



Uio • Universitetet i Oslo

# Trondheim Spektrum under vann

– *Samfunnsøkonomiske konsekvenser av flom, stormflo og havstigning.*

Masterprogram i økonomi

30 studiepoeng

Lars Henrik Verde Thon

Økonomisk institutt

Det samfunnsvitenskapelige fakultet

Universitetet i Oslo

7. juni 2020



# Forord:

Oppgavens mål er å presentere samfunnsøkonomiske kostnader ved å ikke tilpasse til økt risiko for oversvømmelser som følge av klimaendringer. Dette gjøres gjennom å analysere kostnadene som kan forekomme når et bygg er plassert på et område utsatt for flere ekstremværhendelser. Dette settes inn i et større perspektiv med diskusjon rundt klimaendringens påvirkning på samfunnet.

Oppgaven analyserer hvordan Trondheim Spektrum i Trondheim kommune kan bli påvirket av flom, stormflo og havstigning. Metoden baseres på en geografisk framstilling med estimeringer av påvirket areal og enhetskostnaden kroner per kvadratmeter. Sentralt i metoden er Trondheim kommunes «aktsomhetskart for flomfare og havstigning», og NVEs «aktsomhetskart for flom». Disse har vært uvurderlige verktøy i analysen.

Denne masteroppgaven er en casestudie med Trondheim kommune i Klima 2050<sup>1</sup> og SINTEF. Klima 2050 er et senter for forskningsbasert innovasjon (SFI). Målet deres er å redusere samfunnsrisiko tilknyttet klimaendringer og oversvømmelse i bebygde områder.

Takk til dere som har hjulpet meg med å utarbeide og forbedre denne oppgaven gjennom tilbakemeldinger og veiledning for det faglige og skriftlige innholdet.

Veileder: Cloé Garnache (Universitetet i Oslo). Biveileder: Eli Sandberg (SINTEF, Klima 2050).

Og andre: Ellen-Birgitte Strømø (Trondheim kommune), Thor Bjørkvoll (SINTEF, Klima 2050), Eivind Lekve Bjelle (SINTEF, Klima 2050), Adrian Tobias Werner (SINTEF, Klima 2050) og Linda Verde.



---

<sup>1</sup> <http://www.klima2050.no/>

# Preface:

The aim of this thesis is to present socioeconomic loss related to not adapting to increased risk of flooding in urban areas due to climate change. This is done through analysing the costs that arise when a building is placed in an area exposed to several extreme weather scenarios. This is put into greater context with discussion on how climate change will affect the society.

The thesis analyses how the sport and concert arena -Trondheim Spektrum can be affected by increased risk of flood, storm surges and sea level rise. The Method is based on a geographical analysis estimating the affected area of various scenarios and unit costs in Norwegian kroner per square meter. Key tools used are Trondheim municipality's flood and sea level projection map and the flood projection map of the Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE). («Trondheim kommunes aktsomhetskart for flomfare og havstigning» & NVE's «aktsomhetskart for flom»)

This thesis is a case study, made in cooperation with the municipality of Trondheim in Klima 2050<sup>2</sup> and SINTEF. Klima 2050 is a Centre for Research-based Innovation (SFI). Their aim is to *“reduce societal risks associated with climate change and enhanced precipitation flood water exposure within the built environment”* [Klima2050.no].

A big thank you to all who have helped me in writing this thesis through feedback and guidance relating to the content and presentation.

Supervisor: Cloé Garnache (University of Oslo). Assistant supervisor: Eli Sandberg (SINTEF, Klima 2050).

Others: Ellen-Birgitte Strømø (The municipality of Trondheim), Thor Bjørkvoll (SINTEF, Klima 2050), Eivind Lekve Bjelle (SINTEF, Klima 2050), Adrina Tobias Werner (SINTEF, Klima 2050) and Linda Verde.



---

<sup>2</sup> <http://www.klima2050.no/>

# Sammendrag

Ved hjelp av aktsomhetskart og skadeberegninger analyseres flomrisiko som følge klimaendringer for Trondheim Spektrum i et hydrologisk og samfunnsøkonomisk perspektiv. Trondheim Spektrum er en arena for sport, næringsliv og kultur, plassert på Øya i Trondheim nær Nidelva. Spektrum sin plassering gjør den utsatt for flom, stormflo og havstigning. Flom og stormflo kan påføre Trondheim Spektrum, Trondheim kommune og Norge generelt store private og samfunnsøkonomiske kostnader. I fremtiden vil havstigning øke effekten av stormflo og flom i elveløpsmunningen.

Covid-19-pandemien har hatt påvirkning på oppgavens analyse. Spektrum har måttet stenge og en planlagt befarings ble avlyst, flere møter og intervjuer har måttet bli gjennomført per telefon. Pandemien har gjort datainnhenting vanskelig.

Hovedinnholdet i oppgaven starter i kapittel 6. Her beskrives metoden som er brukt i analysen. Kapittel 7 presenterer 50-, 100-, 200- og 500-årsflom, og 20-, 200- og 1000-års stormflo med 2017 og 2090 havnivå. Det er deretter gjort en konsekvensanalyse av scenariene som berører Trondheim Spektrum. Konsekvensanalysen er utført ved bruk av aktsomhetskartene og erfaringstall fra andre rapporter og samtaler med bedrifter. Dette gir grunnlaget for beregning av skadekostnadene og den årlige risikokostnaden. Oppgavens sensitivetsanalyse (kapittel 8) legger til grunn en høyere risiko for ekstremvær fremover enn de historiske tallene angir. Resultatene presentert som årlige risikokostnader viser økningen av årlig risikokostnad for de samme scenariene som analysert i kapittel 7. I kapittel 12 beskrives samfunnsøkonomiske konsekvenser ved å ikke klimatilpasse.

Observasjoner viser at klimarelaterte hendelser øker i frekvens og intensitet. Dette øker risikoen for private og samfunnsøkonomiske tap. På lang sikt er det samfunnsøkonomisk lønnsomt å klimatilpasse kommunene.

Historiske tall kan føre til underestimerte framskrivninger av fremtidig klimaendring. Det trengs mer nøyaktige fremskrivningsmodeller. Funnene viser at klimatilpasning burde skje etter lokale forhold, med mer ressursallokering til klimatilpasning fra kommuner og staten. Det er mer lønnsomt å være proaktiv enn reaktiv i klimatilpasningstiltak for å unngå store samfunnsøkonomiske tap i form av personskade, bygningsskade, nedsatt samfunnsfunksjon, nedsatt velferd og tapt tiltro til statens håndteringsevne av et klima i endring. Under en 1000-års stormflo med 2090 havnivå er skadekostnaden tilknyttet Spektrum beregnet til 8 543 381 kr og en årlig risikokostnad på 8 543 kr. Denne hendelsen ga størst total skadekostnad etterfulgt av 500-årsflom som viser 6 405 952 kr med 12 812 kr i årlige risikokostnader. I tillegg følger det kostnader tilknyttet produksjonstap, opprydning og avfukting. Med tanke på havstigning vil flom i elveløp nær munningen og stormflo forekomme oftere og med mer omfattende påvirkningskraft. Det er i slike områder også en liten sannsynlighet for at flom og stormflo forekommer samtidig.

# Summary

This thesis presents socioeconomic loss related to not adapting to increased risk of flooding in urban areas due to climate change. This is done through analysing the costs that arise when a building is placed in an area exposed to several extreme weather scenarios. Projection maps and damage calculations are used to analyse the increased risk of flooding as a consequence of climate changes at the sports and concert arena Trondheim Spektrum, in the perspective of both hydrology and socioeconomics.

Flood, storm surges and sea level rise are three extreme weather phenomena that can increasingly cause Trondheim Spektrum, Trondheim municipality and Norway in general, a lot of damage through private and socioeconomic loss. That is why it is important and socioeconomically profitable to implement climate adaptation measures.

The Covid-19-pandemic has affected the analysis of the thesis. Trondheim Spektrum had to close and a planned site inspection was cancelled, several meetings and interviews had to be undertaken by phone. The pandemic made it difficult to collect data.

The main analysis of the thesis starts in chapter 6. This chapter explains the method used in the analysis. Chapter 7 presents 50-, 100-, 200- and 500-year floods, as well as 20-, 200- and 1000-year floods with both 2017 and 2090 sea levels. The environmental impact assessment in chapter 7 looks at the scenarios that has an impact on Trondheim Spektrum. This is done by using the projection map and calculating the damage costs and yearly risk costs for each of the scenarios. The values used in the analysis originates from other papers and cost information from relevant private companies. The sensitivity analysis in chapter 8 puts a higher risk value for storm surges and floods compared to historical numbers. The results are presented in yearly risk costs and show the increase in the return levels compared to the same scenarios analysed in chapter 7. The socioeconomic loss related to not implementing climate adaptation measures is explained in chapter 12.

Observations show that climate-related events are increasing in intensity and frequency. As a result, the risk of private and socioeconomic loss increase. It is in the long-run profitable to invest in climate adaptation measures.

Historic numbers can underestimate projections of future climate change. Better projection models are needed to predict climate change with more accuracy. The findings show that climate adaptation should be tailored to fit the local conditions, with more resource allocation from the municipalities and the Norwegian state towards climate adaptation. It is more profitable to act proactive rather than reactive in matters of climate adaptation measures to avoid large socioeconomic losses like human loss and injury, damage on buildings, reduced societal function, reduced welfare and a loss in faith towards the state's ability to provide security during climate change. During a 1000-year storm surge with the 2090 sea level, the calculated damage cost for Trondheim Spektrum is 8 543 381 kr with a yearly risk cost of 8 543 kr. This event caused the most damage followed by the 500-year flood, which caused a

damage cost of 6 405 952 kr with a yearly risk cost of 12 812 kr. In addition, there are costs because of loss in production, clean up and dehumidification. The areas near an estuary has a slight chance of experiencing flood and storm surges at the same time. The rise in sea level will affect the intensity and frequency of floods and storm surges in these areas.

# Trondheim Spektrum under vann

- Samfunnsøkonomiske konsekvenser av flom, stormflo og havstigning.

Masteroppgave av  
Lars Henrik Verde Thon





# Terminologi

Klimarelatert hendelse	Det er i denne oppgaven omtalt som en hydrologisk ekstremværhendelse med bakgrunn i klimaendrende faktorer som CO <sub>2</sub> -utslipp. Hydrologi inkluderer også skredhendelser. Klimarelaterte hendelser kan påvirke sosioøkonomiske forhold og svekke deler av samfunnets funksjon.
Middelvannstand	Målinger gjort de 19 siste årene som gir et gjennomsnitt som blir regnet som middelvannstanden.
Vannhøyde	Vannhøyde måles fra bakken og opp til øverste nivå på vannet på samme sted. Det kan være høyden på en vannsøyle utenfor et bygg eller høyden på en vannsøyle opp på en person. Vannhøyden kan variere avhengig av hvor man måler.
Terskelverdi	En terskelverdi er en satt grense tilknyttet en betingelse. I denne oppgaven omtales terskelverdien som en målbar vannhøyde. Når denne vannhøyden nås, innfris betingelsen som gjør at kostnader kan bli beregnet som følge av en klimarelatert hendelse.
Årlig risikokostnad	Årlig risikokostnad beregnes ved å ta den årlige risikoen til hver enkelt klimarelatert hendelse (20-, 50-, 100-, 200-, 500-årsflom og 20-, 200-, 1000-års stormflo) og multiplisere den med beregnet total kostnad for den samme klimarelaterte hendelsen. (I sensitivitetsanalysen multipliseres en årlig risiko for en mer frekvent klimarelatert hendelse med beregnet total kostnad for en annen klimarelatert hendelse).
Årlig klimarelatert risiko	Årlig klimarelatert risiko er den årlige risikoen tilknyttet én eller flere klimarelaterte hendelser.
Geografisk fremstilling/Geografisk analyse	Ved bruk av kart, Kartverkets høydedata.no og NVEs og Trondheim kommunes aktsomhetskart for flom og havstigning studeres rekkevidden til hver enkelt klimarelatert hendelse. På bakgrunn av dette måles arealet som er i fare for å bli påvirket.

## Innhold

1 Innledning.....	1
2 Beskrivelse av analyseområdet .....	4
2.1 Terreng og høydekurver .....	4
2.2 Tekniske data og prosjekthistorie .....	5
3 Om framtidig klimarisiko i analyseområdet .....	7
4 Skadekategorier.....	10
4.1 Liv og helse .....	10
4.2 Bygningsskade .....	10
4.3 Produksjonstap.....	10
5 Risikofaktorer for oversvømmelse .....	11
5.1 Økt nedbør .....	11
5.2 Flom i elveløp .....	11
5.3 Havstigning .....	12
5.4 Stormflo .....	12
5.5 Vind og bølger .....	13
5.6 Leirskred .....	13
5.7 Dambrudd.....	14
6 Metode og verktøy for beregning av skade .....	15
6.1 Metode .....	15
6.1.1 Årlig kostnadsrisiko .....	15
6.1.2 Skadekategorier.....	16
6.1.2.1 Liv og helse .....	16
6.1.2.2 Bygningsskade .....	16
6.1.2.3 Produksjonstap.....	17
6.2 Data .....	17
6.2.1 Aktsomhetskart, høydedata og norgeskart.....	17
6.2.2 Kostnadstall og terskelverdier .....	19
7 Konsekvens av flom, stormflo og havstigning .....	22
7.1 Trondheim Spektrum under vann .....	22
7.2 Personskader og tap av liv.....	22
7.3 Bygningsskade .....	23
7.4 Produksjonstap.....	25
7.5 Flom Trondheim .....	26
7.6 Stormflo Trondheim .....	28
7.7 Bestemmelsesområde havstigning .....	30

7.8 Risikokostnad.....	30
7.8.1 Risikokostnad flom .....	31
7.8.2 Risikokostnad stormflo.....	32
7.9 Privatboliger og Nyhavna .....	34
8 Konsekvenser av forverret risiko for flom og stormflo .....	36
8.1 Flom .....	36
8.2 Stormflo.....	36
8.3 Mer om forverret risiko .....	37
9 Tiltak og kostnad for å redusere risiko .....	39
9.1 Bedre rådgivning og byggedetaljer .....	39
9.2 Sjekkliste.....	39
9.3 Drenering.....	40
9.4 Flomveier.....	40
9.5 Hindre erosjon og avrenning.....	40
9.6 Ny plassering på Tiller .....	40
9.7 Overgangs- og ansvarsrisiko for samfunnet.....	40
10 Anvendelse av resultatene i et videre perspektiv .....	42
10.1 Bruk av metoden i andre analyser.....	42
10.2 Utvikling av metoden .....	42
10.3 Kostnader for sekundærberørte .....	43
10.4 Nytte-kostnadsanalyse .....	43
10.5 Oppsummering av kapittel 10 .....	44
11 Diskusjon .....	45
12 Samfunnsøkonomiske konsekvenser av klimaendringer .....	49
12.1 Konsekvens for Trondheim kommune .....	49
12.2 Konsekvenser for Norge .....	50
13 Konklusjon .....	53
Referanser .....	55
Vedlegg 1:.....	64
Vedlegg 2:.....	67
Vedlegg 3:.....	68

# 1 Innledning

I august 2012 ble det målt opp til 133 millimeter nedbør i løpet av noen timer i Mjøndalen [Jansen, A. (2012)]. Det var bare meldt noen millimeter, men på 3 timer falt det over 100 millimeter nedbør. Lokale ekstremnedbør som dette er vanskelig å forutsi og kan føre til store skader.

Målinger viser at ekstremværhendelser i Norge har hatt en økning i hyppighet og intensitet de siste 50 årene [Lundstad, E. (2013). s. 63, 70]. Oversvømmelse har blitt sett på som den naturfaktoren som har den største påvirkningen på samfunnet [CRED-UNISDR (2015), s. 18-22]. Det forventes at risikoen for oversvømmelser øker som følge av sosioøkonomiske og klimaendrende fenomener, dette setter bygg og viktig infrastruktur i fare for nedsatt funksjon og økonomisk tap for bedrifter og privatpersoner. Vi har de siste årene opplevd flere tilfeller av ekstremvær enn før. Dette gir redusert velferd for de som bor i områdene med høy risiko for oversvømmelse. Det er essensielt at staten og kommuner investerer i klimatiltak både for å bremse klimaendringene, men også for å ruste samfunnet mot ekstreme klimahendelser. Infrastruktur må få bedre motstandsdyktighet slik at samfunnet kan fortsette å tilby sine tjenester raskt etter og under klimarelaterte hendelser som flom, stormflo og havstigning. [Lundstad, E. (2013). s. 70] & [Magnussen, K. et al (2017). s. 3].

Standard tiltak er ikke nødvendigvis det beste. Tiltakene må rette seg etter lokale forhold for å ha størst mulig effekt og for å være mest mulig kostnadseffektivt [Magnussen, K. et al (2017). s. 49]. Slike investeringer kan i tillegg øke velferden gjennom økt tiltro til statens håndteringsevne og innbyggernes opplevde trygghet ved hendelser relatert til oversvømmelser.

I denne oppgaven skal jeg se på og analysere Trondheim Spektrum og hvilke hendelser som kan føre til oversvømmelse og hvilke skadekostnader som kan oppstå hvis ingen klimatilpasning blir gjort. Videre ser oppgaven på noen mulige tiltak, andre faktorer som kan påvirke skadeomfanget, anvendelse av metoden og hvordan metoden kan forbedres. Til slutt analyseres samfunnsøkonomiske konsekvenser av klimaendringer i Trondheim kommune og Norge.

- Hvilke klimarelaterte scenarioer står Trondheim Spektrum overfor i dag og i fremtiden?
  - o Hva kan økt nedbør ha å si for Trondheim Spektrum?
  - o Flom i Nidelva.
  - o Havstigning.
  - o Stormflo i dag og i 2090.

Oppgaven gir skadeomfang som følge av de ovennevnte hendelsene i norske kroner. I slutten av kapittel 7 blir andre berørte områder i Trondheim studert.



*Figur 1 Trondheim Spektrum fra Nidelva. Bildet er tatt fra nord. Kilde: Trondheim Spektrum.*

Trondheim Spektrum ligger sentralt i Trondheim på Øya, 3 meter over havet og med Nidelva på 3 sider. Bygget kan bli berørt av økt vannstand i elva. Nidelva rundt Spektrum ligger så nær munningen at vannstanden blir påvirket av havnivået. Det betyr også at vannstanden rundt Spektrum blir påvirket av flo.

Spektrum er en arena for sport og kultur og andre aktiviteter som krever store arealer. Håndball, volleyball, tennis er bare noen av de mange idrettene som arrangeres her. NTNU bruker denne hallen som eksamenslokale flere ganger i året. Banene og rommene tilbys også som lokaler for konserter og konferanser. [Trondheim Spektrum, Idrett] & [Trondheim spektrum, Kurs og konferanse]. Nor-Fishing og Aqua-nor er to store messer for fiskeri- og havbruksnæringen som Spektrum arrangerer. De arrangeres annet hvert år med stor nasjonal og internasjonal deltagelse. Disse messene er viktige møteplasser innenfor sine områder, er med på å sette Trøndelag og Trondheim på kartet, og bidrar til at andre næringer i Trondheim vokser [Trondheim Spektrum, Om oss].

Under det Europeiske Håndballforbundets kongress (EHF) i Dublin 20. september 2014 ble det klart at håndball EM for menn og kvinner skulle holdes i Trondheim i januar og desember 2020. I den anledning ble det i 2014 klart at Spektrum skulle bygges ut. Det har vært et ytre press for å få ferdig bygget til håndball EM. [Langørgen, S. (19. september 2014)] & [Vedlegg 1, Ellen-Birgitte Strømø].

Nye Trondheim Spektrum er en fornyelse av gamle Nidarøhallen som ikke lenger var i god nok teknisk stand og ikke hadde tilstrekkelig hallkapasitet. Prosessen med nye Trondheim Spektrum startet i 2014 og endelig vedtatt i bystyret 14.02.2017. Bygget stod ferdigstilt høsten 2019. [Nye Nidarøhallen, Hvorfor gjør vi det?] & [Rolfsen, H. O. i Trondheim kommune].

Den økte kapasiteten vil øke omsetningen til Trondheim Spektrum, men også for andre bedrifter i Trondheim. Hoteller, spisesteder, butikker og andre turistvirksomheter vil nyte godt av det nye Trondheim Spektrum. På den andre siden vil disse næringene også tape omsetning hvis Trondheim Spektrum blir satt ut av drift.

Oppgaven går igjennom beskrivelse av analyseområdet (kapittel 2), fremtidig klimarisiko i analyseområdet (kapittel 3) og gjennomgang av skadekategorier (kapittel 4). I kapittel 5 beskrives klimarelaterte hendelser som kan påvirke Trondheim Spektrum og samfunnet. I påfølgende kapittel beskrives metoden (kapittel 6) med beskrivelse av verktøyene som blir brukt i konsekvensanalysen. Her presenteres også skadekostnader tilknyttet skadekategoriene.

I kapittel 7 analyseres ekstremværehendelser, påvirkningsgrad i kvadratmeter (m<sup>2</sup>), frekvens og årlig skadekostnader.

Kapittel 8 består av en sensitivitetsanalyse med forverret årlig risiko, men med de samme skadekostnadene som i kapittel 7.

De etterfølgende kapitlene 9, 10, 11 og 12 ser i rekkefølge på klimatilpasningstiltak, anvendelse av oppgaven i et videre perspektiv, diskusjon av aktsomhetskartene og andre faktorer som kan påvirke eller forbedre oppgavens analyse, og de samfunnsøkonomiske konsekvensene av et klima i endring.

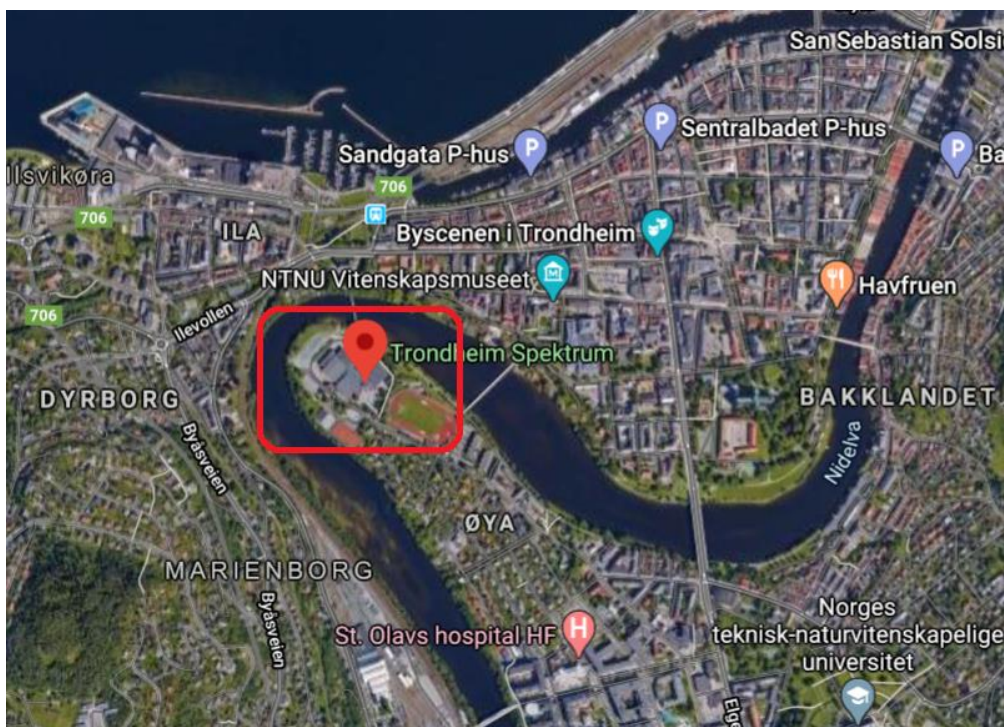
Kapittel 13 er konklusjonen som lister opp funnene gjort i oppgaven.

Oppgavens mål er å gi et bilde på viktigheten av å klimatilpasse samfunnet for å unngå store samfunnsøkonomiske påkjenninger. Den skal oppfordre leseren til å tenke på konstruksjonsplassering, planlegging, materialbruk og gjennomføring slik at samfunnet kan opprettholde sin evne til å tilby viktige tjenester gjennom å redusere klimarelatert risiko.

