementering av disse tiltakene og løsningene. Disse inkluderer også andre faktorer og observasjoner som identifiseres som mindre gunstige mot klimaendringer. Defineringen av de ulike tilstandsgradene har også blitt formet med inspirasjon fra eksisterende kartleggingsmatriser.

Den ferdig utarbeidet matrisen ligger vedlagt som Vedlegg [B](#).

4.3 Funn fra litteraturen

Siden bygningers motstandsdyktighet mot klimaendringer er både avhengig av bygningens klimaskall og det omkringliggende arealet rundt, er det hensiktsmessig å dele elementene inn i separate kategorier. Først vil hovedfunnene knyttet til bygningens klimaskall bli presentert, som yttertak, yttervegg og grunnmur/fundament. Deretter vil hovedfunnene vedrørende tomten, overflatearealet og løsninger utover bygningskallet bli presentert. Hovedfunnene fra litteraturen er informasjon som direkte besvarer forskningsspørsmålene i denne oppgaven. Litteratur som ikke direkte svarer på disse spørsmålene anses ikke som hovedfunn. I Tabell 4.2 presenteres tematikken til hovedfunnene fra tilhørende referansene, samt hvilket bygningselement hovedfunnet gjelder. En mer detaljert beskrivelse av hovedfunnene følger deretter.

Tabell 4.2: Oversikt over litteraturfunn og tilhørende tematikk.

Element	Vurderingsparameter	Referanse
Yttertak	Beslag, takutstikk og overheng	(Alfraidi and Boussabaine, 2015), (Barre- las et al., 2021), (Phillipson et al., 2016)
	Drenering og takrenner	(Curtis and Snow, 2017), (Flyen et al., 2014)
	Grønne tak	(Stagrum et al., 2020), (Twohig et al., 2022)
Yttervegg	Fasade miljøpåvirkninger	(Barrelas et al., 2021)
	Tilpasningsdyktighet	(Alfraidi and Boussabaine, 2015)
	Vindusplassering i isolasjonsikt	(Byggforskserien 523.701, 2018)
	Flomtette dører	(Scott et al., 2022)
	Materialbruk	(Alfraidi and Boussabaine, 2015), (Flyen et al., 2014)
	Totrinns-tetting	(Byggforskserien 542.003, 2013)
Grunnmur/ fundament	Materialbruk og lønnsomhet	(Balasbaneh et al., 2019)
	Utvendig uttørkningsevne på grunnmur	(Asphaug et al., 2022), (Time, 2023)
	Høyde/dybde	(Alfraidi and Boussabaine, 2015), (Barre- las et al., 2021), (Scott et al., 2022)
	Vanninntrengingsstrategier	(Lykartsis, 2019)
Grunn, overflate og eksterne forhold	Fall fra bygning	(DIBK, n.d.a), (Flyen et al., 2014)
	overflatepermeabilitet	(Alfraidi and Boussabaine, 2015), (Curtis and Snow, 2017)
	Vannfordrøyning	(Curtis and Snow, 2017)
	Vegetasjon	(Alfraidi and Boussabaine, 2015), (Scott et al., 2022)

4.3.1 Yttertak

Taktekningen har en sentral rolle i å beskytte takkonstruksjonen mot vanninntrengning og andre ytre påvirkninger. Valget av taktekning har betydelig innvirkning på yttertakets motstandskraft, da materialet påvirker både levetiden og holdbarheten. På nettsiden sjekkkuset.no (n.d.b) pekes det på at takstein har lengre levetid sammenlignet med takpapp, men samtidig krever det en mer solid takkonstruksjon på grunn av at takstein er tyngre.

Alfraidi and Boussabaine (2015); Barrelas et al. (2021); Phillipson et al. (2016) har alle understreket hvor viktig beslag, takutstikk og overheng er for å opprettholde motstanddyktighet mot vanninntrengning. Ved åpninger i takkonstruksjonen, spesielt de som er designet for lufting, noe som de fleste takkonstruksjoner er i dag, må det implementeres tilpassede beslag for å effektivt hindre vanninntrengning. Dette er spesielt viktig i en fremtid der det forventes mer intens og hyppigere nedbør. For å beskytte overgangene fra tak til vegg kan det være hensiktsmessig med overheng, noe som bidrar til å forhindre vanninntrengning i skjøtene. Siden en bygning utgjør en sammensatt struktur, er overgangene mellom ulike komponenter av avgjørende betydning. Disse overgangene kan ofte være en potensiell kilde til svakhet, noe som kan resultere i redusert bygningsytelse.

Effektiv drenering er av avgjørende betydning, og takrenner samt taknedløp som er underdimensjonerte eller dårlig vedlikeholdte, utgjør en kritisk sårbarhet (Curtis and Snow, 2017; Flyen et al., 2014). Tilstrekkelig dimensjonering, jevnlig vedlikehold, og eventuell overdimensjonering av disse elementene med tanke på fremtidige klimapåkjenninger bidrar til å håndtere intense regnvær. Flate tak krever spesiell oppmerksomhet, med behov for en moderat helning og et effektivt dreneringssystem for å forhindre oppsamling av vann, spesielt i vintermånedene når snø og is ofte kan blokkere eksisterende dreneringssystemer. Vinternedbør i form av regn er også et fenomen som man kan forvente hyppigere i et endret og varmere klima.

Stagrum et al. (2020) nevner at å integrere grønne tak kan ytterligere forbedre bygningens motstandskraft ved å virke som et tiltak for vannfordrøyning. I tillegg bidrar grønne tak til en kjølede effekt og til å opprettholde et godt isolert inneklimate. Samtidig har det blitt gjennomført et studie av Twohig et al. (2022) som har sett på virkningen av grønne tak på flomdybde forårsaket av nedbør. I et scenario der 25% av takarealet er grønt med en fordrøyningskapasitet på 25%, vil det kun redusere flomdybden med 1%. I et annet scenario der 100% av takene er grønne med en fordrøyningskapasitet på 60%, vil det redusere flomdybden med 13%. Dette viser at betydelige tiltak må gjennomføres før grønne tak får en merkbare effekt på flomdybden.

4.3.2 Yttervegg

[Barrelas et al. \(2021\)](#) indikerer at solstråling og vinddrevet regn direkte påvirker nedbrytningsprosessene til fasadematerialer. Fasader utsettes direkte for miljøpåvirkninger som klima og forurensning, og er derfor sårbare for utvikling av defekter som kan resultere i redusert holdbarhet. Nedbrytningen av fasader vil påvirke kvaliteten, brukernes komfort og vedlikeholdskostnader. Samtidig er det viktig å merke seg kompleksiteten i denne sammenhengen, da visse klimaparametere er mer relevante for noen typer fasadematerialer enn for andre. For eksempel er ekstreme vindforhold mer relevant enn gjennomsnittlige vindforhold ved utformingen av en fasade. Intensiteten av slagregn kan være viktigere enn varigheten av nedbørshendelser for fasader med bordkledning. Total ultraviolett stråling kan også være mer avgjørende for levetiden til polymermaterialer enn gjennomsnittlige årlige temperaturer.

Materialenes evne til å motstå slagregn og fuktighet varierer, og når det gjelder eksisterende bygninger, blir ofte vedlikeholds- og rehabiliteringstiltak avgjørende for å forbedre deres motstandsdyktighet ([Barrelas et al., 2021](#)). Her kommer bygningens tilpasningsdyktighet inn, som spiller en vesentlig rolle når det gjelder motstandsdyktighet. [Alfraidi and Boussabaine \(2015\)](#) peker på at bygninger bør være tilpasningsdyktige nok til å imøtekomme fremtidige forskrifter og sikkerhetskrav. En god tilpasningsdyktighet muliggjør endringer uten å påvirke bygningens bæresystem. Derfor bør bygninger utformes slik at det er mulig å erstatte eller justere komponenter, for eksempel vinduer eller fasadebord, for å forbedre motstandsdyktigheten. Når det gjelder bytte av fasade, er det viktig å fremme god ventilasjon og luftsirkulasjon for å forhindre fuktproblemer. Implementering av fuktstyringssystemer kan også være et hensiktsmessig tiltak for å regulere fuktnivået, spesielt med tanke på et potensielt fuktigere og mer utfordrende klima.

Vinduer og dører til fasaden representerer et kritisk punkt, da det bryter med fasadens helhet. Som for yttertak, så er bruk av beslag og overheng effektive tiltak, da det bidrar til å forhindre vann- og fuktinntrengelse. I henhold til [Byggforskserien 523.701 \(2018\)](#) understreker de viktigheten av vindusplassering i ytterveggen. Plasseringen av et vindu dypt i isolasjonslaget resulterer i reduserte kuldebroverdier, noe som bidrar til forbedret energieffektivitet og inneklimate. Samtidig blir vinduet bedre beskyttet mot nedbør, da det er mer skjermet av fasaden. Denne løsningen, selv om den har noen fordeler, introduserer imidlertid utfordringer knyttet til fuktsikring og beskyttelse mot slagregn, da installasjonen blir mer kompleks. Det krever nøye utforming av regn- og lufttetting rundt vinduet, noe som kan anses som mer sårbart. Alternativt, hvis et vindu plasseres lenger ut i ytterveggen, reduseres risikoen for fuktskader i veggen under vinduet, og det kan betraktes som mer motstandsdyktig mot fuktskader som følge av slagregn.

I områder utsatt for flom er bruken av flomtette dører (Scott et al., 2022), helst plassert over terrengnivå, et viktig tiltak for å hindre vanninntrengelse. Alternativt kan dørkarmen heves (Barrelas et al., 2021).

For bygninger som er eksponert for flom og stormflo, kan det være hensiktsmessig å bruke materialer som betong, vinyl, keramiske fliser og trykkimpregnert tre (Alfraidi and Boussabaine, 2015). Konstruksjoner med betong i yttervegger, bærevegger og gulv viser seg å være mer robuste mot fuktighet og vanninntrenging sammenlignet med trekonstruksjoner (Flyen et al., 2014). Ved bruk av trefasader er det hensiktsmessig å benytte behandlet treverk, som for eksempel trykkimpregnering. Maling eller annen overflatebehandling for å øke vanntettheten anbefales også (Barrelas et al., 2021; Scott et al., 2022). Generelt sett så fremhever Athauda et al. (2023) viktigheten av å implementere mer holdbare materialer, oppgraderte metoder for værbeskyttelse og isolasjon, samt utviklingen av avanserte belegg og andre sikkerhetstiltak, som har som mål å minimere effektene av fuktighet, UV-stråling og andre miljøpåvirkninger. En tilnærming er å benytte materialer som er mer tolerante overfor fuktighet og temperatursvingninger, for eksempel sammensatte materialer eller svært spesialiserte belegg. Totrinns tetting er også et effektivt tiltak for å forebygge fuktskader fra slagregn (Byggforskserien 542.003, 2013).

4.3.3 Grunnmur/fundament

På samme måte som yttervegger viser betongkonstruksjoner større motstand mot fuktighet og vanninntrenging sammenlignet med trekonstruksjoner. Selv om tre er et ideelt materiale for byggkonstruksjonen, viser det seg å være det dyreste alternativet i flomutsatte områder på grunn av de høye reparasjonskostnadene (Balasbaneh et al., 2019). Dette er konklusjonen fra en livssyklus kostnadsanalyse (LCC) der murstein, betong, tre, stålveggpaneler og prefabrikkert betong har blitt sammenlignet for å finne det mest kostnadseffektive materialet gjennom en bygningslevetid i et flomutsatt område. Resultatene viser også at murstein er det mest bærekraftige materialet.

Kjellervegger er særlig sårbare for høy fuktighet, da de ofte ligger under terrengnivå og har begrenset mulighet til å tørke utvendig. For å redusere risikoen for innvendige fuktskader er det viktig at kjellerveggene får mulighet til å tørke ut på utsiden (Asphaug et al., 2022). I doktorgraden til Asphaug (2022) undersøkes hvordan ulike faktorer som vannedampgjennomtrengelig isolasjon, isolasjonstykkelse både innvendig og utvendig, samt plasseringen av grunnmursplater/knasteplater påvirker tørkeevnen til kjellerveggen. Resultatene viser at bruk av vannedampgjennomtrengelig isolasjon, i stedet for vanlig EPS, har begrenset effekt på fuktighetsnivået på innsiden av kjellerveggen. Derimot har tykkelsen på isolasjonen både utvendig og innvendig en større innvirkning på disse forholdene (Time, 2023), og det mest optimale tørkeforholdet ble oppnådd når tykkelsen på innven-

dig isolasjon var redusert (Asphaug et al., 2022). Videre viser resultatene at uttørkingen på utsiden også er avhengig av betongtypen, men at det kreves mer kunnskap på dette området.

Det er viktig å merke seg at betongkonstruksjoner er betydelig tyngre enn treverk, noe som øker risikoen for setninger. Endringer i metningsgraden av grunnen og løsmassene rundt huset, påvirket av betydelige mengder vanninfiltrasjon, kan føre til en ustabil bæreevne (Barrelas et al., 2021). En tyngre konstruksjon vil derfor være mer utsatt for slike hendelser. Trekonstruksjoner har derimot ofte lavere sannsynlighet for å oppleve setninger. Det er likevel viktig å påpeke at gjennom forskning på klimatilpasningen til tre og eksisterende trebygninger, ble det funnet at trebyggematerialer viser en merkbar respons på klimaendringer (Stagrum et al., 2020).

Alfraidi and Boussabaine (2015); Barrelas et al. (2021); Scott et al. (2022), nevner alle i sine artikler at høyden og dybden på grunnmuren og fundamentet spiller en avgjørende rolle for bygningens motstandsdyktighet mot vanninntrengning. En grunnmur som overstiger den predikerte flomhøyden vil effektivt hindre flomvannet i å trenge inn i bygningen. I tilfeller der grunnmuren er lav, og bygningen er utsatt for vanninntrengelse utenifra, kan et tiltak være å heve bygningen. Økt motstandsdyktighet kan også oppnås gjennom en dypere fundamentering.

Lykartsis (2019) har undersøkt bygningers motstandsevne mot flom og påpeker at fullstendig forebygging av vanninntrenging eller en "vanntett konstruksjon" er utfordrende å oppnå. To hovedstrategier anbefales for å forbedre bygningers motstandsevne mot flom, og valget av strategi avhenger av den predikerte flomhøyden eiendommen utsettes for. Disse strategiene er vanninntrengningsstrategien og vannutelukkelsesstrategien. Definisjonene av disse strategiene er som følger:

- Vannutelukkelsesstrategi: Denne strategien foretrekkes når den predikerte flomhøyden er under 0,3 m. Målet er å minimere vanninntrenging. Effektive byggematerialer inkluderer murstein, sementbaserte materialer som vannavstøtende betong, og tette steiner.
- Vanninntrengningsstrategi: Denne strategien foretrekkes når den predikerte flomhøyden er over 0,6 m. Målet er å tillate vann inn i bygningen, fremme avrenning og deretter tørking.

Dersom det skulle oppstå situasjoner der betydelige mengder vann trenger inn i bygningen, blir tørkeegenskapene avgjørende. Det er essensielt å implementere ventilasjons- og dreneringsløsninger for å muliggjøre effektiv drenering av vannet uten at det påfører skader på konstruksjonen. Dette kan innebære å tilrettelegge for avrenning ved å ha "hull" i klimaskallet, slik at vannet enkelt finner veien ut (Alfraidi and Boussabaine, 2015). Denne strategien likner på vanninntrengningsstrategien som Lykartsis beskriver.

Alternativt kan bruk av pumper også vurderes som en annen løsning (Almås, 2013).

4.3.4 Grunn, overflate og eksterne forhold

I underkapittel 2.5, som omhandler skader og erstatningskrav, presenteres omfanget av vannskader forårsaket av vanninntrengning utenfra. Et av de mest sentrale tiltakene for å forebygge dette er å sikre at nærliggende overflater har et fall bort fra bygningen, som muliggjør effektiv avrenning vekk fra bygningen (DIBK, n.d.a; Flyen et al., 2014). I henhold til TEK17 (DIBK, n.d.d) er det spesifisert som en preakseptert ytelse at helningen bort fra bygningen ideelt sett skal være 1:50 over en avstand på minimum 3 meter, dersom det er praktisk mulig.

Bruk av permeable overflater, som gir økt vanninfiltrasjon i grunnen, er en strategi for å minimere risikoen for vannoppsamling. Det anbefales derfor å planlegge tomteområder med god infiltrasjonsevne som et preventivt tiltak mot overflatevann (Alfraidi and Boussabaine, 2015). Det er hensiktsmessig å observere naturlige renner på tomten, da vann alltid søker det laveste punktet. Deretter kan man implementere vannfordrøyende tiltak på disse stedene (DIBK, n.d.a). Bruken av vannfordrøyende løsninger, som for eksempel regnbed, bidrar også til å regulere overflatevannet (Curtis and Snow, 2017). Økende temperaturvariasjoner, hyppigere telehiv-sykluser i løsmassene og økt vinternedbør, gjør det nødvendig å øke motstandsdyktigheten til bygninger mot klimaendringer (Grynning et al., 2020).

Overflatearealer med impermeable materialer, som for eksempel asfalt og belegningsstein, forhindrer vanninfiltrasjon i jorden. Dette kan midlertidig gi opphav til overvannsproblemer ved kraftig nedbør. Det blir derfor avgjørende å nøye vurdere dreneringssystemer når store områder med slike materialer er til stede rundt bygningen (Flyen et al., 2014). Curtis and Snow (2017) har også sett på bruken av impermeable materialer rundt bygningen. En økning i fuktighetsnivået i løsmassene, sammen med bruk av disse materialene i nærheten av bygninger, øker sannsynligheten for fuktrelaterte problemer. Videre kan en stigende grunnvannstand og manglende drenering ha negativ innvirkning på fundamenter og grunnmurer.

Strategisk plassering av trær og vegetasjon rundt bygninger gir flere fordeler, inkludert forbedret naturlig ventilasjon, beskyttelse mot vind og redusert soleksponering (Alfraidi and Boussabaine, 2015; Scott et al., 2022). Samtidig fungerer trær og vegetasjon som naturlige forebyggingstiltak mot erosjon under kraftig nedbør og flom ved å forankre løsmassene med røttene.

4.4 Funn fra intervjuer

Dette kapittelet vil gi en oversikt over funnene fra gjennomførte intervjuer. Uttalelser og informasjon vil bli presentert, og intervjuobjektene vil være anonymiserte. Informasjonen vil i noen tilfeller kvantifiseres ved hjelp av generelle betegnelser som “majoriteten”, “noen få” eller “én”, men hovedsakelig vil informasjonen bli presentert uten fokus på hvor mange som har sagt hva. Totalt ble det gjennomført 12 intervjuer. Funnene vil bli organisert etter samme struktur som er benyttet i kartleggingsmatrisen og intervjuguiden. Det vil si at funnene vil bli delt inn i følgende temainndeling: Yttertak, yttervegg, grunnmur og fundament, interne forhold, grunn/overflate og eksterne forhold, utforming, og til slutt dokumentasjon. For hver temainndeling vil det følge en tabell med en oversikt over hvilke intervjuobjekt som har bidratt til hovedfunnene i det gitte temaet. Det blir også satt fokus på rollen til forsikringselskaper og hvordan forsikringspremier på bygningen kan bli påvirket av klimaendringer. Dette har ingen direkte påvirkning til kartleggingsmatrisen, men er et interessant perspektiv.

4.4.1 Yttertak

I [Tabell 4.3](#) vises en oversikt over hvilke intervjuobjekter som har diskutert de ulike temainndelingene for yttertak. Temaene inkluderer: generelle prinsipper, materialvalg, skrå/flate tak, drenering, utførelsesfeil, drift og ettersyn, og grønne/blå tak. Markerte celler i tabellen indikerer at intervjuobjektet har bidratt med relevant informasjon til hovedfunnene i det aktuelle temaet. Videre vil hovedfunnene fra de representative intervjuene presenteres.

Tabell 4.3: Liste over intervjuobjektene bidrag til yttertak.

	Generelle prinsipper	Materialvalg	Skrå/flate tak	Drenering	Utførelsesfeil	Drift og ettersyn	Grønne/blå tak
P1	x	x	x	x			
P2	x	x	x	x			
P3	x	x	x	x			
P4	x	x	x	x	x		
P5	x	x	x	x			x
P6	x	x	x	x	x		
P7	x		x	x	x		x
P8	x	x	x	x			x
P9			x	x		x	
O1	x	x	x	x	x	x	
O2	x		x			x	
O3							

Generelle prinsipper

For å sikre en robust takkonstruksjon, er skjøter og dårlig overlapp ofte nevnt i intervjuer som viktige faktorer. Skjøter i taktekningen utgjør en sårbarhet, da flere skjøter og dårlige overlapper gir økt risiko for lekkasjer. Andre generelle prinsipper som går igjen er uttørkningsevne og ventilasjon. Disse to prinsippene samvirker ofte; ved å sikre god ventilasjon i takkonstruksjonen bidrar man også til raskere uttørking av materialene. Når materialene får tilstrekkelig tid til å tørke mellom hver fuktighetsepisode, blir takkonstruksjonen langt mer motstandsdyktig. Problemer oppstår først når konstruksjonen forblir fuktig over lengre perioder, og dette kan bli et økende problem i et fremtidig klima i Norge, preget av forventet økt nedbør.

Materialvalg

Når det gjelder materialvalg og valg av taktekning, avhenger dette helt av bygningens beliggenhet i landet og det forventede klimaet på stedet. Med Norges varierte klima vil definisjonen av en motstandsdyktig bygning også variere. En taktekning som fungerer godt i innlandet, kan forårsake betydelige problemer langs kysten.

Betongstein er en vanlig valgt taktekning med lang levetid, men den har mange skjøter, noe som øker risikoen for vanninntrengning. Ved bruk av taktekninger med flere skjøter må man vurdere å bygge en mer robust undertakskonstruksjon. Dersom undertaket er konstruert med riktig fall og vindtetting, bør det i utgangspunktet tåle vann. Det er i praksis uunngåelig å bygge en helt tett taktekning som ikke slipper inn noe vann, så det må forventes at noe vann når undertaket. Vanligvis er det ikke selve taktekningen i en takkonstruksjon som har kortest levetid, men heller lekter og sløyfer. Noen ganger forsøker man å forlenge levetiden ved å bruke trykkimpregnerte lekter og sløyfer.

Formen på taksteinen har også betydning for vanninntrengningen, og valget av en form som minimerer vann på undertaket er viktig. Man kan skille mellom flatstein og krumstein. Krumstein er ofte utett, men med omleggskjøter og vannfeller, som man finner i moderne krumstein, har det vist seg å ha lang levetid. En utfordring for vanlige takstein i dag, enten det er betong eller tegl, er begroing av alger og mose, som forekommer raskere enn tidligere. Begroing på overflatene fører til økt fuktighet og påkjenning.

Stålplatetak har relativt få skjøter og er ganske vanntette. En utfordring med disse er at det kan oppstå kondens på innsiden, noe som kan føre til drypping på undertaket. For å unngå skjøter kan man også benytte heldekkende takmembraner, for eksempel asfalt- eller PVC-belegg. Dette reduserer risikoen for vanninntrengning ved å eliminere behovet for overlappinger, noe som gjør det egnet for områder med betydelig værpåkjenning. Enkelte nevner også at siden disse membranene absorberer kondens, spesielt med taktro under, kan de være blant de mest regntette og robuste løsningene for å unngå fuktighet og drypp i luftespalten under taktekningen. Betongtakstein har også evnen til å absorbere kondens og suge til seg vann, noe som reduserer sannsynligheten for kondensproblemer.

Flere av intervjuobjektene påpeker at det er vanskelig å fastslå om noen takteknninger er mer motstandsdyktige enn andre. De stoler på den tekniske godkjenningen som SINTEF utfører av materialer og anvisningen som følger. Ved å bruke velkjente og grundig testet materiale mener de at dette bør være tilstrekkelig for å oppnå en robust takkonstruksjon. Det ble også nevnt at det er fordelaktig å bruke materialer som passer sammen, for eksempel ved å bruke mansjetter og sluk fra samme leverandør som leverer takteknningen.

Det ble ikke et krav å feste blant annet betongtakstein før på 1990-tallet, da det ble observert mange tilfeller på vestlandet der taksteinen blåste av. For å bygge mer motstandsdyktige takkonstruksjoner er mekanisk festing av takteknninger et viktig tiltak. Når det gjelder festing av takstein, har det tradisjonelt ikke vært vanlig å feste hver enkelt takstein, men dette kan variere basert på monteringsveiledningen og lokalt klima. I Trøndelag og sørover er det vanligere å bruke takstein, mens stålplatetak er mer utbredt i nordlige områder. Selv om dette er en udokumentert påstand, kan valget av takmateriale bli påvirket av transportforhold. Det er også mulig at i områder med røffere værforhold, som i nord, oppleves stålplatetak som mer robuste mot vær og vind.

Skrå eller flate tak

Diskusjonen om hva som er mest motstandsdyktig mellom flate og skrå tak med tanke på et våtere klima i fremtiden ble også berørt under intervjuene, og det var noen uenigheter. Noen få mente at det finnes såpass gode løsninger nå at man ikke kan si at et flatt tak er dårligere enn et skrått tak. Det viktigste er at taket er riktig utført med de rette materialene og at håndverkeren har gjort jobben sin grundig. Andre mente derimot at flate tak er mindre populære blant byggingeniører, og at alle skråtak er bedre enn flate tak. Flate tak krever et effektivt avrenningssystem, og det er ikke uvanlig å måtte hoppe fra sluk til sluk for å unngå å bli våt på føttene. En betydelig forskjell mellom skråtak og flate tak er at skråtakene er lettere å inspisere vedlikeholdsmessig, da man kan se dem nesten fullstendig fra bakken, mens inspeksjon av et flatt tak krever at man klatrer opp på taket, noe som kan være mer utfordrende. Det ble også nevnt at flate tak fikk et dårlig rykte i Norge på 1970-tallet på grunn av den måten de ble bygd på den gangen, noe som ikke var optimalt. I tillegg viser skaderapporter fra SINTEFs skadearkiv at flate tak har høyere forsikringspremier og flere skader sammenlignet med skråtak.

Drenering og avrenning

Når det gjelder drenering fra tak, ble det nevnt at det kan være hensiktsmessig å øke dimensjonen på takrenner og nedløpsrør for å håndtere større mengder nedbør, for eksempel fra 125 mm til 150 mm takrenner. Det bør derfor utarbeides en ny standard der dimensjonene diskuteres for å bedre møte behovene.

Det vil oppstå utfordringer i fremtiden fordi flate tak vanligvis har innvendige nedløp som kobles til ledningsnett. Behandling av regnvann på tomten blir stadig viktigere på grunn av restriksjoner og begrensninger for å lede vannet inn på ledningsnett. Innvendige nedløp anbefales for å forhindre isdannelse, da avløpet er oppvarmet og går gjennom et rør i veggen. Ved bruk av utvendige nedløp vil vannet renne ut til kanten av taket, og når det når ytterkantene, kan det fryse på vinterstid. Det er derfor nødvendig å finne løsninger der man har innvendige nedløp, men fortsatt håndterer vannet lokalt, og ikke ned på ledningsnett. Det ble forøvrig nevnt at dette problemet varierer i landet, da undersøkelser viser at et utvendig nedløp ikke har vært like problematisk i Kristiansand og Stavanger da de mer sjelden har problemer med is og snø.

Flate tak må også ha tilstrekkelig fall mot sluket, og eventuelt nedsenkede renner kan være nødvendig for å unngå vanntrykk og potensielle lekkasjer. Flate tak burde også ha et overløp, helst plassert gjennom parapeten på et synlig sted, slik at det er lett å oppdage når det er eventuelle dreneringsfeil. Når slukene er tette på taket, vil vannet strømme over overløpet, noe som indikerer behov for vedlikehold. Generelt sett er det prinsipp å unngå stående vanntrykk, da dette kan forårsake betydelig skade. Det skal mer til å holde tett mot stående vanntrykk, enn hvis vannet er i bevegelse. Da vil ofte et lite hull egentlig ikke gi noe stor skade. Men ved stående vanntrykk kan dette gi mye større konsekvenser.

En intervjuet person hevdet at ved bruk av et velfungerende overløp, er kompakte tak; tak som ikke er ventilert, på underlag av betong noe av den mest robuste takkonstruksjonen vi har. Sterkere enn både trekonstruksjoner og skråtak. Den består av materialer som naturlig tåler fuktighet og inneholder ikke treverk, noe som gjør den ekstra holdbar. Denne uttalelsen er interessant i lys av diskusjonen om flate versus skrå tak.