Arbeidet med oppgaven har dessverre blitt noe preget av Covid-19-pandemien og medfølgende begrensninger i møter og reiser. Dette har vanskeliggjort innhenting av data, og analyseområdet har ikke blitt vurdert ved selvsyn. Kart har vært til uvurderlig nytte i omfangsberegningen av klimahendelsene som denne oppgaven ser på.

## 2 Beskrivelse av analyseområdet

I samarbeid med SINTEF og Trondheim kommune analyseres Trondheim Spektrum. Trondheim Spektrum ligger på Øya i Trondheim og er heleid av Trondheim kommune. Hallen er en flerbruksarena for idrett, kultur og næringsliv. Som et eksempel ble Melodi Grand Prix finalen holdt her 15. februar 2020, og Spektrum har vært arena for flere konserter med kjente artister.



Figur 2 Bilde av Trondheim og Trondheim Spektrum. Bildet er tatt fra Google maps og viser nærheten til fjorden.

### 2.1 Terreng og høydekurver

Ved å bruke høydedata fra Statens Kartverk (hoydedata.no) har vi muligheten til å se hvor høyt Trondheim Spektrum ligger i forhold til Nidelva. Kartverket bruker NN2000 som er en lasermåling av terrenget for å kartlegge koter i Norge [Kartverket (2018)]. NN2000 er Norges høydesystem, er av kjent kvalitet for hele landet og har korrigert for landheving. Kotene måles i meter over havet (moh.). Kartverkets høydedata viser at vannstanden i Nidelva rundt Spektrum er 0 moh. Spektrum ligger altså nær havnivået.

Terrenget der Trondheim Spektrum ligger, er noe varierende i høyde. Ut ifra høydedata ligger den lavestliggende delen av Spektrum kun 3 m over havet. Denne vurderingen er basert på flere tilnærminger til kartunderlaget, Kartverkets høydedata.no. 15 målinger ga et gjennomsnitt på 3,051 moh. På bakgrunn av målingene og at det er punkter lavere enn 3 moh., så er det naturlig å sette en høyde på 3 moh. på den lavestliggende delen.

For den høyereliggende delen av bygget, er gjennomsnittshøyden stipulert til 4,74 m.

Trondheim Spektrum ligger ca. 4 km fra Nidelvas munning ut i Trondheimsfjorden. En stormflo vil heve vannstanden hele veien fra munningen opp forbi Trondheim Spektrum

I kartet under viser koter og arealet som ligger på 3 moh. (tegnet etter 4 meterskoten). Ved en flom eller stormflo er denne delen av Trondheim Spektrum mest utsatt.



Figur 3 Trondheim kommunes aktsomhetskart (venstre) med høydekoter og 1 meter ekvidistanse viser gamle Nidarøhallen. Kartverkets norgeskart.no (høyre) med arealmål etter 4 meters koten viser nye Trondheim Spektrum

## 2.2 Tekniske data og prosjekthistorie

I 2014 vedtok formannskapet i Trondheim å bygge en ny og større hall som kunne stå ferdig til håndball-EM i 2020. Flere flerbrukshaller lokalisert på samme sted skulle da erstattes. [Database for offentlige innkjøp (DOFFIN) (2014)].

Trondheim Spektrums største hall har rundt 4000 sitteplasser og plass til 6000 uten sitteplasser [Trondheim Spektrum, Om oss].

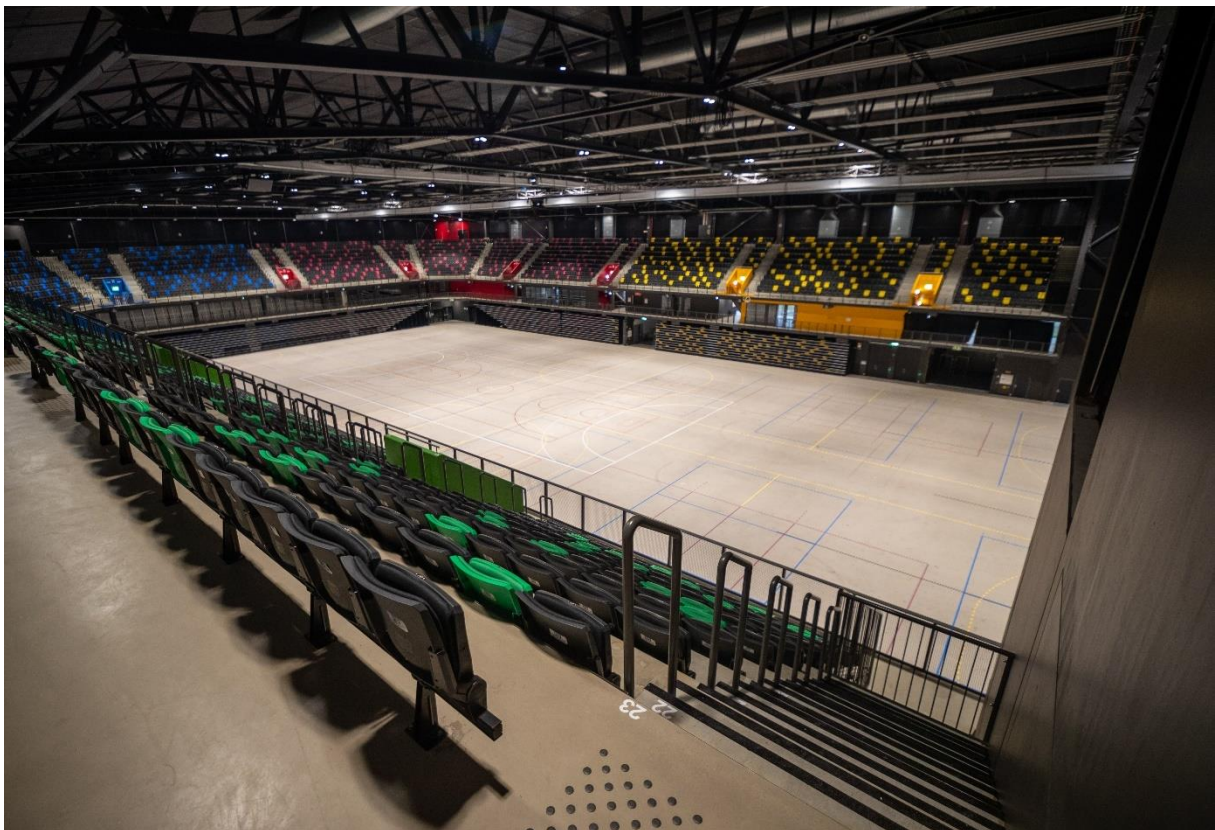
Grunnarealet til Trondheim Spektrum er målt ved å bruke Kartverkets karttjeneste norgeskart.no. Satellittbilde og måleverktøyet til norgeskart.no gir et areal på 17100m<sup>2</sup>. Området er vist i figuren på neste side.

I planleggingsfasen av Spektrum ble det vurdert å bruke vannfast betong, men kostnadskutt gjorde at dette ble frafalt [Vedlegg 1, Ellen-Birgitte Strømø]. I 2018 måtte Spektrum reddes fra konkurs [NRK (2018), Redder Spektrum fra konkurs], og i 2019 ble det klart at Spektrum kunne bli 19,9 millioner kroner dyrere enn budsjettet. Prosjektet ble gransket av EØS-tilsynet ESA (EFTA Surveillance Authority) for ulovlig statsstøtte i 2019 [NRK (2019), Trondheim Spektrum blir dyrere] & [NRK (2019), ESA gransker utbyggingen]. Overskridelse av budsjettet og ytre press har ført til usikkerhet rundt byggets motstandsdyktighet mot flom, stormflo og havstigning. [Vedlegg 1, Ellen-Birgitte Strømø]





*Figur 4 Arealmål av Trondheim Spektrum tatt fra Kartverkets norgeskart.no.*



*Figur 5 Storhall i Trondheim Spektrum. Kilde: Trondheim Spektrum.*

### 3 Om framtidig klimarisiko i analyseområdet

Trondheim i likhet med andre kystnære kommuner, er utsatt for havstigning og klimarelaterte ekstremværhendelser som stormflo og flom [Øvrebø, O. A. (2020)]. Fram mot år 2100 er det forventet at klimaet i Norge forandrer seg. Det vil påvirke samfunnet gjennom flom, havstigning, nedbør, stormflo og andre faktorer [Magnussen, K. et al (2017). s. 3]. Trondheim Spektrum sin plassering i Trondheim gjør bygget utsatt for flom i Nidelva som følge av rask smelting av snømasser, og kraftige nedbørsbyger. Stormflo kan ramme alle områder med tilknytning til havet. Et stormfloscenario i Trondheim vil jobbe seg oppover Nidelva forbi Trondheim Spektrum og potensielt gjøre store skader. Havstigning observeres verden over, varmere klima og smelting av fastlandsis gir økt gjennomsnittlig vannstand rundt om i verden. Dette øker også skadepotensialet for stormflo i fremtiden. Hvis en kombinasjon av stormflo og flom skulle inntreffe, vil effekten av den ene hendelsen bygge oppå den andre. Resultatet er en hurtig økende og farlig vannstand som fører til store skader på bygninger og grunn.



Figur 6 Øverst: Hovedinngangen, bildet er tatt fra sør-øst. Nede venstre: Dronebilde tatt fra nord av Jan Olav Jensen. Nede høyre: Dronebilde tatt fra sør av Jan Olav Jensen. Kilde: Trondheim Spektrum.

Den norske stats kommunalbank (heretter Kommunalbanken) sammen med Norsk Klimasevicesenter har laget en oversikt over hva hver kommune kan forvente av fremtidig klima. Dette er et verktøy til kommunenes vurdering av fremtidig klimarisiko og hvordan dette kan hensyntas i arealplanleggingen. Kommunalbanken vurderer at det i Trondheim kommune er økt sannsynlighet for stormflo, kraftig nedbør, regnflom og jord-, flom-, og sørpeskred [Den norske stats kommunalbank (2020)].

For tiden finnes det flere myndigheter og bedrifter som veileder og gir råd til kommunene om fremtidig havnivåstigning, Kartverket, NVE, Miljødepartementet og Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) for å nevne noen. DSB skrev en veileder i 2011 som de oppdaterte i 2016 [Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, DSB (2016). s. 7]. Hvis kommunen godkjenner et byggeprosjekt, så står kommunen ansvarlig hvis det skjer en hendelse som flom eller stormflo, og krav om klimatilpasning av byggeprosjektet ikke er stilt. Viser til plan- og bygningsloven:

[Lovdata. Plan- og bygningsloven: §4-3. Samfunnssikkerhet og risiko- og sårbarhetsanalyse].

**Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)**

**§ 4-3. Samfunnssikkerhet og risiko- og sårbarhetsanalyse**

*Ved utarbeidelse av planer for utbygging skal planmyndigheten påse at risiko- og sårbarhetsanalyse gjennomføres for planområdet, eller selv foreta slik analyse. Analysen skal vise alle risiko- og sårbarhetsforhold som har betydning for om arealet er egnet til utbyggingsformål, og eventuelle endringer i slike forhold som følge av planlagt utbygging. Område med fare, risiko eller sårbarhet avmerkes i planen som hensynssone, jf. §§ 11-8 og 12-6. Planmyndigheten skal i arealplaner vedta slike bestemmelser om utbyggingen i sonen, herunder forbud, som er nødvendig for å avverge skade og tap.*

Ifølge en artikkel fra Energi og Klima har myndighetene beregnet at havet utenfor Trøndelag vil stige med 53 cm fram til 2100 [Jortveit, A. (2019)]. Beregningen er basert på data 2002-2009. Det er ikke tatt høyde for ismeltingen på Antarktis og Grønland. Det vil si at mye av denne havstigningen er grunnet termisk utvidelse. Den økende temperaturen vi opplever på jorda, varmer opp vannet som igjen utvider seg.

FNs klimapanel forventer adskillig høyere havnivå, men dette er ikke blitt brutt ned til kyststater. Slike tall er forventet å komme i 2021-2022 i Trondheim kommune ifølge Ellen-Birgitte Strømø, koordinator for klimatilpasning i Trondheim kommune. Fordi havstigningen er ulik rundt i verden, hadde det vært ønskelig med nasjonale tall, men disse er altså ikke tilgjengelig for Trondheimsområdet ennå. Norge har i tillegg fortsatt en signifikant landheving fra siste istid. Ifølge en rapport fra Multiconsult i 2016 [Vedlegg 3] konkluderes det at «havnivået ved Trondheimsfjorden mest sannsynlig senkes med 6 cm i forhold til beregnet vannstand i 2001 på grunn av landheving, og derfor vil stormflo få mindre effekt i Nidelva». De skriver at Norge har opplevd en kraftig landheving siden den fennoskandiske innlandsisen forsvant. Videre skriver de at i prinsippet avtar hastigheten på landhevingen, men at den kan antas som konstant i et tidsperspektiv på 100 år fram i tid. Funnene deres for havstigning og landheving er som anvist i tabellen under.

Målepunkt	Landheving (cm)	Havstigning (cm)	Med usikkerhet (cm)
Trondheim	48	42	22-77

[Tabellen er tatt fra vedlegg 3]

Multiconsult vurderte effekten av havnivåstigningen etter DSBs 2009-rapport «Havstigning. Estimer av framtidig havnivåstigning i norske kystkommuner» [Vasskog, K., Drange, H. & Nesje, A. (2009). s. 4]. DSB har i senere år kommet fram til at stormflo, flom og havstigning har en høyere sannsynlighet for å skape store skader enn det som presentert i rapporten fra

2009. I tillegg følger DSB nå stortingsmeldingen om klimatilpasning [Regjeringen.no. Meld. St. 33 (2012–2013)] som sier at føre-var-prinsippet skal brukes i arbeidet med klimatilpasning. Høye alternativer til nasjonale klimaframskrivninger skal legges til grunn når konsekvenser skal vurderes i arbeidet med klimatilpasning. Dette føre-var-prinsippet blir tatt i bruk i DSBs rapport fra 2016 [Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, DSB (2016). s. 14]

Det regnes med at ismeltingen på Grønland og Antarktis fortsetter. Det betyr at flere kystkommuner i Norge risikerer å oppleve kraftige klimarelaterte skader på bygg og infrastruktur samt personskafer [Øvrebø, O. A. (2020)]. I lys av dette må klimatilpasning inkluderes i utbyggingsplaner. Dette er kostbart, men kan være mer kostnadseffektivt enn å ikke gjøre noe og måtte reparere skadene som følger. Bedrifter vil kunne bli satt ut av drift både under og i en tid etter at en oversvømmelse har funnet sted. De økonomiske konsekvensene kan bli betydelige for privatpersoner og bedrifter.

I mars i 2020 opplevde mange deler av Norge kraftig flo. Farevarselet ble satt til oransje i Trøndelag, Møre og Romsdal og Vestland fylker [Tidens krav (2020)]. Heldigvis var det lite vind så skadeomfanget ble ikke eskalerte av storm. I kontrast var det i 2011 en kombinasjon (kraftig flo og vind) såkalt stormflo, som førte til store skader langs kysten. Stormen ble kalt Berit [Pedersen, G. M. (2015)].

## 4 Skadekategorier

I dette kapitlet beskrives skadekategoriene tilknyttet Trondheim Spektrum. Skadekategoriene er satt opp som i Rambølls rapport [Nordeidet, B. et al. (2019)] med små endringer. Kategoriene er:

- Liv og helse
- Bygningsskade
- Produksjonstap

### 4.1 Liv og helse

Risiko for tap av liv og helse er i Rambøll-rapporten satt til en vannhøyde på 30 cm over bakken. Denne terskelverdien i kombinasjon med vannhastighet gir et godt grunnlag for hva som oppfattes som skadelig for personer. Rambøll baserer seg på finansdepartementets anslag fra 2012 for verdien av et statistisk liv. Rambøll har prisjustert til 2018-priser.

Personskader kan skje som forgiftning som følge av forurenset vann. Ved økte vannmasser øker risikoen for at uønskede stoffer kommer inn i drikkevannet. Kutt og sårskader kan komme av løse objekter som flyter i vannet. I kombinasjon med forurenset vann, kan personer få infeksjoner.

### 4.2 Bygningsskade

Fysiske skader på og i bygget kan forekomme når vannstanden blir høy nok til å trenge inn. Her varierer terskelverdien på om det er vanninntrenging i kjeller eller i etasjen over. Hvis det er kjellernivå, kan vannet lettere trenge inn og påføre skader i konstruksjonen. Kapittel 6 beskriver terskelverdiene nærmere.

### 4.3 Produksjonstap

Trondheim Spektrum tilbyr som sagt en arena for kultur og næringsliv. Produksjonstap betyr tap av tilbudene som Trondheim Spektrum tilbyr. Dette gir tapt omsetning. Under Covid-19 pandemien har Spektrum som mange andre opplevd å måtte utsette eller avlyse sine arrangementer. Dette tapet kan overføres til et scenario med oversvømmelse. Hvis bygget blir skadet og vann trenger inn, vil bygget måtte stenges for opprydningsarbeid og avfukking.

# 5 Risikofaktorer for oversvømmelse

## 5.1 Økt nedbør

Siden 1900 har årlig nedbør i gjennomsnitt økt med 20 prosent. Meteorologisk Institutt forteller om en økning på 10 -20 prosent i løpet av dette århundret [Meteorologisk Institutt (2017)]. Framskrivningen baserer seg på dagens nedbørstall. De skriver at den historiske økningen ikke er tatt i betraktning, noe som tilsier at økningen i nedbør kan bli kraftigere enn det som er beregnet i modellen. Dette understøttes av Norges klimaservicesenter (NKSS) [Hanssen-Bauer, I. et. al (2015). s. 10]. De har beregnet at nedbørsmengden har økt med ca. 18% siden år 1900 i landet som helhet.

Til forventede klimaendringer hører også høyere temperaturer, noe som tilsier at mer vann fordamper. Store vannmengder kan komme som kraftige regnskyll. I Oslo har den årlige timenedbøren økt med rundt 60 prosent i løpet av 50 år, og historiske tall viser at nedbørsdagene både blir flere og med kraftigere nedbør [Meteorologisk Institutt. (2017)]. De intense nedbørsbygene skaper de største problemene og påfører store skader på bygninger og infrastruktur. Meteorologisk Institutt beregner at 2,4 millioner norske hus vil ha en høy risiko for fukt og vannskader i 2100, noe som viser viktigheten av å bygge bygg som kan tåle et fuktigere klima.

De store nedbørsmengdene danner bekker som samler seg opp i elveløp. Kraftig og plutselig økning fører til at bekkene danner nye løp, og elver stiger og går ut over sine bredder. Dette fører med seg betydelig jorderosjon og også store forurensninger som kan skade befolkningen og miljøet. I Bergen i 2004 ble drikkevannet forurenset av store nedbørsmengder og gjorde 2400 personer syke av parasitten Giardia.

Slik ekstremnedbør øker risikoen for kvikkleireskred. På Baklandet mellom Øya og Nidelvas munning kan dette gi risiko for erosjon og i verste fall utløser kvikkleireskredet [Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, DSB. (2019). s. 60]

## 5.2 Flom i elveløp

Også kjent som pluvial flom. Den kommer av en kombinasjon av snøsmelting og regn. Hvis elveløpet er nært nok utløpet til havet, så kan det også øke sannsynligheten for flom i kombinasjon med havstigning. Dette er en risiko rundt Trondheim Spektrum.

Vannstanden i elver kan reguleres av demninger: En demning vil ha redusert eller ingen effekt hvis bassengkapasiteten blir overskredet eller hvis flommens utgangspunkt skyldes ekstremnedbør som forekommer nedenfor demningen. Nidelva er en sterkt regulert elv gjennom de mange kraftverkene fra Sylsjøen ned til Trondheimsfjorden. Kraftstasjonene langs hovedløpet er som følger Nedalsfoss nedenfor Sylsjøen, Vessingfoss i Nessjøen, etterfulgt av Nea, Gresslifoss, Nedre Nea, Hegsetfoss, Svean, Fjæremfoss, Bratsberg, Øvre Lerfoss og Nedre Lerfoss [Petterson, L.-E. (2001). s. 9].

Det er i 2020 større sannsynlighet for en stor vårflom enn vanlig. Stor vårflom tilsier gult farenivå og flom som kan medføre store og alvorlige skader (Fargegradering fra lavest til høyest: Grønn, gul, oransje, rød) [Varsom.no, Flom- og jordskredvarsling]. Vårflom er et naturlig fenomen som øker vannføringen i elver, men i år er det sannsynlig med stor vårflom flere steder i Norge som følge av mye snøsmelting i innlandet kombinert med mye nedbør [Varsom.no (2020)].

### 5.3 Havstigning

Havstigning er en reell fare verden står ovenfor. Havstigning per år på et globalt nivå er på 3,3 mm +/- 0,4 [NASA, Sea level change. Observations from space] og hastigheten forventes å øke, skriver Energi og Klima [Øvrebo, O. A. (2020)]. Videre står det at havet kommer til å stige med 80 cm globalt i dette århundre hvis ingen tiltak blir gjort for å bremse klimautslipp.

Havstigningen skyldes to faktorer:

1. Økt temperatur fører til at vann utvider seg, det er dette som foregår i havet når klimaet blir varmere.
2. Iskappene over Antarktisk og Grønland samt isbreer smelter.

Ifølge Kartverket viser rapporten «Fremtidig havnivå og stormflo i norske kystkommuner» at havstigningen merkes best på Sørlandet, Vestlandet, i Finnmark og Lofoten. Men effekten av havstigningen blir dempet noe som følge av landhevingen. Denne landheving har pågått siden slutten av forrige istid. Under istiden ble Norge presset ned av ismassene, men når isen forsvant presset landmassene seg opp igjen. Landhevingen pågår den dag i dag.

Flom i kombinasjon med havstigning utgjør en økende risiko for klimarelaterte skader. Som diskutert senere i oppgaven kan kombinasjonen av flom og havstigning føre til, teoretisk sett, at en 20-årsflom beregnet i dag blir en 10-årsflom i fremtiden.

### 5.4 Stormflo

Stormflo oppstår ved en kombinasjon av tidevann og sterk pålandsvind. Lavtrykk og vind presser store mengder vann opp mot land. I disse tilfellene vil vannstanden kunne komme flere meter høyere enn middelvannstanden. Middelvannstanden er beregnet som gjennomsnitt av 19 år med observert vannstand et gitt sted. Sterk pålandsvind betyr mye bølger, det betyr sterkere krefter som igjen fører til større skader på bygg og høyere risiko for personskader. Det kan være vanskelig å beregne hvor langt vannet vil nå på land. Stormflo er en av de mer umiddelbare farene kystbyer står ovenfor.

I fremtiden vil stormflo forekomme oftere og bli sterkere [Miljødirektoratet (2017)]. 20-års stormflo er ekstremt høy vannstand som er beregnet å forekomme en gang hvert 20. år. 200-års stormflo tilsier en enda høyere vannstand enn 20-års stormflo og kan forekomme en gang hvert 200. år. Også 1000-års stormflo er definert. Slike stormflohendelser er antatt å være en økende trussel for samfunnet som konsekvens av klimaendringer. I kombinasjon med økende middelvannstand (havstigning) vil vannet nå høyere og oftere høyt enn det gjør i dag. Den økte frekvensen gjør at vi i fremtiden kan oppleve en 100-års stormflo oftere enn hvert 100. år. I Bergen og Stavanger forventes det at 200-års stormflo beregnet fra historiske data,

framover vil opptre så ofte som 40 ganger i løpet av de neste 45 årene gitt at klimautslippene forblir uforandret [Miljødirektoratet (2017)].

Ifølge Kartverkets havnivåkart vil 200-års og særlig 1000-års stormflo kombinert med havstigning i 2090 utsette Trondheim Spektrum og Øya for betydelige risiko [Kartverket, Se havnivå i kart].

### 5.5 Vind og bølger

I kystkommuner kan bølger føre til betydelige skader. Vind, strøm, sjøbunnsforhold, topografi og strandkant er faktorer som påvirker bølgeforholdene. Vindforholdene i framtiden og i klimamodellen brukt av DSB (Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap) viser ingen store endringer. Det er stor usikkerhet knyttet til fremtidens vindforhold, og dermed til fremtidige bølgeforhold langs kysten.

Bølgeberegninger blir ikke analysert i denne oppgaven, men diskuteres i diskusjonskapitlet (Kapitler 12). Trondheim Spektrum er noe skjermet for vind, noe som kan tilsi svakere skadeeffekt av bølger.

### 5.6 Leirskred

Store deler av Trondheim står på gammel havbunn. Grunnen består av leire, et ustabil jordsmunn som blir flytende hvis nok vann tilføres og blander seg, eller ved vaktbelastning. Dette gjelder også Øya der Trondheim Spektrum ligger. Grunnforholdet utgjør dermed en særskilt risikofaktor i dette tilfellet. Siden 1800-tallet fram til 2012 har rundt 150 liv gått tapt som følge av kvikkleireskred i Trøndelag [Nygård, M. Y. (2012)]. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) har skrevet om et kvikkleirefelt på Bakklandet som står i fare for å skli ut. Ifølge DSB vil flere liv gå tapt og mange bygg vil bli totalskadet i dette scenariet [Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, DSB. (2019). s. 60-61]. Dette leirraset vil føre til en flodbølge som vil påvirke store områder som ligger ved Nidelva, deriblant Øya med Trondheim Spektrum. Massene som sklir ut, vil blokkere elva og føre til en 12 meters vannstigning oppstrøms. Forurensning er enda et moment som vil skape problemer for befolkningens helse. Sannsynligheten for at skredet inntreffer i løpet av 100 år er 4 prosent. Dette er en svært lav sannsynlighet og vurderes ikke nærmere i oppgaven.





Figur 7 Illustrasjon av kvikkleireskred på Baklandet i Trondheim. Kilde: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, DSB (2019). Analyse av krisescenarioer.

### 5.7 Dambrudd

Dambrudd er en annen risikofaktor. I denne sammenheng kan det enten forekomme som tretthetsbrudd eller sabotasje. Selbusjøen og dammer langs Neavassdraget holder på store vannmasser som kan gjøre store skader hvis et dambrudd finner sted.

Denne oppgaven går ikke nærmere inn på dambrudd som scenario.

Hvilke kostnader kan Trondheim Spektrum forvente ved å ikke klimatilpasse? Hva kan tap av Spektrum ha å si for Trondheim kommune? Hvilke samfunnsøkonomiske konsekvenser kan et klima i endring ha å si for Norge? Dette er spørsmål som blir besvart i kapitlene som følger.

# 6 Metode og verktøy for beregning av skade

Dette kapitlet har to hoveddeler, metode og data, med underkapitler i de respektive delkapitlene. Her gjennomgår metoden jeg bruker i oppgaven, samt kostnadsilder, beregningsmetoden og data som brukes i oppgavens geografiske fremstilling. Aktsomhetskartenes fremstilling av adkomstveier ved en flom- eller stormflohendelse gir grunnlaget for beregningen av skadene.

## 6.1 Metode

I beregningene for påvirket område som følge av flom- og stormflohendelsene benyttes en geografisk framstilling. I kombinasjon med enhetskostnader ( $\text{kr}/\text{m}^2$ ) presentert i Rambølls rapport «Ekstremnedbør Oslo. Skadeomfang og kostnader» [Nordeidet, B. et al. (2019)] og årlig risiko for de forskjellige flom- og stormflohendelsene, finner oppgaven den årlige risikokostnaden for å ikke klimatilpasse. Senere i oppgaven vil resultatene fra analysen bli presentert i en større samfunnsøkonomisk sammenheng.

I analysen i kapittel 7 og 8 benyttes hoydedata.no fra Kartverket og Trondheim kommunes aktsomhetskart for flomfare og havstigning. Aktsomhetskartets flom- og stormflomodeller viser størrelsen på hendelsene i form av hvor høyt vannet vil stige og hvor mye land det vil dekke sammenliknet med middelvannstand. I tillegg viser det at en stormflo vil øke vannstanden rundt Trondheim Spektrum ved å følge Nidelva, fra dens munning oppover forbi Spektrum. En flom i Nidelva vil også øke vannstanden rundt Spektrum ifølge aktsomhetskartet.

Ut ifra Trondheim kommunes aktsomhetskart, benyttes Kartverkets hoydedata.no til å måle arealet i bygget som kan bli påvirket av flom- og stormflo. Dette arealet blir presentert i kvadratmeter ( $\text{m}^2$ ) og multipliseres med enhetskostnaden ( $\text{kr}/\text{m}^2$ ). Da får man en representativ totalkostnad som følge av hendelsene. Deretter beregnes den årlige risikokostnaden ved å multiplisere totalkostnaden med den årlige risikoen for den respektive hendelsen.

I diskusjonen presenteres en tabell som kartlegger sannsynligheten for at de forskjellige hendelsene påfører Trondheim Spektrum skade. Sannsynlighetene baserer seg på DSBs rapport «Analyser av krisescenarioer 2019. Alvorlige hendelser som kan ramme Norge s. 38-42» og NVEs rapport «Flaumsonekart 2010. Delprosjekt Os».

### 6.1.1 Årlig kostnadsrisiko

Årlig kostnadsrisiko beregnes ved å ta den årlige sannsynligheten for at den respektive flom- eller stormflohendelsen inntreffer og multiplisere det med totalkostnaden for det påvirkede området. Under er en oversikt over årlig risiko for hver enkelt flom- og stormflore frekvens.

Årlig risiko for flom:

50-års flom:	2% årlig risiko.
100-års flom:	1% årlig risiko.
200-års flom:	0,5% årlig risiko.
500-års flom:	0,2% årlig risiko.

Årlig risiko for stormflo:

20-års stormflo:	5% årlig risiko.
200-års stormflo:	0,5% årlig risiko.
1000-års stormflo:	0,1% årlig risiko.

### 6.1.2 Skadekategorier

Skadekategoriene gjør det lettere å skille mellom hvor kostnadene kommer fra. Disse tre samfunnsøkonomiske kategoriene er relevante for de hendelsene som blir gjennomgått i denne oppgaven:

- Liv og helse
- Bygningsskade
- Produksjonstap

#### 6.1.2.1 Liv og helse

Det er naturlig å forvente at tidlig varsling, observert vær og vannstand vil føre til stenging av Spektrum i tide før liv er i fare. Ved en stor flom eller stormflo er Trondheim Spektrum og private hus i fare for skader med risiko for personskader som følge av forurensning. Under et slikt scenario antas at det ikke vil være noe ferdsel til Trondheim Spektrum ettersom ferdsel ute kan være risikabelt avhengig av fareklassen (Diagram i kapittel 7, Personskader og tap av liv) og personens helse. Det er ikke regnet med at tap av liv vil forekomme i denne oppgaven.

#### 6.1.2.2 Bygningsskade

Oppgaven går ut ifra at Trondheim Spektrum ikke har kjeller. Dette øker terskelverdien for at vannhøyden utenfor bygget skal gjøre skade inne i bygget. Kjellere under bakkenivå vil lettere ta inn vann sammenliknet med første etasje. Men kostnaden for vanninntrengning i første etasje er dyrere enn vanninntrengning i kjeller. Første etasje har normalt sett høyere bruksnytte og inneholder dermed mer kostbart interiør. Det er derfor grunnlag til å bruke enhetskostnaden på 1 267 kr/m<sup>2</sup>.

*Merknad: Rett før oppgaven skulle leveres, kom informasjon om at en del av bygget har kjeller. Hverken omfang eller lokalisering er spesifisert. Det var ikke mulig å ta hensyn til denne informasjonen i analysen*

### 6.1.2.3 Produksjonstap

Produksjonstap oppstår når vannhøyden utenfor bygget eller i gatene er tilstrekkelig høy. Stenging av Trondheim Spektrum vil forekomme før det er fare for skade på bygget og fare for personskade. Produksjonstap regnes fra dagen Spektrum må stenge (gå ut av drift) som følge av at en hendelse inntreffer, til daglig drift kan gjenopptas. I oppgaven benyttes kostnadene relatert til Covid-19-pandemien.

I Rambølls rapport regnes produksjonstap fra dagen vannhøyden når 10 cm på ytterveggen til en bedrift, og til daglig drift kan gjenopptas.

Kostnadene for Covid-19-pandemien i form av tapte leie- og cateringinntekter for Trondheim Spektrum AS og Trondheim catering AS er ikke nødvendigvis overførbare til tapte inntekter som følge av ekstremværhendelser, men kan brukes som referanse til å vise at tapet kan forventes å bli betydelig.

Opprydning, reparasjon og leie av avfuktere er en del av produksjonstapet. I tillegg til å være ute av drift, må det hyres inn fagarbeidere som kan ta seg av opprydningen og analysere skadene. Dette vil lage støy, ta tid og plass. Det er mange faktorer som påvirker tidsperioden en bedrift er ute av drift. På grunn av alle usikkerhetsmomentene er det vanskelig å beregne nøyaktig produksjonstap. Det blir gjort en konsekvensanalyse med bruk av informasjon fra Gjensidige forsikring ASA for å gi en referanse på dager ute av drift.

## 6.2 Data

I oppgaven blir det brukt rapporter fra DSB, NVE, Klima 2050, CICERO, nyhetsoppslag og informasjonssider som Trondheim kommune, Miljødirektoratet, Regjeringen.no, Varsom.no og Energi og Klima.

### 6.2.1 Aktsomhetskart, høydedata og norgeskart

Aktsomhetskartene som brukes i denne oppgaven, er NVEs Aktsomhetskart for flom og Trondheim kommune sitt aktsomhetskart for flomfare og havstigning som igjen bygger på NVEs aktsomhetskart. Disse verktøyene gir mye informasjon om omfanget til klimarelaterte hendelsene som kan påvirke Spektrum. På bakgrunn av disse kartene kan skadeomfanget analyseres.

Fra NVEs dokument «Produktark: Flom aktsomhetskart» står det at kartene ikke er en nøyaktig representasjon av omfanget av flom og stormflo. Denne informasjonen betyr at en klimarelatert hendelse kan bli svakere eller kraftigere enn det som vises på aktsomhetskartet. Videre står det at Aktsomhetskartene ikke kan brukes alene «for å vurdere utbygging etter sikkerhetskravene i byggeteknisk forskrift». I oppgaven blir scenariene analysert i form av at de er kraftigere enn modellene til NVE viser på aktsomhetskartet til Trondheim. Dette understøttes av stortingsmeldingen om klimatilpasning [Regjeringen.no. Meld. St. 33 (2012–2013)] som sier at føre-var-prinsippet skal brukes i arbeidet. Høye alternativer til nasjonale klimaframskrivninger skal legges til grunn når konsekvenser skal vurderes i arbeidet med

klimatilpasning. Dette føre-var-prinsippet blir tatt i bruk i DSBs rapport fra 2016 [Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, DSB. (2016). s. 14].

Trondheim kommunes aktsomhetskart [Trondheim kommune (2020). Aktsomhetskart flomfare] gir oversikt over farer knyttet til ekstremvær. Kartet gir informasjon som kan brukes som hjelpemiddel til prosjekteringsoppgaver, arealplanlegging og byggesaksbehandling. Eksakt størrelse eller avgrensninger på flomfare eller høyt havnivå angis ikke, men kartet kan gi en generell ide for hvor høyt vannet kan nå ved en eventuell flom. Aktsomhetskartet viser at store vannmengder kan trekke opp til Trondheim Spektrum og påføre store skader og betydelige reparasjonskostnader. Faktorer som vind, bølger og strømninger er ikke medregnet og kan øke effekten til flom og stormflo.

Trondheim kommune har internt analysert flomveier og forsenkninger ved å bruke GIS-programvare og terrengeanalyser [Trondheim kommunes aktsomhetskart]. Flomsonekartleggingen av Nidelva ble gjennomført i 2001 og går fra fjorden til Nedre Leirfoss. Beregningene til 10-, 20-, 50-, 100-, 200-, og 500-årsflom er basert på dagens havnivåer. Innvirkningen havstigning har på Nidelvas vannstand, er ikke vurdert. Havstigningen i Trondheim er forventet å være relativ liten og i den sammenheng ikke utgjøre en stor risiko alene [Aktsomhetskart flomfare]. DSB har i en rapport fra 2016 beregnet at vannstanden i Trondheim vil stige med 53 cm fram til tidsperioden 2081-2100 hvis klimaforandringene fortsetter som i dag [Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, DSB. (2016). s. 37]

Det må bemerkes at størrelsen på nye Trondheim Spektrum bare vises ved ortofoto og satellittkart i Kartverkets hoydedata.no, Kartverkets norgeskart.no og NVEs aktsomhetskart. I gråtonekart og basiskart hos NVEs aktsomhetskart, Trondheim kommunes aktsomhetskart og Kartverkets hoydedata.no vises bare gamle Nidarøhallen.



Figur 8 Gråtonekart fra høydedata (venstre) viser Nidarøhallen. Norge i bilder/Satellittbilde fra høydedata (høyre) viser Trondheim Spektrum.

### 6.2.2 Kostnadstall og terskelverdier

I dette underkapitlet presenteres kostnadstall, terskelverdier og tilhørende kilder. Ikke alle konsekvenser kan kostnadsvurderes når vi opererer utenfor markedøkonomien. I tilfeller hvor oppgaven støter på en kostnadskomponent som ikke lar seg verdisettes, skal konsekvensanalyse benyttes. En konsekvensanalyse kvantifiserer konsekvensen av scenariene på andre måter enn verdier i kroner. Eksempelvis kan det måles i dager uten tilgang til et bygg, eller antall bygg rammet. Konsekvensanalysen sitt mål er å gjøre det mulig å danne et bilde av konsekvensene uten å ha konkret kostnad i kroner og øre.

Enhetskostnaden for et idrettsbygg er satt til 1 267 kr/m<sup>2</sup>. For enhetskostnader og andre utvalgte verdier vises til «Vedlegg 2». Disse verdiene er tatt fra Excel-arket tilknyttet Rambøll-rapporten «Ekstremnedbør Oslo. Skadeomfang og kostnader» [Nordeidet, B. et al. (2019)]. Etter deres beregninger er totalkostnaden for vanninntrengning i første etasje (30 cm vannhøyde på ytterveggen) i en idrettshall på 1 500m<sup>2</sup> lik 1 901 000 kr inkludert løvsøre og en enhetskostnad på 1 267 kr/m<sup>2</sup>.

Tapte leie- og cateringinntekter til Trondheim Spektrum kommer på 30 millioner kroner (29.05.20) for Trondheim Spektrum AS og Trondheim catering AS. Trondheim Catering er Trondheim Spektrums restauratør [Stokke, R. Trondheim Spektrum] & [Trondheim Catering]. Dette er erfaringstall fra den pågående Covid-19-pandemien. Ifølge Adressa utgjør avlysning og flytting av blant annet Remas riksmøte og fiskerimessa Nor-Fishing en del av tapet [Adressa.no (2020). Trondheim Spektrum taper minst 20 millioner]. Det norske samfunn ble «stengt ned» 12. mars i sammenheng med Covid-19-pandemien våren 2020.

Roger Stokke forteller at normal drift antas å starte 1. september 2020, men poengterer at de retter seg etter Folkehelseinstituttets (FHI) retningslinjer. Det er vanskelig å si når store arrangementer kan arrangeres.

Leie av én tradisjonell avfukter som tar 119 l/døgn kommer på 680 kr (Dagspris inkl. mva og 5 % forsikring) [Utleiesenteret.no. Prislister: Avfukter- og befukterutstyr]. Denne avfukteren har den største kapasiteten på liter vann per døgn sammenliknet med de andre som tilbys. I samtale med Jon Hesthag, daglig leder i Holte Industri, kommer det fram at for et så stort bygg som Trondheim Spektrum trengs mange og forskjellige typer avfuktere avhengig av bygningsmaterialer og romfordelingen. Det må også tas hensyn til fuktspredning som kan ramme store deler utover de rommene eller områdene som er fysisk berørt. Det er vanskelig å estimere en total kostnad for avfukting uten grundig befaring og mye byggteknisk data.

Informasjon om antall dager ute av drift kommer fra Gjensidige forsikring ASA og deres erfaringstall fra en forsikrings sak [Mikkelsen, M. Gjensidige forsikring]. Antall dager ute av drift for en idrettshall med 2 500 m<sup>2</sup> skadet areal kommer på 5 måneder og 29 dager. Arbeidet var ferdig 30 dager før normal drift gjenopptok. Denne oppgaven beregner at normal drift gjenopptar dagen etter arbeidet er ferdig, 4 måneder og 29 dager. Det gir 149 dager ute av drift ((30 dager x 4 mnd.)+29 dager), og 0,06 dager per kvadratmeter som er skadet (149 dager/2 500 m<sup>2</sup>). Forsikringsdata er nyttige i analyser av skadeomfang, men konfidensialitet gjør det tidkrevende og vanskelig å få tak i. Dette diskuteres mer i kapittel 11.

Kostnaden per liv tapt er satt til 34 580 000 kr. Økonomisk tap som følge av tap av liv er basert på beregning av Direktoratet for forvaltning og økonomistyring i 2020. Verdien av et statistisk liv (VSL) er beregnet ut ifra Finansdepartementets rundskriv R-109/14 hvor verdien for et statistisk liv i 2012 er satt til 30 000 000 kr. Dette realprisjusteres etter utviklingen i brutto nasjonalprodukt per innbygger. VSL i 2020 er satt til 34 580 000 kr per liv tapt basert på SSBs anslag for konsumprisindeksen og Finansdepartementets anslag for fremtidig vekst i BNP per innbygger.

Tall tatt fra Rambølls rapport er ikke justert til andre priser i Trondheim. Det kan være geografiske forskjeller i priser, både når det gjelder tomteverdi og prisen på håndverkertjenester. Dette omtales i diskusjonskapitlet. Denne oppgaven bruker 2018-kostnadstall som Rambøll har beregnet. Dette oppfattes fortsatt å være et relevant prissett. Konsumprisindeksen økte kun med 2,4 fra 2018 til 2019. Årsgjennomsnittlig KPI i 2018 var på 108,4 og i 2019 på 110,8. (I april 2020 var KPI totalindeksen på 111,2) [Statistisk sentralbyrå, SSB (2020). Konsumprisindeksen].

Rambølls rapport «Ekstremnedbør Oslo. Skadeomfang og kostnader» [Nordeidet, B. et al. (2019)] analyserer hvilke skader en ekstremnedbørhendelse kan påføre et område på Bislett i Oslo. Terskelverdier og kostnadstall i rapporten baserer seg på litteratursøk, befaringsanalyseområdet og erfaringstall fra Rambølls kontorer i København, Gøteborg, Washington og en forstad i New York. Denne oppgaven tar inspirasjon fra Rambølls rapport, men bruker en annen metode ettersom dette er en samfunnsøkonomisk og ikke er en hydrologisk rapport.

Rambøll-rapporten beskriver at løsmasser som grus, jord og annet forflytter seg ved lav vannhastighet. Erosjon av løsmasser har en terskelverdi på 1 m/s. Store strømminger under en flom kan grave bort mye masse og i ekstreme tilfeller ødelegge fundamentet til bygg.

Her presenteres terskelverdier fra Rambølls rapport for at leseren skal ha en referanse til mulige terskelverdier som kan brukes til å beregne når vanninntrenging forekommer.

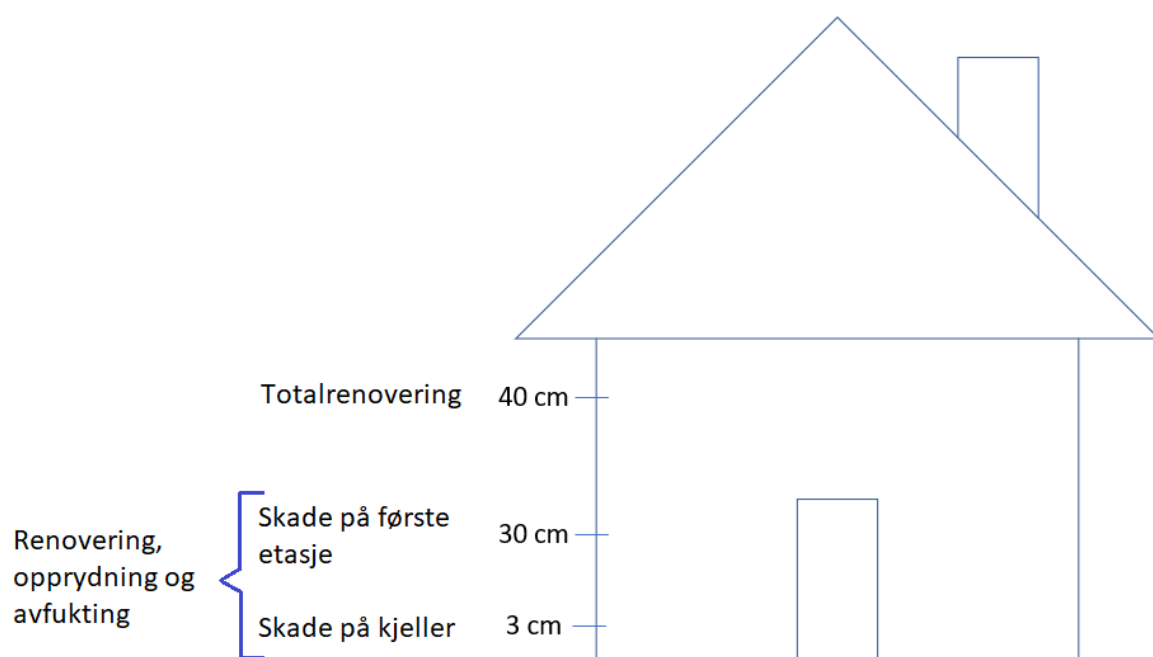
Terskelverdiene fra denne rapporten vil også bli omtalt i diskusjonskapitlet (kapittel 12):

Bygg med kjeller: Skade på kjeller oppstår allerede ved 3 cm vannhøyde utenfor bygget gitt at det ikke er gjort noen flomsikringstiltak, og 10 cm hvis flomsikringstiltak er gjort.

Bygg uten kjeller: Skade på første etasje kommer ved en 30 cm vannhøyde utenfor bygget. Typiske terskelverdier er på 10-30 cm for byggverk uten kjeller som erfart i København og Gøteborg.

Totalreovering: Ved 40 cm vannhøyde utenfor bygget må det totalreoveres som følge av store skader på fundamentene.

Produksjonstap: 10 cm vannhøyde utenfor bygget er satt som terskelverdi for produksjonstap for bedrifter.



Figur 9 Illustrasjon av terskelverdiene brukt i Rambølls 2019-rapport "Ekstremnedbør Oslo. Skadeomfang og kostnader".



# 7 Konsekvens av flom, stormflo og havstigning

## 7.1 Trondheim Spektrum under vann

Vannmengden som føres med Nidelva, kommer fra et stort nedbørsfelt fra Nessjøen ved Svenskegrensa til Selbusjøen og Neavassdraget ned til Trondheim. Kraftige lokale regnbyger innenfor et stort areal vil lede til økt vannføring i Nidelva. Vannstigningen vil komme fort, men varsel sendt ut fra Meteorologisk Institutt vil forberede kommunen på en mulig flom. I tillegg vil observert vannstand lenger opp i Nidelva være et varsel. Tap av liv og personskade vil være lite sannsynlig når vi går ut ifra at Spektrum vil bli stengt i tide. Ferdsel rundt Spektrum er en annen sak, ferdsel på Øya og rundt Spektrum kan føre til personskader og i verste fall tap av liv. Fareklasser for personer i flom er satt i en tabell under.

Hvis flommen kommer av smeltevann, så vil stigningen kunne skje mer gradvis og Spektrum vil igjen ha mer tid til å evakuere personer i bygget og stenge. Med den økte vannmengden vil hastigheten i Nidelva også øke. Det må nevnes at den økte vannføringen som følge av flom i Nidelva kan føre til kraftig erosjon av leirgrunnen.

Ved en stormflo vil store vannmengder bli presset inn i Nidelva, og områder som Nyhavna vil bli hardt rammet. På Øya vil flere private boliger komme i faresonen. Ferdsel utendørs innebærer fare. Ferdsel over gangbrua til Trondheim Spektrum vil være spesielt farlig både under en stormflo og en flom. Under en stormflo vil mye mer saltvann berøre Spektrum. Saltvann eroderer mer på betongen og armeringsjern.