Utførelsesfeil

Når takene bygges på riktig måte med velkjente taktekningsmaterialer som har dokumenterte egenskaper, forventes de å være holdbare. Likevel oppstår det skader selv i nyoppførte tak som antas å ha lang levetid. I slike tilfeller er det vanligvis utførelsen som har feilet, og flere av intervjuobjektene pekte på dette som en av de største årsakene til redusert motstandsdyktighet. Dårlig utførelse kan inkludere utilstrekkelige oppbretter, manglende beslag som ikke sikrer tilstrekkelig fuktighetsbeskyttelse, boringer gjennom beslag, utilstrekkelig overlapp, og feil teiping og avslutning av vindsperre og andre duker i takkonstruksjonen. Det er derfor mange eksempler på unødvendige utførelsesfeil som kunne vært unngått. Noen ganger kan også dårlig prosjektering og arkitektfeil være en faktor. Dette kan inkludere manglende takutstikk, som er foretrukket i moderne byggestiler.

Drift og ettersyn

En viktig faktor for å sikre motstandsdyktigheten til yttertak er å etablere rutiner for drift og vedlikehold. Manglende drift og vedlikehold kan føre til mange skader. Noen tiltak som kan implementeres inkluderer bruk av overvåkningssystemer og inspeksjon ved hjelp av droner. Det ble også nevnt at det er anbefalt å utføre regelmessige, årlige eller toårige takinspeksjoner, med spesiell oppmerksomhet rettet mot sluk og avrenningssystemet. I tillegg så tilbyr selskaper service- og rammeavtaler for drift og vedlikehold, der selskapet kommer og gjennomfører inspeksjoner av taket.

Grønne og blå tak

I dag er det økt fokus på overvannshåndtering, og takområder blir ofte brukt til fordrøyning av vann. Noen av intervjuobjektene uttrykte forståelse for denne tilnærmingen sett i et større perspektiv, men påpekte samtidig at det kan gå på bekostning av bygningenes robusthet. Et intervjuobjekt uttrykte det slik: "*Som bygningsfysikere foretrekker vi vanligvis at tak skal være tak.*". Innføringen av grønne tak og blågrønne løsninger i byområder har ført til kompleksiteter, da takene også skal fungere som rekreasjonsområder for mennesker. Dette har økt belastningen på takflatene og medført utfordringer. For å opprettholde samme nivå av sikkerhet som tidligere, når takene var uten vegetasjon, må materialene og avrenningssystemene forbedres og styrkes. Det foregår en betydelig utvikling på dette området. I tilfeller der fordrøyning på tak er nødvendig, bør det sikres at dette ikke skaper vanntrykk på selve takkonstruksjonen. Med andre ord satse på systemer der man tillater lagring av vann, men som ikke gir direkte vanntrykk på taket.

Det er et særlig fokus på eksisterende bygninger og hvilke tiltak som kan gjøres for å gjøre dem bedre rustet for fremtidige klimautfordringer. I denne sammenhengen blir spørsmålet om overvannshåndtering et viktig tema. En av intervjuobjektene, som har bred erfaring med rehabilitering av bygninger, påpekte at det har vært få prosjekter der det har vært mulig å etablere grønne eller blå tak. Dette kan skyldes enkle faktorer som at bygningens struktur ikke er egnet for slike tiltak, eller at man er usikker på bæreevnen til bæresystemet. Det er også en pågående diskusjon om man skal bruke takarealene til overvannshåndtering eller solenergiproduksjon. Dersom man har store og flate takflater, vil det ofte være fristende å benytte dem til solenergi. Dermed oppstår det en avveining mellom håndtering av overvann og produksjon av fornybar energi.

Yttertak i kartleggingsmatrisen som ligger vedlagt som Vedlegg [B](#), oppsummerer hovedfunn fra yttertak, samt hvordan funnene har bidratt til å utforme vurderingsparameterne.

4.4.2 Yttervegg

I [Tabell 4.4](#) vises en oversikt over hvilke intervjuobjekter som har diskutert de ulike temainndelingene for yttervegg. Temaene inkluderer: generelle prinsipper, materialvalg, vinduer og åpninger, og problematikk man ser ved kledningene i dag. Markerte celler i tabellen indikerer at intervjuobjektet har bidratt med relevant informasjon til hovedfunnene i det aktuelle temaet. Videre vil hovedfunnene fra de representative intervjuene presenteres.

Tabell 4.4: Liste over intervjuobjektens bidrag til yttervegg.

	Generelle prinsipper	Materialvalg	Vinduer og åpninger	Problematikk i dag
P1	x	x	x	x
P2	x	x		x
P3	x		x	x
P4	x	x		x
P5	x	x	x	x
P6	x	x		x
P7	x	x		x
P8	x		x	x
P9	x			
O1	x	x		x
O2	x			x
O3				

Generelle prinsipper

Motstandsdyktigheten til en yttervegg er sterkt avhengig av klimatiske forhold. Det er viktig å tilpasse løsningene til både klimaet og byggets spesifikasjoner. Det som fungerer bra i en kystnær region, vil ikke nødvendigvis være egnet for et tørt innlandsklima som Rena, er et eksempel som ble dratt fram fra ett intervju. Noen år tilbake var det en trend blant arkitekter å benytte spilekledning. Denne spilekledningen er et eksempel på en løsning som fungerer godt i tørt innlandsklima, men raskt blir utsatt for fuktighetsskader i fuktige kystområder. Problemet ligger ofte i mangelen på differensiering av byggeskikken. Det er spesielt viktig å ha fokus på detaljer når man håndterer værforholdene ved kysten, med hyppig slagregn og andre klimatiske utfordringer. En ensartet løsning som fungerer overalt i landet er sjelden mulig å oppnå. Det er derfor utfordrende å definere motstandsdyktigheten, og det kan være nødvendig å tilpasse kartleggingen av motstandsdyktigheten til ulike klimasoner.

Det som ble nevnt i bortimot alle intervjuer, er at det er avgjørende å velge gode løsninger som inkluderer prinsipper som totrinns tetting og god ventilasjon. God lufting rundt kledningen er essensielt, og man må unngå å hindre luftstrømning langs hele veggen, for eksempel ved å blokkere luftingen rundt vinduer eller ved å montere lektene feil. Manglende lufting kan føre til fuktighetsskader over tid. Det er også viktig å sikre uttørkingskapasiteten. Et intervjuobjekt sto fast ved at trekledning, glass, metall eller teglkledning kan alle fungere som effektive regnskjermer, så lenge man sikrer mulighet for drenering av vann på baksiden, har god vindtetting, og tilstrekkelig ventilasjon.

På teglkonstruksjoner ble det spesielt dratt fram et eksempel på feil utførelse, der man ofte ser at de som har murt, har brukt for mye betong. Dette resulterer i store klumper av betong mellom steinene, som hindrer luftstrømmen og den indre tetningen. Det er derfor viktig å sikre tilstrekkelig passasje og sørge for at murverket utføres på riktig måte for å unngå slike problemer.

Forskjellen på liggende og stående trekledning ble også nevnt på noen av intervjuene. På vestlandet opplever man at veggene råtner mye raskere enn på østlandet. Med liggende kledning har man fordelen av å kunne løfte av et enkelt bord nederst og erstatte det med et nytt. Stående kledning derimot, medfører at alle bordene nederst blir utsatt for råte, og man må erstatte hele veggen. Vannet renner nedover, og derfor er det området nederst som er mest utsatt for fuktighet. Takutstikk bidrar også til å beskytte den øverste delen av veggene mer enn den nederste. Mange spår at dagens kledninger ikke vil vare lenge på grunn av råteproblemer. Hvis en trekledning får tørke ordentlig, er den ideell. Problemet oppstår når den ikke får tørke skikkelig, noe som kan være en utfordring.

Når det kommer til vindrobuste kledninger, er det vanlig at leverandøren angir hvor mange skruer som trengs for å sikre kledningen. Imidlertid vil konstruksjonsingeniøren også ha innspill når det gjelder å vurdere hvor mye vindbelastning området er utsatt for. Det er vanligvis mer vind og slagregn på steder som Ørlandet sammenlignet med Trondheim. Derfor kan det være nødvendig å bruke flere skruer på kledningen på steder med høyere vindbelastning, for å sikre tilstrekkelig robusthet. Det er viktig å ta hensyn til vindberegninger når man vurderer hvor mange skruer som kreves, da kraftige vindkast kan utgjøre en reell trussel. Det samme prinsippet gjelder også for beslag.

Materialvalg

Når det gjelder trekledninger, er det viktig at materialet er av høy kvalitet og ikke laget av hurtigvoksende tre. For eksempel, svensk papirgran har store avstander mellom årringene, og hvis kledningen blir veldig porøs, vil den være mindre motstandsdyktig. Det er en bekymring at det selges mye dårlig trelast, og det bør stilles krav til kvaliteten på treverket som brukes til kledning. Det er viktig å være selektiv med valg av materialer. Populære valg inkluderer eksotiske treslag som sibirsk lerk og gammeldags malmfuru, som har god motstandsdyktighet mot råte.

På småhus er det vanlig å bruke vanlig hvitt trevirke, altså uimpregnert, men fabrikkgrunnet for å tåle værpåkjønning under byggeperioden. Noen velger trykkimpregnert kledning, spesielt på vestlandet og i fjellområder der råteproblematikken er større. I høyereliggende fjellområder er problemet med sopp mindre utbredt, og trykkimpregnert trevirke er ikke like vanlig der. Gamle bygninger på fjellet, som fortsatt står i god stand, kan være impregnert med harpiks, og man kan se at materialet som ble brukt i gamle dager var mye mer motstandsdyktig enn den hurtigvoksende granen man kan bruke i dag.

Når det gjelder glassfasader, er glasset i seg selv svært robust og holdbart. Utfordringen oppstår vanligvis i overgangen mellom glassfasaden og den tradisjonelle bygningsstrukturen. Dette grensesnittet kan ofte bli forsømt, og det er en viktig oppgave for bygningsfysikere å sørge for at denne overgangen blir ivaretatt. Byggforsk har utarbeidet flere nyttige veiledninger om glassfasader, som kan være til stor hjelp i dette arbeidet. Generelt sett kan man si at glassfasader er lite problematisk med tanke på eksterne klimapåkjønninger. Det som kan være mer utfordrende, er det interne klimaet, særlig på grunn av kalde flater og mulige kuldebroer. En løsning som noen benytter seg av, er å legge en glassfasade utenpå den eksisterende fasaden for å beskytte den mot vær og vind, noe som bidrar til å redusere påkjønningen på veggen og gjøre den svært holdbar over tid.

Vinduer og åpninger

For å sikre robusthet rundt vinduer og åpninger vil en løsning være å bruke et sammenhengende materiale rundt vinduet. Dette kan være en effektiv måte å redusere antall skjøter på, samtidig som det øker fleksibiliteten og forenkler utførelsen av detaljer. I laboratoriet blir vinduer testet under trykk, vanligvis målt i pascal. Mange vindustyper testes ved 600 pascal. Men for å sikre en virkelig robust løsning, er det ikke tilstrekkelig at bare vinduet tåler dette trykket. Tetteløsningene rundt vinduet må tåle samme trykk. Det er avgjørende å sikre god tetting rundt vinduer og dører, og dette kan ofte oppnås ved bruk av beslag eller tetningspakninger. Det er viktig å være oppmerksom på at eksponerte fugemasseløsninger bør unngås. Når fugemassen blir utsatt for vær og sollys, kan den begynne å brytes ned over tid. Derfor bør all fugemasse være dekket av en fugelist for å sikre langvarig tetthet.

Problematikk i dag

En aktuell problemstilling i dag er balansen mellom estetisk tiltalende kledning og teknisk funksjonalitet. I den moderne byggeskikken vi ser i dag, er det ønskelig at kledningen skal være tett inntil vinduer og minimalistisk, men dette må også sikre tilstrekkelig teknisk funksjonalitet for å unngå problemer som råte. Det er tydelig at dette ofte blir ignorert, spesielt i områder med stor påkjønning som på vestlandet og sørvestlandet. Rapporter fra sørvestlandet, som har de høyeste årlige temperaturene i Norge, viser at selv tilsynelatende riktig utførte trekledninger kan bli utsatt for råteskader. Byggemestere

sier at dette problemet forsterkes ved bruk av lyse kledninger, som er kaldest og derfor tørker langsommere. Dette er derimot ikke dokumentert, bare erfaringer som de har gjort seg.

Et annet problem er de dårlige konstruktive løsningene, spesielt når det kommer til eksponert endeved. Problemet med endeved er at den suger til seg vann, spesielt når den er i kontakt med terreng eller eksponeres for regnsprut, noe som kan føre til biologisk vekst og råteskader hvis den ikke er behandlet. Det er viktig å ha en tilstrekkelig avstand til terreng, i tillegg med en drypkant på 10 mm, slik at det ikke samler seg vann i endeveden. Forslagene fra Byggforskerien om minimumsavstander kan være utfordrende å følge i praksis, spesielt når det gjelder terrengbehandling og valg av ringmurselementer. Valg av overflate rundt huset har mye å si, da harde overflater vil resultere i mer regnsprut. Skjøter i trepaneler er også særlig utsatt for bevegelse, selv om man maler over og forsøker å tette dem, så vil det sprekke opp.

I moderne bygninger som følger dagens forskrifter og isolasjonstykkelse, opplever man lavere overflatetemperaturer på utsiden. Dette fører til raskere vekst av alger, sopp og mose, spesielt på nordsiden av bygninger. Dette er spesielt tydelig på overflater med en viss ruhet, selv om glatte overflater også kan bli påvirket, men i mindre grad. Overflater som er pusset, enten det er isolasjon eller plater, eller til og med tegl, har en slik ruhet som gjør at forurensninger fra luften lettere setter seg fast. Dette fører til at overflaten holder seg fuktig lengre, noe som igjen øker sannsynligheten for begroing. Dette utgjør en utfordring for alle nye bygninger og kan redusere levetiden til kledningen.

Trekledning er alltid festet til en lekt av tre, og det er spesielt baksiden av kledningen og kontaktsområdet mellom kledningsbordet og lektene som blir våtest og tørker senest. Der oppstår det raskt råteskader. Selv om trekledningen er montert riktig, vil den ha begrenset levetid. Når det gjelder festing av platematerialer som stålplater til lekter, er det viktig å merke seg at det svakeste punktet er festepunktet inne i trelektene. Selv om platen kan ha lang levetid, kan levetiden på lektene være kortere på grunn av råteutvikling der skruene går inn i lektene. Råteskader kan generelt skyldes blant annet utilstrekkelig luftesjikt og bulende vindspærre, som begrenser ventileringen og dermed uttørkingmulighetene. Disse endrede klimapåkjenningene, inkludert økt nedbør og lengre fuktperioder, har ført til nye utfordringer med uttørking.

Når det gjelder å ta i bruk nye byggeløsninger, er det viktig å ha tilstrekkelig erfaring og kunnskap før man implementerer dem i byggeprosjekter. Dette skyldes behovet for ekstra sikkerhet og pålitelighet med de anbefalte løsningene. Selv om sund fornuft kan bidra til å forebygge problemer, kan spesielle detaljløsninger noen ganger overraske. Det som har fungert bra i mange år, kan plutselig slutte å fungere på grunn av endrede parametere eller uforutsette faktorer. Et område som kan være spesielt utfordrende, er rehabilitering av boliger og nye løsninger. Når det gjelder rehabilitering av et stort antall

boliger, er det ikke alltid mulig å behandle det som et forskningsprosjekt. Det er behov for dokumenterte løsninger som er pålitelige og har vist seg å fungere i praksis. Derfor kan det være nødvendig å være forsiktig med å velge helt nye materialer eller metoder som ikke har tilstrekkelig dokumentert holdbarhet.

Yttervegg i kartleggingsmatrisen som ligger vedlagt som Vedlegg [B](#), oppsummerer hovedfunn fra yttervegg, samt hvordan funnene har bidratt til å utforme vurderingsparameterne.

4.4.3 Grunnmur/fundament

I [Tabell 4.5](#) vises en oversikt over hvilke intervjuobjekter som diskuterte grunnmur og fundament. Markerte celler i tabellen indikerer at intervjuobjektet har bidratt med relevant informasjon til hovedfunnene i det aktuelle temaet. Videre vil hovedfunnene fra de representative intervjuene presenteres.

Tabell 4.5: Liste over intervjuobjektene bidrag til grunnmur/fundament.

	Grunnmur/ fundament
P1	x
P2	
P3	
P4	
P5	x
P6	x
P7	x
P8	x
P9	
O1	x
O2	x
O3	x

Det er viktig å forhindre direkte vanntrykk mot grunnmuren. Det kan oppnås ved å ha dreneringsløsninger som skal lede vannet bort fra grunnmuren for å unngå fuktinntrengning, og det kan være tiltak som å ha grunnmursplater eller vanntette membraner. Mer om dreneringsløsninger er beskrevet i underkapittel [4.4.5](#). En velkjent løsning som har vært brukt i Norge siden 60-tallet er som nevnt grunnmursplaten. Denne løsningen plasseres rundt grunnmuren for å hindre vanninntrenging og lede overflatevannet ned til en drensledning. En annen alternativ løsning er å sette strøm på grunnmuren, kjent som EPS. Dette innebærer å påføre spenning på veggen, som endrer bevegelsesmønsteret til vannmolekylene og dermed leder vannet bort fra konstruksjonen. Dette kan være spesielt effektivt for å bekjempe fukt som trenger opp i gulvet, spesielt der grunntrykket

er vanskelig å håndtere selv med forbedret drenering. Det er derimot vanlig å observere fuktpåkjenning på grunnmurer, spesielt i råkjellere som opprinnelig ikke blir brukt til annet enn lagring. Dette går i utgangspunktet fint, men når man ønsker å ta i bruk disse kjellerne til andre formål, som for eksempel oppholdsrom, kan det være lurt å iverksette noen av de tiltakene som er nevnt.

Hvis det ikke er omfattende terrasser eller tilbygg som må tas hensyn til, kan det å grave opp og sikre grunnmuren på nytt med riktig drenering og grunnmursplater være en relativt kostnadseffektiv løsning. En gravemaskin kan utføre denne jobben raskt og effektivt. For de som har et eldre hus med fuktproblemer i kjelleren, kan det være klokt å prioritere disse tiltakene før man eventuelt går videre med andre renoveringsprosjekter. Dette vil bidra til å sikre et tørt miljø i kjelleren og forhindre ytterligere skader på bygningen.

Spesielt med tanke på økt havnivå og potensielle flommer i fremtiden, er det viktig å være forberedt på økende grunnvannstand. Hvis grunnvannstanden stiger over nivået på kjelleren, kan dette skape store problemer. I Sverige har de allerede utviklet løsninger for å takle dette problemet, som også kan være relevante for norske forhold. Disse løsningene inkluderer bruk av vanntette membraner rundt grunnmuren for å beskytte mot vanntrykk nedenfra. Det vil for eksempel kunne være en anbefaling å gjøre den første meteren av grunnmuren vanntett.

Plasseringen av vinduer og åpninger i grunnmuren spiller også en vesentlig rolle når det gjelder å beskytte mot vanninntrengning. Når man bygger grunnmur og det er risiko for vanninntrengning, er det avgjørende å plassere alle vinduer og åpninger så høyt som mulig over bakkenivå. God klaring mellom bakkenivå og åpningene vil også være en vurderingsparameter når en kartlegger eksisterende bygninger i tillegg.

Dersom det oppstår en flom eller et skred som treffer veggen, vil den kinetiske energien fra påkjenningen bli omgjort til trykk, målt i pascal. Hvor sterk grunnmuren er i dette tilfellet vil også ha noe å si på hvor motstandsdyktig en bygning er mot naturkatastrofer. Det er mulig å beregne hvor stor belastning konstruksjonen vil tåle som følge av dette trykket. Dermed kan man vurdere om konstruksjonen kan tåle den påkjenningen som oppstår.

Grunnmur/fundament i kartleggingsmatrisen som ligger vedlagt som Vedlegg **B**, oppsummerer hovedfunn, samt hvordan funnene har bidratt til å utforme vurderingsparameterne.

4.4.4 Interne forhold

I [Tabell 4.6](#) vises en oversikt over hvilke intervjuobjekter som har diskutert de ulike temainndelingene for interne forhold. Temaene inkluderer: materialbruk, innvendige løsninger, drenering og overvåking. Markerte celler i tabellen indikerer at intervjuobjektet har bidratt med relevant informasjon til hovedfunnene i det aktuelle temaet. Videre vil hovedfunnene fra de representative intervjuene presenteres.

Tabell 4.6: Liste over intervjuobjektene bidrag til interne forhold.

	Materialbruk	Innvendig løsninger	Drenering	Overvåking
P1		x		x
P2	x			
P3				x
P4				
P5	x	x		
P6	x	x		
P7		x		
P8				x
P9				x
O1			x	x
O2	x	x		
O3		x	x	

Når det gjelder interne forhold, vil det si hvilke tiltak inne i bygningen som kan bidra til å øke motstandsdyktigheten mot vanninntrengning og redusere konsekvensene av det.

Materialbruk

En strategi er å bygge med materialer som naturlig tåler vannpåkjenning. For eksempel kan parkettgulv erstattes med fliser, og bindingsverksvegger kan byttes ut med mer fuktbestandige materialer som leca og betong. Dette gjør det mulig å tørke opp, spyle og rengjøre uten store kostnader eller behov for omfattende reparasjoner. Organiske materialer bør unngås, og det kan være lurt å velge diffusjonsåpne materialer for å unngå fuktoppbygning som kan føre til skader.

Innvendig løsninger

En løsning som kan benyttes på fuktige gulv, er å legge golvplater med knaster. Disse platene legges oppå det fuktige gulvet, og danner et luftrom rundt knastene. Ved å ventilere dette luftrommet med en vifte kan man tørke ut fuktigheten, en løsning som kalles innvendig platon gulv eller kontrollert uttørkingssystem. Disse golvplatene legges da under andre gulvmaterialer.

Det er også viktig å være bevisst på hva som oppbevares i områder som er utsatt for stor fuktpåkjenning. For eksempel papir, datautstyr eller tekniske anlegg egner seg ikke til lagring i en fuktig kjeller. Å sikre at kjelleren brukes til formål som er kompatible med de fysiske forholdene, kan bidra til å redusere risikoen for fuktskader på interiør og gjenstander.

Det å sørge for tilstrekkelig drenering, spesielt i kjellere og underetasjer er også essensielt. Ekstra sluk bør vurderes, spesielt i områder med risiko for overvannsproblemer. Ventilasjon er også avgjørende for å hindre opphopning av fuktighet i luften, og mekaniske vifter kan være nødvendige for å sikre god luftsirkulasjon.

Det er også viktig å være forberedt på situasjoner der det kan oppstå tilbakeslag fra overvannsledninger, spesielt hvis man har innvendig sluk. Når det regner kraftig, kan overvannsledningen bli overbelastet, og dette kan føre til vanninntrengning i kjelleren, spesielt hvis huset ikke ligger høyt nok i forhold til hovedledningen. I disse tilfellene vil det være svært gunstig å installere en tilbakeslagsventil i sluket.

Overvåkning

Overvåkning og alarmering kan også være en effektiv måte å oppdage fuktskader på tidligere. Ved å installere fuktsensorer i vegger og gulv over og under terrengnivået, kan man få varsel om eventuelle fuktproblemer og gjøre tiltak før skaden blir alvorlig.

Interne forhold i kartleggingsmatrisen som ligger vedlagt som Vedlegg **B**, oppsummerer hovedfunn, samt hvordan funnene har bidratt til å utforme vurderingsparameterne.

4.4.5 Grunn, overflate og eksterne forhold

I **Tabell 4.7** vises en oversikt over hvilke intervjuobjekter som har diskutert de ulike temainndelingene for grunn, overflate og eksterne forhold. Temaene inkluderer: Drenering, fordrøyning og vegetasjon. Markerte celler i tabellen indikerer at intervjuobjektet har bidratt med relevant informasjon til hovedfunnene i det aktuelle temaet. Videre vil hovedfunnene fra de representative intervjuene presenteres.

Drenering

En av de viktigste tiltakene for å forebygge vannskader på bygninger er å sørge for at vannet blir ledet vekk fra selve bygningskonstruksjonen. Dette prinsippet er avgjørende når en vil vurdere hvor utsatt en bygning er for vannskader, og hvor motstandsdyktig det er mot framtidig overvannsproblematikk. Det ble nevnt at det viktigste tiltaket for å sikre mot flom ligger i terrenget rundt bygningen, ikke selve bygningen. Det er derfor viktig å sørge for at taknedløpene ikke bare renner ned langs grunnmuren, men leder vannet bort og eventuelt til infiltrasjon lengre ut på tomten. Nå ser man stadig oftere at det blir installert sorte plastslanger på taknedløpet på vanlige småhus, med det formål å lede vannet lengre unna bygningen. Ifølge Byggforskserien bør det i tillegg være et fall

Tabell 4.7: Liste over intervjuobjektene bidrag til grunn, overflate og eksterne forhold.

	Drenering	Fordrøyning	Vegetasjon
P1	x		
P2	x		
P3			
P4			
P5	x	x	x
P6	x	x	x
P7	x	x	
P8	x		
P9			
O1	x		x
O2	x		x
O3	x		

fra bygget. Dette ble også nevnt av så og si samtlige intervjuobjekter. Dette prinsippet er svært viktig, spesielt for eldre bygninger, der det kan være ekstra viktig å få vekk vannet.

Å legge til rette for å lede vann bort fra bygningen og sikre at det ikke samler seg fuktighet rundt huset, kan være en utfordrende oppgave. Når det ikke er mulig å oppnå naturlig fall i terrenget, kan man benytte seg av dreneringssystemer som grøfter eller avrenningssystemer. For eksempel, på en skrå tomt i bakkant av bygningen kan man lage en avskjærende grøft rundt huset og fylle den med drenerende materiale. Man kan også utforme terrenget på en måte som skaper en naturlig flomvei. Dette innebærer å utforme området slik at det dannes en rute for vannstrømmen som normalt sett ikke er en aktiv bekk, men som under perioder med kraftig nedbør kan fungere som nettopp det. Denne tilnærmingen er en måte å håndtere store vannmengder på ved å gi det en kontrollert vei å følge.

Vedlikeholdet av dreneringssystemer må også utføres for å sikre at de fungerer effektivt over tid. Dette inkluderer regelmessig rengjøring, som for eksempel spyling av dreneringsrør og inspeksjon av dreneringsrenner for å fjerne eventuelle blokkeringer eller avleiringer.

Fordrøyning

I områdeplanleggingen er det også viktig å ta hensyn til overvannshåndtering. For eksempel kan uheldig utformede fortau eller en innkjørsel føre til at vannmassene rettes mot bygningen, noe som kan resultere i vannskader. Dette kan skje selv uten flom fra et vassdrag, men som følge av overvannets ugunstige vei. Man bør også prioritere gressflater fremfor asfalt, da gress tillater vannet å infiltrere ned i grunnen. Videre kan man

velge å bruke mindre harde dekker nærliggende bygningen, for eksempel steinsjikt med perforering. Det kan også være krav om å etablere regnbedd, hvor overvannet kan samles og fordrøyes. I tillegg til regnbedd kan sandfang være en effektiv løsning. Dette bidrar til å redusere belastningen på overvannssystemet og minimere risikoen for flom og oversvømmelser.

Vegetasjon

Når det kommer til vegetasjon rundt bygninger, er det viktig å vurdere hvordan plantene påvirker overvannsproblematikk, men også fuktpåkjenning på kledningen. Å ha vegetasjon og beplantning kan være estetisk fint, og det fordrøyer nedbør som er gunstig, da det bidrar til å suge til seg mye vann. Det er imidlertid viktig å unngå å plante busker eller blomsterbed langs veggen, da dette kan føre til fuktighetsskader som råte og annen biologisk vekst på kledningen. Noen trær, som bjørketrær, har en betydelig oppsugnings- evne fra bakken. Selv om dette kan være nyttig, er det ikke alltid hensiktsmessig å ha store bjørketrær i nærheten av huset på grunn av deres omfang og røtter. Det er derfor viktig å balansere ønsket om vegetasjon med behovet for å opprettholde frie overflater på kledningen.

Grunn, overflate og eksterne forhold i kartleggingsmatrisen som ligger vedlagt som Vedlegg B, oppsummerer hovedfunn, samt hvordan funnene har bidratt til å utforme vurderingsparameterne.

4.4.6 Utforming

I Tabell 4.8 vises en oversikt over hvilke intervjuobjekter som har diskutert temaer som omhandler utforming. Markerte celler i tabellen indikerer at intervjuobjektet har bidratt med relevant informasjon. Videre vil hovedfunnene fra de representative intervjuene presenteres.