## 7.2 Personskader og tap av liv.

Til å klassifisere risiko for personer og ferdsel ute ved Nidelva inkluderer oppgaven denne tabellen fra Rambølls rapport.

$d$  = depth (vannhøyde),  $v$  = velocity (hastighet på vannet),  $DF$  = Debris factor (flytegoods/sjøppel) er satt til null,  $0,5$  = Er den empiriske tilnærmingen til fareklassen.

Fareklassen (FK) beregnes slik:  $FK = d * (v+0,5) + DF$

Formelen tar også hensyn til hva som «oppleves» som farefullt for personer ved vannmasser i bevegelse. Tabellen under legger frem forskjellige fareklasser basert på vannhøyden og hastigheten på vannet. Fargekoden er forklart under tabellen. Hastigheten er gitt i meter per sekund (m/s) og vannhøyden er gitt i meter (m) (Kalt «Dybde» i tabellen).

$d * (v+0.5) + DF$	Dybde										
Hastighet	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	
0.00	0.13	0.25	0.38	0.50	0.63	0.75	0.88	1.00	1.13	1.25	
0.50	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	
1.00	0.38	0.75	1.13	1.50	1.88	2.25	2.63	3.00	3.38	3.75	
1.50	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	
2.00	0.63	1.25	1.88	2.50	3.13	3.75	4.38	5.00	5.63	6.25	
2.50	0.75	1.50	2.25	3.00	3.75	4.50	5.25	6.00	6.75	7.50	
3.00	0.88	1.75	2.63	3.50	4.38	5.25	6.13	7.00	7.88	8.75	
3.50	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	
4.00	1.13	2.25	3.38	4.50	5.63	6.75	7.88	9.00	10.13	11.25	
4.50	1.25	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	8.75	10.00	11.25	12.50	
5.00	1.38	2.75	4.13	5.50	6.88	8.25	9.63	11.00	12.38	13.75	

Kategorier for flomrisiko

	Fra	Til	
Klasse 1	0.75	1.50	Fare for noen
Klasse 2	1.50	2.50	Fare for mange
Klasse 3	2.50	20.00	Fare for alle

Figur 10 Flomfareklasser (FK) for personer utsatt for flom. Tatt fra Rambølls rapport «Ekstremnedbør Oslo Skadeomfang og Kostnader».

De 3 definerte fareklassene i Rambølls rapport tilsier at man kan sette FK 1,5 som terskelverdi for fare for personskader og FK 2,5 som terskelverdi for fare for tap av liv.

Terskelverdien for tap av produksjon vil bli oversteget før terskelverdien for skade på bygg. Ved en vannhøyde som overstiger terskelverdien satt til 10 cm, vil bygget stenges for bruk. Det antas at det ikke vil forekomme store skader på bygget, men at fremkommeligheten vil bli sterkt redusert og innebære muligheter for personskader.

### 7.3 Bygningsskade

I dette delkapitlet presenteres eksempler på bruk av verktøy og beregning av skadekostnader.

Verdiene tilknyttet bygningsskade i denne oppgaven baserer seg på Oslopriser og Excel-arket tilknyttet Rambøll-rapporten [Vedlegg 2]. I Excel-arket er prisen på en idrettshall 1 267 kr per kvadratmeter, dette inkluderer løssøre. Prisanslaget brukes til å beregne skadekostnadene på bygget.

Hele første etasje i Trondheim Spektrum tar skade:

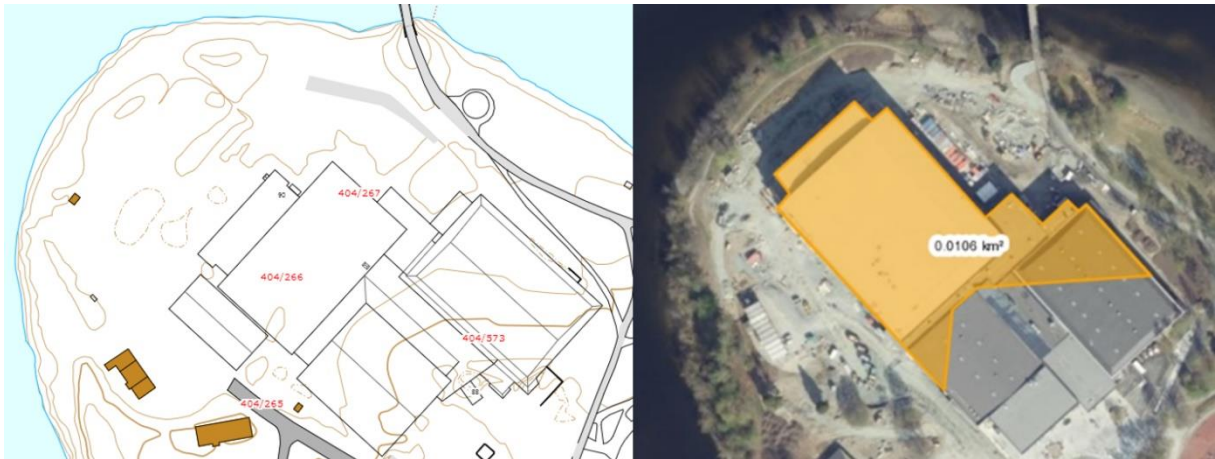
Dette forutsetter en ekstrem vannstigning eller at Spektrum ligger på flat grunn. Dette blir et teoretisk eksempel på bruk av metoden. Det antas her at hele Trondheim Spektrum ligger 3 moh. og at vannhøyden på ytterveggen er høy nok til å trenge inn. Hele Trondheim Spektrum tar skade som følge av oversvømmelsen.

$$1\,267\text{ kr/m}^2 * 17\,100\text{ m}^2 = 21\,665\,700\text{ kr}$$

Skadekostnaden som følge av en flom- eller stormflohendelse, er beregnet til 21 665 700 kr, gitt en tilstrekkelig vannhøyde utenfor hele Trondheim Spektrum. Det betyr at hele første etasje på Trondheim Spektrum blir skadet.

Den lavereliggende delen av Trondheim Spektrum tar skade:

I realiteten ligger Trondheim Spektrum på forskjellige kotehøyder. Det antas her at vannstanden øker rundt 3,5 m og den laveste delen av Trondheim Spektrum (det som ligger under 4 m koten) blir påvirket av oversvømmelse. Vannhøyden på ytterveggen fører til vanninntrenging. Ved å kombinere norgeskart.no og Trondheim kommune sitt aktsomhetskart kan vi se hvilken del av Trondheim Spektrum som vil ta skade.



Figur 11 Trondheim kommunes aktsomhetskart (venstre) med høydekoter og 1 meter ekvidistanse. Norgeskart.no (høyre) med arealmål etter 4 meters koten

Ved å følge høydekurvene som vist på Trondheim kommunes aktsomhetskart, kan vi se hvilke deler av bygget som ligger opp mot 4 meters koten og lavere. I norgeskart.no tegnes en skisse av det påvirkede arealet. Arealet beregnes til 10 600 m<sup>2</sup>.

$$1\,267\text{kr/m}^2 * 10\,600\text{m}^2 = 13\,430\,200\text{kr}$$

Skadekostnaden som følge av at en flom- eller stormflohendelse er beregnet til 13 430 200 kr, når vannhøyden er tilstrekkelig for vanninntrenging i de lavereliggende deler av bygget. Den delen av bygget som ligger på 4 meters koten og høyere blir ikke berørt.

## 7.4 Produksjonstap

Produksjonstapet viser netto kostnaden av å være ute av drift. Reduserte energikostnad, vedlikehold, vakt osv. medregnes ikke.

Ved en vannhøyde utenfor bygget på 10 cm vil Trondheim Spektrum bli stengt [Vedlegg 2]. Dette fører til produksjonstap for selskapet. I skrivende stund er Norge i en tilstand hvor Covid-19 gjør informasjonsflyt vanskelig, men det gir også muligheten for å se på hva det koster for Trondheim Spektrum å være stengt. Dette fører til tapte utleieinntekter. Ved en 10 cm vannhøyde regnes det ikke med at bygget tar skade, men bygget holdes stengt inntil vannhøyden synker. Tall fra Gjensidige gir en referanse på hvor mange dager ute av drift Trondheim Spektrum kan være i etterkant av en oversvømmelse.

Antall dager ute av drift etter Gjensidiges data:

Hele første etasje i Spektrum tar skade:  $17\,100\text{ m}^2 * 0,06\text{ d/m}^2 = 1\,026\text{ dager}$

Lavereliggende delen av Spektrum tar skade:  $10\,600\text{ m}^2 * 0,06\text{ d/m}^2 = 636\text{ dager}$

Hvis hele Trondheim Spektrum tar skade som følge av oversvømmelse, vil produksjonstapet gå ut over 1 026 dager, og 636 dager hvis hele den lavereliggende delen tar skade.

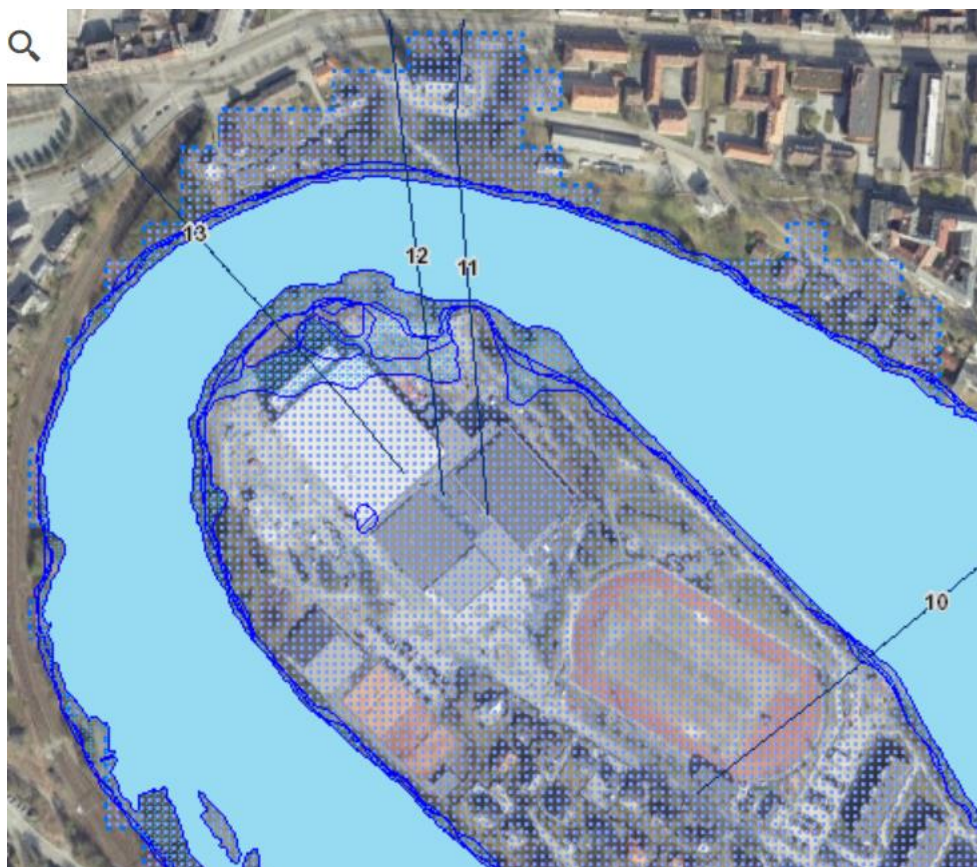
Hvis Spektrums terskelverdi for vanninntrenging på første etasje overstiges, så vil tap av produksjon skje fra dagen oversvømmelsen inntreffer og til opprydnings-, reparasjons- og avfuktingsarbeidet er fullført. Alle arrangementer i denne perioden vil bli flyttet eller avlyst.

## 7.5 Flom Trondheim

I dette delkapitelet presenteres fire figurer for 50-, 100-, 200- og 500-årsflom fra Trondheim kommunes aktsomhetskart for flomfare og havstigning. Disse er basert på erfaringstall fra norske vassdrag [Peereboom, I. (2018)]. Flomfrekvensene her tar ikke med seg forventet havstigning eller endret framtidig frekvens. Kartene er orientert mot nord. Vanninntrenging i området ved de ulike flomscenariene vises med de lyseblå feltene.

Aktsomhetskartet til Trondheim kommune undervurderer flomskaderisikoen fordi kartene kun viser den gamle Nidarøhallen. Det nye bygget, Trondheim Spektrum, ligger nærmere Nidelva mot nord-vest og er tegnet på NVEs aktsomhetskart (figur 12), Kartverkets hoydedata.no og norgeskart.no. Kartene er orientert mot nord.

På NVEs aktsomhetskart er det nye Trondheim Spektrum med, og det er tydelig at 200- og 500-årsflommene vil gå inntil ytterveggen.

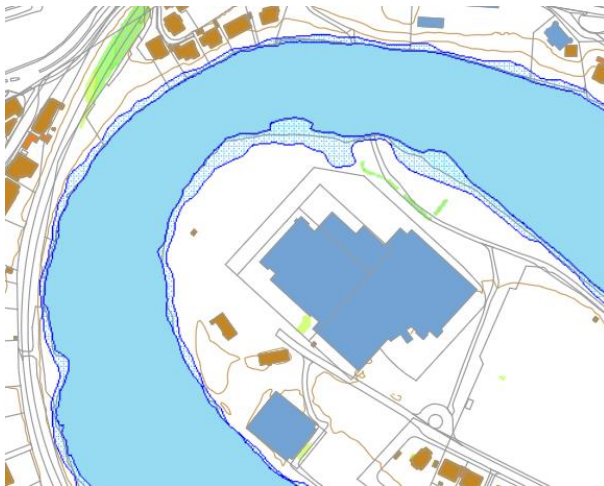


Figur 12 viser NVEs aktsomhetskart for flom. Det området markert med blå raster viser mulige flomfareområder. De blå linjene viser flomsone for 500-, 200-, 100- og 50-årsflom som er de samme i Trondheim kommunes aktsomhetskart.

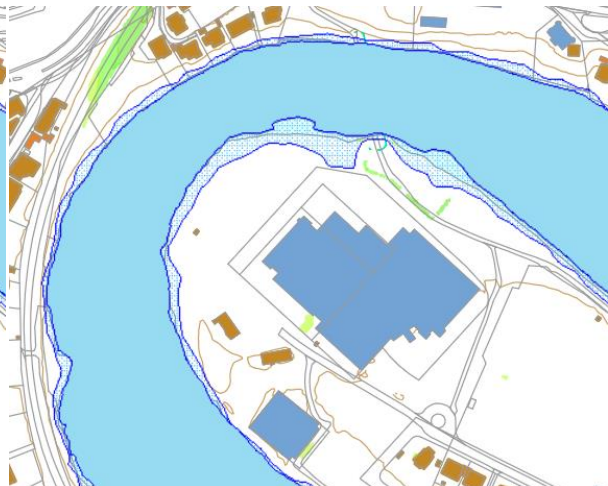
Figurene under er Trondheim kommunes aktsomhetskart. Angitt bebyggelse er Nidarøhallen og ikke Trondheim Spektrum. De lysegrønne punktene i figurene under viser forsenkninger i terrenget. Dette er forsenkninger på 25-50 cm (sør-vest for Spektrum). De litt mørkere grønne feltene er 50-100 cm forsenkninger (nord-øst for Spektrum). Den mørkeste

grønnfargen viser forsenkninger på 100-200 cm (Togsleiene nord-vest for Spektrum). I disse forsenkningene vil det bli vannoppsamling.

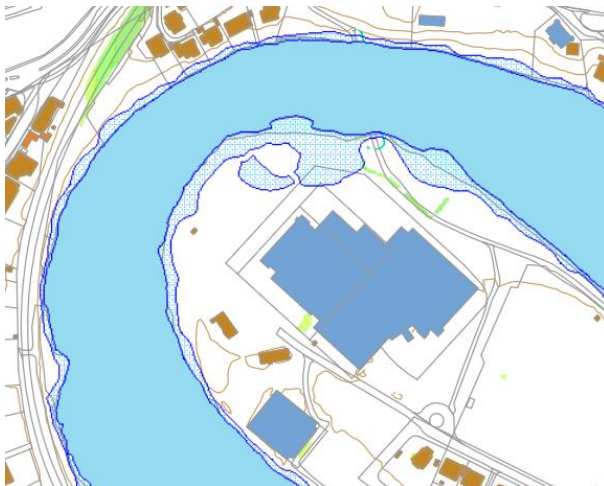
Flombildet tar ikke hensyn til at flomfrekvens i 2090 og 2100 kan være hyppigere eller kan føre til mer ødeleggende og omfattende flommer sammenliknet med dagens beregninger [Lundstad, E. (2013). s. 63, 70]. Dette omtales i kapittel 8.



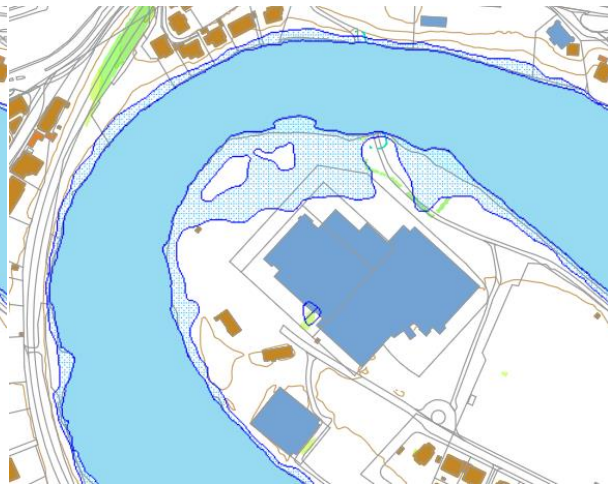
Figur 13 Aktsomhetskart Trondheim kommune. 50-årsflom.



Figur 14 Aktsomhetskart Trondheim kommune. 100-årsflom.



Figur 15 Aktsomhetskart Trondheim kommune. 200-årsflom.



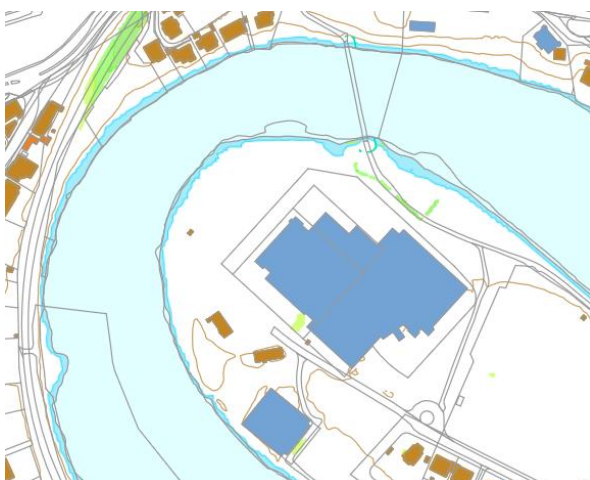
Figur 16 Aktsomhetskart Trondheim kommune. 500-årsflom.

## 7.6 Stormflo Trondheim

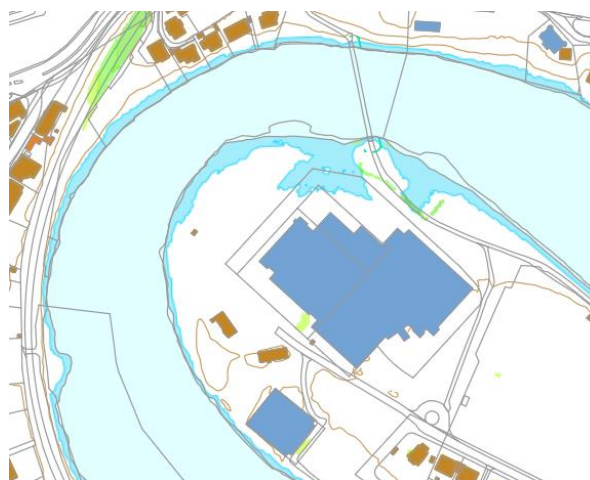
I dette delkapitlet presenteres seks figurer for 20-, 200-, og 1000-års stormflo i 2017 og 2090. Landarealet oversvømmet ved stormflo øker med høyere havnivå. Dette vises i figurene på neste side med havnivået i 2017 på venstre side og havnivået i 2090 på høyre side. De respektive 20-, 200-, og 1000-års stormflohendelsene vises med de lyseblå feltene.

Aktsomhetskartet til Trondheim kommune undervurderer flomskaderisikoen fordi kartene kun viser den gamle Nidarøhallen. Det nye bygget, Trondheim Spektrum, ligger nærmere Nidelva til nord-vest og er tegnet på NVEs aktsomhetskart (Figur 12), Kartverkets [hoydedata.no](http://hoydedata.no) og [norgeskart.no](http://norgeskart.no). Figur 12 viser flomsoner og ikke stormflosoneer. Kartene er orientert mot nord.

Figurene følger i sammenheng på neste side.



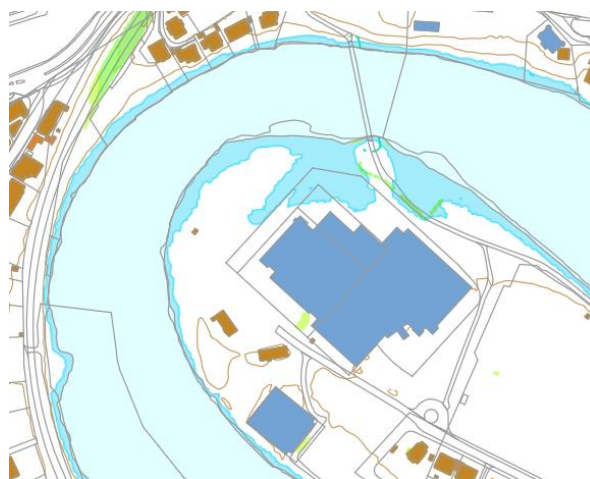
Figur 17 Forventet havnivå 2017 med 20-års stormflo.



Figur 18 Forventet havnivå 2090 med 20-års stormflo.



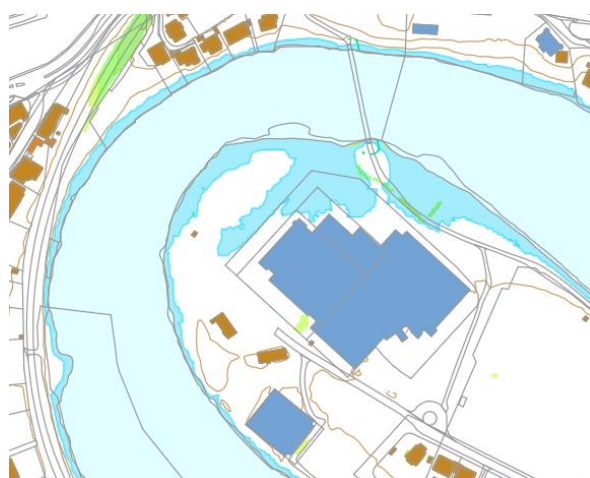
Figur 19 Forventet havnivå 2017 med 200-års stormflo.



Figur 20 Forventet havnivå 2090 med 200-års stormflo.



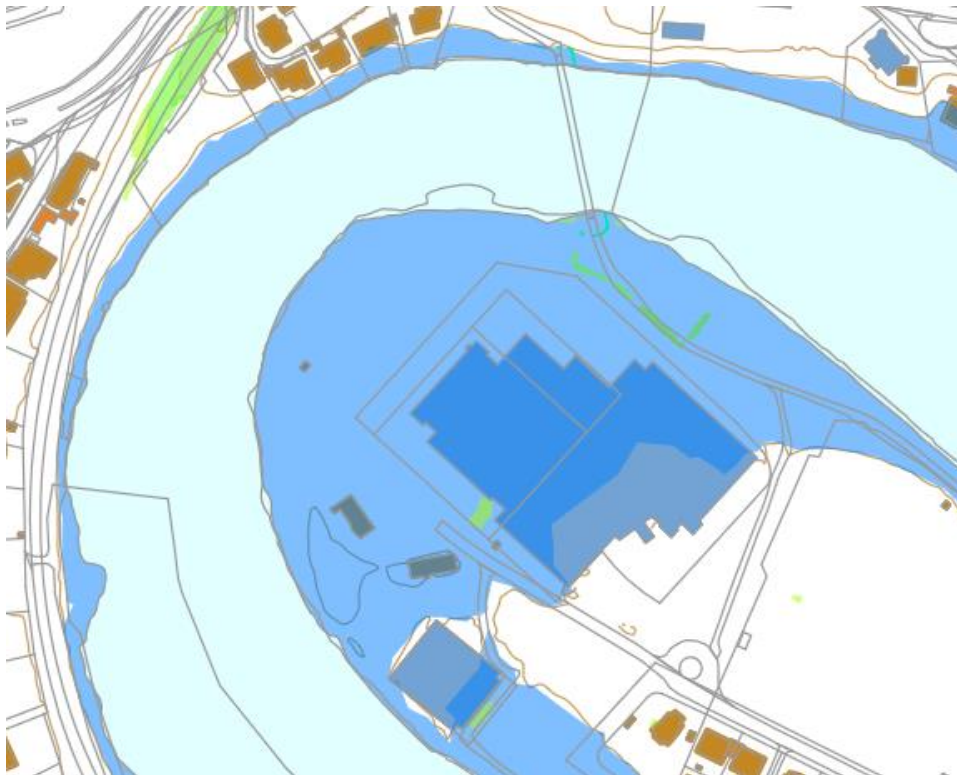
Figur 21 Forventet havnivå 2017 med 1000-års stormflo.



Figur 22 Forventet havnivå 2090 med 1000-års stormflo.



## 7.7 Bestemmelsesområde havstigning



Figur 23 Aktsomhetskart Trondheim kommune. Bestemmelsesområde havstigning, Kommuneplan areal (KPA).

Bestemmelsesområdet (farget blått i figur 23) er risikoområdet som kan bli influert av havstigning kombinert med maksimal stormflo [Trondheim kommune, aktsomhetskart flomfare]. I disse områdene må det gjøres tiltak hvis det planlegges nye bygg. Ifølge høydekurvene i aktsomhetskartet kommer influensområde opp mot kotehøyde 5 m. Dette vil berøre mange bygg i Trondheim.

## 7.8 Risikokostnad

I dette kapitlet sammenholdes den årlige risikoen for frekvensen av flom og stormflo med potensielle kostnader. I underkapitlene beskrives flom- og stormflohendelsene som har størst potensial til å påføre Trondheim Spektrum skade. (Skadekostnadene og risikokostnadene).

Årlig risiko er beregnet ut ifra at hendelsen skjer én gang innen sin tidsramme.

Eksempel: 20-års stormflo:  $\frac{1}{20} = 5\%$  og 50-årsflom:  $\frac{1}{50} = 2\%$ .

### 7.8.1 Risikokostnad flom

Årlig risiko for flom:

50-årsflom:	2% årlig risiko.
100-årsflom:	1% årlig risiko.
200-årsflom:	0,5% årlig risiko.
500-årsflom:	0,2% årlig risiko.

Ut ifra de flommene som er nevnt i oppgaven, så vil 200-årsflommen og 500-årsflommen ha størst påvirkning på Trondheim Spektrum. På aktsomhetskartet til Trondheim kommune kan vi anta et skadeomfang på Spektrum der vannet trenger inn i bygget.

200-årsflom:



Figur 24 Norgeskart (venstre) viser antatt berørt område. Aktsomhetskartet (høyre) viser en 200-årsflom.

Berørt bygningsareal er beregnet til 642 m<sup>2</sup>.

Dette gir beregnet skadeomfanget:  $1\,267\text{ kr/m}^2 * 641\text{ m}^2 = 812\,147\text{ kr}$ .

Årlig risikokostnad:  $0,5\% * 812\,147\text{ kr} = 4\,061\text{ kr}$

500-årsflom:



Figur 25 Norgeskart (venstre) viser antatt berørt område. Aktsomhetskartet (høyre) viser en 500-årsflom.

Berørt bygningsareal er beregnet til 5 056 m<sup>2</sup>.

Dette gir beregnet skadeomfanget:  $1\,267\text{ kr/m}^2 * 5\,056\text{ m}^2 = 6\,405\,952\text{ kr}$

Årlig risikokostnad:  $0,2\% * 6\,405\,952 = 12\,812\text{ kr}$

## 7.8.2 Risikokostnad stormflo

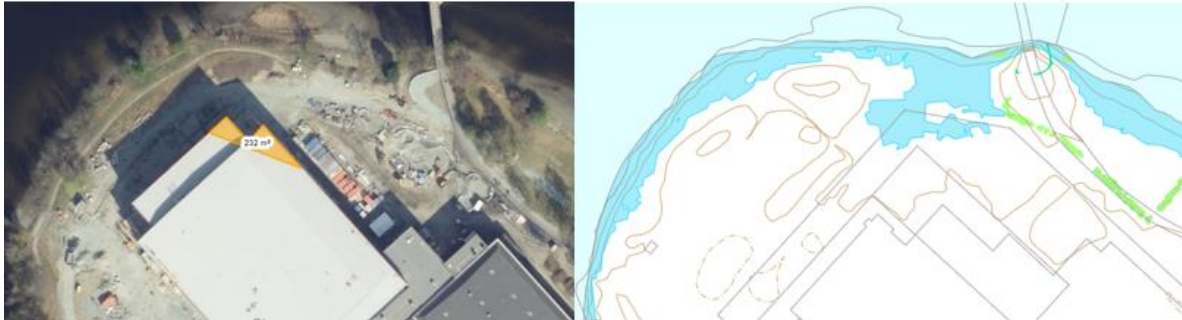
Årlig risiko for stormflo:

20-års stormflo: 5% årlig risiko.

200-års stormflo: 0,5% årlig risiko.

1000-års stormflo: 0,1% årlig risiko.

1000-års stormflo i 2017:



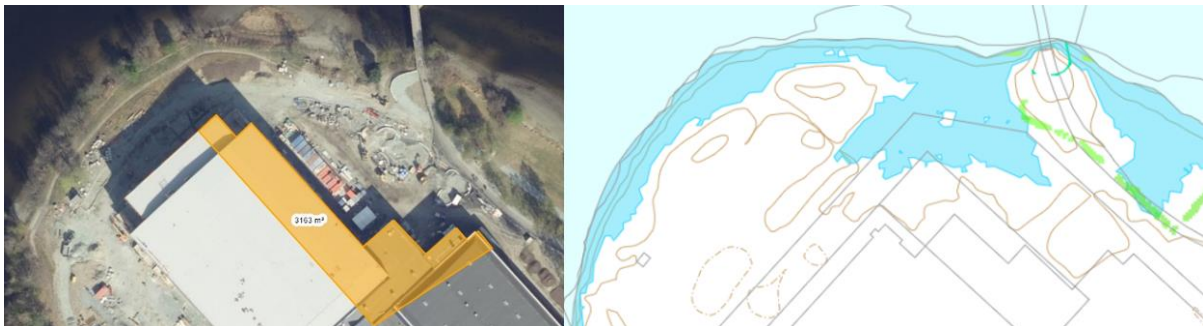
Figur 26 Norgeskart (venstre) viser antatt berørt område. Aktsomhetskartet (høyre) viser en 1000-års stormflo i 2017.

Sannsynligheten for at en 1000-års stormflo i 2017 gjør skader på Trondheim Spektrum er lav. Men det er fortsatt en risiko for at stormfloen er større enn det som vises i modellen til aktsomhetskartet til Trondheim kommune, og dermed rekker opp til den nordligste delen av bygget. Området som kan bli berørt er på 232 m<sup>2</sup>.

Dette gir beregnet skadekostnad:  $1\,267\text{ kr/m}^2 * 232\text{ m}^2 = 293\,944\text{ kr}$

Årlig risikokostnad:  $0,1\% * 293\,944\text{ kr} = 294\text{ kr}$

20-års stormflo i 2090:



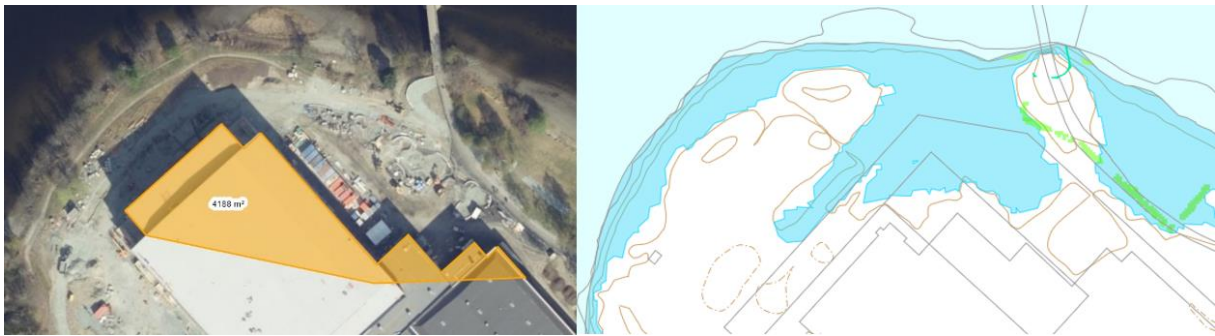
Figur 27 Norgeskart (venstre) viser antatt berørt område. Aktsomhetskartet (høyre) viser en 20-års stormflo i 2090.

Under 20-års stormflo i 2090 er det to mulige adkomstveier for vannet fra Nidelva som i verste fall kan gjøre store skader på nord-østre del av Spektrum. Den ene er rett nord for bygget, og den andre er nord-øst for bygget. Begge vises i figur 27. Forsenkningene i terrenget nord-øst for bygget vil hjelpe til med drenering. Dette kan redusere omfanget av skadene på Spektrum. Området som kan bli berørt, er på 3 163 m<sup>2</sup>.

Dette gir beregnet skadekostnad:  $1\,267\text{ kr/m}^2 * 3\,163\text{ m}^2 = 4\,007\,521\text{ kr}$

Årlig risikokostnad:  $5\% * 4\,007\,521\text{ kr} = 200\,376\text{ kr}$

200-års stormflo i 2090:



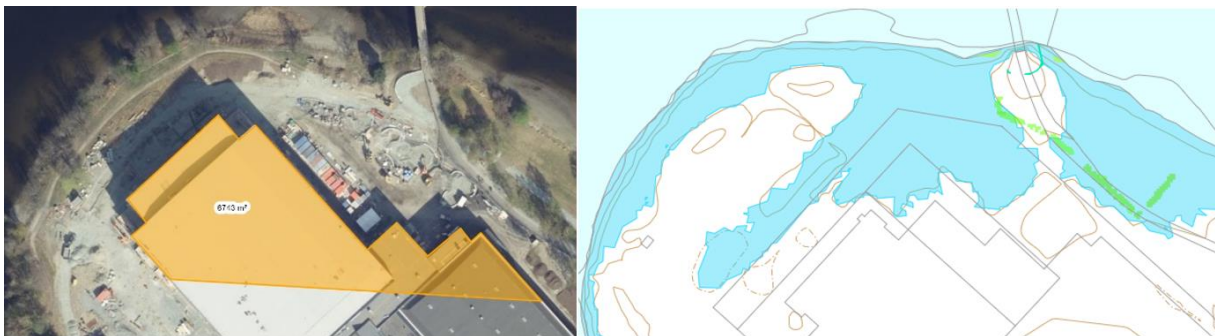
Figur 28 Norgeskart (venstre) viser antatt berørt område. Aktsomhetskartet (høyre) viser en 200-års stormflo i 2090.

Det er tydelig at Nidelva kommer helt inn på Trondheim spektrum i en 200-års stormflo med forventet havnivå i 2090. Det som også kan skje hvis stormfloen er kraftig nok, er å trenge lenger inn i bygget. Området som kan bli berørt, er på 4 188 m<sup>2</sup>.

Dette gir beregnet skadekostnad:  $1\,267\text{ kr/m}^2 * 4\,188\text{ m}^2 = 5\,306\,196\text{ kr}$ .

Årlig risikokostnad:  $0,5\% * 5\,306\,196\text{ kr} = 26\,531\text{ kr}$

1000-års stormflo i 2090:



Figur 29 Norgeskart (venstre) viser antatt berørt område. Aktsomhetskartet (høyre) viser en 1000-års stormflo i 2090.

Hvis en 1000-års stormflo i 2090 inntreffer, og den blir verre enn modellen viser, så er det stor sannsynlighet for at den nordre delen av Spektrum får store skader. Området som kan bli berørt, er på 6 743 m<sup>2</sup>.

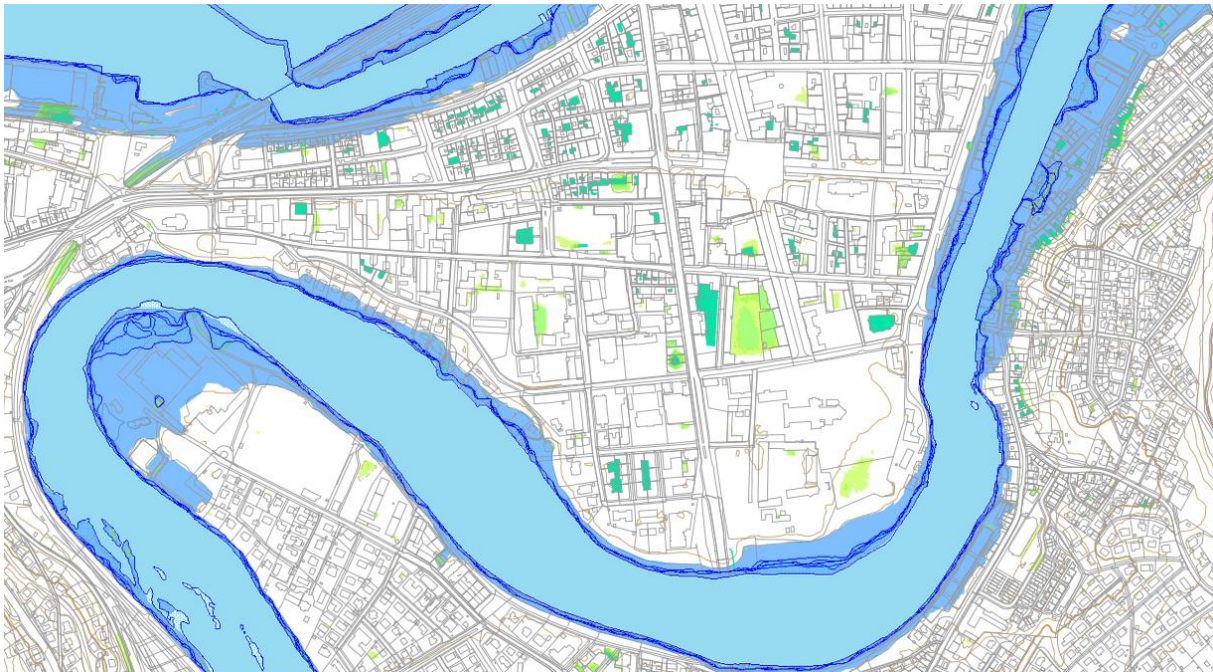
Dette gir beregnet skadekostnad:  $1\,267\text{ kr/m}^2 * 6\,743\text{ m}^2 = 8\,543\,381\text{ kr}$

Årlig risikokostnad:  $0,1\% * 8\,543\,381\text{ kr} = 8\,543\text{ kr}$

## 7.9 Privatboliger og Nyhavna

Flere private hus i nærhet av Nidelva står i fare for å bli skadet av de samme hendelsene som Trondheim Spektrum står ovenfor. Det gjøres her noen enkle betraktninger for potensielt skadeomfang på disse selv om hovedfokus i oppgaven er Trondheim Spektrum.

Kostnaden for en privat bolig på 100m<sup>2</sup> med og uten kjeller betraktes her som referanse til boligskader [Nordeidet, B. et al. (2019)] & [Vedlegg 2]. Som referanse til boligskader nevner oppgaven Skadekostnadene beregnes til 90 200kr (3 cm vannhøyde) for hus med kjeller, som tilsier en enhetspris på 902 kr/m<sup>2</sup>. For en bolig uten kjeller kommer kostnadene på 153 400kr (30 cm vannhøyde) for skade på første etasje og enhetskostnader på 1 534kr/m<sup>2</sup>. I Trondheim er bygg ut mot Trondheimsfjorden spesielt utsatt for stormflo. Trondheim Spektrum er til en viss grad skjermet fra direkte påvirkning fra Trondheimsfjorden. Det er derfor grunn til å anta at en kraftig stormflo vil ramme bygg nær fjorden hardere enn Spektrum.



*Figur 30 Aktsomhetskartet til Trondheim kommune med bestemmelsesområde (influensområde) og flomsoneer for 500-, 200-, 100- og 50-årsflom.*

På figuren over ser man at flere hus i bestemmelsesområdet for havstigning. Disse husene har derfor risiko for å bli berørt av havstigning og stormflo. Nyhavna er ett av områdene ut mot fjorden som er spesielt utsatt for oversvømmelse, spesielt scenariet stormflo (Figur 31). Ifølge Ellen-Birgitte Strømø skal Nyhavna gjennomgå en utbygging, i 2019 var prosjektet fortsatt i planstadiet [Hellerud, M. B. (2019)]. I en analyse om Nyhavna gjort av Trondheim kommune i 2011 tar de opp spørsmålet om hvor utsatt bydelen er for havstigning og stormflo. I analysen dimensjonerte de med en stormflohøyde på 3,87 m. Området som skal utbygges, ligger på 3,5 til 4 moh. Rapporten konkluderer med at havstigning og stormflo kan gi konsekvenser for bebyggelsen i område hvis det ikke blir gjort noen tiltak [Trondheim kommune. (2011). s. 35-

36]. Bystyret gikk inn for å omforme den sentrale bydelen da de vedtok kommunedelplan for Nyhavna 28. april 2016 [Trondheim kommune (2019)].



*Figur 31 Aktsomhetskartet til Trondheim kommune med Nidelva i midten, Brattøra til venstre og Nyhavna til høyre. 2090 havnivå med 20-, 200- og 1000-års stormflo.*

Ut ifra aktsomhetskartet til Trondheim kommune (Aktsomhetskart flomfare og havstigning) ser vi at det må gjøres tiltak på Nyhavna i sammenheng med utbyggingen. Til venstre ser vi Brattøra med store deler av landmassen dekket av vann. Dette er ikke overaskende ettersom dette området er mest eksponert fra Trondheimsfjorden. Under en stormflo vil bydelene ut mot fjorden fungere som buffere for bydeler lenger inn. Skadene ut mot fjorden vil bli større i disse områdene.

## 8 Konsekvenser av forverret risiko for flom og stormflo

I dette kapitlet presenteres en følsomhetsanalyse der det legges til grunn en høyere risiko for ekstremvær fremover enn de historiske tallene angir. De originale risikokostnadene beregnet i underkapitlene 7.8.1 og 7.8.2 er tatt med for å vise endringen i årlige risikokostnader.

Erfaringene som er gjort for ekstremværehendelser fra tidligere år er kanskje ikke nok til å forberede oss for fremtiden. De historiske tallene kan undervurdere den fremtidige risikoen [Regjeringen.no. NOU 2018: 17]. Dette understrekes av observasjonene som er gjort de siste tiårene, flom og stormflo har større omfang og forekommer med en hyppigere frekvens. [Lundstad, E. (2013). s. 63]. Følsomhetsanalysen i dette kapitlet skal representere hvilke konsekvenser økt risiko kan ha å si for Trondheim Spektrum og samfunnet.

### 8.1 Flom

200-årsflom blir en 100-års flom:

Årlig risikokostnad for en 200-årsflom: 4 061 kr

Forverret årlig risikokostnad:  $1\% * 812\,147\text{ kr} = 8\,121\text{ kr}$

500-årsflom blir en 250-årsflom:

Årlig risikokostnad for en 500-årsflom: 12 812 kr

Forverret årlig risikokostnad:  $0,4\% * 6\,405\,952 = 25\,624\text{ kr}$

Fremtidig havstigning har ikke blitt hensyntatt i flomkartene. Nidelva rundt Spektrum er så nærme utløper til fjorden at effekten av en flom vil avhenge av havnivået. Dette nevnes også i NVEs rapport fra 2010, tidevannet vil ha virkning på vannstanden oppover i elva [Edwardsen, S.-M. & Roald, C. M. (2010). s. 6] og fra en 2001-rapport fra NVE [Bævre, I. & Larsen, C. K. (2001). s. 13].

NVEs aktsomhetskart for flom, figur 12, viser at store deler av Øya er i et flomfareområde. Fremtidig flom i Nidelva vil ha et større skadepotensial enn det som vises i aktsomhetskartene for flom i denne oppgaven.

### 8.2 Stormflo

1000-års stormflo i 2017 blir en 500-års stormflo:

Årlig risikokostnad: 294 kr

Forverret årlig risikokostnad:  $0,2\% * 293\,944\text{ kr} = 588\text{ kr}$

20-års stormflo i 2090 blir en 10-års stormflo:

Årlig risikokostnad: 200 376 kr

Forverret årlig risikokostnad:  $10\% * 4\,007\,521\text{ kr} = 400\,752\text{ kr}$

200-års stormflo i 2090 blir en 100-års stormflo:

Årlig risikokostnad: 26 531 kr

Forverret årlig risikokostnad:  $1\% * 5\,306\,196\text{ kr} = 53\,062\text{ kr}$

1000-års stormflo i 2090 blir en 500-års stormflo:

Årlig risikokostnad: 8 543 kr

Forverret årlig risikokostnad:  $0,2\% * 8\,543\,381\text{ kr} = 17\,087\text{ kr}$

### 8.3 Mer om forverret risiko

Dobles risikoen for en hendelse, så dobles den årlige risikokostnaden selv om tallene fortsatt er lavere i beregningene foran. Det betyr likevel at samfunnet kan stå foran en kraftig økning i skadekostnader og forsikringsutbetalinger som følge av klimaendringene. I Bergen og Stavanger forventes til sammenlikning at 200-års stormflo beregnet fra historiske data, vil opptre så ofte som 40 ganger i løpet av de neste 45 årene gitt at klimautslippene forblir uforandret [Miljødirektoratet (2017)]. Det betyr en risiko på  $40/45 = 89\%$  ( $1/45 = 2,2\%$ ).



Figur 32 Norgeskart (venstre) viser skadet areal av Trondheim Spektrum. Aktsomhetskartet (høyre) viser en 200-års stormflo i 2017.

Hvis forventet stormflorekvans framover blir som antydnet for Bergen og Stavanger, blir konsekvensene for Trondheim og Spektrum dramatiske. For å putte dette i perspektiv med Trondheim Spektrum må det gjøres en antagelse og nye beregninger. Først antas det at en 200-års stormflo med 2017 havnivå berører en del av Trondheim Spektrum. Dette vises i figur 32. Berørt område er på  $254\text{ m}^2$ . Skadekostnaden for en 200-års stormflo med 2017 havnivå blir  $1\,267\text{ kr/m}^2 * 254\text{ m}^2 = 321\,818\text{ kr}$ . Årlig risikokostnad for en 200-års stormflo som forekommer én gang på 45 år er  $2,2\% * 321\,818\text{ kr} = 7\,080\text{ kr}$ . Årlig risiko for at en 200-års stormflo forekommer 40 ganger i løpet av 45 år er 89%. Årlig risikokostnad med 89% årlig risiko blir  $89\% * 321\,818\text{ kr} = 286\,418\text{ kr}$ . Det er mer enn en 40-ganger så stor økning av den årlige risikokostnaden (Differansen:  $286\,418\text{ kr} - 7\,080\text{ kr} = 279\,338\text{ kr}$ ).

Kledningen til et hus har en teknisk levetid på 40 til 50 år [DNB Eiendom, Så lenge varer boligen]. Under en flom- eller stormflohendelse vil levetiden fort bli redusert som følge av de store påkjenningene. Hvis hendelsen er kraftig nok, må kledningen byttes med én gang. Bygg som står utsatt til, burde ikke være ubeskyttet.



Med økt frekvens for stormflo og flom, så øker også risikoen for at hendelsene skal inntreffe samtidig. Mye vannføring i elva i kombinasjon med stormflo vil ha en amplifiserende effekt. Kystbyer som Trondheim med relativt stor befolkningstetthet vil oppleve store skader med en kraftig økning i risikoen for tap av liv. Kan dette utløse leirskredet på Bakklandet? Hvis det blir tilfellet, vil vi se Norges største naturkatastrofe i nyere tid. Sannsynligheten for at flom og stormflo forekommer samtidig, kan anses som relativt lav på bakgrunn av DSB-rapporten «Analyser av krisescenarioer, 2019. Alvorlige hendelser som kan ramme Norge».