I utgangspunktet bør bygninger utformes med tanke på enkelt vedlikehold. Behovet for vedlikehold vil variere avhengig av bygningselementet. For eksempel trenger fasaden vanligvis ikke hyppig inspeksjon, og så lenge den er intakt, bør den være relativt vedlikeholdsfri. Tilgjengelighet, spesielt til takkonstruksjon, kan imidlertid være utfordrende. Med økende bruk av taket til opphold og beplantning, blir det vanskeligere å komme til den underliggende takkonstruksjonen. En bygningsfysiker har uttalt at om det var opp til ham, ville han utformet taket på vanlig vis, der taket bare er tak og ikke noe mer.

Takutstikk er en utforming ved bygninger som flere har nevnt er gunstig i intervjuene. Det gir god beskyttelse mot nedbør. Det meste av nedbøren kommer vertikalt ned, selv om det kan være perioder med slagregn. Med takutstikk som stikker ut over veggen, beskyttes derfor store deler av veggen. Saltak gir spesielt gode muligheter for takutstikk og beskyttelse av vegger og vinduer, men dette må tilpasses den arkitektoniske stilen.

Tabell 4.8: Liste over intervjuobjektene bidrag til utforming.

	Utforming
P1	
P2	x
P3	
P4	
P5	x
P6	x
P7	x
P8	x
P9	
O1	
O2	
O3	x

Et problem man ser i dagens arkitektoniske stil er at man ofte fjerner takutstikk uten at kvaliteten på materialer eller løsninger økes for å kompensere for dette. Dette resulterer ofte i hyppigere skader og økt vedlikeholdsbehov på fasader. SINTEF har derimot gjort et forsøk, der de har sett at takutstikkets lengde har lite å si for hvor mye vanninnnev som kommer inn på luftede tretak (SINTEF, 2016). Da kan man tenke seg at et takutstikk gir større beskyttelse til fasaden, enn til takkonstruksjonen.

Noen ganger ser man historisk at bygninger er bygd med en litt hevet første etasje, spesielt i områder utsatt for flom. Da går det gjerne en trapp opp til første etasje, og denne typen utforming vil åpenbart være gunstig for å hindre vanninntrenging og for å øke byggets motstandsdyktighet i flomsituasjoner.

Plasseringen av bygget spiller en viktig rolle, selv om det ikke inngår som utformingen av selve bygningen. Noen ganger kan det være lurt å plassere bygget slik at det får en naturlig beskyttelse mot rådende vindretning. Tidligere var man mer opptatt av å tilpasse huset til omgivelsene, for eksempel ved å unngå å plassere det på utsatte steder med mye vind. I dag kan man derimot være mer opptatt av å plassere huset på en høyde for å få bedre utsikt, selv om det kan innebære å utsette det for mer ytre påkjenninger.

Utforming i kartleggingsmatrisen som ligger vedlagt som Vedlegg B, oppsummerer hovedfunn, samt hvordan funnene har bidratt til å utforme vurderingsparameterne.

4.4.7 Dokumentasjon

I [Tabell 4.9](#) vises en oversikt over hvilke intervjuobjekter som har diskutert de ulike tema-inndelingene for dokumentasjon. Temaene inkluderer: Værdata, FDV-dokumentasjon og bygningsdokumentasjon. Markerte celler i tabellen indikerer at intervjuobjektet har bidratt med relevant informasjon til hovedfunnene i det aktuelle temaet. Videre vil hovedfunnene fra de representative intervjuene presenteres.

Tabell 4.9: Liste over intervjuobjektene bidrag til dokumentasjon.

	Værdata	FDV-dokumentasjon	Bygningsdokumentasjon
P1	x		
P2			
P3		x	
P4	x		
P5		x	x
P6		x	x
P7	x		
P8			x
P9			
O1		x	x
O2		x	x
O3			

Når det er snakk om dokumentasjon så sikter det til den informasjonen som bør foreligge når man kartlegger motstandsdyktigheten til en bygning. For å kunne si noe om hvor godt egnet et eksisterende bygg er til å takle klimaendringer, er dokumentasjon helt avgjørende.

Værdata

Lokale værdata spiller en viktig rolle når man befinner seg på steder der klimaforholdene kan være usikre. Det å ha tilgang til værdata som kan gi referanser til forholdene på stedet, for eksempel snødybder, vindretninger og nedbørsmengder er helt nødvendig. Dette gjør det mulig å forstå hvilke klimabelastninger som kan forventes i fremtiden på det aktuelle stedet. Å være kjent med lokale værdata bidrar til å danne et mer helhetlig bilde av bygningens robusthet mot klimaendringer.

FDV-dokumentasjon

FDV-dokumentasjon, som inneholder en vedlikeholdskalender eller -plan for bygget over flere år, er svært nyttig. Det kan være vanskelig å finne for eksisterende bygg derimot, spesielt hvis de er flere tiår gamle. Mens eldre bygg kanskje har noen permer med informasjon om vedlikehold og bruk, blir tilgangen til digital dokumentasjon bedre med

fremveksten av BIM-teknologi. Med BIM har man tilgang til nyttig informasjon, selv om bygget har blitt endret flere ganger.

Bygningsdokumentasjon

Det er avgjørende å ha dokumentasjon om materialbruk, alder, levetid og mengde, da dette hjelper med å ta bedre beslutninger ved eventuelle skader eller reparasjoner. Dette inkluderer helst tegninger, som for eksempel “som bygget”-tegninger og snitt av konstruksjonene, slik at det er klart hvordan vegger, tak og andre konstruksjoner er bygd opp sjiktvis. For eksempel, å dokumentere hvordan lekter er lagt vertikalt før de horisontale lektene, eller å sikre at gesimsen på flate tak er riktig utført med tilstrekkelig overlapp og beslag med korrekt fall. Det er også nødvendig med informasjon om hvilke produkter som er brukt, spesielt kritiske elementer som kledning, vindsperre, damperre og takteking. Videre kan slik dokumentasjon bidra til å vurdere risikoen knyttet til ulike materialer med tanke på klimatiske forhold. Dessverre kan det fortsatt skje at slik dokumentasjon ikke er på plass i dagens praksis. Mangelen på detaljerte tegninger og dokumentasjon kan være problematisk når det gjelder å håndtere eventuelle fuktproblemer i fremtiden.

Forsikringsselskaper er også opptatt av klimarisikovurdering og dokumentasjon av bygningens klimaskall. Dette skyldes at fuktrelaterte skader utgjør en betydelig del av alle skadesakene. Det kan for eksempel bli aktuelt at de tilbyr insentiver, som lavere forsikringspremier, for bygg som gjennomfører klimarisikovurderinger og har dokumentasjon på god motstandsdyktighet. På denne måten kan forsikringsselskapene spille en viktig rolle i å fremme bærekraftig byggepraksis i møte med klimaendringer.

En trinnvis bildedokumentasjon vil også være veldig konstruktiv. Mens elektrikere og rørleggere ofte er flinke til å ta bilder av sine arbeider, er det muligens ikke like vanlig innen byggfaget. Å implementere trinnvis bildedokumentasjon i byggeprosessen bidrar til bedre utførelse og har en oppdragende effekt. Samtidig gir det en verdifull dokumentasjon i tilfelle forsikringskrav eller reklamasjoner mot utført arbeid ved eventuelle problemer i fremtiden. Slik dokumentasjon sikrer ikke bare kvaliteten på arbeidet, men gir også en trygghet og pålitelighet i byggeprosessen.

Dokumentasjon i kartleggingsmatrisen som ligger vedlagt som Vedlegg [B](#), oppsummerer hovedfunn, samt hvordan funnene har bidratt til å utforme vurderingsparameterne.

4.4.8 Forsikring mot klimaskader

Som beskrevet i underkapittel [2.5](#) om skader og forsikring, skiller det mellom naturskader og vannskader. I Norge har vi naturskadefondet som gir dekning mot naturskader for alle som har tegnet brannforsikring. Alle som har brannforsikring bidrar også til dette naturskadefondet gjennom sine forsikringspremier, noe som betyr kostnadene deles ved byggeskader forårsaket av naturskader.

Når det gjelder vannskader, for eksempel forårsaket av regn, avhenger dekningen av hvilken forsikring man har. Hvis man opplever vanninntrengning i kjelleren fra bakkenivå, dekkes dette av de fleste standardforsikringer. Men hvis lekkasje oppstår i yttertaket eller ytterveggen, kan det kreve en toppdekning, og i slike tilfeller dekkes bare følgeskadene. Skader på selve lekkasjepunktet i veggen, vinduet eller taket, må vanligvis dekkes av eieren selv, mens forsikringsselskapet dekker de innvendige skadene.

På grunn av naturskadefondet vil ikke forsikringspremien bli dyrere om bygningen er utsatt for naturskader som flom og skred. Dette skyldes at kostnadene deles på tvers av alle forsikringstakere gjennom denne ordningen, som nevnt tidligere. Men når det gjelder andre former for ekstremvær, som for eksempel styrtregn, som ikke dekkes av naturskadefondet, må forsikringsselskapet bære hele kostnaden alene uten tilskudd fra naturskadefondet. Derfor vil prisen på forsikringen være høyere om bygningen er utsatt for slike risikoer. Vindskader er også en del av klimaforholdene som påvirker forsikringspremien. Sterk vind kan være en naturskade, og forsikringsselskapene dekker også vindskader over en viss grense, vanligvis 20,8 m/s. Vindskader som har oppstått med vindkast under 20,8 m/s blir ikke sett på som en naturskade, og blir derfor ikke dekket av naturskadefondet. Dermed påvirker også vindforholdene forsikringspremien. Basert på disse betingelsene vil man derfor oppleve at noen huseiere har dyrere forsikringer mot klimapåkjenninger, fordi beliggenheten til huset ligger i områder der sterk vind og nedbør er mer vanlig. For eksempel er områder nær kysten ofte mer utsatt for disse risikoene, og forsikringspremier kan derfor være dyrere der, enn hva en huseier har i innlandet.

Videre prises forsikringspremien også basert på andre faktorer, som for eksempel om kjelleren er innredet eller ikke. Innredet kjeller kan føre til en høyere forsikringspremie på grunn av økt risiko for oversvømmelser som følge av klimaendringer. I tillegg påvirkes premien av andre faktorer som takets type og alder. For eksempel vil et flatt tak øke forsikringspremien på grunn av den økte risikoen for lekkasjer. Forsikringspremien kan også øke for eldre hus, da noen selskaper har en øvre aldersgrense for dekning av takslekkasjer, vanligvis på rundt 50 år. Det er viktig å merke seg at standarden på bygningen også påvirker forsikringspremien. De fleste boliger anses å ha en normalstandard, men hvis standarden er høyere eller lavere enn gjennomsnittet, kan dette også påvirke premien. For eksempel kan eldre hus eller hus med høyere gjennomføringskostnader ha en høyere forsikringspremie.

De siste årene har det vært en økning i egenandelene på forsikringer for ulike hendelser, noe som trolig skyldes hyppigere forekomst av vannskader. Noen forsikringsselskaper har for eksempel innført en minimumsegenandel for vannskader i kjelleren, som kan være høyere enn den generelle egenandelen for andre skader. Denne økningen i egenandelene kan ses som en respons på forventningen om økt forekomst av vannskader. En ny utvikling i forsikringsbransjen er også inkluderingen av dekning for flomlignende hendelser på

hageanlegg eller utenfor huset. Tidligere ble kun brann- og naturskader dekket, men nå inkluderes også skader forårsaket av flom og overvann på grunn av kraftig nedbør.

Forsikringsselskapene stiller krav til vedlikehold av huset. Dette kan for eksempel innebærer regelmessig rengjøring av takrenner og sluk for å unngå tilstopping. Vanligvis dekkes ikke sopp- og råteangrep på ytterkledningen, da dette anses som vedlikeholdssvikt. Ofte er det åpenbart for forsikringsselskapet når de kommer til skadestedet om vedlikeholdet har vært forsømt. For eksempel, synlige tegn som løvetenner som stikker opp av takrennen eller tilstopping av sluket med løv og slam kan indikere manglende vedlikehold. I utgangspunktet har man dekning for skader, men hvis det avdekkes at vedlikeholdet ikke har vært tilstrekkelig, kan det føre til avkortning av erstatningen. Avkortningen kan variere fra 0 til 100 prosent avhengig av graden av forsømmelse. Det er imidlertid viktig å påpeke at avkortningen må begrunnes med en tydelig sammenheng mellom manglende vedlikehold og oppståtte skader.

Forsikringsselskaper tilbyr rabatter på forsikringspremier for ulike sikkerhetstiltak, som for eksempel rør i rør-systemer, overspenningsvern og lekkasjestoppere. Men disse er ikke direkte knyttet til klimaendringer. En ny rabatt som nylig er blitt lansert i samarbeid med Svanemerket, fokuserer derimot spesifikt på klimatilpasningstiltak. Denne rabatten gis til kunder som gjennomfører anbefalte tiltak etter en grundig gjennomgang av eiendommen med fokus på overvannssikring. I fremtiden kunne det også vært aktuelt om forsikringsselskaper ga rabatter om bygningen besitter dokumentasjon på god motstandsdyktighet mot klimapåkjenninger.

4.5 Case - Lidarende barnehage

Det er valgt å se på en konkret bygningscase for å eksemplifisere hvordan kartleggingsmatrisen kan anvendes i praksis. Forfatteren forhørte seg med Trondheim kommune om de hadde noen bygninger som egnet seg til bruk i oppgaven. Kontaktpersonene i kommunen var svært imøtekommende og positive til oppgaven. Dermed fikk forfatteren tilgang til tilstandsrapport, dronebilder, klimatilpasningsrapport og bygningstegninger fra Lidarende barnehage i Trondheim. Denne barnehagen ble valgt som case i oppgaven, og hensikten er å kartlegge dens motstandsdyktighet mot klimaendringer, med fokus på økt nedbør. Oversiktsbildet i [Figur 4.4](#) er et av dronebildene tatt av barnehagen som viser bygningen samt tilhørende tomt.



Figur 4.4: Oversiktsbilde av Lidarende barnehage. Foto: Trondheim kommune.

Kartleggingen baseres på tilgjengelig dokumentasjon. Det må derfor nevnes at det er flere punkter ved analysen som ikke vil avdekkes fordi det krever en nøyere inspeksjon av konstruksjonen. Det må også bemerkes at forfatteren er en student, ikke en ekspert innen feltet. Casen er ment til å vise hvordan kartleggingsmatrisen kan benyttes. Kartleggingen vil følge samme struktur som matrisen, som er; yttertak; yttervegg; grunnmur/fundament; interne forhold; grunn, overflate og eksterne forhold; utforming og dokumentasjon.

Yttertak

Yttertaket er et saltak med listetekking, og beslagsløsningene rundt overgangene og kantene virker godt utført. På bildene kan man se at taktekingen er montert med tilstrekkelig overlapp ved skjøtene, se [Figur 4.5](#).



Figur 4.5: Dronebilde av biologisk vekst, og god overlapp i skjøten. Foto: Trondheim kommune.

På dronebildet i [Figur 4.5](#) er det også synlig at det forekommer noe biologisk vekst på taket, spesielt på den nordlige og nordvestlige delen. Denne veksten, som inkluderer sopp og mose, kan over tid være skadelig for taktekkingen. Det anbefales derfor å regelmessig rense taket for slike vekster og utføre jevnlige inspeksjoner.

Videre viser bildene at takrennene i noen områder ser ut til å være deformerte. Langs nordveggen er det observert at en ball har blokkert nedløpet fra takrennen, noe som har ført til oppsamling av skittent vann. Se [Figur 4.6](#). Dette kan under kraftig nedbør resultere i ekstra fuktbelastning på kledningen. Det kan være hensiktsmessig å vurdere å installere flere nedløp for å bedre dreneringen og forhindre slike hendelser. Dreneringssystemet blir også mer sårbart ved fortetning når det bare er ett nedløp.



Figur 4.6: Dronebilde fra fortetning av nedløpsrør. Foto: Trondheim kommune.

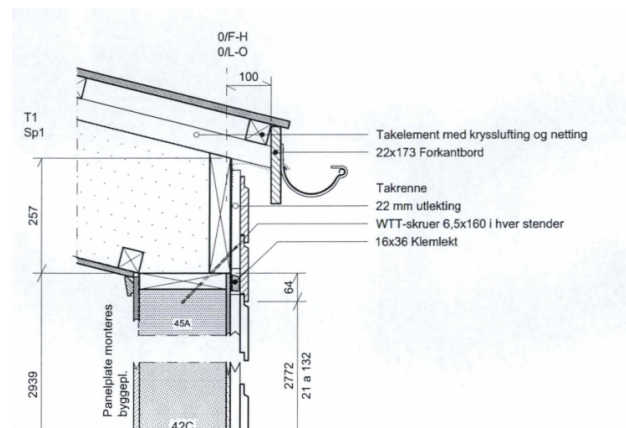
Basert på “som bygget”-tegningene ser det ut til at taket er konstruert med et luftesjikt som fremmer ventilasjon, noe som er positivt for å opprettholde et tørt miljø under taket, se [Figur 4.7](#).

Yttervegg

Kledningen består hovedsakelig av liggende trebordkledning, med en tilstrekkelig avstand fra terrengnivået. Dette gjør det enkelt å erstatte enkeltstående trebord hvis den nederste delen skulle oppleve råteskader. Kledningen virker generelt godt vedlikeholdt og i god stand.

Imidlertid nevner tilstandsrapporten at to trebord har løsnet, noe som utgjør en potensiell risiko for vanninntrenging. Dette kan tyde på at innfestingen av kledningen ikke er tilstrekkelig.

Ifølge “som bygget”-tegningene er kledningen forankret i en utlektning på 22mm, se [Figur 4.7](#). Mens denne løsningen trolig oppfylte byggekravene da barnehagen ble oppført, kan det være at et større luftesjikt ville være mer hensiktsmessig i et fremtidig fuktigere klima. Dette ville fremme bedre ventilasjon og muligheter for uttørking.



Figur 4.7: “som-bygget”-tegning av tak og vegg. Foto: Trondheim kommune.

Vinduene er plassert langt ut i isolasjonssjiktet som bidrar til bedre fuktsikring. Beslagsløsningene rundt vinduer og dører virker også intakte, selv om det kan være gunstig med større overheng eller beslag over noen av vinduene. Ifølge byggetegningene er det også implementert en sammenhengende mansjett rundt vinduene, noe som reduserer antall skjøter og bidrar til bedre fuktsikring.

Grunnmur og fundament

Fundamentet til Lidarende barnehage består av en ringmur med bærende stripefundament. Det er en krypkjeller under terrengnivå, og åpningene til krypkjelleren, som befinner seg i lysgraver, kan potensielt tillate vanninntrenging under flomhendelser. Selv om dette ikke nødvendigvis er et problem, kan det være en fordel å vurdere installasjon av en pumpe for å fjerne eventuelt stillestående vann fra krypkjelleren.

Grunnmuren er bygget med tilstrekkelig høyde over terrengnivået. Dette sikrer at den laveste delen av kledningen, som er mest sårbar under flomhendelser, ligger over forventet flomnivå. Dette bidrar til å beskytte bygningen mot potensielle skader forårsaket av flom.

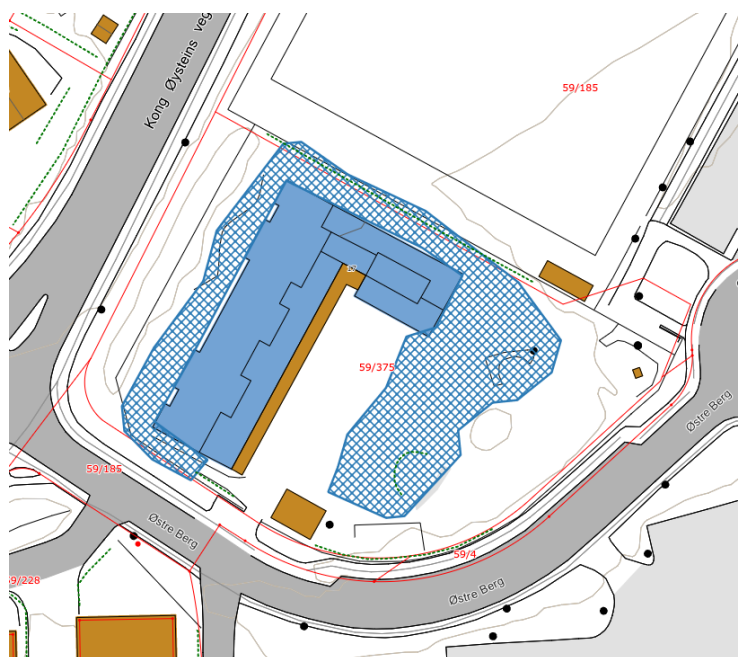
Interne forhold

Det er ikke mottatt noe form for informasjon som kan besvare de relevante punktene ved interne forhold i barnehagen.

Grunn, overflate og eksterne forhold

Trondheim kommunes aktsomhetskart for flom, se [Figur 4.8](#), indikerer at barnehagen er utsatt for forsengkninger rundt bygget, noe som tyder på at tomten har en uheldig utforming og at bygningen er sårbar ved store nedbørsmengder. Dette bør tas i betraktning ved tiltak for å bedre håndtere overvann.

Nærmest grunnmuren er det lagt grus, et godt dreneringsmateriale som fremmer effektiv drenering rundt bygningen. I tillegg er det anlagt en betongvegg ned i bakken rundt bygningen, som skiller den drenerende massen fra annet materiale på tomten.



Figur 4.8: Aktsomhetskart for flomfare for Lidarende barnehage. Blå rutenett illustrerer forsenkninger. Bildet hentet fra Trondheim kommunes aktsomhetskart for flomfare .

Området rundt barnehagen består hovedsakelig av vegetasjon, gress og grus/sand. Det er noen områder med impermeabelt overflateareal, som asfalt, men tomten har generelt sett gode forutsetninger for en naturlig infiltrering av overflatevannet.

En klimarapport påpeker imidlertid manglende fall vekk fra bygningen i noen områder, samt mangel på sandfang og andre tiltak for å forhindre stillestående vann på tomten. Bygningen ligger også lavere enn det omkringliggende terrenget, noe som gjør den sårbar ved overvannshendelser, da det kan føre til direkte vanntrykk på bygningsstrukturen. Det nevnes også at plattingen mangler fall.

Taknedløpene går under bakken, og det antas at vannet ledes bort via en drensledning. Alternativt bør vannet ledes vekk fra grunnmuren og ut på tomten, bort fra bygningen.

Bilder viser at det har vokst mye ugress og uønsket vegetasjon helt inntil grunnmuren, noe som kan være ugunstig for bygningens vedlikehold og beskyttelse.

Utforming

Terrenget rundt bygningen er relativt flatt, og bygningen er ikke spesielt høy, noe som forenkler vedlikeholdsarbeidet på ytterveggene.

Med bare én etasje over terrengnivå, kreves det heller ikke omfattende tiltak for å få tilgang til taket. Derfor er bygningselementene relativt lett tilgjengelige, noe som gjør vedlikeholdsarbeidet mer praktisk.

Dokumentasjon

Dokumentasjonen som foreligger er den dokumentasjonen som har blitt brukt i denne analysen, som er “som bygget”-tegninger, tilstandsrapport, klimarapport og dronebilder.

Konklusjon

Det ville være hensiktsmessig å øke antall nedløp fra takrennene for å minske sårbarheten og sikre bedre drenering, spesielt med tanke på situasjoner der et nedløp blir tett, som observert. Ved neste utskifting av takrenner bør dimensjonene også vurderes for å sikre tilstrekkelig kapasitet under ekstreme nedbørshendelser.

Ved en eventuell fremtidig kledningsutskiftning bør det vurderes å lekte ut kledningen ytterligere for å skape et større luftesjikt. Dette vil være spesielt viktig med tanke på et potensielt våtere klima.

Selv om beslagsløsningene for vinduene virker tilstrekkelige, kan det være verdt å vurdere bedre overheng for noen av vinduene ved neste utskifting, spesielt de som er mer utsatt, som de på taket.

På grunn av risikoen for forsenkninger rundt bygget, er det avgjørende å etablere god drenering vekk fra bygningstomten og vurdere opprettelsen av en avskjæringsgrøft der terrenget er høyere enn bygningen, for å forhindre forsenkninger.

Basert på den foreliggende analysen av Lidarende Barnehage, er det naturlig å tildele barnehagen en motstandsgrad på 1, noe som indikerer en forventet god motstandsdyktighet mot klimaendringer, men med muligheter for forbedringer ved neste utskifting eller renovasjon.

Resultatene fra kartleggingen er også oppført i kartleggingsmatrisen som ligger vedlagt som Vedlegg **F**.

5 Diskusjon

Dette kapitlet diskuterer hvordan hovedfunnene fra litteraturgjennomgangen og intervjuene besvarer forskningsspørsmålene i oppgaven. Siden resultatene fra litteraturstudiet utgjør teorigrunnet, vil videre diskusjon fokusere på å sammenligne resultatene fra intervjuene med de fra litteraturstudiet. Samtidig vil usikkerheter rundt kartleggingen av motstandsdyktigheten og matrisen diskuteres.

Formålet med studien har vært å undersøke hvordan man kan øke motstandsdyktigheten til eksisterende bygninger mot klimaendringer og å identifisere spesifikke tiltak for å oppnå forbedret motstandsdyktighet. Det har også vært ønskelig å klassifisere motstandsdyktigheten til eksisterende bygninger ved hjelp av en kartleggingsmatrise. Målet på lang sikt er å bidra til å redusere potensielle skader på eksisterende bygg som følge av værpåkjenninger, spesielt med tanke på de forventede endringene i klimaet fremover.

5.1 Hvordan øke motstandsdyktigheten til eksisterende bygninger mot klimaendringer, med fokus på bygningens klimaskall og tilhørende tomt?

I underkapittel [2.1](#), er FN's organ for katastrofeforebygging sin definisjon av motstandsdyktighet presentert. Når denne definisjonen anvendes på bygninger, kan motstandsdyktighet betraktes som den evnen et bygg har til å motstå, tilpasse seg og komme seg etter potensielle skader påført av de farene det står ovenfor. Dette inkluderer også bygningens evne til å bevare og eventuelt ombygge sine essensielle grunnstrukturer. Når vi sammenligner denne definisjonen med forskningsspørsmålet som tar sikte på å utforske hvordan man kan styrke motstandsdyktigheten til eksisterende bygninger mot klimaendringer, er klimaendringer den konkrete faren bygget står overfor i dette tilfellet. Som tidligere nevnt i bakgrunnskapitlet, er farene som klimaendringer kan føre med seg, som: flom, skred, økt nedbør og temperatur, samt økning i havnivå. Ved å vurdere forskningsspørsmålet i lys av definisjonen til motstandsdyktighet, kan vi derfor omformulere det og si at målet er å undersøke hvordan man kan styrke en eksisterende bygningens evne til å motstå, tilpasse seg og komme seg etter skader forårsaket av flom, skred, økt nedbør og temperatur, samt økning i havnivå.

En eksisterende bygning har allerede en viss evne til å motstå, tilpasse seg og komme seg etter skader, men denne evnen er ikke nødvendigvis optimal, og vil variere fra bygning til bygning. For å forbedre denne evnen trengs det naturlig nok en endring som et resultat av planlagte tiltak. Disse tiltakene kan være både omfattende og mindre, og kan føre til betydelige eller mer moderate forbedringer i bygningens evne til å håndtere naturfarer og skader. Det sentrale poenget er at for å endre, og helst øke, bygningens evne til å motstå, tilpasse seg og komme seg etter skader, må konkrete tiltak settes i verk. Disse tiltakene

kan betraktes som klimatilpasningstiltak, siden de tar sikte på å tilpasse bygningen til de risikoene som følger med klimaendringene.

I følge Hanssen-Bauer et al. (2015) i *Klima i Norge 2100*-rapporten, forventes det en økning på 18% i årsnedbøret i Norge. Videre viser [Figur 2.3](#) at vanninntrenging utenfra utgjør den største kostnadsposten når det gjelder skader på bygninger. Derfor er det rimelig å anta at de viktigste tiltakene for å øke motstandsdyktigheten til eksisterende bygninger mot klimaendringer vil være relatert til nedbør og hvordan man oppnår en mer vanntett konstruksjon. En vanntett konstruksjon er i sin tur avhengig av robuste yttertak, yttervegger og grunnmur.