# 9 Tiltak og kostnad for å redusere risiko

## 9.1 Bedre rådgivning og byggdetaljer

I en spørreundersøkelse om klimatilpasning i 2019 utført av CICERO – Senter for klimaforskning, kommer det fram at de aller fleste kommunene er i gang med organiseringen av klimatilpasning. De store kommunene er kommet lenger enn de små, og kommuner med nylig ekstremværfaring er kommet lengst. Resultatet fra spørreundersøkelsen tyder på at de fleste jobber reaktivt i stedet for proaktivt med hensyn til klimatilpasning [Klemetsen, M. & Dahl, M. S. (2019)]. Fra en annen rapport av Vestlandsforskning [Rusdal, T., Brendehaug, E. & Aall, C. (2019)] viser funn at det er et stort behov for kunnskap og statlig ressursinnsats. Kommunene viser til økt fokus på klimatilpasning gjennom omfanget av statlige styringssignaler, men disse styringene oppleves som veldig generelle i lokale sammenhenger. Små og mellomstore kommuner har problemer med å jobbe systematisk grunnet mangel på administrative ressurser. Arbeidet mot vannrelaterte farer fremstår som det mest prioriterte området i Vestlandsforskningens undersøkelse. Trondheim er blant de store kommunene. Gjennom intervju og samtaler med Trondheim kommune, samt «Klimaplanen: Klimatilpasning» [Trondheim kommune (2020)] er det klart at kommunen innehar mye kunnskap om klimatilpasning.

For områder som allerede er utbygd, anbefales det å vurdere risiko og sårbarhet for stormflo og havstigning i perioden 2081 til 2100 som en del av helhetlig ROS-analyse. Tiltak må vurderes og eventuelt integreres hvis konstruksjoner vil bli utsatt for framtidig oversvømmelse. Samfunnet kan sikres mot store samfunnsøkonomiske belastninger gjennom bedre framtidig samfunns- og arealplanlegging [Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, DSB. (2016). s. 20-21, 30]. Dette gjelder flere bygg i Trondheim på bakgrunn av figur 30.

Tiltak som kan gjøres på kort sikt, kan bli funnet på [varsom.no](http://varsom.no) sin hjemmeside. Her presenteres forberedelser og råd til perioder med mulig storflom og jordskredfare. Dette er for enkeltpersoner og til beredskapsaktører [[Varsom.no](http://Varsom.no), Hva kan du gjøre for å forebygge skader når det er flom- og jordskredfare?].

## 9.2 Sjekkliste

Et billig og lett gjennomførbart tiltak er en sjekkliste med klimatilpasningstiltak. Tanken rundt en sjekkliste er å få oversikt over kontrollpunkter, som hukes av etter hvert som klimatilpasende byggdetaljer er på plass. Kontrollpunktene burde fokusere på hovedbæresystem, materialeegenskaper, detaljløsninger, diffusjon, kuldebroer, lufttetthet, dampspærre, materialmottak, materialhåndtering, byggfukt og uttørking [Miljødirektoratet (2019)].

Et slikt tiltak vil ikke koste mye i seg selv, men kan føre til økte materialkostnader som igjen fører til at utbyggingsprosjekter blir dyrere. Samfunnsøkonomisk kan dette føre til færre investeringer i utbyggingsprosjekter og dermed ha innvirkning på byggebransjen, men være samfunnsøkonomisk lønnsomt over tid.

### 9.3 Drenering

Dreneringsveier er nyttig ved mindre flommer og stormflo, men fungerer best til å føre bort nedbørsvann. Dreneringen fører vannet vekk fra Spektrum-bygget og tilbake i Nidelva. Under en kraftig klimarelatert hendelse kan dreneringsanlegget ha en fordrøyende effekt. I etterkant av en flom eller stormflohendelse vil drenering bidra til at vannet ikke blir liggende rundt Trondheim Spektrum.

### 9.4 Flomveier

Når anlegget for fordrøyning, drenering og overvannsnett ikke lenger klarer å holde overvann og oversvømmelsesvann unna, så skapes flomveier. Flomveiene følger det lavtliggende terrenget i vannets fallretning og veier med opphøyde kanter. Både for eksisterende og fremtidige bebyggelse burde det bli tatt hensyn til flomveier.

Flomveier oppstår som følge av kraftig nedbør. Under en hendelse som stormflo og flom vil flomveier ha en fordrøyende effekt. På Øya rundt Trondheim Spektrum er det forsenkninger i terrenget som skaper naturlige flomveier. Disse forsenkningene er fargelagt grønt i alle figurer med aktsomhetskartet til Trondheim kommune.

### 9.5 Hindre erosjon og avrenning

Flere steder langs Nidelva er store steiner lagt i vannkanten. Disse store steinene er vanskelig for vannstrømmen å føre bort og hjelper derfor med å holde på løsmassene. Erosjon og avrenning av løsmasser kan oppstå også ved lave vannhastigheter.

Ut ifra bilder kan en ikke se at det er lagt steiner eller gjort andre tiltak for å holde på løsmassene i elvekanten ved Trondheim Spektrum. Dette vil føre til at løsmasser blir gravd bort under en klimarelatert hendelse.

### 9.6 Ny plassering på Tiller

I et intervju med Ellen-Birgitte Strømø (Kontaktperson for klimatilpasning i Trondheim) kom det frem at Trondheim kommune har en eiendom på Tiller. Å flytte Trondheim Spektrum er svært kostbart, men det ville satt Spektrum på et område uten risiko for flom, stormflo og havstigning. I tillegg er erosjonsfaren mye lavere på Tiller. Når det ble bestemt at Trondheim skulle ha en ny arena, så var utbygging av Nidarøhallen det billigste alternativet. Men kan det på lang sikt være billigere å flytte Trondheim Spektrum? Spektrum er en flerbrukshall som vil tilby leie av sine lokaler i lang tid fremover. Hvis en stormflohendelse skjer i 2090 vil bygget stå i fare for å påføres store kostnader. I kombinasjon med økende frekvens av klimarelaterte hendelser, vil skaderisikoen på bygget øke. Byggingen av Trondheim Spektrum gikk over budsjettet og måtte reddes fra konkurs [NRK (2019). Trondheim Spektrum blir dyrere] & [NRK. (2018). Redder Spektrum fra konkurs]. Det var kostbart å bygge, og kan i fremtiden bli kostbart å reparere.

### 9.7 Overgangs- og ansvarsrisiko for samfunnet

Det endrede klima skaper mange nye utfordringer, blant dem er diskusjonen om de langsiktige risikoreducerende tiltakene overgangsrisiko og ansvarsrisiko [Bjartnes, A. (2018)].

Overgangsrisiko er knyttet til samfunnets overgang fra fossile ressurser til alternative energikilder. For å redusere klimaendringene må politiske tiltak bli fattet. Dette kan føre til store tap for selskaper som er avhengig av fossile ressurser. Næringsvirksomhetens rammer vil endres. Ny teknologi og strengere klimakrav vil ha en stor innvirkning på konsumenters preferanser gjennom tilbud og etterspørsel av varer. Hvordan disse endringene vil påvirke ulike former for økonomisk aktivitet må kartlegges, men det er en stor utfordring i arbeidet mot å oppnå målene i Paris-avtalen [Bjartnes, A. (2018)].

Overgangsrisiko har fire kategorier: Politikk og reguleringer, teknologi, marked og omdømme. Politikk og reguleringer er nasjonale og internasjonale beslutninger om forbud mot drivstofftyper eller restriksjoner på kjøring i byer. Det kan også være økte CO<sub>2</sub>-avgifter. Ny teknologi fører også med seg kostnader. Nye elbiler reduserer etterspørselen for forbrenningsmotorer, og solenergi og vindkraft kan utkonkurrere fossil energi. Ny teknologi sammen med politikk og reguleringer åpner opp for nye markeder som øker i verdi, mens eldre produkter taper verdi. Et selskaps omdømme kan også påvirkes av et grønt skifte. Forbrukere kan endre holdninger for eller imot virksomheten og selskaper som har mye fossil kunnskap kan ha problemer med å tilegne seg kompetanse for et grønt skift. En investor som ser at en bedrift ikke klarer å fornye seg i et endrende marked, vil velge å ikke investere i den bedriften [Bjartnes, A. (2018)].

Hvis klimahendelser fører til skade på Spektrum, så er det Trondheim kommune som står ansvarlig. Dette kalles ansvarsrisiko. Det er kommunen som har godkjent utbyggingen som har ansvar for at utredningen av området tar hensyn til alle risikofaktorer. Når disse faktorene er gjort rede for, stilles det krav til utbygger. Disse kravene skal gjøre bygget motstandsdyktig mot eventuelle risikofaktorer. Plan og bygningsloven §4-3 viser;

[Lovdata. Plan- og bygningsloven: §4-3. Samfunnssikkerhet og risiko- og sårbarhetsanalyse].

***Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)***

***§ 4-3. Samfunnssikkerhet og risiko- og sårbarhetsanalyse***

*Ved utarbeidelse av planer for utbygging skal planmyndigheten påse at risiko- og sårbarhetsanalyse gjennomføres for planområdet, eller selv foreta slik analyse. Analysen skal vise alle risiko- og sårbarhetsforhold som har betydning for om arealet er egnet til utbyggingsformål, og eventuelle endringer i slike forhold som følge av planlagt utbygging. Område med fare, risiko eller sårbarhet avmerkes i planen som hensynssone, jf. §§ 11-8 og 12-6. Planmyndigheten skal i arealplaner vedta slike bestemmelser om utbyggingen i sonen, herunder forbud, som er nødvendig for å avverge skade og tap.*

# 10 Anvendelse av resultatene i et videre perspektiv

Det er mye usikkerhet knyttet til framtidig klimarisiko og hvordan verden reagerer på utviklingen de neste hundre årene [Regjeringen.no (2018). NOU 2018: 17]. Det kan derfor diskuteres om historiske data undervurderer framtidig risiko. Risiko basert på historiske data for flom, stormflo og nedbør viser håndterbar risiko rundt Trondheim Spektrum. Men hvis framtidig risiko er betydelig høyere enn historisk, forandrer situasjonen seg. Klimaendringene fører til hyppigere og kraftigere klimarelaterte hendelser. Det er derfor viktig med en oppdatering av risikoberegningen i et framtidig perspektiv.

## 10.1 Bruk av metoden i andre analyser

For områder nær kysten eller i nærheten av elver kan en geografisk framstilling gi mye informasjon om dagens og fremtidens farer i forbindelse med skred, flom, havstigning og stormflo. NVE har kartlagt mange kystområder og vassdrag som kan oversvømmes og påføre bebygde områder i nærheten store skader. En geografisk framstilling kan gi kommunene mye informasjon om faktorene de må gjøre tiltak mot. Det anbefales å følge føre-var-prinsippet i arbeid med klimatilpasning og risikoanalyse for å redusere skaderisikoen for uforutsette hendelser og bedre samfunnets evne til å håndtere i et fuktigere framtidig klima.

## 10.2 Utvikling av metoden

Når ny kunnskap om omfanget, effektene og fareområdene av klimaendringer og klimarelaterte hendelser kommer frem, kan områder som i dag regnes som tilstrekkelig sikre bli redefinert til ikke å være i henhold til plan- og bygningsloven og byggteknisk forskrift. Gjennom arealplan avgjøres arealbruken og overordnede føringer. Den som prosjekterer et byggverk, må ta stilling til utforming, detaljplassering og materialvalg. For skred, stormflo, flom og havstigning må plasseringen av bygget vurderes grundig [Miljødirektoratet (2019)].

Det finnes flere måter å beregne de totale samfunnsøkonomiske kostnadene som følge av klimarelaterte hendelser. Det kan gjøres gjennom bruk andre erfaringstall enn det som er brukt i denne oppgaven, kombinasjon av forskjellige erfaringstall og ved hjelp av egeninnsamlet data. Videreutvikling av metoden i denne oppgaven og andre beregningsmetoder har en fellesnevner, et behov for kartlegging av data og modellutvikling. Data kan være vanskelig å få tak i og vurderinger rundt verdiene som trekkes inn i en analyse, varierer. Modeller må med mer nøyaktighet forutsi fremtidens farenivåer gjennom langsiktig data kartlegging. Stiger farenivået lineært eller er kurven tiltagende? Kan forskning si noe om og når kurven flater ut? Ved å øke registreringen og tilgangen til målinger og forsikringstall, kan risikomodeller tilknyttet klimaendringene bli mer nøyaktige. Dette vil også bedre kommuners og statens planleggingsevne innen forhold knyttet til klimarisiko.

Kombinasjonen av stormflo og flom er blitt diskutert i flere av artiklene som er referert til i denne oppgaven. Sannsynligheten tilknyttet at en 200-års stormflo og en 200-årsflom forekommer samtidig er liten, men skadeomfanget kan bli katastrofalt. Analyser av hvilke skadekostnader som kan følge av en kombinasjon, kan gi ny kunnskap i vurderingen av klimarisiko og krav til fremtidige utbyggingsområder og bygg. En kombinasjon av flom og

stormflo er ikke blitt modellert i denne oppgaven, men nevnes i delkapittel 8.3 og i kapittel 11.

Aktsomhetskartene brukt i metoden kan brukes til å se hvor utgravninger er mest sannsynlig under en oversvømmelse. På Norges geologiske undersøkelse (NGU) ligger det data for grunnforhold i Norge [Norge geologiske undersøkelse, NGU (2019)]. Dette kan brukes i forskning på erosjonseffekten til klimarelaterte hendelser. Ved å analysere et utsatt område kan erosjon og avrenning beregnes. Dette vil ha betydning for sikkerheten til konstruksjoner og kunne vise effekten en oversvømmelse har på bygningers fundament.

### 10.3 Kostnader for sekundærberørte

Et interessant tema som kan bli sett videre på, er de tapte omsetningene til andre næringer som nyter godt av arrangementene som tilbys av et bygg som Trondheim Spektrum. Hvilken korrelasjon har avlyste arrangementer med tapt omsetning hos andre? Effektevaluering og ringvirkningsanalyse kan hjelpe samfunnsforståelsen for hvordan nedsatt funksjon av et bygg kan påvirke andre næringer. Her vil resultatene variere avhengig av hvilken næring bygget opererer innenfor. Nedsatt funksjon av en restaurant kan føre til økte inntekter for andre restauranter, mens nedsatt funksjon av Operahuset Oslo kan få konsekvenser for turist-, service- og hotellnæringen. Storm i indre Oslofjord er et scenario som kan påvirke Operahuset og er omtalt i 2019-rapporten til DSB [Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, DSB. (2019)].

Konsekvensanalyser, effektevalueringer og ringvirkningsanalyser spiller viktige roller i å samle og formidle kunnskap om hvordan en enkelt bedrift kan bli direkte påvirket av en hendelse, og indirekte påvirket av at en annen næring blir satt ut av drift. Formidling av kunnskap relatert til hvordan Norge kan bli påvirket av klimaendringer er essensielt for å gi insentiv til bedrifter og kommuner til å allokere ressurser til klimatilpasningstiltak.

Tap av ikke-prissatte verdier er en del av effektanalysen. Et eksempel er tap av rekreasjonsverdi. Øya er et attraktivt område for turgåere og joggere. Under og etter en oversvømmelse kan deler av Øya bli stengt og enkelte områder i Trondheim kan bli mer utilgjengelig.

### 10.4 Nytte-kostnadsanalyse

Nytte-kostnadsanalyse kan benyttes etter NVEs SV-verktøy (Skred og vassdragsavdelingen). Nytte-kostnadsverktøyet til flom- og skredsikringstiltak blir benyttet av Skred og vassdragsavdelingen i NVE [Bendiksen, I. Å. & Grøttå, L. (2018). Vedlegg 1]. Verktøyet gir et bedre beslutningsgrunnlag av tiltak mot flom og skred. Problemer ved en nytte-kostnadsanalyse er at ikke alle faktorer er prissatt eller at risiko i flere tilfeller er vanskelig å beregne.

Koble kartmodell (GIS) og nytte-kostnadsverktøy. Geografisk informasjonssystem (GIS) har et grensesnitt der stedfestet informasjon kan presenteres grafisk ved hjelp av kart [Kartverket, GIS]. Gitt at alle nytte-kostnadsfaktorer er tatt med, vil en kombinasjon med GIS gi svært nyttig informasjon om effekten tiltak har på risiko og kostnad.

### 10.5 Oppsummering av kapittel 10

Bruk av konsekvensanalysen kan gi en oversikt over farer relatert til klimaendringer også andre steder. Mange aspekter av klima og klimatilpasning opererer utenfor markedsøkonomien, og det er derfor flere måter å gjøre konsekvensanalyser på. Metoden i oppgaven kan utvikles for å oppnå bedre presisjon, for eksempel ved bruk av forsikringstall. Effektiviteten av klimatilpasningstiltak kan kartlegges ved nytte-kostnadsanalyser. Dette vil gjøre det enklere for kommunene å velge ut de mest kostnadseffektive tiltakene som har størst samfunnsbeskyttende effekt. Det er i slike analyser viktig å ta med nytten andre næringer vil ha av tiltakene gjort hos den utsatte bedriften.

# 11 Diskusjon

I dette kapitlet diskuteres svakheter med data, bruken av terskelverdier i en konsekvensanalyse og grunnlaget for å sette terskelverdier. Kapitlet diskuterer terskelverdiene brukt i rapporten «Ekstremnedbør Oslo. Skadeomfang og kostnader» og faktorer som kan påvirke omfanget av en flom og stormflo som ikke er tatt med i modellene.

Hvor høy må vannsøylen utenfor Trondheim Spektrum faktisk være før vann trenger inn? Dette er oppgavens første usikkerhetsmoment når det gjelder faktiske terskelverdier. Terskelverdier kan variere fra bygg til bygg og baserer seg i realiteten på mye byggteknisk data som materialbruken, plasseringen til vinduer, dører, romfordeling og høyden på grunnmuren. For beregningen av skade på løsøre varierer kostnadene i forhold til interiørvalg som type gulv og innholdet i rommene som blir påvirket.

Modellene i oppgaven tar ikke med seg de fysiske kreftene som er i sving under en stormflo eller flom. Dette har mye å si for hvor høyt vannet rekker, erosjon og hvor mye skade det forårsaker på eksponerte materialer.

Opprydning, reparasjoner og bruk av avfuktere vil ta tid. Antall timer og dermed kostnad på opprydningsarbeid varierer i forhold til påvirket areal og avfallsmengden. Det er vanskelig å forutsi arbeidsmengden ettersom det er mange faktorene som spiller inn. Avfuktere må bli stående over en lengre periode for å fjerne fukt i materialene som er berørt og fukt som har spredd seg til tak og vegger. I samtale med Holte industri, en bedrift som selger utstyr til avfukting, ble det klart at grundigere vurdering av materialbruk, romstørrelser og romfordeling må ligge til grunn før antall avfuktere, type avfuktere og kostnad kan estimeres. Det er mye usikkerhet rundt hvor lenge en bedrift vil være ute av drift. Dette er på grunn av de mange faktorene som påvirker tidsperioden. Ut ifra Gjensidiges erfaringstall får man en ide over hvor mange dager produksjonstapet varer.

Ikke alle verdier som står i Oslo-priser, kan overføres direkte til Trondheims-priser. Verdisetting av kostnader i Oslo-priser er en svakhet ettersom prisene i Trondheim er jevnt over lavere enn i Oslo. Grunnet faktorer som Covid-19, stenging av Spektrum og reiserestriksjoner er datainnhenting blitt vanskeligere. Det har vært vanskelig å oppnå kontakt med potensielle kilder. Et planlagt besøk i mars 2020 med intervju og befaring ble kansellert på kort varsel etter Statens anbefalinger for å redusere spredning av Covid-19. Trondheim Spektrum har måttet avlyse og flytte mange arrangementer. Dette har tatt mye tid, samtidig som ansatte har blitt permittert og har mot slutten av oppgaven kunnet bidra med informasjon.

Det er mye usikkerhet i vurdering av skadeomfanget som kan bli påført Trondheim Spektrum i en klimarelatert hendelse. Modellene for stormflo og flom er ikke nøyaktige representasjoner for hvor høyt vannet vil nå, men en illustrasjon av en mulig vannstand. Hendelsene kan bli svakere eller kraftigere enn det som er illustrert i aktsomhetskartene [Peereboom, I. (2018).]



Skadeomfanget av hendelsene i denne oppgaven baserer seg på at hendelsene er kraftigere enn illustrert. Ut fra Regjeringens føre-var-prinsipp i klimatilpasningsarbeid [Regjeringen.no. Meld. St. 33 (2012–2013)]. Modellene for flom tar ikke med seg forventet havstigning eller endret framtidig frekvens. Dette fører til at antagelser om framtidig flomrisiko er nødvendig. Informasjon til forfatter om rominndelinger, høydeforskjeller på første etasje, kjellernivåer har vært svært begrenset. Ingen befaring og vanskeligheter med datainnhenting svekker analysen av påvirket areal i Trondheim Spektrum.

Endret og forverret risiko ved flom og stormflo er vanskelig å beregne. En 200-årsflom vil forekomme oftere og i teorien kunne bli en 100-årsflom. Ettersom historiske tall ligger til grunn for å fastsette 50-, 100-, 200-, osv. års flommer, påvirker dette beregningene for framtidig risiko. Historiske tall tar ikke med seg den faktiske endringen av frekvenser tilknyttet flom- og stormflohendelser. «*Flomfrekvensanalyser er en statistisk metode for å estimere størrelsen på en flom med et bestemt gjentaksintervall*». Analysen baseres på tidligere observerte flomdata [Thorarinsdottir, T. L. et al (2018). s. 43].

Terskelverdier brukt i Rambølls rapport fra 2019 baserer seg på erfaringer relatert til tidligere ekstremnedbørshendelser. En terskelverdi gir en forutsetning for når kostnader relatert til skade begynner å løpe. Når en oversvømmelse forekommer, vil vannhøyden utenfor bygg stige, vannhøyden er målbar og vil med nok vanntilføring kunne oppfylle terskelverdien. Eksempler på terskelverdier tatt fra «*Ekstremnedbør Oslo. Skadeomfang og kostnader*»:  
Byggverk med kjeller: Terskelverdi 3 cm vannhøyde.  
Byggverk uten kjeller: Terskelverdi 30 cm vannhøyde.  
Produksjonstap: Terskelverdi 10 cm vannhøyde.  
Totalrenovering: Terskelverdi 40 cm vannhøyde.

Terskelverdiene representerer grensen for når vann vil trenge inn i bygg, når bedrifter stenger og når totalrenovering må til. For bygg med kjeller vil vann lettere trenge inn i kjellernivået sammenliknet med første etasje. Kostnadene relatert til dette er også mindre ettersom løsøre i kjellere ofte er mindre verdifullt enn løsøre i første etasje. Vanninntrenging i første etasje forekommer ved 30 cm vannhøyde på ytterveggen. Første etasje er ofte av høy bruksnytte og inneholder dyre løsøre som reflekteres i enhetsprisen. Økt vannstand øker enhetskostnaden. Ved 10 cm vannhøyde i gater og utenfor bygg vil framkommelighet bli redusert, kombinert med fare for økt vannhøyde og strømninger vil påvirkede bedrifter stenge for å kunne arbeide med å redusere skade på bygg og fare for personskader. 40 cm vannhøyde betyr mye vanninntrengning og skade på fundamentene. Dette kan virke for strengt for store bygg som Trondheim Spektrum som er en stor og kraftig konstruksjon.

Det kan diskuteres om terskelverdiene representerer faktiske fareterskler. Terskelverdier varierer fra bygg til bygg som følge av byggtekniske løsninger, plassering og utforming.