Flom, skred, økt nedbør og temperatur, samt økt havnivå, er hendelser som utgjør en trussel mot eksisterende bygninger. Konsekvensene fra disse farene kan forebygges og skadeomfanget reduseres. Det er imidlertid viktig å skille mellom hvilke farer enkelte bygninger kan beskytte seg mot og hvilke farer som krever beskyttelse utenfor bygningstomten. For eksempel er skredsikring hovedsakelig utenfor bygningens nærliggende tomt, og det er begrenset hva som kan gjøres med selve bygningskonstruksjonen. Man kan bedre beskytte bygningen mot flom og økt havnivå, men slike farer krever også forebyggende tiltak utenfor bygningens grenser. På grunnlag av avgrensningen i denne oppgaven, som fokuserer på bygningen og dens tilhørende tomt, vil derfor mange av flom- og skredsikringstiltakene ligge utenfor rammene. Tiltak knyttet til økt nedbør og temperatur berører derimot ting som kan gjøres med selve bygningskonstruksjonen. Litteraturstudiet og intervjuer har derfor primært fokusert på tiltak relatert til nedbør og overvannsproblematikk. Svaret på forskningsspørsmålet om hvordan motstandsdyktigheten til eksisterende bygninger kan økes mot klimaendringer vil derfor naturligvis ikke omhandle tema skredsikring, til tross for at dette er en reell fare for bygninger. Etter litteraturstudier og intervjuer har det heller ikke blitt funnet løsninger på hvordan hver enkelt bygningskonstruksjon kan beskyttes mot skred. Mange av tiltakene berører problematikken rundt overvann, og det kan være at disse tiltakene i noen grad også er relevante ved økt havnivå og flomhendelser.

Basert på formuleringen av forskningsspørsmålet kan en først tenke at dette er en oppgave der en tilnærmet trinnvis går gjennom tiltak, og hvordan man utfører de. Imidlertid går ikke funnene fra litteraturstudier og intervjuer nødvendigvis i dybden på hvordan disse konkrete tiltakene skal utføres. Det finnes ingen detaljerte fremgangsmåter eller instruksjoner å følge. Resultatene fokuserer i stedet på prinsipper og løsninger, hva man bør etterstrebe, og hvilke kvaliteter som er viktige å oppnå i en konstruksjon. For eksempel kan en essensiell egenskap i både yttervegger og yttertak være evnen til uttørkning og ventilasjon. Det blir ikke forklart i detalj hvordan man oppnår god uttørkningsevne steg for steg, men det blir snarere nevnt prinsipper for hva som vanligvis bidrar til god uttørkningsevne, og hva som ofte kan være årsaken til utilstrekkelig uttørkningsevne.

I hvilken grad oppgaven har besvart forskningsspørsmålet kan diskuteres. Har resultatene gitt et svar på hvordan man kan øke motstandsdyktigheten til eksisterende bygninger mot klimaendringer, eller har de heller identifisert hva som kjennetegner en motstandsdyktig bygning mot klimaendringer? Det er viktig å skille på hvordan og hva i dette tilfellet. Resultatene beskriver hovedsakelig de kvalitetene som definerer en motstandsdyktig bygning. For å få svaret på hvordan, kan man likevel bruke disse kvalitetene som referansepunkter og sammenligne andre bygninger opp mot dem for å finne ut hvordan man kan øke deres motstandsdyktighet.

5.1.1 Diskusjon rundt litteraturstudiet

Resultatene fra det gjennomførte litteratursøket, hvor omfattende søk ble utført i ulike databaser ved bruk av flere nøkkelord, og både akademiske og ikke-akademiske kilder ble gjennomgått, avslører en mangel når det gjelder spesifikke klimatilpasningstiltak for eksisterende bygg. Dette indikerer et område som krever ytterligere forskning og oppmerksomhet i kommende år. Blant de analyserte artiklene og litteraturkildene er det et gjennomgående tema hvor mange deler samme motivasjon: bevisstheten om klimaendringer og nødvendigheten av å tilpasse dagens bygningsmasse til kommende klimatiske påkjenninger (Almås, 2013; Athauda et al., 2023; Barrelas et al., 2021; Basyouni, 2017; Curtis and Snow, 2017; Phillipson et al., 2016; Stagrum et al., 2020; Wang, 2021). Til tross for denne felles motivasjonen er det imidlertid få som går i dybden på spesifikke tiltak for bygningskonstruksjonen.

Flere litteraturkilder utforsker teoretiske rammeverk og metoder knyttet til klimatilpasning (Andersson-Sköld et al., 2015; Bjørberg and Salaj, 2022; Doroszkiewicz and Romanowicz, 2017; Grynning et al., 2020; Honkonen and Romppanen, 2022; Jelle et al., 2014; Lisø et al., 2017; Saricioğlu and Aycam, 2021; Seljom et al., 2021), evaluerer kunnskapsmangelen (Basyouni, 2017; Grynning et al., 2020, 2017; Stagrum et al., 2020), gjennomfører litteraturstudier basert på eksisterende forskning og analyserer barrierer og drivkrefter for klimatilpasning (Amundsen and Dannevig, 2021; Hauge et al., 2017; Vindegg et al., 2023). Selv når litteraturen hevder å behandle ulike strategier og tiltak for å styrke bygningers motstandsdyktighet, er det ofte mangel på konkrete og spesifikke forslag. Etter dette søket er det derfor kun noen artikler som faktisk svarer på de valgte forskningsspørsmålene. Alle funnene er inkludert i resultatdelen, og det ville ideelt sett vært ønskelig med flere funn og en mer omfattende forskningsinnsats på dette temaet for å styrke støtten til ulike klimatilpasningstiltak.

Det er også gjort funn i litteratur som tar for seg klimatilpasningstiltak og forbedringer som bør vurderes ved planlegging av nybygg. Tiltakene er derfor ikke relevante eller kan ikke gjennomføres på eksisterende bygninger. Det er naturlig at eksisterende bygninger har visse begrensninger når det gjelder hvor inngripende tiltakene kan være.

5.1.2 Intervjuer i lys av litteraturstudiet

Videre vil noen av resultatene fra intervjuene bli diskutert i lys av funnene fra litteraturstudiet. Funnene fra litteraturstudiet danner grunnlaget for teorien i denne oppgaven. Vel og merke er informasjonen samlet inn gjennom intervjuprosessen betydelig mer omfattende enn det som ble funnet i litteraturen. Dette skyldes at til tross for et grundig søk i eksisterende litteratur, var det relativt begrenset med funn som direkte adresserte konkrete prinsipper og tiltak for å øke bygningers motstandsdyktighet mot fremtidige klimaendringer i Norge. For å opprettholde en klar struktur, vil drøftingen bli inndelt i de samme kategoriene som resultatene er presentert i.

Intervjuene berører temaer som ikke ble utredet i litteraturstudiet, som interne forhold, utforming og dokumentasjon. På grunn av begrensningene i informasjonen fra litteraturstudiet innen disse temaene, er det derfor vanskelig å sammenligne resultatene fra intervjuene direkte med litteraturen. Når det gjelder resultatene angående grunnmur/fundament, overflate og eksterne forhold, er disse såpass sammenfallende og støttende at det blir vanskelig å drøfte dem ytterligere. Siden hovedfokuset ligger på yttertak og yttervegger, og det er flere usikkerhetsmomenter knyttet til kartleggingen av disse bygningsdelene, vil det bli gitt en dypere drøfting av deres motstandsdyktighet.

Yttertak

Når man ser nærmere på resultatene som omhandler yttertak, og sammenligner funnene fra litteraturstudien med intervjuene, oppdager man mange likheter og felles prinsipper. For eksempel blir det understreket som svært viktig med gode beslagsløsninger, samt takutstikk og overheng der det er hensiktsmessig. Effektiv drenering og det å unngå direkte vanntrykk på takkonstruksjonen til enhver tid, er viktige prinsipper som ble fremhevet både i litteraturen og i intervjuene.

De interessante diskusjonene og ulikhetene omhandler skrå ventilerte tak versus kompakte flate tak, samt grønne tak. Et funn fra litteraturstudien viser at 75% av byggeskadene er knyttet til kompakte tak, noe som også gjenspeiles i de høyere forsikringspremiene for denne typen tak. Det er derfor ikke overraskende at de fleste intervjuobjektene mente at skrå ventilerte tak egner seg best når det kommer til håndtering av vann og fuktighet. Det er interessant når det blir hevdet at kompakte tak med velfungerende overløp er mer robuste enn skråtak. Kompakte tak består av materialer som naturlig tåler fuktighet bedre, noe som gjør dem ekstra holdbare. Gitt at treverk er utsatt for råteskader, kan det være noe sannhet i denne påstanden, og kompakte tak bør i utgangspunktet være mer holdbare. Målet med denne diskusjonen i oppgaven er ikke å oppnå en felles enighet om hvilken taktype som er mest motstandsdyktig.

Selv om skrå tak skulle være å foretrekke, ville det vært en omfattende renovasjon å endre fra flatt til skrått tak på eksisterende bygninger, noe som kanskje ikke ville være gjennomførbart i mange tilfeller. Diskusjonen er derfor ment for å belyse både positive og negative sider ved hver av taktypene, snarere enn å måtte velge en av dem.

Som konkludert av [Twohig et al. \(2022\)](#) i deres forskning om grønne takflater, vil det kreve betydelige tiltak før det kan ha en merkbar effekt på potensielle flomhendelser. Selv om 100% av takarealene var grønne, vil dette bare redusere flomdybden med 13%. Det er vanskelig å forestille seg en verden der alle tak er grønne akkurat nå. I tillegg kommer det flere uttalelser fra intervjuene der bygningsfysikere mener at implementering av grønne tak har gått på bekostning av takkonstruksjonenes robusthet. Dette reiser spørsmålet om det er verdt å risikere takkonstruksjonens robusthet for et tiltak som må være svært utbredt før det har noen betydelig virkning. Én enkelt grønn takflate vil ikke ha noen effekt på flomdybden, men samtidig må man begynne et sted.

Yttervegg

Resultatene fra både litteraturstudiet og intervjuene viser stor grad av sammenfall av hensiktsmessige tiltak og gode prinsipper for å sikre en motstandsdyktig kledning. Selv om de to informasjonskildene kan ta opp noen forskjellige aspekter, er det ingen motstridende synspunkter om de samme temaene. Både litteraturstudiet og intervjuene understreker viktigheten av totrinns-tetting og god luftsirkulasjon for å sikre en robust kledning. Det blir også påpekt at installering av fuktstyringssystemer eller alarmer kan være et tiltak for å ha kontroll på fuktnivået, og avdekke en fuktskade i tidlig fase. Videre fremheves det at impregnert trevirke kan være nødvendig i områder med stor fuktbelastning. Begge kildene understreker også betydningen av overflatebehandling av trevirket, enten gjennom maling eller beis.

Ved valg av kledning, er det viktig at den er robust og motstandsdyktig, men også at den er egnet for bruken og klimaet den skal eksponeres for. Faktorer som design, pris, funksjonalitet, tilgjengelighet og kompatibilitet spiller alle også en rolle i beslutningsprosessen. Det kan være nødvendig å sette krav til klassifisering og bruk av materialene for å sikre at de passer til det tiltenkte formålet. For høyere bygg, som for eksempel syv eller åtte etasjers boligblokker, er det ikke hensiktsmessig å bruke trekledning på grunn av vedlikeholdsutfordringer. Mens trekledning kan være passende for eneboliger der man kan ta seg av vedlikeholdet jevnlig, kan det være mindre egnet for fleretasjers boligblokker der beboerne kanskje ikke er like dedikerte til vedlikehold. Nå som utvendige fuktbelastninger har økt og vedlikeholdsintervallene har blitt kortere, er det desto viktigere at vedlikehold gjøres regelmessig. Videre må det også ta hensyn til klimatiske forhold, da ulike typer kledninger kan ha sine egne fordeler og ulemper. For eksempel er tre utsatt for fuktighet og råte, metallplater kan ruste, og betong kan være utsatt for karbonatisering over tid.

Det er utfordrende å fastslå hvilken kledning som er mest motstandsdyktig. Dette har også kommet tydelig frem gjennom intervjuprosessen, hvor intervjuobjektene selv ikke har kunnet gi et klart svar på hva som er den optimale kledningen, eller om det finnes et overlegent bedre alternativ. Vi observerer i dag en bred variasjon i byggestiler og kledningsmaterialer. Dersom én type kledning hadde vært betydelig mer robust enn andre, ville den sannsynligvis vært mer utbredt. Ved utarbeidelsen av kartleggingsmatrisen var det derfor utfordrende å definere motstandsdyktighet basert på kledningstype alene.

Gjennom litteraturstudier og intervjuer har fokuset primært vært rettet mot trekledninger, da dette er en vanlig kledningstype i Norge, spesielt på småhus. Dette fokuset kan ha begrenset forståelsen av andre kledningstyper og deres potensielle egenskaper når det gjelder motstandsdyktighet.

5.2 Hvordan kan motstandsdyktigheten til eksisterende bygninger mot klimaendringer klassifiseres, med fokus på bygningens klimaskall og tilhørende tomt?

Oppgavens videre mål har vært å utvikle en strukturert metode, en kartleggingsmatrise, som systematisk vurderer og klassifiserer ulike kvaliteter ved en bygnings motstandsdyktighet mot klimaendringer. Strukturen til kartleggingsmatrisen skal følge samme struktur som allerede eksisterende matriser, for eksempel matrisen for teknisk tilstand i [Figur 5.1](#) som er hentet fra EN17680:2023 ([Standard Norge, 2023](#)). Den primære hensikten med denne matrisen er tildele bygningen en objektiv rangering basert på deres egenskaper. Gjennom utvikling, utarbeidelse og en gjennomgang, har det endelige resultatet av denne matrisen til hensikt å besvare forskningsspørsmålet. Den endelige kartleggingsmatrisen ligger vedlagt som Vedlegg [B](#).

Table A.2 — Example of criteria for technical performance and performance classes based on technical inspection

Indicator	Class 0	Class 1	Class 2	Class 3
Foundation-load bearing system (Indicator 1)	Stable foundation founded on / to rock (piles). No risk or sign of settling damages. No sign of weakening of the structural system.	Small signs of settlement cracks, but stable	Stable foundation, a few signs of increasing structural damages. Small signs of weakening (spalling, cracks)	Unstable foundation. Signs of structural cracks or high risk of settlements damages. Signs of deflection or corrosion on reinforcement
Windows, exterior doors (Indicator 2)	No damages, only minor wear on windows/doors of new built standard. Good air tightness	Visual impairments, stiff casements/sash. No signs of decay.	Loose / torn gaskets, small air leaks. Defective coating. Standard insulating glass without low-e coating. Partly need for renovation/replacement	Substantial damages, air leakages, loose corner joint, cracks / decay of material, defect hardware, only single glass. Need for replacement.

Figur 5.1: Kartleggingsmatrise for teknisk tilstand hentet fra standard EN17680:2023 ([Standard Norge, 2023](#))

Arbeidet med å utvikle en måte å klassifisere bygninger har støtt på flere utfordringer. Å skape en universell matrise som kan brukes på tvers av alle bygningstyper, uavhengig av form og materiale, har vist seg å være krevende. En universell tilnærming kan føre til generalisering, da matrisen må fokusere på generelle prinsipper og kvaliteter som gjelder for alle bygninger. Dette vil gå på bekostning av detaljnivået og de unike karakteristiske egenskapene til hver enkelt bygning. Ideelt sett bør kartleggingen ta hensyn til den spesifikke typen bygning det gjelder. En enebolig bør for eksempel ikke bli vurdert på samme måte som en stor lagerbygning, da de har ulike formål, funksjoner og dermed ulike krav til motstandsdyktighet mot klimaendringer. Det blir også utfordrende å sammenligne motstandsdyktigheten til forskjellige byggetyper, da de har så markante forskjeller. Det er derfor nødvendig å tilpasse vurderingskriteriene basert på bygningens spesifikke type og formål. Dette vil bidra til å sikre en mer nøyaktig og relevant vurdering av bygningenes motstandsdyktighet.

En til problemstilling, spesielt med bygninger i Norge, er forskjellen i klimasoner. Som tidligere nevnt i denne oppgaven, kan ikke byggestilen langs vestkysten være den samme som i innlandet på grunn av forskjeller i klima og fuktbelastninger. Det finnes derfor ikke en universell definisjon av hva som er motstandsdyktig. En bygning anses motstandsdyktig når den er konstruert for å tåle de spesifikke farene og påkjenningene den utsettes for. Derfor vil en motstandsdyktig bygning ha ulike kvaliteter i forskjellige klimasoner. Det er ikke ideelt å kartlegge alle bygninger i Norge på samme vurderingsgrunnlag, gitt de forskjellige klimaforholdene. Kartleggingen bør derfor differensiere mellom hvor utsatt bygningen er for ulike faktorer som nedbørmengder, snøfall, vindeksponering og temperatur. Dette vil bidra til en mer presis vurdering av en bygnings motstandsdyktighet basert på de spesifikke klimaforholdene den befinner seg i.

En mulig løsning er å utvikle flere kartleggingsmatriser, slik at man kan velge den som passer best for den spesifikke bygningstypen eller klimasonen. Da ville det vært mulig å gå mer i dybden på hva som er særegent. Ulempen er at flere kartleggingsmatriser kan oppleves uoversiktlig. Metodemessig sett ville det være mer hensiktsmessig å ha én standard matrise å forholde seg til. Den ideelle løsningen kan være å utvikle en metode i form av enten en matrise eller et flytskjema, der man i starten velger enten bygningstype eller klimasone, og deretter følger et definert sett med kriterier videre. Dette vil gi ett felles kartleggingsverktøy å forholde seg til, samtidig som det tar hensyn til de ulike kvalitetene og formålene vi har for bygninger i dag.

5.3 Implikasjoner ved avgrensningene

Siden masteroppgaven er gitt med en tidsbegrensning, ble det helt i starten av arbeidet utarbeidet en tidsplan med gjøremål og milepæler. Hensikten med tidsplanen var å gi en klar oversikt over fremdriften i forhold til den gjenstående tiden. En vanlig feil er å bruke for mye tid på enkelte oppgaver, noe som kan føre til forsinkelser og mindre tid til andre deler av prosjektet. En utfordring med tidsrammen for denne oppgaven har vært å måtte tvinge seg til å gå videre fra en oppgave for å unngå forsinkelser. Dette har den fordelen at man unngår å sitte igjen med mange uferdige oppgaver mot slutten, men det kan også påvirke grundigheten og kvaliteten på det arbeidet som er gjort. Noen ganger tar oppgaver lengre tid enn forventet, og resultatet blir ikke alltid slik man hadde sett for seg.

Ved å begrense litteratursøkene primært til Norge og norske forhold, kan det potensielt føre til at annen relevant litteratur overses. Byggestiler varierer betydelig globalt, og det er sannsynlig at flere regioner enn Norge og Nord-Skandinavia vil oppleve økende nedbør og temperaturer, med påfølgende økning i forekomsten av fuktighet og råteskader i bygninger. Å utvide søkeområdet muliggjør inkludering av litteratur fra andre verdensdeler som opplever lignende klimatiske påvirkninger som Norge.

Hvilke klimatilpasningstiltak og renovasjonstiltak som skal gjennomføres, og hva som er mest effektivt mot klimaendringer, bør ikke bare bestemmes ut fra motstandsdyktighet og de oppnådde kvalitetene. Flere aspekter må tas i betraktning i beslutningsprosessen, inkludert nytte-kostnadsanalyse, livsløpsanalyse og levetidskostnader. Å vurdere klimatilpasningstiltak utelukkende basert på robusthet og motstandsdyktighet kan gi et feilaktig inntrykk av hva som faktisk er lønnsomt på lang sikt. For eksempel kan det virke fornuftig å skifte ut hele ytterveggen og bruke masse byggematerialer på det, men er ikke sikkert det er like lønnsomt hverken økonomisk eller bærekraftig. Mindre omfattende tiltak kan også utgjøre en betydelig forskjell. Selv om målet er å bygge klimaresistente bygninger, må vi huske at bygninger i seg selv bidrar til klimagassutslipp gjennom hele sin livssyklus. Det er viktig å unngå at tiltakene vi iverksetter for å forbedre motstandsdyktigheten skaper en ond sirkel med økte utslipp.

6 Konklusjon

Masteroppgaven har hatt som formål å undersøke hvordan en kan øke motstandsdyktigheten til eksisterende bygninger mot klimaendringer og naturpåkjenninger, med fokus på bygningens klimaskall og tilhørende tomt. Det har blitt gjort en evaluering av vurderingsparametere og tiltak, samt blitt utviklet en metode for å klassifisere bygninger basert på hvilken grad de har motstandsevne mot klimapåkjenninger. For å oppnå dette har det blitt undersøkt hvilke kvaliteter som er essensielle for et motstandsdyktig bygg, samt identifisere sårbarhetene som reduserer motstandsdyktigheten. Forskningsmetodene som er blitt brukt for å besvare problemstillingen er litteraturstudie av eksisterende litteratur, intervjuer av eksperter og fagfolk innen fagfeltet, og casestudie.

Flom, skred, økt nedbør og temperatur, samt økt havnivå, er hendelser som utgjør en trussel mot bygninger. Det bygde miljøet har en forventet levetid på omtrent 60 til over 100 år, og en må derfor forvente at i løpet av deres levetid så er det nødvendig på et tidspunkt å utføre tiltak slik at skadeomfanget av disse truslene reduseres. 80 % av eksisterende bygg vil bestå etter 2050, dette gjør at betydningen av å se på eksisterende bygg og deres motstandsdyktighet mot klimaendringer, er større enn til ubygget bebyggelse.

Ved å studere statistikk av bygningsskader, så har det blitt avdekket at vanninntrenging utenfra utgjør den største kostnadsposten når det gjelder skader på bygninger, og er derfor den største trusselen. Dette innebærer vanninntrenging gjennom klimaskallet. Derfor er det rimelig å anta at de viktigste tiltakene for å øke motstandsdyktigheten til eksisterende bygninger mot klimaendringer vil være relatert til nedbør og hvordan man oppnår en mer vanntett konstruksjon. En vanntett konstruksjon er i sin tur avhengig av robuste yttertak, yttervegger og grunnmur. Selv om en vanntett konstruksjon er kjempefint for å hindre vanninntrengelse, så er det ikke alltid at det løser et annet fuktproblem - råtedannelse. Innen 2100 vil hele 2,4 millioner av dagens eksisterende bygninger befinne seg i et klima med høy risiko for råtedannelse. Dette utgjør en betydelig økning sammenlignet med dagens situasjon, der 615 000 bygninger allerede er lokalisert i slike klimaforhold. Så hvordan en bygger en konstruksjon som både er vanntett og robust mot råtedannelse er helt essensielt for bygninger som skal stå i et fremtidig klima i Norge.

Resultatene fra oppgaven har som hensikt å belyse hvordan en oppnår et robust klimaskall. De mest essensielle prinsippene som er verdt å trekke frem er viktigheten av beslagsløsninger, og takutstikk/overheng over sårbare overganger. Hovedpoenget er å redusere antall muligheter vannet har å trenge inn i konstruksjonen, så det å ha gode overlapper og få skjøter er også viktig. I tillegg, noe som ikke kommer så overraskende, er god drenering. Dette gjelder både fra yttertak og yttervegger. Dette oppnår man ved gode avrenningssystemet som takrenner med høy kapasitet, nedløpsrør og sluk. For å unngå råtedannelse er de viktigste prinsippene ventilasjon og uttørkningsevne. Dette oppnår

man ved tottrinns-tetting og gode luftemuligheter ved overganger. I tillegg har vedlikehold og overflatebehandling en viktig betydning for forebygge av råtedannelse.

En effektiv overvannshåndtering er helt essensielt for å unngå vanninntrenging videre inn i bygningen. En vellykket overvannshåndtering på bygningstomten kommer først og fremst av tilstrekkelig fall vekk fra bygningen. Det er viktig at høyereliggende terreng rundt bygningen ikke fører vannet mot bygningen, dette kan unngås ved å ha avskjærende grøfter eller dreneringsveier. I tillegg er det nødvendig å planlegge tomteområdet med dominerende bruk av dreneringsmaterialer med god infiltrasjonsevne. Bruk av impermeable overflater er ikke lurt med mindre det er planlagt for gode dreneringssystemer. Samtidig vil bruken av vannfordrøyende tiltak, som for eksempel regnbed og sandfang bidra til å regulere overflatevann. Strategisk plassering av trær og vegetasjon kan også gi flere fordeler.

Etter å ha identifisert kjennetegnene ved en motstandsdyktig bygning, ble kartleggingsmatrisen utarbeidet og ferdigstilt. Den endelige kartleggingsmatrisen er vedlagt som Vedlegg **B**. Bygningscasen i oppgaven illustrerer hvordan kartleggingsmatrisen kan brukes i praksis og dens formål for eksisterende bebyggelse. Selv om barnehagen er et bygg med god standard og konstruksjonsløsninger, ble det avdekket noen sårbarheter og risikoer etter gjennomført analyse.

I diskusjonen pekes det på noen usikkerheter og unøyaktigheter ved kartleggingsmatrisen. Å utvikle en universell matrise som kan anvendes på tvers av alle bygningstyper har vist seg å være utfordrende. En universell tilnærming kan føre til generalisering, ettersom matrisen må fokusere på generelle prinsipper og kvaliteter som gjelder for alle bygninger. Dette kan gå på bekostning av detaljnivået og de unike egenskapene til hver enkelt bygning. Byggestilen varierer dessuten rundt om i landet på grunn av ulike klimasoner, så kartleggingsgrunnlaget for et bygg på vestlandet bør hovedsakelig ikke være det samme som for et bygg på innlandet. Variasjoner i klimasoner og hva som defineres som motstandsdyktig rundt om i landet utgjorde derfor en utfordring under utarbeidelsen av kartleggingsmatrisen.

Etter prosjektoppgaven var det et ønske om å forbedre kartleggingsmatrisen, da den primært baserte seg på resultater fra litteratursøk. Ved å inkludere intervjuer og casestudie, kunne man oppnå et mer omfattende informasjonsgrunnlag. Dette har masteroppgaven lyktes med.

6.1 Veien videre

Et forslag til videre arbeid er å utvide kartleggingsmatrisen slik at den tar hensyn til unike bygningskarakteristikker i de ulike klimasonene og bygningsstilene. En ideell løsning kan være å utvikle en metode i form av enten en matrise eller et flytskjema, der man i starten velger bygningstype eller klimasone, og deretter følger et definert sett med kriterier. Dette vil gi et felles kartleggingsverktøy som samtidig tar hensyn til de ulike kvalitetene og formålene vi har for bygninger i dag.

Det er også viktig å erkjenne at motstandsdyktighet mot klimaendringer innebærer mer enn bare klimaskall og tilhørende tomt. Bygningens eksponering for naturfarer og ekstremvær bør også kartlegges. En kartleggingsmatrise som vurderer den geografiske plasseringen til bygninger og evaluerer risikoer knyttet til lokasjonen, er nødvendig.

Energieffektivitet er også svært relevant i sammenheng med klimaendringer. En kartleggingsmatrise som vurderer energieffektivitet kan være nyttig, da dette også er et ønskelig mål for eksisterende bygninger. Kartleggingsmatrisen som er utviklet i denne oppgaven, sammen med kartlegginger av bygningens eksponering for naturfarer og energieffektivitet, vil gi et helhetlig bilde av viktige aspekter og temaer som må belyses når bygninger skal tåle nye typer klimapåkjenninger i fremtiden.

En nytte-kostnadsanalyse av ulike klimatilpasningstiltak ville også vært svært hensiktsmessig. Som bygningseier kan man få en oversikt over kostnadene ved tiltakene samt deres nytte og effekt for økt motstandsdyktighet. Forsikringsselskaper kan også ha interesse av slike analyser, da de kan anbefale kostnadseffektive tiltak til sine kunder.

Ved implementering av klimatilpasningstiltak på eksisterende bygg er det også relevant å utføre livsløpsanalyser (LCA) og livsløpskostnadsanalyser (LCC) for å vurdere hvilke tiltak som bidrar til bygninger med lange levetider. Å utvikle en dynamisk modell for disse analysene vil gi innsikt i hvordan man kan ivareta allerede investert kapital og redusere miljøfotavtrykket over tid. Dette vil bidra til mer helhetlige beslutninger om klimatilpasningstiltak ved å kombinere tekniske, økonomiske og miljømessige hensyn.