Boligprisene i Oslo er høyere enn i Trondheim, men håndverkerarbeid varierer til en viss grad fra selskap til selskap og type håndverkerarbeid som skal gjøres. Boligprisene i Oslo for nye eneboliger i 2019 var 62 107 kr/m<sup>2</sup>, og 61 729 kr/m<sup>2</sup> for brukte eneboliger [Statistisk sentralbyrå, SSB. Kvadratmeterpriser for eneboliger]. I Trondheim var boligprisen i 2019 for

nye eneboliger 49 586 kr/m<sup>2</sup> og 34 100 kr/m<sup>2</sup> for brukte eneboliger [Statistisk sentralbyrå, SSB. Statistikkbanken]. Forskjeller i pris reflekterer forskjeller i pris på tomtegrunn. Variasjonen i faktorene som spiller inn på kostnader betyr at skadekostnaden brukt i denne oppgaven (1 267 kr/m<sup>2</sup>) mest trolig er annerledes i realiteten. Det vanskelig og tidkrevende å beregne nøyaktige skadekostnader når flere faktorer varierer fra kommune til kommune og fra bygg til bygg. MERK: 1 267 kr/m<sup>2</sup> inkluderer løssøre for en idrettshall. Løssøre i idrettsbygg kan variere.

Varighet på flom- og stormflohendelse er ikke tatt med i analysen. Det var det heller ikke et diskutert moment i Rambølls 2019-rapport. Tidsperspektivet til en ekstremværhendelse kan variere, og skade kan bli påført på kort tid. Dette er et usikkerhetsmoment og oppgavens metode analyserer i stedet vannstandens mulige toppunkt i løpet av flom- og stormflohendelsen.

Bølger har betydning for områder ved kysten. Vind, strøm, sjøbunnsforhold, vannkant og topografi er faktorer som spiller en stor rolle for bølgenes påvirkningsevne. Det er knyttet stor usikkerhet til bølgeforhold i fremtiden ettersom det også er usikkerhet rundt fremtidige vindforhold [Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, DSB. (2016). s. 16]. Modellene i aktsomhetskartene tatt med i denne oppgaven, tar ikke for seg endringen eller effekten av kraftig vind. Bølger og stormflo kan føre til at områder som ligger høyere enn det som vises som påvirket område i stormflokartene, blir påvirket. Antatt skadeomfang kan md andre ord være undervurdert i situasjon med store bølger.

Der elv munner ut i hav, må det gjøres lokale vurderinger for vindforhold. En kombinasjon av stormflo og flom, i tillegg til bølger gjør kyststrøk spesielt utsatt for skader. I slike områder er det viktig å se nærmere på en kombinasjonshendelse med kraftig vind og mye bølger.

Forsikringsdata er tidligere blitt brukt til å få frem skadekostnadene ved oversvømmelse. Problemet er at dataene inneholder mye konfidensiell informasjon som tar tid å fjerne før det kan brukes i en offentlig rapport. I en rapport fra 2019 [Hudson, P. et al (2019)] blir det tatt opp at oversvømmelse vil ha en økende innflytelse på utformingen av samfunnet i fremtiden. I artikkelen poengterer de at oversvømmelsesforsikringer burde reformeres for å bedre dekningen av områder som kan være i risikogruppen. En bedre oversvømmelsesforsikring kan reflektere risikoen for hvert område og kostnadene som kan følge en oversvømmelse, som igjen kan brukes i risikoanalyser tilknyttet flom, overvann og stormflo.

I en rapport fra Klima 2050 i 2018 [Hauge, Å. et al (2018)] kom de fram til at de største forsikringselskapene, som representerer mer enn 90 % av markedet, var villig til å dele sine data, men med tydelig forbehold om at privat informasjon skal hemmeligholdes. I den sammenheng var flere av forsikringselskapene skeptiske til hvordan forsikringsdataen kunne brukes selv etter fjerning av sensitiv informasjon. Ansvar tilknyttet datadeling burde falle på selskapene. I teorien er deling av data problemfritt ettersom informasjonen er digitalisert, men hvem som skal ha tilgang til dataen, hvordan dataen brukes og omfattende gjennomgang for fjerning av konfidensiell informasjon gjør det i praksis mer krevende.

Funn fra “Handbook of Climate Service (2020). Public-Private Cooperation for Climate Adaptation – Providing Insurance Loss Data to the Municipalities” viser at forsikringstapsdata kan hjelpe kommuner i å forstå klimarisiko i dag og i fremtiden. Dette vil kunne gi insentiver til å forbedre kommuners klimatilpasningstiltak for å redusere risiko. I likhet med «Klima 2050 (2018). Attitudes in Norwegian insurance companies towards sharing loss data. Public-Private Cooperation for Improved Climate Adaptation” kommer de frem til at presis tid og sted er essensielt for datakvaliteten, og at forsikringselskaper er villige til å dele data med kommunene. De understreker at dataen bare burde være tilgjengelig for et begrenset antall instanser.

Klimatilpasning kan også være klimatiltak. Når konstruksjoner tar skade, blir materialer byttet ut for at konstruksjonen igjen skal kunne tåle slitasje som følger av vanlig bruk og eksponering for vær og vind. I et fremtidig klima vil levetiden til konstruksjoner som i dag følger byggt teknisk forskrift, bli sterkt redusert som følge av klimaets påkjenninger. Dette leder til økt materialbruk for å erstatte skadet materiell. Ved å klimatilpasse konstruksjoner gjennom bedre løsninger og materialvalg kan levetiden økes og redusere behovet for utskiftninger. Som en følge blir klimaavtrykket mindre.

# 12 Samfunnsøkonomiske konsekvenser av klimaendringer

Oppgavens mål er å gi et bilde på viktigheten av å klimatilpasse samfunnet for å unngå store samfunnsøkonomiske påkjenninger. Den skal gi leseren motivasjon til kritisk vurdere konstruksjonsplassering, planlegging, materialbruk og gjennomføring slik at samfunnet kan opprettholde sin evne til å tilby viktige tjenester i et fuktigere fremtidig klima. Det er viktig at klimatiltak blir gjort for å redusere klimarelatert risiko.

Dette kapitlet diskuterer og lister opp konsekvensene av flom og stormflo for Trondheim Spektrum, hva det betyr for Trondheim kommune og hvordan klimaendringene kan påvirke Norge i framtiden.

## 12.1 Konsekvens for Trondheim kommune

Trondheim Spektrum spiller en viktig rolle for næringsliv, kultur og idrett i Trondheim. Hvis Spektrum blir satt ut av drift vil arenaen som trengs til konferanser og idrettslige aktiviteter forsvinne.

Skadeomfanget på Trondheim Spektrum som følge av omtalte hendelser og gjentakintervall er beregnet i kapittel 7. Dette er de fysiske skadeomfanget på bygget, men som beskrevet i delkapittel 10.4 er det også redusert omsetning tilknyttet sekundærberørte. Restauranter, hoteller og turistnæringene taper inntekter, men tapene er trolig avhengig av hvilke typer arrangementer som blir avlyst og tidsperspektivet. Det er vanskelig å beregne effekten og ringvirkningene uten omfattende datainnhenting fra de næringene det gjelder.

Under en kraftig flom- og stormflohendelse vil det i påvirkede områder kunne være fare for personskader og i ekstreme tilfeller fare for tap av liv, avhengig av individers helsetilstander.

I etterkant av oversvømmelse kan stenging av Spektrum bety nedsatt aktivitetsnivå for deler av befolkningen i Trondheim kommune inntil daglig drift kan gjenopptas. Det vil mest trolig kun ha svært liten innvirkning på innbyggernes helse, som vil gjøre tiltak for å trene i andre områder. Forurensning kan føre til sykdom gjennom dårligere kvalitet på drikkevannet og større bakteriespredning som følge av uønskede stoffer som dras med og spres under ekstremværhendelsene.

For kommunen vil nedsatt drift føre til direkte kostnader gjennom opprydningsarbeid og reparasjonskostnader. Indirekte vil sykdom blant befolkningen redusere produksjonen i flere bedrifter samt flere innleggelse på sykehuset. Trondheim Spektrum AS og Trondheim catering AS vil tape omsetning. Dette tapet er avhengig av størrelsen og antallet arrangementer som må flyttes og avlyses. I tilknytning til Covid-19-pandemien og stengt hall måtte to store næringsvirksomhetsmøter i Trondheim Spektrum flyttes/kanselleres. Omsetningstapet til Trondheim Spektrum og Trondheim catering er 30 millioner kroner

(29.05.20). Bygget er heleid av Trondheim kommune gjennom Trondheim Spektrum AS. Det vil si at kommunen påvirkes av redusert drift over en lengre periode. Store skader påvirker også kommunen gjennom skift av fokus og ressursallokering rettet mot å få Trondheim Spektrum tilbake i drift. En klimarelatert hendelse som berører Spektrum, vil trolig også berøre andre områder i Trondheim kommune. Kommunen kan få mange utfordringer å håndtere hvis en ekstremværhendelse forekommer i dag og spesielt i fremtiden, Hvis skadeomfanget blir stort, vil den norske stat trolig assistere kommunen ved å tilby rådgivning, personell og andre ressurser.

## 12.2 Konsekvenser for Norge

En stormflohendelse kan påvirke vannstanden over et stort område. Det betyr at staten muligens må fordele ressurser på forskjellige områder som er påvirket, noe som kan ha implikasjoner på effekten bistand har i et eller flere områder. Ved å gjøre klimatilpasningstiltak, selv bare i noen områder, kan risiko for skade reduseres og gjøre det lettere for staten å allokere ressurser til de områdene som ikke har fått gjennomført tiltak og dermed mest trolig har et større skadeomfang med færre ressurser til disposisjon. Deling av kunnskap og erfaringer mellom kommuner, spesielt topografisk like kommuner, vil hjelpe på klimatilpasning som passer til lokale forhold.

Måten kommunene og staten drar nytte av informasjon om klimaendringer og de farene det medfører, har en effekt på samfunnets følelse av trygghet og velferd. Hvis en kraftig oversvømmelse fører til store skader på deler av samfunnet, og tiltak ikke er gjort for å redusere risikoen, skader dette tiltroen til kommuners og statens håndteringsevne av krisesituasjoner. Økt tiltro kommer også av beredskapsplanlegging og kartlegging av utsatte områder.

Følsomhetsanalyser og mer presise framskrivninger vil forsterke kunnskapen og gi insentiver til at proaktiv klimatilpasning vil bli mulig og enda viktigere i fremtiden.

Oppsummering av konsekvenser som følge av hendelsene analysert i oppgaven.  
Sannsynlighet for skade og skadeomfanget:

Tabellen under baserer seg på analysen i denne oppgaven, DSBs rapport «Analyser av krisescenarioer 2019. Alvorlige hendelser som kan ramme Norge s. 38-42» og NVEs rapport «Flaumsonkart 2010. Delprosjekt Os». Konsekvenser er gradert svært lav, lav, middels, høy, svært høy.

Skadekategori	Hendelse & Konsekvenstype	Konsekvensvurdering	Forklaring
Liv og helse	Tap av liv	Svært lav	Bygget stenges før det er fare for liv.
	Skade og sykdom	Lav	Som for andre områder i Trondheim, vil Spektrum også kunne influeres av forurenset drikkevann, men trolig vil bygget være ute av drift i perioden med oversvømmelse.
Bygningsskade	50- og 100-årsflom	Svært lav	Flommen vil ha små konsekvenser for Trondheim Spektrum.
	200-årsflom	Middels	Flommen vil føre til at vann trenger inn i bygget, evt. gjøre skader på veggene.
	500-årsflom	Svært høy	Vannet dekker og skader store deler av nord-vestre og nord-østre vegg. Vannet kan trenge inn.
	Forventet havnivå i 2017 med 20-års stormflo	Svært lav	Små konsekvenser for Trondheim Spektrum.
	Forventet havnivå i 2017 med 200-års stormflo	Lav	Vannet kan nå opp til nordre hjørne av bygget.
	Forventet havnivå i 2017 med 1000-års stormflo	Lav	Faren for at vannet når opp til Spektrum er liten.
	Forventet havnivå i 2090 med 20-års stormflo	Middels	Vannet vil komme opp til Nordre del av bygget. Vanninntrengning kan forekomme.
	Forventet havnivå i 2090 med 200-års stormflo	Høy	Vannet vil skade veggene på nord-vestre og nord-østre vegg. Høy

			sannsynlighet for vanninntrengning.
	Forventet havnivå i 2090 med 1000-års stormflo	Svært høy	Vanninntrengning og store skader på løsøre, elektrisk anlegg, vegger og flater. I tillegg til mye fuktspredning.
Produksjonstap	200-årsflom	middels	Deler av Spektrum vil bli stengt i en periode for reparasjon og avfukting. Det vil kanskje være mulig med drift i andre deler av bygget under reparasjon og avfukting.
	500-årsflom	Svært høy	Hele bygget vil bli stengt for omfattende reparasjoner og utskiftning av løsøre og elektrisk anlegg. Sannsynlig med fuktspredning til store deler av Spektrum.
	Forventet havnivå i 2090 med 200-års stormflo	Høy	Spektrum blir satt ut av drift over en lengre periode. Opprydningsarbeidet vil ta tid og blir etterfulgt av store reparasjoner og leie av avfuktere i flere måneder.
	Forventet havnivå i 2090 med 1000-års stormflo	Svært høy	Opprydningsarbeidet vil foregå i flere uker og normal drift kan ikke gjenoppta på mange måneder. Det er sannsynlig med fuktspredning til store deler av Spektrum.

## 13 Konklusjon

Kommunene må forberede seg på et fuktigere klima. Klimaendringene fører til at ekstremvær blir kraftigere og forekommer oftere. Den stigende temperaturen i atmosfæren fører til smelting av fastlandsis og havstigning. De samfunnsøkonomiske konsekvensene av å ikke klimatilpasse kan bli store. Trondheim Spektrum ligger på et område utsatt for stormflo inn Trondheimsfjorden, flom i Nidelva og havstigning. I enkeltscenariene analysert i denne oppgaven er risikoen for skade på liv og helse lav. Observert økende vannstand i Nidelva i tillegg til utsendte farevarsler vil føre til stenging av Spektrum. Strømninger i Nidelva vil føre til utgravning av løsmasser som kan ha betydning for byggets fundament i ekstreme flomhendelser i fremtiden kombinert med økt havnivå. For både 20- og 200-års stormflo med 2017 havnivået er det liten sannsynlighet for at Trondheim Spektrum blir skadet. Det samme gjelder for 50- og 100-årsflom.

Analysemetoden baserer seg på bruk av aktsomhetskart, beregning av påvirket område og beregning av årlig risikokostnad ved å ta sannsynligheten for hver av scenariene. Oppgaven ser på Trondheim Spektrums kostnader under forskjellige flom og stormflorekvenser gjennom aktsomhetskart, rapporter og samtaler med Trondheim kommune, Trondheim Spektrum og privatfirmaer. Scenariene som kan påvirke Spektrum kan i det store perspektiv også påvirke det Norske samfunn. Dette er derfor gjort en analyse av samfunnsøkonomiske konsekvenser som følge av klimaendringer.

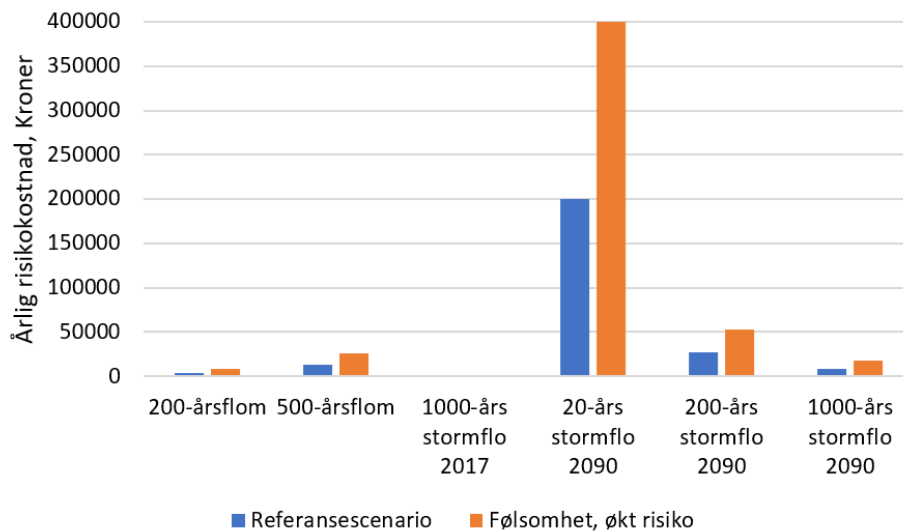
Analysen av Trondheim Spektrum ga følgende funn. Under en 1000-års stormflo med 2090 havnivå ble skadekostnaden beregnet til 8 500 000kr og den årlige risikokostnaden til 8 500 kr. Denne hendelsen ga størst total skadekostnad etterfulgt av 500-årsflom som viste 6 400 000kr med 12 800 kr i årlige risikokostnader.

200-års stormflo med 2090 havnivå ga en beregnet skadekostnad på 5 300 000 kr og årlig risikokostnad på 26 500 kr. Og 20-års stormflo med 2090 havnivå ga en skadekostnad på 4 000 000 kr og årlig risikokostnad på 200 000 kr.

Sensitivitetsanalysen i kapittel 8 viser at en dobling av risikoen for en hendelse dobler årlig risikokostnad. Det betyr at samfunnet kan stå ovenfor en kraftig økning i skadekostnader og forsikringsutbetalinger som følge av klimaendringer og økende frekvens på hendelsene.



Figuren viser resultatene fra sensitivitetsanalysen.



Figur 33 Resultater fra sensitivitetsanalysen.

#### Generelt:

Klimatilpasning er samfunnsøkonomisk lønnsomt. Det er mer lønnsomt å være proaktiv enn reaktiv i klimatilpasningstiltak for å unngå store samfunnsøkonomiske tap i form av personskade, bygningskade, nedsatt samfunnsfunksjon, nedsatt velferd og tapt tiltro til statens håndteringsevne av et klima i endring.

Klimatilpasning etter lokale forhold vil øke motstandsdyktigheten til samfunnet og burde ha fokus i utbyggingsprosjekter i utsatte kommuner. Bruk av aktsomhetskart kan gi gode indikasjoner på hvor utsatt et område kan være for flom, stormflo, havstigning og andre kartlagte hydrologiske hendelser, i dag og i fremtiden ved hjelp av framskrivninger.

#### Anbefaling:

Kommunene burde allokere flere administrative ressurser til organiseringen og gjennomføring av klimatiltak etter lokale forhold i tillegg til å stille strengere krav til utbyggere. Planlegging og riktig materialbruk burde være i fokus i utbyggingsprosjekter. Staten burde hjelpe til med rådgivning, og kommunene burde kommunisere på tvers for å øke det generelle kunnskapsnivået for mulige tiltak.

# Referanser

Adressa.no. (29. april 2020)

*Trondheim Spektrum taper minst 20 millioner.*

Hentet fra: <https://www.adressa.no/pluss/okonomi/2020/04/29/Trondheim-Spektrum-taper-minst-20-millioner-21696905.ece>

Bendiksen, I. Å. & Grøttå, L. (2018).

*Samfunnsøkonomisk analyse av tiltak for sikring mot dambrudd.* Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE. Nr. 14-2018. Vedlegg 1. Oslo.

Hentet fra: [http://publikasjoner.nve.no/rapport/2018/rapport2018\\_14.pdf](http://publikasjoner.nve.no/rapport/2018/rapport2018_14.pdf)

Bjartnes, A. (26. november 2018).

*Klimarisiko kort fortalt.* Energi og Klima.

Hentet fra: <https://energiogklima.no/blogg/klimarisiko-kort-forklart/>

Bævre, I. & Larsen, C. K. (2001).

*Flomsonekart. Delprosjekt Trondheim.* Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE. Nr. 6-2001. s. 12-13

Hentet fra: [http://publikasjoner.nve.no/flomsonekart/2001/flomsonekart2001\\_06.pdf](http://publikasjoner.nve.no/flomsonekart/2001/flomsonekart2001_06.pdf)

Centre for Research on the Epidemiology of Disaster (CRED). UNISDR, CRED. (2015)  
*The Human Cost Of Natural Disasters: A Global Perspective.* S. 18-22.

Hentet fra:

<http://repo.floodalliance.net/jspui/bitstream/44111/1165/1/The%20Human%20Cost%20Of%20Natural%20Disasters%20A%20global%20perspective.pdf>

Database for offentlige innkjøp, DOFFIN. (2014).

*Veiledende kunngjøring. Trondheim Spektrum. Del II, Del VI.*

Hentet fra: <https://www.doffin.no/notice/details/2014-946655>

Den norske stats kommunalbank.

*Klimarisiko i Trondheim. Framtidens klima i Trøndelag.* Oslo

Hentet 12. mai 2020 fra: <https://klimarisiko.kommunalbanken.no/kommuner/trondheim/>

Direktoratet for forvaltning og økonomistyring. (Sist oppdatert 24. mars 2020).

*Verdien av et statistisk liv (VSL).*

Hentet fra: <https://dfo.no/fagomrader/utredning/samfunnsokonomisk-analyse/verdien-av-et-statistisk-liv-vsl>

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, DSB. (2019).

*Analyser av krisescenarioer. Alvorlige hendelser som kan ramme Norge.* Forfatter. S. 5, 35-42, 60-61.

Hentet fra:

[https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/rapporter/p1808779\\_aks\\_2018.cleaned.pdf](https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/rapporter/p1808779_aks_2018.cleaned.pdf)

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, DSB. (2016).  
*Havnivåstigning og stormflo. Samfunnssikkerhet i kommunal planlegging*. Forfatter. S. 7, 14-16, 20-21, 27, 30, 37.

Hentet fra: <https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/veiledere-handboker-og-informasjonsmaterieell/veiledere/havnivastigning-og-stormflo.pdf>

DNB Eiendom.

*Alt om bolig, Boligmarkedet. Så lenge varer boligen.*

Hentet 21. mars 2020 fra: <https://dnbeiendom.no/altombolig/kjop-og-salg/tips-til-kjopere/sa-lenge-varer-boligen>

Edwardsen, S.-M. & Roald, C. M. (2010).

*Flaumsonkart. Delprosjekt Os*. Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE. Nr. 5-2010. Oslo. Samandrag, s. 6, 13.

Hentet fra: [http://publikasjoner.nve.no/flomsonekart/2010/flomsonekart2010\\_05.pdf](http://publikasjoner.nve.no/flomsonekart/2010/flomsonekart2010_05.pdf)

Google.

*Google maps, Trondheim Spektrum.*

Hentet 17. februar 2020 fra:

<https://www.google.com/maps/place/Trondheim+Spektrum/@63.428662,10.3962766,2745m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x466d3188b88f12ff:0xbdb8c0a5aa553fa0!8m2!3d63.4272222!4d10.3772222?hl=no>

Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J., Hadde-land, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J.E.Ø., Sandven, S., Sandø, A.B., Sorteberg A. & Ådlandsvik. B. (Med: Andreassen, L.M., Beldring, S., Bjune, A., Breili, K., Dahl, C. A., Dyrddal, A.V., Isaksen, K., Haaken-stad, H., Haugen, J.E., Hygen, H.O., Langehaug, H.R., Lauritzen, S.-E., Lawrence, D., Melvold, K., Mezghani, A., Ravndal, O.R., Risebrobakken, B., Roald, L., Sande, H., Simpson, M.J.R., Skagseth, Ø., Skaugen, T., Skogen, M., Støren, E.N., Tveito, O.E., Wong, W.K.) (2015).  
*Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015*. Norges klimaservicesenter, NKSS. Nr. 2-2015.

s. 10, 49-50, 52-53.

Hentet fra: <https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/rapporter-og-publikasjoner/attachment/6616?ts=14ff3d4eeb8>

Hauge Å. L., Flyen C., Venås C., Kokkonen A., Aall C. (2020)

*Public-Private Cooperation for Climate Adaptation—Providing Insurance Loss Data to the Municipalities*. Handbook of Climate Services. S. 157-181.

Hentet fra: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-36875-3\\_9](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-36875-3_9)

Hauge, Å., Flyen, C., Venås, C., Aall, C., Kokkonen, A. & Ebeltoft, M. (2018).

*Attitudes in Norwegian insurance companies towards sharing loss data. Public-private cooperation for improved climate adaptation*. Klima 2050. Nr. 11-2018. Oslo. S. 9-11.

Hentet fra: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmliui/handle/11250/2581670>

Hellerud, M. B. (3. september 2019).

*Nyhavna kan bli en foregangsbydel i Europa*. Trondheim24.no.