Referanser

- Alfraidi, Y. and Boussabaine, A. H. (2015), ‘Design Resilient Building Strategies in Face of Climate Change’.
- Almås, A.-J. (2013), ‘*Climate adaptation and mitigation in the building sector: towards a sustainable built environment*’. Doktorgradsavhandling. NTNU.
- Amundsen, H. and Dannevig, H. (2021), ‘Looking back and looking forward—adapting to extreme weather events in municipalities in western Norway’, *Regional Environmental Change* **21**(4).
- Andersson-Sköld, Y., Thorsson, S., Rayner, D., Lindberg, F., Janhäll, S., Jonsson, A., Moback, U., Bergman, R. and Granberg, M. (2015), ‘An integrated method for assessing climate-related risks and adaptation alternatives in urban areas’, *Climate Risk Management* **7**, 31–50.
- Arksey, H. and O’Malley, L. (2005), ‘Scoping studies: Towards a methodological framework’, *International Journal of Social Research Methodology: Theory and Practice* **8**(1), 19–32.
- Asphaug, S. (2022), ‘*Moisture performance of thermally insulated basement walls in cold climates*’. Doktorgradsavhandling. NTNU.
- Asphaug, S. K., Andenæs, E., Geving, S., Time, B. and Kvande, T. (2022), ‘Moisture-resilient performance of concrete basement walls – Numerical simulations of the effect of outward drying’, *Building and Environment* **222**.
- Athauda, R. S., Asmone, A. S. and Conejos, S. (2023), ‘Climate Change Impacts on Facade Building Materials: A Qualitative Study’, *Sustainability (Switzerland)* **15**(10).
- Balasbaneh, A. T., Bin Marsono, A. K. and Gohari, A. (2019), ‘Sustainable materials selection based on flood damage assessment for a building using LCA and LCC’, *Journal of Cleaner Production* **222**, 844–855.
- Barrelas, J., Ren, Q. and Pereira, C. (2021), ‘Implications of climate change in the implementation of maintenance planning and use of building inspection systems’, *Journal of Building Engineering* **40**, 102777.
- Basyouni, M. E. (2017), ‘Resilient Buildings: A Path towards Adaptability Climate Change Adaptation Strategies and Interventions for Buildings Resilience’.
- Bjørberg, S., Larssen, A. and Listerud, C. A. (2012), ‘MultiMap - a Tool for Strategic Analysis of Building Portfolios’.

Bjørberg, S. and Salaj, A. T. (2022), 'Development of a new standard for evaluation of sustainable refurbishment'.

Bunkholt, N. S., Gullbrekken, L., Time, B. and Kvande, T. (2021), 'Process induced building defects in Norway - Development and climate risks', **2069**.

Byggforskserien 523.701 (2018), 'Innsetting av vindu i vegger av bindingsverk'. Lest: 28.11.23.

URL: https://www.byggforsk.no/dokument/369/innsetting_av_vindu_i_vegger_av_bindingsverk

Byggforskserien 542.003 (2013), 'Totrinnstetning mot slagregn på fasader. Luftede kledninger og fuger'. Lest: 13.11.23.

URL: https://www.byggforsk.no/dokument/470/totrinnstetning_mot_slagregn_paa_fasader_luftede_kledninger_og_fuger

Curtis, R. and Snow, J. (2017), 'Short Guide - climate change adaptation for traditional buildings'.

Dalland, O. (2012), *Metode og oppgaveskriving*, 5. edn.

DIBK (n.d.a), 'Sjekk dreneringen før huset får skader'. Lest: 24.11.23.

URL: <https://www.dibk.no/smartere-oppussing/raad/tomt-og-drenering>

DIBK (n.d.b), 'Taket er husets regnfrakk'. Lest: 22.11.23.

URL: <https://www.dibk.no/smartere-oppussing/raad/tak>

DIBK (n.d.c), '§ 13-11. Overvann'. Lest: 08.12.23.

URL: <https://www.dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/13/vi/13-11>

Doroszkiewicz, J. and Romanowicz, R. J. (2017), 'Guidelines for the adaptation to floods in changing climate', *Acta Geophysica* **65**(4), 849–861.

Finans Norge (n.d.), 'Natur- og værskader'. Lest: 10.11.23.

URL: <https://www.finansnorge.no/tema/statistikk-og-analyse/forsikring/natur--og-varskader/>

Flyen, C., Almås, A.-J., Hygen, H. O. and Sartori, I. (2010), *Klima- og sårbarhetsanalyse for bygninger i Norge: Utredning som grunnlag for NOU om klimatilpassing*, Research report, SINTEF, NTNU og MET.

URL: <https://www.sintef.no/publikasjoner/publikasjon/1460639/>

Flyen, C., Sofie, Mellegård, E., Bøhlerengen, T., Almås, A.-J., Groven, K. and Aall, C. (2014), *Bygninger og infrastruktur-sårbarhet og tilpasningsevne til klimaendringer*,

Research report, SINTEF, Vestlandforskning.

URL: <https://www.sintef.no/publikasjoner/publikasjon/1233768/>

Grinde, L., Mamen, J., Tajet, H. T. T., Tunheim, K. and Aaboe, S. (2023), *Været i Norge. Klimatologisk månedsoversikt August og sommersesongen 2023*, report, MET.

Grynning, S., Gradeci, K., Gaarder, J. E., Time, B., Lohne, J. and Kvande, T. (2020), ‘Climate adaptation in maintenance operation and management of buildings’, *Buildings* **10**(6).

Grynning, S., Wærnes, E., Kvande, T. and Time, B. (2017), ‘Climate adaptation of buildings through MOM- and upgrading - State of the art and research needs’, *Energy Procedia* **132**, 622–627.

Hanssen-Bauer, I., Førland, E., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J., Sandven, S., Sandø, A., Sorteberg, A. and Ådlandsvik, B. (2015), *Klima i Norge 2100*, report.

URL: <https://klimaservicesenter.no/kss/rapporter/kin2100>

Hauge, Å. L., Flyen, C., Almås, A. J. and Ebeltoft, M. (2017), *Klimatilpasning av bygninger og infrastruktur – samfunnsmessige barrierer og drivere*, Research report.

URL: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/handle/11250/2436195>

Honkonen, T. and Romppanen, S. (2022), ‘Climate change adaptation and green building’.

Jelle, B. P., Sveipe, E., Wegger, E., Gustavsen, A., Grynning, S., Thue, J. V., Time, B. and Lisø, K. R. (2014), ‘Robustness classification of materials, assemblies and buildings’, *Journal of Building Physics* **37**(3), 213–245.

Kalsnes, B., Solheim, A., Sverdrup-Thygeson, K., Dingsør-Dehlin, F., Wasrud, J., Indrevær, K. and Bergbjørn, K. (2021), *Flom og skred – sikringsbehov for eksisterende bebyggelse (FOSS)*, Report. nr. 20/2021.

Kristl, , Senior, C. and Temeljotov Salaj, A. (2020), ‘Key challenges of climate change adaptation in the building sector’, *Urbani Izziv* **31**(1), 101–111.

Lacasse, M. A., Gaur, A. and Moore, T. V. (2020), ‘Durability and Climate Change—Implications for Service Life Prediction and the Maintainability of Buildings’, *Buildings* **10**(3), 53.

Lawrence, D. (2016), *Klimaendring og framtidige flommer i Norge*, Rapport nr.81/2016, NVE.

- Lisø, K. R., Kvande, T. and Time, B. (2017), 'Climate Adaptation Framework for Moisture-resilient Buildings in Norway', *Energy Procedia* **132**, 628–633.
- Lykartsis, A. (2019), '*Resilience of Buildings to Extreme Weather Events*'. Doktorgradsavhandling. University of West London.
- Multiconsult AS (n.d.a), '*MultiMap*'. Lest: 12.11.23.
URL: <https://www.multimap.no/>
- Multiconsult AS (n.d.b), '*SUstainable REfurbishment – SURE*'. Lest: 28.05.24.
URL: <https://www.multiconsult.no/prosjekter/sure-sustainable-refurbishment/>
- Munn, Z., Peters, M. D., Stern, C., Tufanaru, C., McArthur, A. and Aromataris, E. (2018), 'Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach', *BMC Medical Research Methodology* **18**(1).
- NVE (n.d.), '*Om skred*'. Lest: 14.11.23.
URL: <https://www.nve.no/naturfare/laer-om-naturfare/om-skred/>
- Phillipson, M. C., Emmanuel, R. and Baker, P. H. (2016), 'The durability of building materials under a changing climate', *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* **7**(4), 590–599.
- Rambæk, I. (2023), '*Mer regn og bedre regelverk gir andre typer byggskader*'. Lest: 27.11.23.
URL: <https://www.tu.no/artikler/mer-regn-og-bedre-regelverk-gir-andre-typer-byggskader/506127>
- Regjeringen (n.d.), *Klimatilpasning i Norge Regjeringens arbeid med tilpasning til klimaendringene*, Report.
- RIF (2021), *State of the nation. Norges tilstand 2021.*, report.
URL: <https://rif.no/last-ned-rapporten-state-of-the-nation-norges-tilstand-2021/>
- Riksantikvaren (2014), 'Klimaendringer og bevaringsverdige bygninger'.
- Saricioğlu, P. and Ayçam, (2021), 'A framework for the evaluation of buildings in the context of climate change for Turkey', *GRID - Architecture, Planning and Design Journal*.
- Scott, M., Lennon, M. and Kinnane, O. (2022), 'Built Environment Climate Resilience and Adaptation'.
- Seljom, L., Bygballe, L. E., Riis, C., Petkovic, G. and Berg, H. (2021), 'Klimatilpasning

av vårt bygde miljøog utfordringer ved dagens kost-nytteanalyser', *Praktisk økonomi & finans* **37**(1), 63–82.

SINTEF (2016), 'Knappe takutstikk kan også gi god beskyttelse mot regn og vind'. Lest: 29.04.24.

URL: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2016/knappe-takutstikk-kan-ogsaa-gi-god-beskyttelse-mot-/>

SINTEF (2019), 'Oppgradering av verneverdige bygg krever kunnskap'. Lest: 09.10.23.

URL: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2019/oppgradering-av-verneverdige-bygg-krever-kunnskap/>

Stagrum, A. E., Andenæs, E., Kvande, T. and Lohne, J. (2020), 'Climate change adaptation measures for buildings-A scoping review', *Sustainability (Switzerland)* **12**(5).

Standard Norge (2023), 'NS-EN 17680:2023. Bærekraftige byggverk. Evaluering av potensialet for bærekraftig rehabilitering av bygninger.'

URL: <https://online.standard.no/nb/ns-en-17680-2023>

Thorgersen, V. (2019), 'Klimaendringer kan føre til større flommer og skred – Er dagens farekartlegginger gode nok?'. Masteroppgave. NTNU.

Time, B. (2023), *Klima 2050 Report No 46*, Report.

URL: <https://www.sintef.no/en/publications/publication/2159979/>

Tjora, A. (2017), *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*, 3. edn.

Twohig, C., Casali, Y. and Aydin, N. Y. (2022), 'Can green roofs help with stormwater floods? A geospatial planning approach', *Urban Forestry & Urban Greening* **76**, 127724.

UNDRR (n.d.), 'Resilience'. Lest: 19.11.23.

URL: <https://www.undrr.org/terminology/resilience>

Vindegg, M., Klemetsen, M., Julsrud, T. E. and Skjeflo, S. (2023), *CICERO How prepared are Norwegian homeowners to implement climate mitigation measures?*, report.

URL: <https://pub.cicero.oslo.no/cicero-xmlui/handle/11250/3083043>

Wang, Z. (2021), 'Ways to protect existing buildings with low-cost methods to deal with environmental changes', **621**(1).

Vedlegg

Vedleggsoversikt

- Vedlegg **A**: Vitenskapelig artikkel 12 sider
- Vedlegg **B**: Kartleggingsmatrise 4 sider
- Vedlegg **C**: Litteraturoversikt 3 sider
- Vedlegg **D**: Intervjuguide 3 sider
- Vedlegg **E**: Samtykke - Infoskriv 3 sider
- Vedlegg **F**: Kartlegging av Lidarende barnehage 4 sider

Vedlegg A: Vitenskapelig artikkel

Øvstebø, Å.L., Temeljotov Salaj, A., Almås, A.J., & Bjørberg, S. (2024). Resilience of Existing Buildings to Climate Change. *The proceedings of the 23rd EuroFM Research Symposium 2023*, European Facility Management Network, 10-12- June 2024, London, UK.

Resilience of Existing Buildings to Norwegian Climate Stressors

Øvstebø, Å.L.¹, Temeljotov Salaj, A.², Almås, A.J.,³ & Bjørberg, S.⁴

ABSTRACT

Background and aim – The scope of climate change with implications for the environment, health, and economy, makes it one of the most significant societal challenges today. Rapid climate changes can have dramatic consequences for existing buildings that are exposed to climates they were not originally designed for. A functional and reliable built environment is a prerequisite for societal economic growth and development. The aim of the study is to develop an assessment matrix for the building stock and its resilience to climatic conditions. The climate adaptation measures can also contribute to the NS-EN 17680:2023 standard.

Methods / Methodology – A literature review has been conducted, aiming to identify literature addressing climate adaptation measures and characteristics of a resilient building, where the climate in Norway, and its challenges on buildings, have been central. The matrix is formulated based on key findings from the literature review.

Results – Key findings from the literature encompass various measures that can be implemented on existing buildings and areas that require attention to enhance resilience to climate change. Most measures are directed toward managing water-related events, such as heavy rain, water infiltration, rise of sea level and occasional flooding.

Originality – The novelty lies in identification of the assessment elements for climate resilience.

Practical or social implications – By conducting such a condition assessment, FM can classify the building's robustness and suitability to future climate stresses, which makes it easier to implement effective measures on vulnerable building elements.

Type of paper – Research paper (full).

KEYWORDS

Climate change adaptation, condition analysis, existing buildings, FM, KPI, resilience.

INTRODUCTION

The first report from the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), highlighting the importance and consequences of climate change, was issued in 1990. Since that time, climate change has evolved into a global concern, and with each passing year, the imperative to implement measures against climate change becomes more pronounced. The scope of climate change with implications for the environment, health, and economy, makes it one of the most significant challenges humanity faces today. Climate change extends beyond just extreme weather events; it also encompasses gradual changes, such as rising temperatures and increasing sea levels.

In Norway, the anticipated impacts of climate change include warmer and wetter winters, fluctuations between plus and minus degrees during winter season, hotter and drier summers, and a heightened

¹ Master student, Norwegian University of Science and Technology, aadnelo@stud.ntnu.no

² Professor, Norwegian University of Science and Technology, alenka.temeljotov-salaj@ntnu.no

³ Professor, Affiliation, Norwegian University of Science and Technology

⁴ Professor emeritus, Norwegian University of Science and Technology

Vedlegg A: Vitenskapelig artikkel

occurrence of intense rainfall and wind. The consequences of climate change can be profound for existing buildings, emphasizing the critical importance of a functional and reliable built environment for societal economic growth and development (Flyen et al., 2010). Buildings are now exposed to climates which they were not originally designed for (Phillipson et al., 2016). Future buildings in specific regions of the country are expected to face even greater challenges from changing climatic conditions. Particular attention is given to challenges associated with moisture due to the expected increase in precipitation and temperature (Grynning et al., 2017). A weather report from the Meteorological Institute in Norway notes that there was a 45% increase in rainfall nationwide in August 2023 compared to normal levels. The extreme weather event "Hans", contributed to over 100 rainfall records (Grinde et al., 2023), causing devastating flooding and landslides covering large size of areas. A study on sea-level rise in Norway shows that around 110.000 buildings are situated less than 1 meter from current sea level, being under risk of submergence due to rising sea level (Almås & Hygen, 2012). Based on the temperature and precipitation changes, in year 2100, 2.4 million of today's existing buildings in Norway will be situated in a climate zone with a high risk of rot decay (Almås et al, 2011). This is a significant increase compared to the 615.000 buildings located in this climate zone today. Extensive measures on existing buildings and strict regulations on new buildings/infrastructure are essential to prevent large economic losses in the future (ibid). Ingvaldsen (2008) indicated that the cost of repairing process-induced building defects in Norway amounts to 5 % of the annual capital invested in new buildings. Further, defects related to the building envelope constitute 66 % of the process-induced building defects. As much as 71 % of all the defect cases, are caused by moisture (Bunkholt et al, 2021).

Increased attention on climate adaptation in the building sector could therefore also have a significant economic contribution to society (Almås, 2013). The anticipated lifespan of the built environment ranges from 60 to over 100 years. To sustain it and ensure the sustainability of the new built environment, it is imperative to consider the heightened and altered climate stresses that buildings will face in the coming decades. With an estimated 80% of existing buildings still in use after 2050 (SINTEF, 2019), the resilience of existing buildings to climate change is therefore of high importance. In a study from 2018, 84 user guides and web portals dealing with climate adaptation were mapped and analysed. The study indicates that a large share of the guidance material communicates climate adaptation at a general level; the abundance of user guides does not automatically lead to better climate adaptation, and; there is a lack of user guides focusing on practical measures (Hauge et al, 2018). Due to climate variations in Norway, there is a significant difference in the stresses that buildings must endure, depending on their location.

Jones et al. (2021) developed a framework to provide a business decision tool to support pro-active mitigation planning to lower built asset vulnerability and increase resilience to earthquake disaster events. Based on the existing standards, Bjørberg & Salaj (2023) and Salaj et al. (2023) prepared guidelines leading facility managers through sustainable refurbishment standards and rules to make a clear decision about their concrete investments. The tools enable decisions about all three sustainability pillars and better decisions for health, well-being and quality of life. There is a need for a tool that will enable better decisions about resilience of the buildings in extreme situations, which could be connected to the standardized methodology. By evaluating different scenarios, facility managers can get a better understanding of the environmental hazards, risks and possible or needed maintenance improvements. Designing KPIs from the user perspective can become understandable enough for non-professional users and informative for professionals (Bjørberg & Salaj, 2023).

Vedlegg A: Vitenskapelig artikkel

It is important to develop new and improved methods for assessing the risk associated with the potential consequences of changes in local climatic conditions. This will help identify vulnerabilities in existing buildings and find effective climate adaptation measures to increase resilience.

The aim of this paper is therefore to develop a matrix for assessing existing building stock and its resilience to future climatic conditions in Norway, where the key conditions involve increased precipitation combined with rising temperatures, which can lead to new moisture challenges for buildings. The matrix will primarily focus on exterior roofs, exterior walls, foundations, and adjacent building site. The resilience of these building elements is therefore central in this paper. To evaluate the resilience of existing building, it is crucial to establish a standardized analysis method. Furthermore, it is necessary to classify the buildings to facilitate the implementation of effective measures. This matrix will therefore positively contribute to facility management, as property owners, facility managers, maintenance managers, and larger organizations can use it to improve their building stock.

RESEARCH METHODOLOGY AND/OR METHODS

This project is primarily based on findings from a literature search method known as a scoping review. The method aims to examine the literature within a specific theme with the purpose of creating a comprehensive overview of available knowledge. This includes the identification of key concepts and definitions, an evaluation of research methods that have been applied, and an assessment of any knowledge gaps within the chosen theme (Munn et al., 2018). The focus has been particularly directed towards identifying literature that evaluates and discusses specific measures and features of buildings that make them resilient to climatic stressors. This encompasses aspects such as the selection of materials, retrofitting techniques, design solutions, and other key areas related to climate adaptation. Emphasis has also been on finding information about climate conditions in Norway, building adaptation and protection against the most relevant climate stressors in the country.

Exclusion criteria

The purpose of this project is to develop a matrix that can be used to evaluate and classify a building's resilience to climate change, with a focus on building physics. Primarily, the project addresses vulnerabilities and measures associated with a warmer and wetter climate, where one can anticipate increased surface water, as well as moisture and rot damages to buildings. To achieve this scope, articles and topics related to climate adaptation in urban and spatial planning, infrastructure, governance, management, and energy efficiency in buildings were excluded from the project. Only articles published in the last ten years were included. The literature selection was adjusted in line with the aim to focus on the climate adaptation of Norwegian buildings, so publications addressing climate stressors on buildings in regions with different climatic conditions than Norway were therefore excluded.

Identification and selection of literature

To explore a broad spectrum of existing literature, it was decided to conduct comprehensive searches across multiple search engines and databases, so the following search engines were considered: Google Scholar, Oria, Scopus, Web of Science, and Elicit. Through systematic searches using various search strings with keywords, titles were reviewed to find articles related to resilience, measures, climate adaptation, and climate change. The flowchart in Figure 1 provides a visual representation of the search strings, associated keywords, and the results of searches in the search engines.

Vedlegg A: Vitenskapelig artikkel

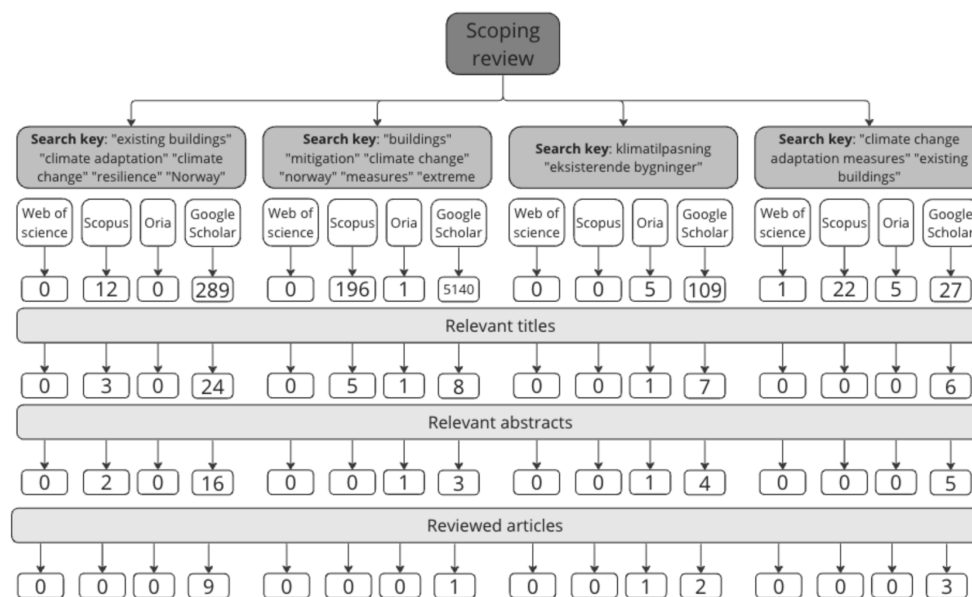


Figure 1 Flowchart of search engine results and literature selection (authors).

The results from Elicit are based on the research questions formulated for the project: i/ How to increase the resilience of existing buildings against climate change?; ii/ What specific measures need to be implemented to make an existing building resilient to natural disasters resulting from climate change?; iii/ How can the resilience of existing buildings be classified concerning climate change, based on the technical qualities of the building and the location of the site. Elicit is unique in its ability to generate an unlimited number of results; hence, specific figures for the total number of results or relevant titles are not provided. Searches in Elicit were conducted in both English and Norwegian to ensure broad coverage of relevant literature and to include potentially unique contributions from both language areas. 9 papers relevant abstracts were identified.

To further refine the search results, the authors conducted a manual selection process in three consecutive stages: i/ selecting the relevant titles; ii/ reviewing the abstracts, and; iii/ an in-depth analysis of the articles, with a comprehensive review and study of the content. If the article contained relevant material in line with the project's research questions, the content was used in the results section of this study. This manual selection process was implemented to ensure that only the most relevant and insightful material was included.

Matrix for assessing resilience to climate change

Weaknesses and vulnerabilities, which should be classified by the matrix, are defined for the building elements, which are exposed to climate change: roof, facades including windows and doors, basement, foundation, and the site where the building are situated. As a basic concept, the matrix from the standard EN-17680:2023 "Sustainable Construction - Evaluation of Sustainable Refurbishment potential" is used. It is established as a support tool to decide if an existing building can be sustainably refurbished (Bjørberg and Salaj, 2023). The standard consists of a methodology for assessing level of condition (an example in Figure 2). The classification is divided in classes of nonconformity: 0, None, 1, Minor or moderate, 2: Essential, and 3: Major or serious.

Vedlegg A: Vitenskapelig artikkel

Table A.2 — Example of criteria for technical performance and performance classes based on technical inspection

Indicator	Class 0	Class 1	Class 2	Class 3
Foundation-load bearing system (Indicator 1)	Stable foundation founded on / to rock (piles). No risk or sign of settling damages. No sign of weakening of the structural system.	Small signs of settlement cracks, but stable	Stable foundation, a few signs of increasing structural damages. Small signs of weakening (spalling, cracks)	Unstable foundation. Signs of structural cracks or high risk of settlements damages. Signs of deflection or corrosion on reinforcement

Figure 2 Example of classification matrix. Ref.: EN 17680:2023

As a part of the study, for the climate resilience matrix, a decision is to examine the 6 indicators (Building envelope; Foundation; Internal Measures; Ground; Surface and External Measures; Layout; and Documentation), which are the most exposed for the climate change:

- Building: Extreme weather conditions (wind load, rain...), Materials and details of the envelope
- Site: Increase of sea level, Flooding, Landslide, Avalanche

RESULTS

This chapter will present the results of the literature review, and the findings addressing the aim of the study will be presented. These findings will be applied and utilized to develop a matrix that can be employed to assess the resilience of existing buildings to climate change.

Findings from the literature

As climate adaptation measures and the resilience of buildings to climate change are dependent on both the building's climate envelope and the surrounding area, they are presented separately. First, the main findings related to the building's envelope, and subsequently, the ones regarding the site, surface area, and solutions beyond the building envelope are presented. The descriptions present challenges and conditions facility managers are coping with in extreme situations.

Increased resilience of the building's envelope

Barrelas et al. (2021) indicate that solar radiation and wind-driven rain directly impact the degradation processes of facade materials. Facades are directly exposed to environmental stresses such as climate and pollution, making them vulnerable to defects that can result in reduced durability. Facade degradation affects quality, user comfort, and maintenance costs. However, it is essential to note the complexity of this context, as certain climate parameters are more relevant for some types of facade materials than others. For instance, extreme wind conditions are more relevant than average wind conditions in designing a facade. The intensity of driving rain may be more critical than the duration of precipitation events for facades with timber. Total ultraviolet radiation may also be more crucial for the lifespan of polymer materials than average annual temperatures.

External roof

Roof covering plays a central role in protecting the roof structure from water ingress and other external influences. The choice of roof covering significantly impacts the resistance of the roof, as the material affects both lifespan and durability. According to Building Acts and Regulations (DIBK, 2023b), roof tiles have a longer lifespan compared to roofing felt. Based on the research on damage cases, comparing

Vedlegg A: Vitenskapelig artikkel

cases in the last four years with those from the period 1993-2002, damage to the building's envelope constitutes 70% of the examined cases from the last four years (SINTEF). Over 30% of the damage cases are associated with flat compact roofs, and 40% are related to roof terraces (Rambæk, 2023). The importance of flashings, and roof overhangs in maintaining resistance to water ingress has been emphasized (Alfraidi and Boussabaine, 2015; Philipson et al., 2016; Barrelas et al., 2021).

At openings in the roof structure, flashings must be implemented to effectively prevent water ingress. To protect transitions from roof to wall, overhangs must be appropriate, helping prevent water infiltration at joints. Since a building generally constitutes a composite structure, transitions between different components are important. Undersized or poorly maintained gutters and downspouts pose a critical vulnerability (Flyen et al., 2014; Curtis and Snow, 2016), so to better manage intense rainfall, the adequate sizing is needed, regular maintenance, or even over-sizing elements with future climate stresses in mind. Flat roofs require special attention, with the need for a moderate slope and an effective drainage system to prevent water accumulation, especially in winter months when snow and ice can often block existing drainage systems. Integrated green roofs can enhance the building's resilience by acting as a measure for water delay and also contribute to a cooling effect (Stagrum et al., 2020).

Outer wall

The ability of materials to resist wind-driven rain and moisture varies, and for existing buildings, maintenance and rehabilitation measures are often crucial to improving their resilience (Barrelas et al., 2021). Alfraidi and Boussabaine (2015) emphasize adaptability of the buildings to meet future regulations and safety requirements, so the design should allow adjustment of building elements. Implementing moisture management system is an appropriate measure to regulate moisture level.

Windows and doors represent a critical point as they break the continuity of the facade. The use of flashings and overhangs are effective measures, helping to prevent water and moisture ingress. Placing a window deep into the insulation layer results in reduced cold bridge values, contributing to improved energy efficiency and indoor climate. Simultaneously, the window is better protected from precipitation as it is more sheltered by the facade. This solution introduces challenges related to moisture protection and protection against driving rain, as the installation becomes more complex. It requires careful design of rain and air sealing around the window. Alternatively, if a window is placed further out in the outer wall, the risk of moisture damage to the wall below the window is reduced, and it may be considered more resistant to moisture damage. In flood-prone areas, the use of flood-resistant doors (Scott et al., 2022), preferably positioned above ground level, is an important measure to prevent water ingress. Alternatively, the door frame can be raised (Barrelas et al., 2021).

For buildings exposed to flooding and storm surges, it may be appropriate to use materials such as concrete, vinyl, ceramic tiles, and pressure-treated wood (Alfraidi and Boussabaine, 2015). Constructions with concrete outer walls, load-bearing walls, and floors prove to be more robust against moisture and water ingress compared to timber constructions (Flyen et al., 2014). For timber facades, it is advisable to use treated wood, such as pressure impregnation. Painting or other surface treatments to increase water resistance are also recommended (Barrelas et al., 2021; Scott et al., 2022). In general, The importance of implementing more durable materials is highlighted (Athauda et al., 2023), upgraded weather protection and insulation methods, as well as the development of advanced coatings and other safety measures aimed at minimizing the effects of moisture, UV radiation, and other environmental influences; and use of materials that are more tolerant to moisture and temperature fluctuations (composite materials, highly specialized coatings) or two-step sealing (Byggforsk, 2013).

Vedlegg A: Vitenskapelig artikkel

Foundation

Like outer walls, concrete constructions show greater resistance to moisture and water ingress compared to timber constructions. To prevent water ingress into the foundation, a corrective measure may be to implement drainage sheet or a moisture barrier (Flyen et al., 2014). However, it is essential to note that concrete constructions are significantly heavier than timber, increasing the risk of settlements. Changes in the saturation level of the ground, influenced by significant amounts of water infiltration, can lead to an unstable bearing capacity (Barrelas et al., 2021). A heavier construction will, therefore, be more susceptible to such events. Timber constructions, on the other hand, often have a lower likelihood of experiencing settlements. Nevertheless, it is important to note that through research on the adaptation of wood and existing wooden buildings to climate change, it was found that wooden building materials show a noticeable response to climate change (Stagrum et al., 2020). Alfraidi and Boussabaine (2015), Scott et al (2021)., and Scott et al (2022) mention in their articles that the height and depth of the foundation play a crucial role in the building's resistance to water ingress. A foundation exceeding the predicted flood height will effectively prevent floodwater from penetrating the building. In cases where the foundation is low, and the building is prone to external water ingress, a measure may be to raise the building. Increased resilience can also be achieved through deeper foundations. Lykartsis (2019) has investigated the resilience of buildings to flooding and points out that complete prevention of water ingress or a "watertight construction" is challenging to achieve.

Two main strategies are recommended to improve the resilience of buildings to flooding, and the choice of strategy depends on the predicted flood height the property is exposed to: i/ Water Exclusion Strategy for the predicted flood height below 0.3 m. The goal is to minimize water ingress, so effective building materials include engineering bricks, cement-based materials including water retaining concrete, and dense stones. ii/ Water Ingress Strategy for the predicted flood height over 0.6 m. The goal is to allow water into the building, promote drainage, and then drying. In that situation, the drying characteristics become crucial. It is essential to implement effective ventilation and drainage solutions to enable efficient water drainage without causing damage to the construction. This may involve facilitating drainage by having "holes" in the climate envelope, allowing water to exit easily (Alfraidi and Boussabaine, 2015). This strategy is like the water ingress strategy described by Lykartsis. Alternatively, the use of pumps may also be considered as another solution (Almås, 2013).

Increased resilience of the building's site

One of the most crucial measures to prevent water damage caused by external water ingress is to ensure that nearby surfaces have a slope away from the building, allowing for effective drainage away from the structure (DIBK, 2023a; Flyen et al., 2014). According to TEK17 (DIBK, 2023c), it is specified as an accepted performance standard that ideally, the slope away from the building should be 1:50 over a distance of at least 3 meters, if practically feasible. Implementing permeable surfaces, which increase water infiltration into the ground, constitutes a strategy to minimize the risk of water accumulation. Therefore, it is recommended to plan site areas with good infiltration capacity as a preventive measure against surface water (Alfraidi and Boussabaine, 2015). Observing natural drainage paths on the site is advisable, as water always seeks the lowest point. Subsequently, water-delaying measures can be implemented in these locations (DIBK, 2023a). The use of water-delaying solutions, such as rain beds, also contributes to regulating surface water (Curtis and Snow, 2016). Rising temperature variations, more frequent freeze-thaw cycles in the ground, and increased winter precipitation make it necessary to enhance the resilience of buildings against climate change (Grynning et al., 2020). Surface areas with impermeable materials, such as asphalt and paving stones, prevent water infiltration into the soil. This

Vedlegg A: Vitenskapelig artikkel

may temporarily lead to surface water issues during heavy rainfall. Therefore, careful consideration of drainage systems becomes crucial when large areas with such materials are present around the building (Flyen et al., 2014). Curtis and Snow (2016) have also examined the use of impermeable materials around the building, noting that an increase in moisture levels in the ground, coupled with the use of impermeable materials near buildings, raises the likelihood of moisture-related problems. Furthermore, a rising groundwater level and inadequate drainage can adversely affect foundations and basements. Strategic placement of trees and vegetation around buildings provides several benefits, including improved natural ventilation, protection from wind, and reduced exposure to sunlight (Alfraidi and Boussabaine, 2015; Scott et al., 2022). Additionally, trees and vegetation act as natural preventive measures against erosion during heavy rainfall and floods.

Matrix for assessing resilience to climate change

Utilizing the matrix in Figure 2, a new one is prepared to provide a comprehensive understanding of whether the building is robust against the expected climatic conditions in Norway, characterized by increased precipitation and unpredictable weather patterns.

Table 1 Presentation of the Matrix for assessment of resilience to climate impacts on existing buildings, for the Roof indicator (authors).

ASSESSMENT OF RESILIENCE TO CLIMATE IMPACTS ON EXISTING BUILDINGS				
The assessment will address the key evaluation parameters regarding resilience to current and future climate stressors. The stresses on Norwegian buildings are primarily related to water and moisture damage resulting from heavy rainfall, increased temperatures, and water infiltration. This assessment will focus on the building's technical qualities, its envelope, and solutions adjacent to the building.				
Evaluation parameters	State of condition 0	State of condition 1	State of condition 2	State of condition 3
BUILDING ENVELOPE				
EXTERIOR ROOF				
Roofing Includes roofing materials, fasteners, overhangs, flashing and orientation.	The roofing is additionally secured in wind-exposed areas, and there are no indications of degradation. Overhangs and flashings are appropriately dimensioned to protect vulnerable areas. The orientation of the roof is gentle to prevailing wind conditions, heavy rainfall, and solar exposure. Roof is well-maintained.	The overhangs and flashings are intact but not oversized. The construction is somewhat vulnerable to heavy rainfall.	Lack of maintenance makes the construction highly vulnerable to water infiltration. Overhangs and flashings have undergone significant wear or dents and do not provide optimal protection.	Overhangs and flashings are absent, and the construction is extremely vulnerable to weather exposure. This level requires extensive upgrades.
Drainage Includes gutters, downspouts, drains, biological growth, flat roofs, and winter precipitation.	Gutters and downspouts are oversized, ensuring good drainage. No signs of blockage, and downspouts effectively divert water away from the building. Good maintenance routines are upheld. For flat roofs, slight slopes are implemented to aid in efficient drainage and prevent water accumulation. An adequate number of drains are installed.	The gutters and downspouts function effectively but may have potentially low capacity during intense rainfall events. There are minor signs of damage to gutters and downspouts, and minor biological growth, but the drainage is still sufficient. The number of drains may not be sufficient.	The gutters and downspouts exhibit evident damages and leaks, resulting unnecessary water exposure on the building facade. There is extensive biological growth and blockage, and maintenance is lacking. Replacement is necessary in certain areas.	The gutters and downspouts are not functioning, resulting in poor drainage and significant damage. There is a need for comprehensive replacement, clear signs and observations of water accumulation on the roof.
Technical Details Include insulation, moisture protection, ventilation.	No damages are visible, and the building is well-designed and executed. Moisture protection is effective. There are adequate ventilation options for the roofing.	There are some signs of wear and degradation of the roofing. The air circulation is maintained, but attention is needed on moisture protection details.	Some damages to the moisture protection are visible, and there are signs of moisture defects. Lack of ventilation.	Clear damages to the roof structure and severe moisture damage are visible. There is a significant need for replacements.

The matrix is built on assessment parameters derived from literature studies on climate adaptation measures and potential issues related to increased humidity and precipitation. Through an evaluation of these parameters, one can analyse the most critical aspects and elements in a building related to

Vedlegg A: Vitenskapelig artikkel

climate stressors. This provides insight of key parameters for assessing the building's resilience (Table 1). The table contains the descriptions only for the roof element. After conducting a comprehensive assessment of resilience using the matrix, the building will be assigned an overall condition grade based on assessment parameters. This condition grade reflects the building's general ability to handle future climate changes. Simultaneously, it provides valuable insights into specific vulnerabilities, simplifying the implementation of targeted measures to reduce these vulnerabilities.

Definition of state of condition

A deliberate choice has been made to develop a scale with four condition grades, ranging from 0 to 3. This scale corresponds to the existing matrices, contributing to clarity and reducing the possibility of misunderstandings. A harmonized approach also makes it easier to transfer the condition grade to other mapping areas. The importance of having clear differences between condition states is emphasized. Clear and distinct differences between 0 and 1, as well as 1 and 2, are desirable. Introducing too many states could make the boundaries between each state less clear. The concept behind the condition grades is simple: 0 represents an ideal condition where everything functions optimally, and the building exhibits high resilience to climate change. Level 1 symbolizes somewhat natural wear and tear, but the building still performs well and does not require extensive repairs. It has partial resilience. Levels 0 and 1 can be considered as a green light. Level 2 can be seen as a yellow, indicating the need for attention directed towards rehabilitation and prevention. Damages become more visible, and the building starts to show vulnerability to external climate stressors. Level 3 represents a red light, and immediate action. The building has very low resilience and is extremely vulnerable to external climate stressors.

From findings to the development of criteria

The development of the criteria and condition grades is based on findings from the literature, where measures and aspects of resilient and resistant buildings have been carefully examined. Condition grade 0 therefore represents a synthesis of all the solutions and measures that should be implemented to achieve a building with high resilience. The subsequent condition grades involve a gradually reduced implementation of these measures and solutions. These also include other factors and observations identified as less favourable against climate change. The definition of the different condition grades has also been shaped with inspiration from existing assessment matrices.

DISCUSSION

The aim of the study has been to investigate how to enhance the resilience of existing buildings to climate change and identify specific measures necessary to achieve improved resilience. It has also been desirable to classify the resilience of existing buildings using a matrix. The goal is to contribute to reducing potential damages to existing structures due to weather-related stresses, which are expected to be different in the future than they are today. Matrix is designed, based on the NS-EN 17680:2023 matrix template, using the results from the literature review. That kind of assessment enables facility managers to provide level of better understanding and planning the resilience strategy.

The research strategy involved identifying literature addressing specific measures to improve resilience. This provides insight into the distinct aspects and features of buildings that make them resilient. By understanding which parts of a building are most vulnerable, it becomes clear which areas require extra attention regarding increased climate stresses due to climate change. The results from the conducted literature search, which involved extensive searches in various databases using multiple keywords and

Vedlegg A: Vitenskapelig artikkel

reviewing both academic and non-academic sources, reveal a notable lack of specific climate adaptation measures for existing buildings. This indicates an area that requires further research and attention in the coming years. Among the analysed articles and literature, there is a common theme where many share the same motivation: awareness of climate change and the necessity to adapt current building stock to future climatic stresses. Despite this shared motivation, there are few that delve into specific measures for building construction. Several literatures explore theoretical frameworks and methods related to climate adaptation, evaluate knowledge gaps, conduct literature reviews based on existing research, and analyse barriers and driving forces for climate adaptation. Only a few articles address the aim of the study and present concrete suggestions and methods for specific climate adaptation measures relevant to existing buildings. Although, all findings are included in the results section, it would ideally be desirable to have more research on this topic to support the findings on climate adaptation measures. There have also been findings in the literature that address climate adaptation measures and improvements to consider in the planning of new buildings. Unfortunately, several are not relevant or feasible for existing building stock. It is natural for existing buildings to have certain limitations regarding how intrusive these measures can be.

Implications of Limitations

By restricting literature searches primarily to Norway and its conditions, there is a potential risk of overlooking other relevant literature. Building styles vary significantly globally, and regions beyond Norway and North Scandinavia are likely to experience increased precipitation and temperatures, leading to a rise in humidity and rot damage in buildings. Expanding the search area allows for the inclusion of literature from other parts of the world facing similar climatic conditions as Norway.

CONCLUSIONS

Climate change encompasses not only extreme weather events but also gradual changes such as temperature rise and increased sea levels. In Norway, climate change is expected to bring warmer and wetter winters, hotter and drier summers, along with more frequent and intense rainfall and wind. These changes can have dramatic consequences for existing buildings, exposing them to a climate they were not originally designed for. A functional and reliable built environment is crucial for the economic growth and development of society. To ensure buildings have sufficient resilience against future climate stressors, it is generally crucial to implement more sustainable materials and upgraded methods for weather protection and insulation, minimizing the effects of moisture and other environmental impacts. The importance of building design and construction work must be emphasized.

The objective of this study is to develop a method for assessing existing building stock and its resilience to future climatic conditions in Norway. This assessment will be carried out through a developed matrix. The purpose of this matrix is to highlight climate adaptation measures for vulnerable building elements and identify preventive or reactive measures that can be implemented. The matrix could also serve as a valuable contribution to the recently established standard NS-EN 17680:2023. The assessment tool focused on climate stressors could be used by facility managers to focus and other stakeholders as end-users, policy makers, investors, financial and insurance companies.

It is essential to focus on future climate predictions in the development of building codes and standards that contribute to determining building resilience. The resilience of a building can be mapped based on various assessment parameters. Assessment parameters for outer roofs include roofing, flashing,

Vedlegg A: Vitenskapelig artikkel

overhang, and drainage systems. Adaptability and material choices are crucial to enhance the building's resilience to climate change. For outer walls, the resistance of materials to moisture and maintenance, as well as the cladding's ability to allow air circulation, are considered. Openings such as windows and doors are also vulnerable as they break the facade, requiring attention to these elements. Aspects such as foundation height, foundation depth, permeability, and drying characteristics are also important to strengthen the building's resilience. The choice of vegetation and surfaces on the site is critical for managing surface water, and effective measures include proper slope away from the building, permeable surfaces, and appropriate placement of vegetation.

REFERENCES

- Almås, A.J. (2013). *Climate adaptation and mitigation in the building sector: towards a sustainable built environment*. PhD-thesis, 2013, Norwegian University of Science and Technology (NTNU).
- Almås, A.J., & H.O. Hygen. (2012). Impacts of sea level rise towards 2100 on buildings in Norway. *Building Research and Information* 40:3, 245–259.
- Almås, A.J., Lisø, K.R., Hygen, H.O., Øyen, C.F., & Thue, J.V. (2011). An approach to impact assessments of buildings in a changing climate. *Building Research & Information* 39:3, 227–238.
- Alfraidi, Y., & Boussabaine, A.H. (2015). Design Resilient Building Strategies in Face of Climate Change. *International Journal of Civil, Structural, Construction and Architectural Engineering*, 9:1, 23-28.
- Athauda, R.S., Asmone, A.S., & Conejos, S. (2023). Climate Change Impacts on Facade Building Materials: A Qualitative Study. *Sustainability*, 15, 10. <https://doi.org/10.3390/su15107893>
- Barrelas, J., Ren, Q., & Pereira, C. (2021). Implications of climate change in the implementation of maintenance planning and use of building inspection systems. *Journal of Building Engineering*, 40, 102777. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2021.102777>
- Bjørberg, S., & Temeljotov Salaj, A. (2023). Development of a new standard for evaluation of sustainable refurbishment. *Facilities*, 41:5/6, 372-388. <https://doi.org/10.1108/F-06-2022-0090>
- Bunkholt, N.S., Gullbrekken, L., Time, B.; & Kvande, T. (2021). Process induced building defects in Norway - development and climate risks, *IOP publishing*, doi: 10.1088/1742-6596/2069/1/012040.
- Byggforsk (2018). *Innsetting av vindu i vegger av bindingsverk*. Retrieved from: https://www.byggforsk.no/dokument/369/innsetting_av_vindu_i_vegger_av_bindingsverk
- Byggforsk (2013). *Totrinnetning mot slagregn på fasader. Luftede kledninger og fuger*. Retrieved from: https://www.byggforsk.no/dokument/470/totrinnetning_mot_slagregn_paa_fasader_luftede_kledninger_og_fuger
- Curtis R., & J. Snow. (2016). *Short Guide - climate change adaptation for traditional buildings*. Retrieved from Historic Environment Scotland. <https://www.historicenvironment.scot/archives-and-research/publications/publication/?publicationId=a0138f5b-c173-4e09-818f-a7ac00ad04fb>
- DIBK (2023a). *Sjekk dreneringen før huset får skader*. Retrieved from website: <https://www.dibk.no/smartere-oppussing/raad/tomt-og-drenering>
- DIBK (2023b). *Taket er husets regnfrakk*. Retrieved from website: <https://www.dibk.no/smartere-oppussing/raad/tak>
- DIBK (2023c). § 13-11. Overvann'. Retrieved from website: <https://www.dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/13/vi/13-11>
- Flyen, C., Almås, A.J., Hygen, H.O., & Sartori, I. (2010). *Klima- og sårbarhetsanalyse for bygninger i norge: Utredning som grunnlag for nou om klimatilpassing* (Report No. 3B0325). Retrieved from website: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/handle/11250/2435234>

Vedlegg A: Vitenskapelig artikkel

- Flyen, C., Mellegård, S.E., Bøhlerengen, T., Almås, A.J., Groven, K., & Aall, C. (2014). *Bygninger og infrastruktur-sårbarhet og tilpasningsevne til klimaendringer*. www.sintefbok.no.
- Hauge, Å.L., Almås, A.J., Flyen, C., Stoknes, P.E., Lohne, J. (2017). User guides for the climate adaptation of buildings and infrastructure in Norway – Characteristics and impact. *Climate Services*, 6, 23-33.
- Grinde, L., Mamen, J., Tajet, H.T.T., Tunheim, K. & Aaboe, S. (2023). *Været i Norge. Klimatologisk månedsoversikt August og sommersesongen 2023*. Meteorologisk Institutt.
- Grynning, S., Gradeci, K., Gaarder, J.E., Time, B., Lohne, J., & Kvande, T. (2020). Climate adaptation in maintenance operation and management of buildings. *Buildings*, 10:6, 107. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS10060107>
- Grynning, S., Wærnes, E., Kvande, T., & Time, B. (2017). Climate adaptation of buildings through MOM-and upgrading - State of the art and research needs. *Energy Procedia*, 132, 622–627. <https://doi.org/10.1016/J.EGYPRO.2017.09.693>
- Ingvaldsen, T. (2008). *Byggskadeomfanget i Norge*. Project report 17/163. SINTEF Building and Infrastructure, Oslo, Norway.
- Jones, K.G., Morga, M., Wanigarathna, N., Pascale, F., & Meslem, A. (2021) Improving the resilience of existing built assets to earthquake induced liquefaction disaster events. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 19:4145–4169. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00979-w>
- Lykartsis, A. (2019). *Resilience of Buildings to Extreme Weather Events*. Retrieved from University of West London. <https://repository.uwl.ac.uk/id/eprint/6607>
- Munn, Z., Peters, M. D.J., Stern, C., Tufanaru, C., McArthur, A., & Aromataris, E. (2018). Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. *BMC Medical Research Methodology*, 18:1. <https://doi.org/10.1186/s12874-018-0611-x>
- Phillipson, M.C., Emmanuel, R., & Baker, P.H. (2016). The durability of building materials under a changing climate. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 7:4, 590–599. <https://doi.org/10.1002/wcc.398>
- Rambæk, I. (2023). *Mer regn og bedre regelverk gir andre typer byggskader*. Retrieved from website: <https://www.tu.no/artikler/mer-regn-og-bedre-regelverk-gir-andre-typer-byggskader/506127>
- Salaj, A.T., Bjørberg, S., Mathisen, C.F., & Akbarinejad, T. (2023). Establishing a new housing cooperative sustainable accounting standard as a tool for increasing the sustainable refurbishment practices. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 1176, 012041. doi:10.1088/1755-1315/1176/1/012041
- Scott, M., Lennon, M., & Kinnane, O. (2022). *Built Environment Climate Resilience and Adaptation*. Retrieved from website: <https://www.researchgate.net/publication/362711958>
- SINTEF (2019). Oppgradering av verneverdige bygg krever kunnskap. Retrieved from website: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2019/oppgradering-av-verneverdige-bygg-krever-kunnskap/>
- Stagrum, A.E., Andenæs, E., Kvande, T., & Lohne, J. (2020). Climate change adaptation measures for buildings-A scoping review. *Sustainability*, 12:5. <https://doi.org/10.3390/su12051721>

Vedlegg B: Kartleggingsmatrise

KARTLEGGING AV MOTSTANDSDYKTHET MOT KLIMAPÅKJENNINGER				
Kartleggingen vil ta for seg de viktigste vurderingsparametere vedvørende motstanddyktighet mot dagens og fremtidens klimapåkjenninger. Påkjenningsene på norske bygninger er i all hovedsak relatert til vann- og fuktskader som følger av slagregn, økt temperatur og vanninntrengelse innefra eller utenfra. Denne kartleggingen vil fokusere på bygningens tekniske kvaliteter, dets klimaskall og løsninger nærliggende bygningen.				
Vurderingsparametere	Tilstandsgrad 0	Tilstandsgrad 1	Tilstandsgrad 2	Tilstandsgrad 3
KLIMASKALL				
YTERTAK				
Taktekning Områter takteking, fester, takutstikk og beslag, orientering, biologiske vekster.	<ul style="list-style-type: none"> Taktekningen er ekstra sikret ved vindutsatte områder, tilpasset det lokale klimaet, og monteringsveileddningen er fulgt. Heledekkende takmembraner som eliminerer behovet for overlappinger, få skjøter. Materialer som passer sammen, evt fra samme leverandør. Lektene og sløyfene er robuste/imprignerte. Takutstikk er dimensjonert hensiktsmessig for å beskytte sårbare områder. Gode oppbretter og beslag, spesielt ved overganger rundt gesims, pipe, møne etc. Orienteringen av taket er skånsom mot rådende vindforhold, slagregn og solpåvirkning. God rutine for drift og ettersyn: taksjekk, takkontroll, kontroll av takrenner og sluk, overvåkingskameraer. Ingen indikasjoner på nedbrytning. 	<ul style="list-style-type: none"> Taktekning tilpasset det lokale klimaet og monteringsveileddningen tilsvarende fulgt. Mange skjøter på takteking. Lektene og sløyfene er robuste. Hensiktsmessig takutstikk. Oppbretter og beslag er inaktive. Taket er noe utsatt for rådende vind og slagregn. Noe manglende drift og ettersyn, men ikke helt fraværende. 	<ul style="list-style-type: none"> Taktekning som viser tegn til store sårbare i lokalt klima. Mange skjøter og overlapper, potensielt mange lekkagepunkter. Manglende beslag/Stort skadeomfang på beslag. Taket er svært utsatt for ytre påkjenninger som sterk vind og slagregn. Fraværende drift og ettersyn. 	<ul style="list-style-type: none"> Taktekning med potensielt stort innnev, og gjentagende observasjon av dårlig utførelse og feil materialbruk. Lekter og sløyfer montert horisontalt ned på vindspærre, potensiell fuktopsamling. Oppbretter og beslag ikke gode nok store avvik rundt skjøter, overganger og evt luftspalte. Fraværende takutsnitt der det kunne vært hensiktsmessig. Begroing av alger og mose. Dette nivået krever omfattende oppgraderinger.
Drenering Områter takrenner, taknedløp, sluk, biologisk vekst, flate tak og vintermedbør.	<ul style="list-style-type: none"> Takrenner og taknedløp er overdimensjonert med god avrenning. God drenering på undertak. Ingen tegn til fortetting, og taknedløp leder vannet effektivt bort fra bygningen, unngår ekstra vanneksponering på fasaden. Gode vedlikeholdsrutiner opprettholdes. Flate tak: <ul style="list-style-type: none"> Tilstrøkelig fall mot sluk, helst så mye som mulig, men minst 1:40. Nedsenkende renner og innvendig nedløp. Tilstrøkelig antall sluker er installert, og dreneringsløsninger fungerer selv med isbelegg/snø ved vintermedbør. Løsning som ikke gir vanntrykk ved på taket, men tillater lagring av vann. Synlig overløp slik at det blir tydelig når det har oppstått vannakkumulasjon på taket. 	<ul style="list-style-type: none"> Takrenner og taknedløp fungerer effektivt, men har potensielt lav kapasitet under intense nedbørshendelser. Det er små tegn til skader på renner og nedløp, og det er små biologiske vekster, men avrenningen er fortsatt tilstrøkelig. Noen tegn til manglende vedlikehold. Det er små tegn til lekkasjer fra renner og nedløp. Flate tak: <ul style="list-style-type: none"> Tilstrøkelig fall mot sluk. Antallet sluker er kanskje ikke tilstrøkelig. Ekisterende overløp, men kunne vært mer synlig. 	<ul style="list-style-type: none"> Takrenner og taknedløp viser tydelige skader og lekkasjer. Det er omfattende biologisk vekst og fortetting av renner. Fraværende vedlikehold. Utsifting er nødvendig i enkelte områder. Flate tak: <ul style="list-style-type: none"> Dårlig avrenning på tak. Sluk ligger høyere enn falltet på taket. Stor fare for vedvarende vanntrykk. Ingen synlige overløp. 	<ul style="list-style-type: none"> Takrenner og nedløp fungerer ikke som de skal på grunn av fortetting, biologisk vekst og dårlig løsninger. Fraværende vedlikehold og ettersyn. Dårlig utførelse. Det er behov for en helhetlig utsifting. Det er tydelige spor og observasjoner av vannopsamling på taket. Store isdannelse er observert på vinterstid. Flate tak: <ul style="list-style-type: none"> Dårlig avrenning på tak, manglende fall mot sluk, og antall sluker. Utvendig nedløp som fryser til is ved vinterstid. Ingen synlige overløp.

Vedlegg B: Kartleggingsmatrise

Tekniske detaljer				
<p>Omfatter primærkonstruksjon, fuktstrøring, lufting.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Komplekse takkonstruksjoner: To-trinns-tetning eller komplakte flate tak. • Undertaket er konstruert for å tåle vann og har riktig fall og vindretting. • Gode detaljer for overgangen mellom tak og vegg. • Alle materialer er teknisk godkjent, og betingelsen for bruk er kjent. • Bruker praksispraktiske løsninger. • Ingen skader er synlige. • Fuktstrøringen er effektiv og hindrer fuktinntrengning i takkonstruksjonen. • Det er tilstrekkelige luftemuligheter for taktekningen, og god uttørkningssevne. • For flate tak med fordrøying: omvendtak, ekstra sikring. 	<ul style="list-style-type: none"> • Undertaket er konstruert for å tåle vann, men noen tegn til dårlig utførelse/nedgradering. • Det er noen tegn til siltasje og nedgradering av takkonstruksjonen. • Materialer som er brukt er teknisk godkjent. • Det er tilstrekkelig luftemuligheter. 	<ul style="list-style-type: none"> • Undertaket har synlige skader og gjentagende observasjoner på dårlig utførelse. • Vindsperran ligger ikke riktig. • Større tegn til siltasje og nedgradering av materialer. • Luftespåter er tilstede, men med manglende størrelse og luftemuligheter. • Dårlig uttørkningssevne. 	<ul style="list-style-type: none"> • Feil utførelse av konstruksjon. Prosjekteringsfeil og arkitektheil. • Tettesjiktet dårlig utført. • Tydelige skader på takkonstruksjonen og alvorlige fuktskader er synlige. • Fuktstrøringen fungerer ikke som den skal, og det er et stort behov for utskiftninger. • Ikke utført riktig fæls, ikke nok overlapp.
YTTERVEGG	<ul style="list-style-type: none"> • Følger prinsippet fra Byggforskeren, gode løsninger med god utførelse. • Kledning som er tilpasset det lokale klimaet, samt utforming/størrelse på bygning. • Vindspørre som tåler at det kommer vann inn bak kledning. • God materialkvalitet. Ikke hurtigvoksende treverk for eksempel. • Trefasader er trykkimpregnet i klimasoner med mye regn, eller med en vannbeskyttende overflatebehandling, som beis, maling og grunning. • Totrimsteking, og god luft sirkulasjonsmuligheter er på plass. God uttørkningssevne. • Gode beslagsløsninger. • Utstyrt med fuktstyringssystemer for å regulere fuktinnværet. • Vann dreneres ut effektivt uten å hindres. • Mørke kledninger er ofte varmere som fremmer bedre uttørkningssevne. • Liggende kledning i områdene der det regner mye, lettere å bytte et liggende trebord, enn et stående. • Har dryppkant på enden av treverket. • Betong, tegl og murfasader er i fin stand, med evt murpuss, eller andre beskyttende belegg. • Ingen skader eller siltasjer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kledningen følger prinsippet fra Byggforskeren, men små tegn til naturlig siltasje og nedgradering. • Materialkvaliteten er akseptabel, men noe bruk av dårlig kvalitet. • Overflatebehandling har vært tilstede, men kan være behov for vedlikehold. • Luft sirkulasjonsmuligheter og uttørkningssevne er intakt. • Beslagsløsninger er tilstede, men mindre effektive. • Vann dreneres ut effektivt. • Betong, murstein og murfasader er i fin stand, med evt murpuss eller andre beskyttende belegg. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kledningen har noen mangler og feil i utførelsen. • Tydelige tegn av siltasje og nedgradering. • Dårlig materialkvalitet flere steder. • Dårlig oppfølging av overflatebehandling som svikter flere steder. • Små luftspåter, for liten plass mellom kledning og beslag. Dårlig luft sirkulasjon. • Manglende beslagsløsninger og lite effektive. • Vann som er kommet bak kledning har ingen effektiv vei ut. • Tegn til fukt- og råteskader. • Små riss og sprekker i betong, tegl og murfasader. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kledningen gir minimal motstand mot klimapåvirkninger, store tegn til siltasje og skader. • Materialbruk er ikke tilstrekkelig værbestandig og dårlig kvalitet. • Hindrer luftstrømming langs hele veggene. • Kledningen ligger for langt ned mot terrenget, spurtregn treffer kledning. • Eksponert endevend, skjøter i trepanelet, sprekker. • Horisontale lekter bak kledningen, som samler vann. • Porøst kledning. • Lav overflatetemperatur på kledning som kan føre til påvekst av alger, sopp og mose.

Vedlegg B: Kartleggingsmatrise

<p>Åpninger og overganger</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Følger produsentens anbefalinger. • Sammenhengende materiale rundt vinduet uten skjøter i hjørnet. Mansjetter. Få skjøter. • Tetningslisster og innfesting av beslag er intakte og gir effektiv beskyttelse mot vanninntrengning ved intens nedbør og vind. • Fugemasse er tildekket med fugeliste. • Gode overheng over vinduer og dører. • Vinduer er plassert å åpne, og det er god mulighet for naturlig ventilasjon. • Vinduer er plassert lenger ut i isolasjonssjiktet for en bedre fuktisolering. • Flomsikre dører, hevet over terrengnivå. • Ingen nedganger/trapper under terrengnivå. 	<ul style="list-style-type: none"> • Det er noen skjøter rundt åpninger, men er ikke så mange eller omfattende. • Tetningslisster og beslag er intakte. • Overheng er tilstede om hensiktsmessig, men kan være mindre effektive. • Overganger fra vinduer og dører til fasaden gir tilstrekkelig beskyttelse. 	<ul style="list-style-type: none"> • Overganger og åpninger har noen avvik og mangler i utførelsen. • Flere skjøter og mange overlappinger som er sårbare. • Tetningslisster og beslag er skadet eller mangler. • Overheng er fraværende der det kunne være hensiktsmessig. • Det er nedganger eller trapper under terrengnivå som er sårbare for vanninntrengning ved overvann. • Eksponerte fugemasser. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alvorlige avvik i utførelse, mange sårbareheter. • Dårlig utforming og innfesting av beslag, problemer med lekkasjer og vannskader. • Overheng fraværende, og generell dårlig beskyttelse mot vær og vind. • Det er nedganger eller trapper under terrengnivå som er sårbare for vanninntrengning ved overvann. • Stor grad av eksponerte fugemasser.
<p>GRUNNMUR OG FUNDAMENT</p> <p>Omfatter materialbruk, høyde på grunnmur, dybde på fundament og andre løsninger</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Grunnmursplater/Drensplater/Platon. Påsmurt membran. Hindrer vanntrykk mot grunnmur. • Plassering av vindu-/rಿಸ്കേpninger, alle vinduer og åpninger er så høyt som mulig. • Sette strøm på grunnmur for å lede vannet bort, EFS system. • Konstruksjonen tåler overvann og flom i en beregnet intensitet (volum og hastighet). • Isolasjon som ikke trekker til seg vann. • Dypt fundament, ned til fjell eller på peiler, sikrer stabilitet. • Grunnmuren er høyere enn predikert flomhøyde. • Materialbruk av betong med lav permeabilitet og vannavstøtende egenskaper. 	<ul style="list-style-type: none"> • Grunnmur har ingen sårbare åpninger. • Grunnmur overstiger terrengnivå og predikert flomhøyde, men med mindre margin. • Vannavstøtende tiltak mangler delvis. Noen reparasjoner kan være nødvendige for å opprettholde robustheten. 	<ul style="list-style-type: none"> • Grunnmur er utsatt for direkte vanntrykk. • Grunnmur har noen sårbare åpninger. • Konstruksjonen kan være noe sårbare ved flomhendelse med høy intensitet. • Fundamentet er ikke dyptgående nok. • Grunnmuren når ikke over predikert flomhøyde. 	<ul style="list-style-type: none"> • Grunnmur er utsatt for direkte vanntrykk over lange perioder. • Grunnmur har flere sårbare åpninger og vinduer lavliggende i terrenget. • Konstruksjonen har dårlig kapasitet mot flomhendelser med høy intensitet og overvann. • Fundamentet er ustabil og ikke tilstrekkelig dyptgående. • Grunnmuren når ikke over terrenghøyde, og det er observert vanninntrengning.
<p>INTERNE FORHOLD</p> <p>Omfatter materialbruk, overvåkingsystemer, elektriske installasjoner, tilbakelegsventiler, og romløsning</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kjeller med et kontrollert utføringsystem. Installert med vifte som fremmer sirkulasjon. • Sensorer som kan overvåke fuktighetsnivå, alarmring og varsling. • Løsninger med robuste materialer som tåler fukt, sånn som flis og andre uorganiske materialer, diffusionsåpne materialer. • Huset ligger med riktig fallforhold til hovedledningen. • Alle elektriske installasjoner er beskyttet mot vanninntrengning, og de er plassert over predikert flomhøyde. • Pumpearlegg er tilgjengelige for å håndtere inntrengende vann. • Fungerende tilbakelegsventiler er installert i alle innvendige sluk som er utsatt for vanninntrengning fra avløpsnett. • Ingen kjeller eller rom er plassert under terrengnivå. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kjeller med vifte som fremmer sirkulasjon. • Løsninger med delvis robuste materialer. • Huset ligger minimalt over fallforhold til hovedledning. • Elektriske installasjoner er delvis utsatt ved vanninntrengning. • Tilbakelegsventiler mangler. • Ingen rom under terrengnivå brukt til personopphold eller lagring av viktige gjenstander. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dårlig sirkulasjon, og fuktig luft innvendig. • Materialer som tåler fukt dårlig er brukt ved utsatte områder. • Hovedledningen ligger noe over huset, som gjør det ekstra utsatt for tilbakeleg fra avløpsnett. • Elektriske installasjoner er utsatt og vil kunne bli skadet ved en flomhendelse. • Tilbakelegsventiler mangler, og det har vært tilfeller med tilbakeleg tidligere. • Rom under terrengnivå brukes til lagring og personopphold, økende sårbarhet. 	<ul style="list-style-type: none"> • Overvannsledningen er underdimensjonert, og huset ligger under hovedledning, dårlig fallforhold. • Elektriske installasjoner er svært utsatt for vanninntrengning. • Gjentatte tilfeller med tilbakeleg fra avløpsnett har forårsaket betydelige skader på grunn av dårlig materialbruk. • Mesteparten av rommene eller oppholdet, samt lagring av gjenstander, foregår under terrengnivå, økende risikoen for omfattende vannskader.

Vedlegg B: Kartleggingsmatrise

GRUNN, OVERFLATE OG EKSTERNE FORHOLD					
<p>Omfatter fall, overflate, vegetasjon, permeabilitet, løsmasser, drenering og vannfordøyende tiltak.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dreneringsmasser, som grus, stein, pukk nærest bygning. • Avskjæringstrøtt/Drensgrøft om huset ligger i en skråning. • Avrenningssystem/flomveier. • Dreneringsrør rundt grunnmur, gjerne i flere nivåer. Må vedlikeholdes. • Volter - om utsatt for flomhendelse • Fordøyningstiltak, som sandfangkum og regnbed. • Plastlanger på takredløp for å få vann lenger bort fra huset. • Terranget rundt bygningen er urørt, preget av stabile løsmasser med god infiltrasjonsevne. • Impermeable overflater er minimalt. • Det er et betydelig fall fra eller langs bygningen, fremmer effektiv avrenning. • Intelligent bruk av trær og annen vegetasjon støtter naturlig ventilasjon, reduserer soleksposering og motvirker erosjon. 	<ul style="list-style-type: none"> • Terranget rundt bygningen er delvis rørt. • Domineres fortsatt av permeable løsmasser med god infiltrasjonsevne. • Noen områder mangler tilstrekkelig fall fra bygningen. • Dreneringsrør er implementert rundt grunnmuren. • Få eller ingen vannfordøyende tiltak. • Drenerende vann fra tak akkumuleres rundt grunnmur. 	<ul style="list-style-type: none"> • Overflatearealiet rundt bygningen hovedsakelig består av impermeable materialer. • Det er ikke tilstrekkelig fall fra bygningen, og vannoppsamling ved bygningsskruksjon har blitt observert ved flere anledninger. • Ingen drenslidninger er implementert/dårlig vedlikehold og tette, og det er begrenset bruk av trær og annen vegetasjon på tomten. • Blomsterbed og andre vekster er plantet helt inntil grunnmur/fasade. • Fordøyningstiltak, avskjæringstrøtter/drensgrøfter er fraværende. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomt er uheldig utformet. • Drenering og infiltrasjonskapasitet i grunnen er svært dårlig. • Det er ingen fall fra bygningen, og gjentatte problemer med vannoppsamling ved bygningen har ført til vanninntrengning og fuktskader. • Manglende vannfordøyende tiltak på tomten, samt fravær av trær og annen vegetasjon. • Nærliggende dreneringsanlegg har dårlig kapasitet for håndtering av overvann. • Blomsterbed og andre vekster er plantet helt inntil grunnmur/fasade. 	
UTFORMING	<p>Omfatter tilgang og tilgjengelighet vedrørende vedlikeholdsrutiner</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Høy første etasje. • Le for rådende vindretning. • Uproblematisk å utføre vedlikehold på de elementene som er avgjørende for å sikre god motstandsdyktighet. • Enkel tilgang og tilgjengelighet gjør det mulig å utføre nødvendige vedlikeholdsoppgaver uten betydelige hindringer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Relativt enkelt å nå og vedlikeholde elementer som er nødvendige for å sikre en tilfredsstillende motstandsdyktighet. Det krever noen innsats, men hindringene er overkommelige. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tilgang til elementer som er kritiske for å opprettholde motstandsdyktighet krever en viss innsats og implementering av omfattende tiltak. Selv om det ikke er uoverkommelig, kan det være behov for ekstra ressurser eller planlegging, 	<ul style="list-style-type: none"> • Svært utfordrende å nå essensielle elementer som krever jevnlig og grundlig vedlikehold for å opprettholde god motstandsdyktighet. Implementering av omfattende og drastiske tiltak og betydelig innsats er nødvendig for å forbedre bygningselementene.
DOKUMENTASJON	<p>Omfatter ROS-analyser, klimadata, FDV-dokumentasjon, samt andre bygningsdokumentasjon er.</p>	<p>Bygningen har omfattende og oppdatert dokumentasjon som dekker alle aspekter ved motstandsdyktighet, som:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lokale værdata, framtids prognoser • FDV-dokumentasjon, vedlikeholdskalender. • Bildedokumentasjon av utførelse, trimvis dokumentasjon. • BIM, digitale modeller av bygning • Bygningsdokumenter med materialbruk, alder, levetid og mengde, hvilke løsninger er blitt bygd, tegninger og snittegninger. • Gode ROS-analyser er tilgjengelige. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dokumentasjonen er tilgjengelig, men mangler kanskje enkelte detaljer. Det er forsatt tilstrekkelig informasjon for å vurdere og forbedre motstandsdyktigheten 	<ul style="list-style-type: none"> • Begrenset dokumentasjon er tilgjengelig. Bygningen har noen dokumenter relatert til motstandsdyktighet, men de kan være utdaterte eller mangelfulle. 	<ul style="list-style-type: none"> • Svært begrenset eller ingen dokumentasjon er tilgjengelig. Det er en manglende forståelse av bygningens motstandsdyktighet mot klimaendringer.

Vedlegg C: Litteraturoversikt

#litterature	Keyword, search string	Search engine	Title	Year	Authors	Relevans for oppgaven	Inkludert i oppgaven
1	1	Google Scholar	Robustness classification of materials, assemblies and buildings	2022	Jelle B, Sveipe E, Wegger E, Gustavsen A, Grynning S, Thue J, Time B, Lisø K		Nei
2	1	Scopus	Key challenges of climate change adaptation in the building sector	2020	Kristl Ž, Senior C, Temeljotov Salaj A	Ser ikke på spesifikke tiltak for å øke motstandsdyktighet. Gir en god oversikt over klimatilpasning mot klimaendringer i myndighet/styringsnivå, urbant nivå og bygningsnivå	Ja - Innledning og bakgrunn
3	1	Google Scholar	Implications of climate change in the implementation of maintenance planning and use of building inspection systems	2021	Barrelas J., Ren Q., Pereira C.	God kilde for hva klimaendring er og hvordan dette har påvirket verden.	Ja - Resultat
4	1	Google Scholar	Guidelines for the adaptation to floods in changing climate	2017	Doroszkiewicz J, Romanowicz R	Ingen spesifikke tiltak til hvordan man kan flomsikre bygninger.	Nei
5	1	Google Scholar	Ethics of Climate Change Adaptation—The Case of Torrential Rains in Norway	2023	Lohne J, Solheim A, Muthanna T, Time B, Hauge Å, Kalsnes B, Lædre O, Kvande T		Nei
6	1	Google Scholar	Environmental Sustainability in Building Design and Construction	2021	Wang X, Ramakrishnan S	Tar for seg energieffektivitet i bygninger og grønne bygninger, den type bærekraft. Energibruk rundt byggematerialer.	Nei
7	1	Google Scholar	Durability and Climate Change—Implications for Service Life Prediction and the Maintainability of Buildings	2020	Lacasse M, Gaur A, Moore T	Går nærmere inn på ulike bygningsmaterialer og beskriver hvordan disse blir påvirket av ulike påkjenninger ved klimaendringer.	Ja - Innledning
8	1	Scopus	Climate change preparedness across sectors of the built environment – A review of literature	2022	Hürlimann A, Nielsen, J., Moosavi, S., Bush, J., Warren-Myers, G., March, A.		Nei
9	1	Google Scholar	Climate Change and Its Impact on the Operation and Maintenance of Buildings	2023	Andrasiunaite R		Nei
10	1	Google Scholar	Climate change adaptation measures for buildings-A scoping review	2020	Stagrum A, Andenæs E, Kvande T, Lohne J	God kilde som tar opp noen spesifikke kvaliteter og tiltak.	Ja - Resultat
11	1	Google Scholar	Climate adaptation of buildings through MOM-and upgrading - State of the art and research needs	2017	Grynning S, Wærnes E, Kvande T, Time B		Ja - Innledning
12	1	Google Scholar	Climate Adaptation Framework for Moisture-resilient Buildings in Norway	2017	Lisø K, Kvande T, Time B		Nei
13	1	Google Scholar	Can green roofs help with stormwater floods? A geospatial planning approach	2022	Twohig C, Casali Y, Aydin N	Ser på virkningen av grønne tak og hvordan dette påvirker flomdybden.	Ja - Resultat
14	1	Google Scholar	Built Environment Climate Resilience and Adaptation	2022	Scott M, Lennon M, Kinnane O	Fremhever noen utformingstiltak for å redusere eksponeringen.	Ja - Resultat
15	1	Google Scholar	An integrated method for assessing climate-related risks and adaptation alternatives in urban areas	2015	Andersson-Sköld Y, Thorsson S, Rayner D, Lindberg F, Janhäll S, Jonsson A, Moberg U, Bergman R, Granberg M	Fokuserer på tiltak ved å redusere hetebølge, flom og forurensing på bynivå.	Nei
16	1	Google Scholar	A framework for the evaluation of buildings in the context of climate change for Turkey	2021	SARICIOĞLU P, AYÇAM I	Relevant i forhold til tema, men går ikke i dybden på det som besvarer forskningspørsmålene til oppgaven, og spesifikke tiltak. Mer fokus på metoder og framework.	Nei
17	1	Google Scholar	Climate adaptation in maintenance operation and management of buildings	2020	Grynning S., Gradedci K., Gaarder J., Time B., Lohne J., Kvande T.		Ja - Resultat
18	2	Google Scholar	MITIGATION AND ADAPTATION APPROACHES TO CLIMATE CHANGE IN URBAN AREAS	2022	Kulekci E., Sezen I., Toy S.	Litteraturoversikt over ulike studier som omhandler klimatilpasning og klimareducerende tiltak på bynivå.	Nei

Vedlegg C: Litteraturoversikt

19	2	Google Scholar	Looking back and looking forward—adapting to extreme weather events in municipalities in western Norway	2021	Amundsen H., Dannevig H.	Fokuserer på by- og arealplanlegging, krisehåndtering og praktiske implikasjoner ved ekstremværhendelser i kommuner. Beskriver ingen spesifikke preventive tiltak mot klimatilpasning, hverken på byplan eller bygningsplan.	Ja - Bakgrunn
20	2	Google Scholar	How prepared are Norwegian homeowners to implement climate mitigation measures?	2023	Vindegg M., Klemetsen M., Julsrud T., Skjeflo S.		Ja - Bakgrunn
21	2	Oria	Klima 2050 Report No 46 Final Report	2023	Time B.	Rapport som omhandler Klima 2050 mål og arbeid.	Ja - Resultat
22	3	Google Scholar	Bygninger og infrastruktur-sårbarhet og tilpasningsevne til klimaendringer	2014	Flyen C., Mellegård E., Bøhlerengen T., Almås A., Groven K., Aall C.	Foreslår mange relevante og nytte klimatilpasningstiltak.	Ja - Resultat
23	3	Google Scholar	Klimatilpasning av vårt bygde miljø og utfordringer ved dagens kost-nytteanalyser	2021	Seljom L., Bygballe L., Riis C., Petkovic G., Berg H.		Nei
24	3	Google Scholar	Kan vi sikre oss mot flom? - En kvalitativ studie av forebyggingsarbeid i norske kommuner	2017	Røsok M.	Tar for seg grønne løsninger, som grønt tak, regnbed, grønne vegger osv.	Nei
25	3	Oria	KLIMATILPASNING AV BYGNINGER OG INFRASTRUKTUR-samfunnsmessige barrierer og drivere	2017	Hauge Å., Flyen C., Almås A., Ebeltoft M.	God kilde på hva klimatilpasning er, klimarelaterte skader, forsikring	Ja - Bakgrunn
26	3	Google Scholar	Verktøy og veiledere for klimatilpasning	2023	Klima 2050		Nei
27	4	Google Scholar	CLIMATE CHANGE ADAPTATION AND GREEN BUILDING	2022	Honkonen T., Romppanen S.		Ja - Bakgrunn
28	4	Google Scholar	Climate Change Impacts on Facade Building Materials: A Qualitative Study	2023	Athauda R., Asmone A., Conejos S.	Implementeringen av mer holdbare materialer, oppgraderte metoder for værbeskyttelse.	Ja - Resultat
29	4	Google Scholar	Design of residential buildings in Switzerland with regard to climate change	2017	Settembrini G., Luzern H., Zakovorotnyi A., Jurt D., Seerig A., Domingo-Irigoyen S., Zweifel G., Heim T., Menti U.	Fokuserer på energiforbruk, varme og nedkjøling ved bygninger mtp klimaendringer i Sveits.	Nei
30	4	Google Scholar	A REVIEW OF CLIMATE CHANGE ADAPTIVE MEASURES IN ARCHITECTURE WITHIN TEMPERATE CLIMATE ZONES	2020	Poulsen M., Lauring M., Brunsgaard C.	Lite relevanse rettet mot problemstilling.	Nei
31	Snøballmetoden		Resilient Buildings: A Path towards Adaptability Climate Change Adaptation Strategies and Interventions for Buildings Resilience	2017	Basyouni M. E	Tilpasningsstrategier for bygninger som er utsatt for økt temperaturer, stormflo og kystklima og flom. Mange spesifikke tiltak.	Ja - Resultat
32	Snøballmetoden		User guides for the climate adaptation of buildings and infrastructure in Norway – Characteristics and impact	2017	Hauge Å., Almås A., Flyen C., Stoknes P., Lohne J.	En oversikt over flere veiledere innen klimatilpasning av bygninger og infrastruktur. Hvilken virkning har disse veilederne.	Nei
33	Snøballmetoden		Towards a resilient perspective in building conservation	2018	Luciani A., Del Curto D.	Svarer ikke på noen temaer som er relatert til forsknings spørsmål. Skriv veldig generelt om	Nei
34	Snøballmetoden		Resilience of robust cost-optimal energy retrofit of buildings to global warming: A multi-stage, multi-objective approach	2017	Ascione F., Bianco N., De Masi R., Mauro G., Vanoli G.	Fokuserer på ombygging med hensikt å få bedre energiforbruk. Svar ikke på relevante forsknings spørsmål.	Nei
35	RQ1	Elicit	Short guide - Climate change adaptation for traditional buildings	2017	Curtis R., Snow J.	Relevant kilde i form av tar opp aspekter og tiltak rundt klimaresistanse.	Ja - Resultat
36	RQ1	Elicit	Design Resilient Building Strategies in Face of Climate Change	2015	Y. Alfraidi, A. Boussabaine	Høy relevanse til forsknings spørsmål. Berører samme tema.	Ja - Resultat
37	RQ1	Elicit	Climate adaptation and mitigation in the building sector: towards a sustainable built	2013	Almås A.J.	Tiltak ved økt havnivå for eksisterende bygninger.	Ja - Bakgrunn
38	RQ2	Elicit	Knowing maintenance vulnerabilities to enhance building resilience	2018	Lam Pham, Ekambaram Palaneeswaran, Rodney Anthony Stewart	Påpeker problemstillinge, men går ikke inn på vedlikeholdstiltak for de aktuelle ekstremvær hendelsene.	Nei
39	RQ2	Elicit	Sustainable materials selection based on flood damage assessment for a building using LCA and LCC	2019	Balasbaneh A. T., Bin Marsono A. K., Gohari A.	Hvilke materialer er mest kostnadseffektiv i flomutsatte områder.	Ja - Bakgrunn

Vedlegg C: Litteraturoversikt

40	RQ2	Elicit	Ways to Protect Existing Buildings with Low-Cost Methods to Deal with Environmental	2021	Zhiyang Wang		Nei
41	RQ2	Elicit	The durability of building materials under a changing climate	2016	M. Phillipson, R. Emmanuel, P. Baker	Ulike bygningsmaterialer og deres svakheter mot klimapåkjenninger.	Ja - Resultat
42	RQ2	Elicit	Resilience of buildings to extreme weather events	2019	Athanasios Lykartsis		Ja - Resultat
43	Anbefalt		Process induced building defects in Norway - development and climate risks	2021	Bunkholt N. S., Gullbrekken L., Time B., Kvande T.	Bygningskader	Ja - Bakgrunn
44	Snøballmetoden		Moisture performance of thermally insulated basement walls in cold climates	2022	Asphaug S.	Ser på robustheten til kjellervegger og uttørkningsevne ved fukteksponering.	Ja - Resultat
45	Snøballmetoden		Moisture-resilient performance of concrete basement walls – Numerical simulations of the effect of outward drying	2022	Asphaug S., Andenæs E., Geving S., Kvande T., Time B.,	Ser på robustheten til kjellervegger og uttørkningsevne ved fukteksponering.	Ja - Resultat
46	Snøballmetoden		Scoping studies: Towards a methodological framework	2005	Arksey H., O'Malley L.	Kilde for forskningsmetode	Ja - Metode
47	Enkeltsøk		Været i Norge. klimatologisk månedsoversikt august og sommersesongen 2023	2023	Grinde, L., Mamen, J., Tajet, H. T. T., Tunheim, K. and Aaboe, S.	Værstatistikk fra MET	Ja - Innledning
48	Enkeltsøk		Klima i Norge 2100	2015	Hanssen-Bauer, I., Førland, E., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J., Sandven, S., Sandø, A., Sorteberg, A.	Rapport oppsummerer FN's 5.klimarapport	Ja - Innledning
49	Snøballmetoden		Flom og skred – sikringsbehov for eksisterende bebyggelse (FOSS)	2021	Kalsnes, B., Solheim, A., Sverdrup-Thygeson, K., Dingsør-Dehlin, F., Wasrud, J., Indrevær, K. and Bergbjørn, K.	Ser på faren rundt flom og skred, men fokuserer på tiltak utenfor bygningstomt.	Ja - Bakgrunn
50	Snøballmetoden		Klimaendring og framtidige flommer i Norge.	2016	Lawrence, D.	Hvordan klimaendringer vil endre vassdrag.	Ja - Bakgrunn
51	Snøballmetoden		Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach.	2018	Munn, Z., Peters, M. D., Stern, C., Tufanaru, C., McArthur, A. and Aromataris, E.		Ja - Metode
52	Enkeltsøk		STATE OF THE NATION	2021	RIF	Vedlikeholdsetterslep og bygningstilstand	Ja - Bakgrunn
53	Enkeltsøk		Klimaendringer kan føre til større flommer og skred – Er dagens farekartlegginger gode nok?	2019	Thorgersen, V.		Ja - Bakgrunn
54	Enkeltsøk		Klimaendringer og bevaringsverdige bygninger	2014	Riksantikvaren	Ser på virkningen av klimaendringer på bevaringsverdige bygninger	Ja - Bakgrunn
55	Anbefalt		Development of a new standard for evaluation of sustainable refurbishment	2022	Bjørberg S., Temeljotov Salaj A.		Ja - Bakgrunn
56	Enkeltsøk		Klima- og sårbarhetsanalyse for bygninger i Norge: Utredning som grunnlag for NOU om klimatilpassing	2010	Flyen C., Almås A.J., Hygen H.O., Sartori I.		Ja - Innledning
57	Anbefalt		MultiMap - a Tool for Strategic Analysis of Building Portfolios	2012	Bjørberg, S., Larssen, A.K., Listerud, Ch. A.		Ja - Bakgrunn

Vedlegg D: Intervjuguide

Intervjuguide

Introduksjon

Studenten studerer Bygg- og miljøteknikk ved NTNU i Trondheim, og skal våren 2024 skrive en masteroppgave i emnet *TBM4900 Bygg- og miljøteknikk, masteroppgave*. Målet er å utarbeide en kartleggingsmatrise som skal anvendes på eksisterende bygninger, der byggets motstandsdyktighet mot klimaendringer blir redegjort og analysert. Oppgaven har følgende problemstilling:

«Hvordan øke motstandsdyktigheten til eksisterende bygninger mot klimaendringer og naturpåkjenninger, med fokus på bygningens klimaskall og tilhørende tomt? En evaluering av vurderingsparametere, tiltak og tilstandsklassifisering.»

Studenten tar kontakt med deg i håp om at din kunnskap og erfaring kan være til nytte i besvarelsen av problemstillingen.

Praktisk informasjon

- Intervjuet vil bli avholdt som et semistrukturert intervju, der du som intervjuobjekt har mulighet til å inkludere relevant informasjon som ikke nødvendigvis er etterspurt.
- Det er ønskelig å ta lydopptak av intervjuet. Dette kan avtales nærmere om intervjuobjektet har egne preferanser.

Introduksjonsspørsmål

1. Hvilken bakgrunn har du?
2. Hvilken erfaring har du innen klimatilpasning av bygninger?
3. Hva tror du blir de største utfordringene knyttet til klimaendringer og eksisterende bygninger?

Hovedspørsmål

Yttertak

4. Er noen taktekninger bedre egnet enn andre når det kommer til robusthet/motstandsdyktighet mot regn (fukt), vind og soleksponering?
5. Er det noen betydelig fordeler/ulempes med skrå/flate tak?
6. Har du tilgang til statistikk som viser hvilke taktekning og takkonstruksjon som opplever størst utfordringer med hensyn til holdbarhet og skader? Gjerne i forbindelse med klimarelaterte årsaker.
7. Hva er de viktigste prinsippene når det kommer til drenering og vannavrenning fra tak?
8. Hva er de viktigste tiltakene for å hindre fuktskader i takkonstruksjonen?

Vedlegg D: Intervjuguide

9. Med tanke på en framtid med økt nedbør, snølast og temperaturer, er det noe i takkonstruksjonen som burde blitt gjort annerledes enn slik det gjøres i dag?
10. Noen andre aspekter ved yttertaket som vil kunne påvirke bygningens motstandsdyktighet mot fremtidige klimapåkjenninger?

Yttervegg

11. Hvilke materialer/kledning er mest robust mot fuktskader/nedbørskader?
12. Hvilke detaljer i utførelse er essensielle for å opprettholde en god motstandsdyktighet mot fuktskader/nedbørskader, spesielt overgangsdetaljer som rundt vindu og dørinnsetninger?
13. Har du tilgang til statistikk som viser hvilke fasadematerialer som opplever størst utfordringer med hensyn til holdbarhet og skader? Gjerne i forbindelse med klimarelaterte årsaker.
14. Hva er viktig å tenke på ved en trebordkledning når det kommer til motstandsdyktighet?
15. Hva er viktig å tenke på ved en betongkledning når det kommer til motstandsdyktighet?
16. Hva er viktig å tenke på ved en murkledning når det kommer til motstandsdyktighet?
17. Hva er viktig å tenke på ved en keramikkledning når det kommer til motstandsdyktighet?
18. Hva er viktig å tenke på ved en glassfasade når det kommer til motstandsdyktighet?
19. Noen spesifikke tiltak/løsninger en kan gjøre for å fremme god motstandsdyktighet ved åpninger (vindu, dører) og overganger?
20. Hvordan kan en yttervegg generelt bli mer motstandsdyktig mot sterk vind, slagregn og flomhendelser?
21. Noen andre aspekter ved ytterveggen som vil kunne påvirke bygningens motstandsdyktighet mot fremtidige klimapåkjenninger og naturfarer?

Grunnmur og fundament

22. Hvilke prinsipper er viktig for å hindre vanninntrenging gjennom grunnmur?
23. Hvilke tiltak kan en utføre på eksisterende bygg som er utsatt for flom og økt havnivå?
24. Hvilken betydning har høyden/dybden på grunnmur og fundament?
25. Noen andre aspekter ved grunnmur og fundament som vil kunne påvirke bygningens motstandsdyktighet mot fremtidige klimapåkjenninger?

Interne forhold

26. Hvilke innvendig tiltak kan være av stor betydning når det kommer til fukt og flomsikring?

Vedlegg D: Intervjuguide

Grunn, overflate og eksterne forhold

27. Hva innebærer en tomt med gode egenskaper for overvannshåndtering?
28. Hvilken rolle har VA i forbindelse med håndtering av overvann, og hvilke løsninger/tiltak er essensielle for god kapasitet og motstandsdyktighet?
29. Hvilke tiltak kan man utføre på tomten for å sikre en bygning mot flom, skred og andre naturpåkjenninger?
30. Noen andre aspekter ved grunn, overflate og eksterne forhold, som vil kunne påvirke bygningens motstandsdyktighet mot fremtidige klimapåkjenninger og naturfarer?

Utforming

31. Er det noen utformingsstrategier som er nødvendige, eller som egner seg godt når en skal legge til rette for en god klimatilpasset bygning?
32. Hvordan oppnår man god tilgjengelighet til bygningselementer?
33. Hva er ideelle prinsipper ved utformingen når det kommer til utførelse av vedlikeholdsrutiner?

Dokumentasjon

34. Noen form for dokumentasjon eller forarbeid som du finner viktig å inkludere i prosessen når en vil øke motstandsdyktigheten til eksisterende bygg?
35. Hvilke kompetansebehov mener du det kreves for å kunne arbeide med klimatilpasning?

Sluttspørsmål

36. Hva er et klimatilpasset bygg for deg?
37. Er det noe du ønsker å legge til, eller andre kommentarer/forslag til hvordan eksisterende bygg kan få økt motstandsdyktighet mot fremtidige klimapåkjenninger?
38. Kan jeg kontakte deg ved en senere anledning om jeg skulle ha behov for ytterligere informasjon?
39. Er det noen dokumenter jeg burde lese, eller personer som du anbefaler jeg tar en prat med som kan styrke min oppgave?

Intervjuer vil være et stort og viktig bidrag til utviklingen av kartleggingsmatrisen. Jeg setter derfor veldig stor pris på din deltagelse og tiden du bruker på dette.

Vedlegg E: Samtykke - infoskriv

Vil du delta i forskningsprosjektet

”eksisterende bygningers motstandsdyktighet mot klimaendringer”?

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å utvikle en matrise for å kartlegge eksisterende bygningsmasse og dets motstandsdyktighet mot fremtidige klimatiske påkjenninger i Norge. I dette skrivet gir jeg deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

Formål

Omfanget av klimaendringene, som har konsekvenser på miljøet, helse og økonomi, gjør at dette er en av de største utfordringene menneskene står ovenfor i dag. Klimaendringer kan skape dramatiske konsekvenser for eksisterende bygninger. Generelt sett forventes fremtidens bygninger i visse deler av landet å bli utsatt for enda større påkjenninger fra det ytre klimaet enn i dag. For å opprettholde levetiden og for å sikre at det nye bygde miljøet er bærekraftig, må vi allerede nå ta hensyn til de økte og endrede klimabelastningene som bygningene vil bli utsatt for de kommende tiårene.

Forskningsspørsmål for denne masteroppgaven er:

- Hvordan øke motstandsdyktigheten til eksisterende bygninger mot klimaendringer?
- Hvordan kan motstandsdyktigheten til eksisterende bygninger klassifiseres mot klimaendringer?

Målet er derfor å utarbeide en matrise som kan anvendes på eksisterende bygninger, og dermed få en tilstandsgrad på hvor motstandsdyktig bygning er mot fremtidige klimapåkjenninger. Dette vil også kunne bidra til å iverksette effektive klimatilpassede tiltak.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Fakultet for ingeniørvitenskap, Institutt for bygg- og miljøteknikker ansvarlig for prosjektet.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

I denne masteroppgaven ønsker jeg å intervju personer som har erfaring med klimatilpasning av bygg, og byggeteknikk. Det kan være fagekspertene som konsulenter/rådgivere og professorer, men også utbyggere, driftsledere, kommuner, forsikringselskaper og huseiere. Målet er å innhente relevant informasjon i utviklingen av kartleggingsmatrisen.

Hva innebærer det for deg å delta?

Jeg ønsker at du stiller på et semi-strukturert intervju, der du har fått intervjuguide på forhånd. Spørsmålene omhandler primært bygningens klimaskall og dets elementer, og hvordan disse kan styrkes mot ytre klimapåkjenninger.

Jeg ønsker å ta lydopptak under intervjuet slik at jeg kan transkribere intervjuet i etterkant og ta nytte av informasjonen på en effektiv måte. Du vil få tilsendt transkriberingen i etterkant til godkjenning. Lydopptaket vil deretter bli slettet.

Vedlegg E: Samtykke - infoskriv

Hvis du velger å delta i prosjektet, så ser jeg for meg at intervjuet kan gjennomføres på 30-60 minutter, avhengig av svar og tidsrom.

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykket tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle dine personopplysninger vil da bli slettet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket.

Det er kun undertegnende og min veileder Alenka Temeljotov Salaj som vil ha tilgang til svarene i intervjuet. I masteroppgaven vil jeg ikke referere til navn og kontaktinformasjon, men intervjuobjekt 1-2-3 osv... .

Hva skjer med personopplysningene dine når forskningsprosjektet avsluttes?

Prosjektet vil etter planen avsluttes 10.06.2024, som er frist for innlevering av masteroppgaven. Etter prosjektslutt vil datamaterialet med dine personopplysninger slettes.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra NTNU har Sikt – Kunnskapssektorens tjenesteleverandør vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Dine rettigheter

Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:

- innsyn i hvilke opplysninger vi behandler om deg, og å få utlevert en kopi av opplysningene
- å få rettet opplysninger om deg som er feil eller misvisende
- å få slettet personopplysninger om deg
- å sende klage til Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å vite mer om eller benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- *NTNU Institutt for bygg- og miljøteknikk* ved Alenka Temeljotov Salaj. Kontaktinfo: alenka.temeljotov-salaj@ntnu.no.
- Vårt personvernombud: Thomas Ørnulf Helgesen. Kontaktinfo: thomas.helgesen@ntnu.no eller telefon 93079038.

Hvis du har spørsmål knyttet til vurderingen som er gjort av personverntjenestene fra Sikt, kan du ta kontakt via:

- Epost: personverntjenester@sikt.no eller telefon: 73 98 40 40.

Vedlegg E: Samtykke - infoskriv

Med vennlig hilsen

Alenka Temeljotov Salaj
Prosjektansvarlig
(Professor/veileder)



Ådne Lund Øvstebø
Student



Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «eksisterende bygningers motstandsdyktighet mot klimaendringer», og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å delta i intervju.
- Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Vedlegg F: Kartlegging av Lidarende barnehage - case

KARTLEGGING AV MOTSTANDSDYKTHET MOT KLIMAPÅKJENNINGER				
Kartleggingen vil ta for seg de viktigste vurderingsparametere vedtørende motstanddyktighet mot dagens og fremtidens klimapåvirkninger. Påkjenningene på norske bygninger er i all hovedsak relatert til vann- og fuktskader som følge av slagregn, økt temperatur og vanninntrengelse innefra eller utenfra. Denne kartleggingen vil fokusere på bygningens tekniske kvaliteter, dets klimaskall og løsninger nærtliggende byggingen.				
Vurderingsparametere	Tilstandsgrad 0	Tilstandsgrad 1	Tilstandsgrad 2	Tilstandsgrad 3
KLIMASKALL				
YTTERTAK				
Taktekning Omfatter taktekening, fester, takutstikk og beslag, orientering, biologiske vekster.	<ul style="list-style-type: none"> Taktekningen er ekstra sikret ved vindutsatte områder, tilpasset det lokale klimaet, og monteringsveileidningen er fulgt. Heidekkende takmembraner som eliminerer behovet for overlappinger, få skjøter. Materialer som passer sammen, evt fra samme leverandør. Lektene og sløvfene er robuste/impregnerte. Takutstikk er dimensjonert hensiktsmessig for å beskytte sårbare områder. Gode oppbretter og beslag, spesielt ved overganger rundt gesims, pipe, møne etc. Orienteringen av taket er skånsom mot rådende vindforhold, slagregn og solpåvirkning. God rutine for drift og ettersyn: taksjekk, takkontroll, kontroll av takrenner og sluk, overvåkingskameraer. Ingen indikasjoner på nedbrytning. 	<ul style="list-style-type: none"> Taktekning tilpasset det lokale klimaet, og monteringsveileidningen tilsvarende fulgt. Noen skjøter på taktekening. Lektene og sløvfene er robuste. Hensiktsmessig takutstikk. Oppbretter og beslag er intakte. Taket er noe utsatt for rådende vind og slagregn. Noe manglende drift og ettersyn, men ikke helt fraværende. 	<ul style="list-style-type: none"> Taktekning som viser tegn til store sårbareheter i lokalt klima. Mange skjøter og overlapper, potensielt mange lekkasjepunkter. Manglende beslag/Stort skadeomfang på beslag. Taket er svært utsatt for ytre påkjenninger som sterk vind og slagregn. Fraværende drift og ettersyn. 	<ul style="list-style-type: none"> Taktekning med potensielt stort inndrev, og gjentagende observasjon av dårlig utførelse og feil materialbruk. Lekter og sløvfes monteret horisontalt ned på vindspærre, potensiell fuktoppsamling. Oppbretter og beslag ikke gode nok, store avvik rundt skjøter, overganger og evt luftespalte. Fraværende takutstikk der det kunne vært hensiktsmessig. Begroing av alger og mose. Dette nivået krever omfattende oppgraderinger.
Drenering Omfatter takrenner, taknedløp, sluk, biologisk vekst, flate tak og vinternedbør.	<ul style="list-style-type: none"> Takrenner og taknedløp er overdimensjonert med god avrenning. God drenering på undertak. Ingen tegn til fortetting, og taknedløp leder vannet effektivt bort fra byggingen, unngår ekstra vannksporing på fasaden. Gode vedlikeholdsrutiner opprettholdes. Flate tak: <ul style="list-style-type: none"> Tilstrøkelig fall mot sluk, helst så mye som mulig, men minst 1:40. Nedsenkende renner og innvendig nedløp. Tilstrøkelig antall sluker er installert, og dreneringsløsninger fungerer selv med isbelegg/smør ved vinternedbør. Løsning som ikke gir vanntrykk ved på taket, men tillater lagring av vann. Synlig overløp slik at det blir tydelig når det har oppstått vannakkumulasjon på taket. 	<ul style="list-style-type: none"> Takrenner og taknedløp fungerer effektivt, men har potensielt lav kapasitet under intense nedbørshendelser. Det er små tegn til skader på renner og nedløp, og det er små biologiske vekster, men avrenningen er fortsatt tilstrøkelig. Noen tegn til manglende vedlikehold. Det er små tegn til lekkasjer fra renner og nedløp. Flate tak: <ul style="list-style-type: none"> Tilstrøkelig fall mot sluk. Antallet sluker er kanskje ikke tilstrøkelig. Eksisterende overløp, men kunne vært mer synlig. 	<ul style="list-style-type: none"> Takrenner og taknedløp viser tydelige skader og lekkasjer. Det er omfattende biologisk vekst og fortetting av renner. Fraværende vedlikehold. Utskifting er nødvendig i enkelte områder. Flate tak: <ul style="list-style-type: none"> Dårlig avrenning på tak. Sluk ligger høyere enn fall på taket. Stor fare for vedvarende vanntrykk. Ingen synlige overløp. 	<ul style="list-style-type: none"> Takrenner og nedløp fungerer ikke som de skal på grunn av fortetting, biologisk vekst og dårlig løsning. Fraværende vedlikehold og ettersyn. Dårlig utførelse. Det er behov for en helhetlig utskifting. Det er tydelige spor og observasjoner av vannoppsamling på taket. Store isdannelse er observert på vinterstid. Flate tak: <ul style="list-style-type: none"> Dårlig avrenning på tak, manglende fall mot sluk, og antall sluker. Utvendig nedløp som fryser til is ved vinterstid. Ingen synlige overløp.

Vedlegg F: Kartlegging av Lidarende barnehage - case

<p>Tekniske detaljer</p> <p>Omrifter primærkonstruksjon, fuktiskring, lufting.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Komplekse takkonstruksjoner: To-trinns-terning eller kompakte flate tak • Underlaget er konstruert for å tåle vann og har riktig fall og vindsetting. • Gode detaljer for overgangen mellom tak og vegg. • Alle materialer er teknisk godkjent, og betingelsen for bruk er kjent. • Bruker preakseptable løsninger. • Ingen skader er synlige. • Fuktiskringen er effektiv og hindrer fuktinntrengning i takkonstruksjonen. • Det er tilstrekkelige luftemuligheter for takteknikken, og god uttørkningsveie. • For flate tak med fordrøyning: omvendtak, ekstra sikring. 	<ul style="list-style-type: none"> • Underlaget er konstruert for å tåle vann, men noen tegn til dårlig utførelse/nedgradering. • Det er noen tegn til siltasje og nedgradering av takkonstruksjonen. • Materialer som er brukt er teknisk godkjent. • Det er tilstrekkelig luftemuligheter. 	<ul style="list-style-type: none"> • Underlaget har synlige skader og gjenfående observasjoner på dårlig utførelse. • Vindsperran ligger ikke riktig. • Større tegn til siltasje og nedgradering av materialer. • Luftespåker er tilstede, men med manglende størrelse og luftemuligheter. • Dårlig uttørkningsveie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Feil utførelse av konstruksjon. Prosjekteringsfeil og arkitektfeil. • Tydelige skader på takkonstruksjonen og alvorlige fuktskader er synlige. • Fuktiskringen fungerer ikke som den skal, og det er et stort behov for utskiftninger. • Ikke utført riktig fells, ikke nok overfapp.
<p>YTERVEGG</p> <p>Kledning</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Følger prinsippene fra Byggforskeren, gode løsninger med god utførelse. • Kledning som er tilpasset det lokale klimaet, samt utforming/størrelse på bygning. • Vindspørre som tåler at det kommer vann inn bak kledning. • God materialkvalitet. Ikke hurtigvoksende treverk for eksempel. • Trefasader er trykkinpregnet i klimasoner med mye regn, eller med en vannbeskyttende overflatebehandling, som beis, maling og grunning. • Torrinnstetting, og god luft sirkulasjonsmuligheter er på plass. God uttørkningsveie. • Gode beslagløsninger. • Utsyrt med fuktstyrsystemer for å regulere fuktinnværet. • Vann dreneres ut effektivt uten å hindres. • Mørke kledninger er ofte varmere som fremmer bedre uttørkningsveie. • Liggende kledning i området der det regner mye, lettere å bytte et liggende trebord, enn et stående. • Har dryppkant på enden av treverket. • Betong, tegl og murfasader er i fin stand, med evt murpuss, eller andre beskyttende belegg. • Ingen skader eller siltasjer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kledningen følger prinsippene fra Byggforskeren, men små tegn til naturlig siltasje og nedgradering. • Materialkvaliteten er akseptabel. • Overflatebehandling har vært tilstede, men kan være behov for vedlikehold. • Luft sirkulasjonsmuligheter og uttørkningsveie er intakt. • Beslagløsninger er tilstede, men mindre effektive. • Vann dreneres ut effektivt. • Betong, murstein og murfasader er i fin stand, med evt murpuss eller andre beskyttende belegg. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kledningen har noen mangler og feil i utførelsen. • Tydelige tegn av siltasje og nedgradering. • Dårlig materialkvalitet flere steder. • Dårlig oppfølging av overflatebehandling som svikter flere steder. • Små luftespåker, for liten plass mellom kledning og beslag. Dårlig luft sirkulasjon. • Manglende beslagløsninger og lite effektive. • Vann som er kommet bak kledning har ingen effektiv vei ut. • Tegl til fukt- og råteskader. • Små riss og sprekker i betong, tegl og murfasader. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kledningen gir minimal motstand mot klimapåvirkninger, store tegn til siltasje og skader. • Materialbruk er ikke tilstrekkelig værbestandig og dårlig kvalitet. • For liten plass mellom beslag og kledning. Hindrer luftstrømning langs hele vegg. • Kledningen ligger for langt ned mot terrenget, spuregn treffer kledning. • Eksponert endevind, skjøter i trepanelet, sprekker. • Horisontale lekter bak kledningen, som samler vann. • Porøst kledning. • Lav overflate temperatur på kledning som kan føre til påvekst av alger, sopp og mose.
<p>Åpninger og overganger</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Følger produsentens anbefalinger. • Sammenhengende materiale rundt vinduet uten skjøter i hjørnet. • Mansjetter. Få skjøter. • Terningssister og innfesting av beslag er intakte og gir effektiv beskyttelse mot vanninntrengning ved intens nedbør og vind. • Fugemasse er tildekket med fugelikt. • Gode overheng over vinduer og dører. • Vinduer er enkle å åpne, og det er god mulighet for naturlig ventilasjon. • Vinduer er plassert lenger ut i isolasjonslaget for en bedre fuktiskring. • Flomsikre dører, hevet over terrengnivå. • Ingen nedganger/trapper under terrengnivå. 	<ul style="list-style-type: none"> • Det er noen skjøter rundt åpninger, men er ikke så mange eller omfattende. • Terningssister og beslag er intakte. • Overheng er tilstede om henholdsvis, men kan være mindre effektive. • Overganger fra vinduer og dører til fasaden gir tilstrekkelig beskyttelse. 	<ul style="list-style-type: none"> • Overganger og åpninger har noen avvik og mangler i utførelsen. • Flere skjøter og mange overlappinger som er sårbare. • Terningssister og beslag er skadet eller mangler. • Overheng er fraværende der det kunne være hensiktsmessig. • Det er nedganger eller trapper under terrengnivå som er sårbare for vanninntrengning ved overvann. • Eksponerte fugemasser. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alvorlige avvik i utførelse, mange sårbareheter. • Dårlig utforming og innfesting av beslag, problemer med lekkasjer og vannskader. • Overheng fraværende, og generell dårlig beskyttelse mot vær og vind. • Det er nedganger eller trapper under terrengnivå som er sårbare for vanninntrengning ved overvann. • Stor grad av eksponerte fugemasser.

Vedlegg F: Kartlegging av Lidarende barnehage - case

GRUNNMUR OG FUNDAMENT	<p>• Grunnmur/splater/Drensplater/Platon. Påsmurt membran. Hindrer vanntrykk mot grunnmur.</p> <p>• Plassering av vindu-/inspånninger, alle vinduer og åpninger er så høyt som mulig.</p> <p>• Strøm på grunnmur for å lede vannet bort, EPS system.</p> <p>• Konstruksjonen tåler overvann og flom i en beregnet intensitet (volum og hastighet).</p> <p>• Isolasjon som ikke trekker til seg vann.</p> <p>• Dypt fundament, ned til fjell eller på peler, sikrer stabilitet.</p> <p>• Grunnmuren er høyere enn predikert flomhøyde.</p> <p>• Materiålbuk av betong med lav permeabilitet og vannavstøtende egenskaper.</p>	<p>• Grunnmur har ingen sårbar åpninger.</p> <p>• Grunnmur overstiger terrengnivå og predikert flomhøyde, men med mindre margin.</p> <p>• Vannavstøtende tiltak mangler delvis. Noen tiltak kan være nødvendige for å opprettholde robustheten.</p>	<p>• Grunnmur er utsatt for direkte vanntrykk.</p> <p>• Grunnmur har noen sårbare åpninger.</p> <p>• Konstruksjonen kan være noe sårbar ved flomhendelse med høy intensitet.</p> <p>• Fundamentet er ikke dyptgående nok.</p> <p>• Grunnmuren når ikke over predikert flomhøyde.</p>	<p>• Grunnmur er utsatt for direkte vanntrykk over lange perioder.</p> <p>• Grunnmur har flere sårbare åpninger og vinduer lavtliggende i terrenget.</p> <p>• Konstruksjonen har dårlig kapasitet mot flomhendelser med høy intensitet og overvann.</p> <p>• Fundamentet er ustabil og ikke tilstrekkelig dyptgående.</p> <p>• Grunnmuren når ikke over terrenghøyde, og det er observert vanninntrengning.</p>
INTERNE FORHOLD	<p>Ornfatter materiålbuk, overvåkningsystemer, elektriske installasjoner, og tilbakeslagsventiler, og romløsning</p>	<p>• Kjeller med vifte som fremmer sirkulasjon.</p> <p>• Løsninger med delvis robuste materialer.</p> <p>• Huset ligger med fallforhold til hovedledning.</p> <p>• Elektriske installasjoner er delvis utsatt ved vanninntrengning.</p> <p>• Tilbakeslagsventiler mangler.</p> <p>• Ingen rom under terrengnivå brukt til personopphold eller lagring av viktige gjenstander.</p>	<p>• Dårlig sirkulasjon, og fuktig luft innvendig.</p> <p>• Materialer som tåler fukt dårlig er brukt ved utsatte områder.</p> <p>• Hovedledningen ligger noe over huset, som gjør det ekstra utsatt for tilbakeslag fra avløpsnett.</p> <p>• Elektriske installasjoner er utsatt og vil kunne bli skadet ved en flomhendelse.</p> <p>• Tilbakeslagsventiler mangler, og det har vært tilfeller med tilbakeslag tidligere.</p> <p>• Rom under terrengnivå brukes til lagring og personopphold, økende sårbarhet.</p>	<p>• Overvannsledningen er underdimensjonert, og huset ligger under hovedledning, dårlig fallforhold.</p> <p>• Elektriske installasjoner er svært utsatt for vanninntrengning.</p> <p>• Gjentatte tilfeller med tilbakeslag fra avløpsnett har forårsaket betydelige skader på grunn av dårlig materiålbuk.</p> <p>• Mesteparten av rommene eller oppholdet, samt lagring av gjenstander, foregår under terrengnivå, økende risikoen for omfattende vannskader.</p>
GRUNN, OVERFLATE OG EKSTERNE FORHOLD	<p>• Ingen kjeller eller rom er plassert under terrengnivå.</p>			

Vedlegg F: Kartlegging av Lidarende barnehage - case

<p>Omfatter fall, overflate, vegetasjon, permeabilitet, løsmasser, drenering og vannfordrøyende tiltak.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dreneringsmasser, som grus, stein, pukk nærest bygning. • Avskjæringsgrøft/Drengroft om huset ligger i en skråning. • Avrenningssystem/flomveier. • Dreneringsrør rundt grunnmur, gjerne i flere nivåer. Må vedlikeholdes. • Volter - om utsatt for flomhendelse • Fordrøyningstiltak, som sandfangkum og regnbed. • Plastslanger på taknedløp for å få vann lenger bort fra huset. • Terrengtet rundt bygningen er urørt, preget av stabile løsmasser med god infiltrasjonsevne. • Impermeable overflater er minimalt. • Det er et betydelig fall fra eller langsbygningen, fremmer effektiv avrenning. • Intelligent bruk av trær og annen vegetasjon støtter naturlig ventilasjon, reduserer soleksponering og motvirker erosjon. 	<ul style="list-style-type: none"> • Terrengtet rundt bygningen er delvis rørt. • Domineres fortsatt av permeable løsmasser med god infiltrasjonsevne. • Noen områder mangler tilstrekkelig fall fra bygningen. • Dreneringsrør er implementert rundt grunnmuren. • Få vannfordrøyende tiltak. • Drenerende vann fra tak ledes ned rundt grunnmur. 	<ul style="list-style-type: none"> • Overflatearealet rundt bygningen hovedsakelig består av impermeable materialer. • Det er ikke tilstrekkelig fall fra bygningen, og vannoppsamling ved bygningskonstruksjon har blitt observert ved flere anledninger. • Ingen dreneledninger er implementert/dårlig vedlikehold og tette, og det er begrenset bruk av trær og annen vegetasjon på tomten. • Blomsterbed og andre vekster er plantet helt inntil grunnmur/fasade. • Fordrøyningstiltak, avskjæringsgrøfter/drengrofter er fraværende. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomt er uheldig utformet. • Drenering og infiltrasjonskapasitet i grunnen er svært dårlig. • Det er ingen fall fra bygningen, og gjentatte problemer med vannoppsamling ved bygningen har ført til vanninntrengning og fuktskader. • Manglende vannfordrøyende tiltak på tomten, samt fravær av trær og annen vegetasjon. • Nærliggende dreneringsanlegg har dårlig kapasitet for håndtering av overvann. • Blomsterbed og andre vekster er plantet helt inntil grunnmur/fasade.
<p>UTFORMING</p> <p>Omfatter tilgang og tilgjengelighet vedrørende vedlikeholdsrutiner</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Høy første etasje. • Le for rådende vindretning. • Uprøblematiske å utføre vedlikehold på de elementene som er avgjørende for å sikre god motstandsdyktighet. • Enkel tilgang og tilgjengelighet gjør det mulig å utføre nødvendige vedlikeholdsoppgaver uten betydelige hindringer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Relativt enkelt å nå og vedlikeholde elementer som er nødvendige for å sikre en tilfredsstillende motstandsdyktighet. Det krever noen innsats, men hindringene er overkommelige. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tilgang til elementer som er kritiske for å opprettholde motstandsdyktighet krever en viss innsats og implementering av omfattede tiltak. Selv om det ikke er uoverkommelig, kan det være behov for ekstra ressurser eller planlegging, 	<ul style="list-style-type: none"> • Svært utfordrende å nå essensielle elementer som krever jevnlig og grundlig vedlikehold for å opprettholde god motstandsdyktighet. Implementering av omfattede og drastiske tiltak og betydelig innsats er nødvendig for å forbedre bygningsselementene.
<p>DOKUMENTASJON</p> <p>Omfatter ROS-analyser, klimadata, FDV-dokumentasjon, samt andre bygningsdokumentasjon er.</p>	<p>Bygningen har omfattede og oppdatert dokumentasjon som dekker alle aspekter ved motstandsdyktighet, som:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lokale værdata, framtidss prognoser • FDV-dokumentasjon, vedlikeholdskalender. • BIM, digitale modeller av bygning • Bygningsdokumenter med materialbruk, alder, levetid og mengde, hvilke løsninger er blitt bygd, tegninger og snittegninger. • Gode ROS-analyser er tilgjengelige. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dokumentasjonen er tilgjengelig, men mangler kanskje enkelte detaljer. Det er fortsatt tilstrekkelig informasjon for å vurdere og forbedre motstandsdyktigheten 	<ul style="list-style-type: none"> • Begrenset dokumentasjon er tilgjengelig. Bygningen har noen dokumenter relatert til motstandsdyktighet, men de kan være utdaterte eller mangelfulle. 	<ul style="list-style-type: none"> • Svært begrenset eller ingen dokumentasjon er tilgjengelig. Det er en manglende forståelse av bygningens motstandsdyktighet mot klimaendringer.