Hentet fra: <https://trondheim24.no/kampen-om-trondheim/nyhavna/>

Hesthag, J. Personlig kommunikasjon. Daglig leder. Holte industri. (28. mai 2020).  
Kontaktinformasjon hentet fra: <https://holteindustri.no/kontakt-oss.html>

Hudson, P., Wouter Botzen, W. J. & Aerts, J. C. J. H. (2019).  
*Flood insurance arrangements in the European Union for Future Flood Risk under Climate and Socioeconomic Change*. Global Environmental Change. Wharton University of Pennsylvania. Philadelphia. S. 1-2.  
Hentet fra: [https://riskcenter.wharton.upenn.edu/wp-content/uploads/2019/05/WP201901\\_Flood-Insurance-Arrangements-in-the-EU.pdf](https://riskcenter.wharton.upenn.edu/wp-content/uploads/2019/05/WP201901_Flood-Insurance-Arrangements-in-the-EU.pdf)

Jansen, A. (8. august 2012).  
*Målte 133,3 mm nedbør i Mjøndalen*. Drammens Tidende. Drammen.  
Hentet fra: <https://www.dt.no/nyheter/nedre-eiker/ovre-eiker/malte-133-3-mm-nedbør-i-mjøndalen/s/2-2.1748-1.7476567>

Jortveit, A. (14. august 2019).  
*Havstigning betyr alvorlig klimarisiko for kystkommunene i Trøndelag*. Energi og Klima.  
Hentet fra: <https://energiogklima.no/nyhet/havstigning-betyr-alvorlig-klimarisiko-for-kystkommunene-i-trøndelag/>

Kartverket.  
*Se havnivå i kart, Trondheim kommune. 2090 Stormflo 20-års, 200-års og 1000-års stormflo*.  
Hentet 15. mars 2020 fra: <https://www.kartverket.no/sehavniva/se-havniva-i-kart/?activeLayers=Stasjoner&zoom=16&center=269494,7041618&locationId=557695&aar=2090&margin=0&code=1000YMAX>

Kartverket.  
*Se havnivå, Trondheim sentrum*.  
Hentet 3. mars 2020 fra: <https://www.kartverket.no/sehavniva/sehavniva-lokasjonside/?cityid=351484&city=Trondheim+sentrum#tab3>

Kartverket.  
*Høydedata.no*  
Hentet 5. april 2020 fra: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>

Kartverket.  
*Norgeskart.no*  
Hentet 10. april 2020 fra: <https://norgeskart.no/#!?project=norgeskart&layers=1003&zoom=13&lat=7041623.77&lon=270052.48>

Kartverket.  
*GIS*.  
Hentet 10. mai 2020 fra: <https://www.kartverket.no/Systemsider/Ordbok/G/GIS/>

Kartverket. (Sist oppdatert 10. november 2019).  
*Forventet havnivå langs norskekysten*.  
Hentet fra: <https://www.kartverket.no/kunnskap/vannstand-og-havniva/framtidig-havniva-langs-norskekysten/>

Kartverket. (Sist oppdatert 14. november 2018).

*Høydesystemet NN2000*

<https://www.kartverket.no/NN2000>

Klemetsen, M., Dahl, M. S. (2019).

*Hvor godt er norske kommuner rustet til å håndtere følgene av klimaendringer?*

*Spørreundersøkelse om klimatilpasning utført våren 2019.* CICERO Senter for klimaforskning. 2019:09. Oslo. S. 66-68

Hentet fra: [https://pub.cicero.oslo.no/cicero-](https://pub.cicero.oslo.no/cicero-xmlui/bitstream/handle/11250/2607609/Rapport%202019%2009%20def%20versjon%20-%20WEB.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[xmlui/bitstream/handle/11250/2607609/Rapport%202019%2009%20def%20versjon%20-%20WEB.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pub.cicero.oslo.no/cicero-xmlui/bitstream/handle/11250/2607609/Rapport%202019%2009%20def%20versjon%20-%20WEB.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Klima 2050.

*Klima 2050.no*

Hentet 1. juni 2020 fra: <http://www.klima2050.no/>

Langørgen, S. (19. september 2014).

*Vi har ingen reelle konkurrenter.* Aftenposten.no

<https://www.aftenposten.no/sport/i/g7zJG1/vi-har-ingen-reelle-konkurrenter>

Lovdata.

*Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) Andre del: Plandel I. Innledende bestemmelser. Kapittel 4. Generelle utredningskrav. §4-3. Samfunnssikkerhet og risiko- og sårbarhetsanalyse.*

Hentet 4. mars 2020 fra: [https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71/KAPITTEL\\_2-1-2#KAPITTEL\\_2-1-2](https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71/KAPITTEL_2-1-2#KAPITTEL_2-1-2)

Lundstad, E. (2013).

*Klimaendringer i Norge – Økt ekstremvær?* Innlegg fra møter i Norsk vannforening. S. 63, 70

Hentet fra: [https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2014\\_898043.pdf](https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2014_898043.pdf)

Magnussen, K., Wifstad, K., Seeberg, A. R., Stålhammar, K., Bakken, S. E., Banach, A., Hagen, D., Rusch, G., Aarrestad, P. A., Løset, F. og Kjetil Sandsbråten, K. (2017).

*Naturbaserte løsninger for klimatilpasning.* Menon Economics. Nr. 61/2017. s. 7, 49

Hentet fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m830/m830.pdf>

Meteorologisk institutt. (Sist oppdatert 15 mars 2017).

*Det blir våtere.*

Hentet fra: <https://www.met.no/vaer-og-klima/det-bli-vatere>

Mikkelsen, M. Personlig kommunikasjon. Produktutvikler. Gjensidige forsikring ASA. (5. juni 2020).

Miljødirektoratet. (Sist oppdatert 20. januar 2020)

*Veileder, Klimatilpasning i landbruket. Landbruket vil berøres direkte av klimaendringer og står ovenfor store utfordringer. Hindre erosjon og avrenning.*

Hentet fra:

<https://www.miljodirektoratet.no/myndigheter/klimaarbeid/klimatilpasning/klimatilpasning-i-sektorer/landbruk/>

Miljødirektoratet. (Sist oppdatert 2. desember 2019)

*Veileder, Klimatilpasning av bygg og anlegg. Klimaendringene krever mer robust nybygging og endret vedlikehold av eksisterende bygg, enten hyppigere vedlikehold eller andre tiltak.*

Hentet fra:

<https://www.miljodirektoratet.no/myndigheter/klimaarbeid/klimatilpasning/klimatilpasning-i-sektorer/bygg-og-anlegg/>

Miljødirektoratet. (2017).

*Klimatilpasning.*

Hentet 30. januar 2020 fra: <https://www.klimatilpasning.no/klimautfordringer/stormflo/>

Multiconsult. (2016).

*Detaljregulering av Nidarø, hydrologi. s. 10*

[Vedlegg 3]

NASA.

*Sea level change. Observations from space.*

Hentet 20. mai 2020 fra: <https://sealevel.nasa.gov/>

Nordeidet, B., Hansen, C. B., Munk, T. S. & Nielsen, C. N. (2019).

*Ekstremnedbør Oslo. Skadeomfang og kostnader.* Rambøll. Oslo:

Hentet fra: <https://www.klimaoslo.no/wp-content/uploads/sites/88/2019/09/Rapport-Skadeomfang-og-Kostnader-Ekstremregn-Oslo.pdf>

Norges geologiske undersøkelse, NGU. (Sist oppdatert 9. mai 2019).

*Kart og data. Kart på nett.*

Hentet fra: <https://www.ngu.no/emne/kart-pa-nett>

Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE. (Sist oppdatert 16. september 2015).

*Årsaker til flom.*

Hentet fra: <https://www.nve.no/hydrologi/lavvann-og-toerke/%C3%A5rsaker-til-flom/>

NRK (23. april 2019).

*ESA gransker utbyggingen.* Trøndelag.

Hentet fra: <https://www.nrk.no/nyheter/esa-gransker-utbygging-1.14524142>

NRK. (17. januar 2019).

*Trondheim Spektrum blir dyrere.* Trøndelag.

Hentet fra: <https://www.nrk.no/trondelag/trondheim-spektrum-blir-dyrere-1.14387893>

NRK. (6. september 2018).

*Redder Spektrum fra konkurs.* Trøndelag.

Hentet fra: <https://www.nrk.no/trondelag/redder-spektrum-fra-konkurs-1.14198069>

Nye Nidarøhallen.

*Hvorfor gjør vi det?*

Hentet 23. februar 2020 fra: <http://nyenidarohallen.no/hvorforgjorvidet/>

Nygård, M. Y. (3. januar 2012).

*150 liv tapt i kvikkleireskred.* Adressa.no

<https://www.adressa.no/vaeret/article1751281.ece>

Opheim, I. O. (Sist oppdatert 30. oktober 2017).

*Flomveier.* Ås kommune.

Hentet fra: <https://www.as.kommune.no/flomveier.406174.no.html>

Pedersen, G. M. (26. november 2015).

*Forventer vannstand som under ekstremværet Berit i 2011.* Lofotposten.

<https://www.lofotposten.no/ekstremvar/uvlar/storm/forventer-vannstand-som-under-ekstremvaret-berit-i-2011/s/5-29-150453>

Peereboom, I. (24. mai 2018).

*Produktark: Flom aktsomhetsområder.* Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE.

Hentet fra: [https://gis3.nve.no/metadata/produktark/Produktark\\_FlomAktsomhet.pdf](https://gis3.nve.no/metadata/produktark/Produktark_FlomAktsomhet.pdf)

Petterson, L.-E. (2001).

*Flomsonekartprosjektet. Flomberegning for Nea-Nidelvassdraget.* Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE. Nr. 5-2001. s. 9.

Hentet fra: [http://publikasjoner.nve.no/dokument/2001/dokument2001\\_05.pdf](http://publikasjoner.nve.no/dokument/2001/dokument2001_05.pdf)

Regjeringen

*Regjeringen.no.* Meld. St. 33 (2012–2013). 6.1 Samfunnssikkerhet og beredskap. & Sammendrag & Forbedring av rammebetingelser

Hentet 24. mai og 6. juni 2020 fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld-st-33-20122013/id725930/?ch=1>

Regjeringen

*Regjeringen.no.* NOU 2018: 17. Klimarisiko og norsk økonomi. Det er vesentlig usikkerhet knyttet til hvordan samfunn vil håndtere klimaendringer. & Det er vanskelig å overskue alle potensielle virkninger av klimaendringene.

Hentet 24. mai og 6. juni 2020 fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2018-17/id2622043/sec3>

Rolfsen, H. O. Personlig kommunikasjon. Trondheim Kommune. (5. april 2020)

Trondheim Spektrum er heleid av Trondheim kommune. Trondheim Kommune.

Rusdal, T., Brendehaug, E., Aall, C. (2019).

*Kartlegging av erfaringer fra arbeidet med klimatilpasning i små og mellomstore kommuner.* Vestlandsforskning. Nr. 4-2019. s. 33-35.

Hentet fra: <https://www.ks.no/globalassets/fagomrader/samfunnsutvikling/klima/RAPPORT-KLIMATILPASNING-statusmakommuner-EV-juni2019.pdf>

Statistisk sentralbyrå, SSB. (Sist oppdatert 11. mai 2020).

*Konsumprisindeksen.*

Hentet fra: <https://www.ssb.no/kpi>

Statistisk sentralbyrå, SSB.

*Statistikkbanken. Kvadratmeterpriser for eneboliger.*

Hentet 26. mai 2020 fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/03364/tableViewLayout1/>

Statistisk sentralbyrå, SSB.

*Kvadratmeterpriser for eneboliger. Se utvalgte tabeller fra denne statistikken.*

*Gjennomsnittlig kvadratmeterpris for brukte og nye eneboliger, etter fylke. Kroner bruktpri i prosent av nypris.*

Hentet 26. mai 2020 fra: <https://www.ssb.no/priser-og-prisindekser/statistikker/kvadenebol/aar>

Stokke, R. Personlig kommunikasjon. Trondheim Spektrum. (26. mai 2020)

Tapte leie- og cateringinntekter. Trondheim Spektrum.

Thorarinsdottir, T. L., Engeland, K., Lawrence, D., Pedersen, Ø., Tveito, O. E., Hellton, K. H., Dyrddal, A. V., Eide, V., Førland, E. J., Erik Holmqvist, E., Florian Kobierska, F., Sigrid Jørgensen, S., Midttømme, G. H., Moore, R., Nordtun, K. S., Orthe, N. K., Randen, F., Reitan, T., Rütther, N., Schlichting, L., Skaugen, T., Steinbakk, G. H., Voksø, A., Væringstad, T., Wang, T., Wilson, D., Ødemark, K. (2018) Nytt rammeverk for flomestimering i Norge. Sluttrapport fra forskningsprosjektet FlomQ. Energi Norge. s. 43.

Hentet fra: <https://www.energinorge.no/siteassets/arrangement/vtf/flomqsluttrapportfinal.pdf>

Tidens krav. (10. mars 2020).

*Onsdag blir det høy flo igjen.* Artikkel av NTB.

Hentet fra: <https://www.tk.no/onsdag-blir-det-hoy-flo-igjen/s/5-51-779011>

Trondheim Catering.

Hentet 4. juni 2020 fra: <https://trondheimcatering.no/>

Trondheim havn. (10. juni 2019).

*Byutvikling på Nyhavna.* Trondheim.

Hentet fra: <https://trondheimhavn.no/prosjekt/kommunedelplan-for-nyhavna/>

Trondheim kommune. (Sist oppdatert 5. februar 2020).

*Klimaplanen: Klimatilpasning.*

Hentet fra: <https://www.trondheim.kommune.no/klimaplan/klimatilpasning/>

Trondheim kommunes aktsomhetskart.

*Aktsomhetskart flomfare og havstigning.*

Hentet fra:

[https://kart5.nois.no/trondheim/Content/Main.asp?layout=trondheim&time=1583836773&vw\\_r=asv](https://kart5.nois.no/trondheim/Content/Main.asp?layout=trondheim&time=1583836773&vw_r=asv)



Trondheim kommune (Sist oppdatert 6. mars 2020).

*Aktsomhetskart flomfare.*

Hentet fra: <https://www.trondheim.kommune.no/tema/veg-vann-og-avlop/vann-og-avlop/aktsomhetskart-flomfare/>

Trondheim kommune. (Sist oppdatert 15. februar 2019).

*Nyhavna, Kommunedelplan, k20110005.*

Hentet fra: [https://www.trondheim.kommune.no/kdpl\\_nyhavna/](https://www.trondheim.kommune.no/kdpl_nyhavna/)

Trondheim kommune. (2011).

*Nyhavna kommunedelplan. Analyser. S. 35-36.*

Hentet fra: [https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/byplankontoret/kommuneplan/kdp\\_nyhavna\\_k20110005/kdpl\\_nyhavna\\_planprogram/110830\\_analysehefte.pdf](https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/byplankontoret/kommuneplan/kdp_nyhavna_k20110005/kdpl_nyhavna_planprogram/110830_analysehefte.pdf)

Trondheim Spektrum.

*Om oss.*

Hentet 2. mai 2020 fra: <http://www.trondheimspektrum.no/hjem/om-oss-2/>

Trondheim Spektrum.

*Idrett.*

Hentet 2. mai 2020 fra: <http://www.trondheimspektrum.no/hjem/idrett/>

Trondheim Spektrum.

*Kurs og konferanse.*

Hentet 2. mai 2020 fra: <http://www.trondheimspektrum.no/hjem/kurs-og-konferanse/>

Utleiesenteret.no.

*Prisliste: Avfukter- og befukterutstyr.*

Hentet 1. mai 2020 fra: <https://www.utleiesenteret.no/prislister-og-leietider/prisliste-avfukter-og-befukterutstyr/>

Varsom.no. (15. april 2020).

*Vårflomanalyse 15. april 2020. Flomutsikten for våren.*

Hentet fra: <https://www.varsom.no/nytt/nyheter-flom-og-jordskred/varflomanalyse-15-april-2020-flomutsikten-for-varen/>

Varsom.no.

*Flom- og jordskredvarsling.*

Hentet 27. mai 2020 fra: <https://www.varsom.no/flom-og-jordskredvarsling/?ref=mainmenu>

Varsom.no.

*Hva kan du gjøre for å forebygge skader når det er flom- og jordskredfare?*

Hentet 27. mai 2020 fra: <https://www.varsom.no/flom-og-jordskredvarsling/hva-kan-du-gjore-for-a-forebygge-skader-nar-det-er-flom-og-jordskredfare/>

Vasskog, K., Drange, H. & Nesje, A. (2009).

*Havnivåstigning. Estimer av fremtidig havnivåstigning i norske kystkommuner.*

*Klimatilpasning Norge.* Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, DSB. 4.

Hentet fra: <https://dibk.no/globalassets/tema/klimatilpasning/havnivaastigning-rapp.pdf>

Øvrebø, O. A. (Sist oppdatert 31. mars 2020).

*Havet stiger. Utviklingen i globalt havnivå.* Energi og Klima. Sentrale kilder i teksten: NASA, Bjerknessenteret, FNs klimapanel.

Hentet fra: <https://energiogklima.no/klimavakten/havniva/>

# Vedlegg 1:

## Intervju Trondheim kommune

Intervjuobjekt: Ellen-Birgitte Strømø Avdeling: Klimatilpasning

Stilling: Koordinator for klimatilpasning i Trondheim kommune, sitter på miljøenheten, med 50 ansatte.  
Koordinator, koordinere på tvers av interne & eksterne kontakter.  
Kontakt for Klima 2050.

Sted: Telefonintervju. Dato: 25.03.2020

Spørsmål og svar:

### **Hvem driver/eier Trondheim Spektrum?**

Trondheim Spektrum AS

### **Hva slags utfordringer står Trondheim Spektrum ovenfor i fremtiden?**

Arrangerte håndball EM (Januar 2020). Måtte ruste opp Spektrum for å være klar til EM (EM ble avklart i 2014).

Planleggingsfasen ble gjennomført med mangel på rådgøring relatert til klimatilpasning.

Det var ytre press som gjorde at det ikke ble gitt den tiden som egentlig trengtes til å planlegge. I tillegg ble prosjektet dyrt og kutt ble gjort der de kunne.

Gangbrua fra Ila til Spektrum står i fare for å måtte bli erstattet

Havstigning:

53cm – Dette tallet er fra DSBs veileder og tar ikke med ismelting. 2014 rapport, datainnsamling fra 2002-2009. Termisk utvidelse (53cm).

FN klimapanel, «forventer adskillig høyere havnivå» - ikke brutt ned til nasjonale tall, det forventes å komme i 2021-2022.

Multiconsult sin hydrologirapport [Vedlegg 3] konkluderer med at Trondheimsfjorden vil synke.

Reduksjon på 16cm – De tilsier at landheving er større enn havstigningen.

Ingen tegn til at vil klare å stoppe ismeltingen på Grønland og Antarktis innen år 2100.

Det finnes ingen norsk myndighet som rådfører kommunene på havstigning.

DSB har skrevet en veiledning, men ikke konkrete retningslinjer.

Hvor mye stiger havet – Det vet man ikke helt sikkert.

Stormflo:

Mer vind, kraftigere vind, 2020 mars – kraftig flo, men lite vind som ga få skader. 2011 – vind og kraftig flo som førte til mye skader.

Trondheim kommune hadde et innspill at vannfast betong burde brukes på Spektrum – Kutt ble gjort og det er ikke lagt til forebyggende tiltak mot flom, overvann, stormflo og havstigning. Det burde tas mer hensyn til det endrende klimaet i planleggingsfasen av nye bygg, spesielt i utsatte områder.

Neavassdraget er regulert – Det gir muligheter til å holde igjen vann, en buffer for å stoppe snøsmelteflom og regnflom.

Hva med dambrudd? – Risiko for sabotasje/terrorhandling på dammen. Risiko for tretthetsbrudd på dammene, tar med seg mange bygg og liv. Store vannmasser er lagret i disse bassengene. Nidelva starter i Selbøsjøen, der ligger demningen i utløpet av innsjøen.

### **Hvilke påvirkninger har store skader på Trondheim Spektrum på Trondheim kommune?**

- **Tap av en sportslig arena, tap av kulturell arena, tap av eksamensplasser.**

Hallen er en suksess for Trondheim; EM, Grand Prix, dekker mange funksjoner.

Kommunen må se etter en alternativ plassering hvis store eller frekvente skader, tomtekostnader og bygningskostnader forekommer. Det kan være positivt å se etter en alternativ plassering. Tiller, her ligger en tomt som Trondheim kommune eier ved siden av forbrenningsanlegget. Dette er kanskje en av de beste alternativene per dags dato ettersom man ikke trenger å kjøpe tomt.

Utvidelsen av bygget som i dag fortsatt står på øya ble gjort på grunnlag av en utredning som kunne vært grundigere.

Alternativene til å la bygget stå er kostbare.

Hvis Trondheim kommune godkjenner et byggeprosjekt og skadene kommer av klimahendelser, så er det Trondheim kommune som kan bli satt ansvarlig for kostnadene denne hendelsen medbringer.

Dette er en av faktorene som gjør det viktig å ha grundige utredninger om klimahendelser og krav til klimatilpasning før byggetillatelse blir gitt.

### **Hvilke skader relatert til klimaendringer har Trondheim kommune måttet hanskes med?**

- **Hvilke kostnader førte dette til?**

Finans Norge har en oversikt over skadedata. Mia Ebelhoff i finans Norge som sitter på data.

Skummelt med skadedata: Det er fiktive punkter på et kart, nedbør kan falle hvor som helst.

Skadeområder tilknyttet nedbørsfelt er ikke nødvendigvis representative for hvilke områder som har mer risiko enn andre. Se på skadedata med litt kritiske øyne. Styrregn er noe av det farligere.

Kommunalteknikk må se på drenering og kapasitet uavhengig av skadedata (Styrregn).

Vindretningene kan variere (i Trondheim kommer vind normalt fra vest, i 2010 kom kraftig vind fra øst. Dette var ikke trærne forberedt på ettersom de er mer hardføre mot vest-vind)

### **Har dere gjennomført noen spesifikke tiltak fra erfaringene dere har gjort?**

- **Noe spesielt innenfor stormflo, flom, havstigning.**

Ikke gjort noe i forhold til disse klimarelaterte hendelsene. Det er et spørsmål man må stille seg; Hvordan skal man planlegge? Nyhavna skal bygges ut, dette må planlegges på nye premisser for å gjøre konstruksjonene sterkere. Kan ikke lenger bygge etter paragraf 4-3 bygningslov – kommunen har rett til å si nei til utbygging.

Planlegging er der de største virkemidlene er.

Fordrøyningsanlegg under torget (stor tank under torget i tilfellet styrregn)

## **Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)**

### **§ 4-3. Samfunnssikkerhet og risiko- og sårbarhetsanalyse**

*Ved utarbeidelse av planer for utbygging skal planmyndigheten påse at risiko- og sårbarhetsanalyse gjennomføres for planområdet, eller selv foreta slik analyse. Analysen skal vise alle risiko- og sårbarhetsforhold som har betydning for om arealet er egnet til utbyggingsformål, og eventuelle endringer i slike forhold som følge av planlagt utbygging. Område med fare, risiko eller sårbarhet avmerkes i planen som hensynssone, jf. §§ 11-8 og 12-6. Planmyndigheten skal i arealplaner vedta slike bestemmelser om utbyggingen i sonen, herunder forbud, som er nødvendig for å avverge skade og tap.*

*Kongen kan gi forskrift om risiko- og sårbarhetsanalyser.*

### **Kan du si noe om tiltak som planlegges, kommende prosjekter?**

Nyhavna – byplanen er obs. på tiltak. Arkitektkonkurranse og stil (NRK – synkende byer, NY, Shanghai, Lagos, Dakai, London, Paris, Venezia, Flyplass i Tokyo er en brygge (2,5 meter havstigning). 5-6 program – teknologioptimistiske, må heve byggene med 4 meter i Miami). – godt for internasjonale tiltak.

Dette temaet er veldig interessant for kommunene for å bygge mer bærekraftig.

Holder på med tiltaksplan i Trondheim, ferdig til våren.

Ansvarsrisiko – Ansvar for planmyndighet. Gi riktige signaler til planbygging. Hvis det blir «Ja» til Nyhavna plan i dag, så er Trondheim kommune ansvarlig, ikke utbygger.

Overgangsrisiko – fossil til fornybar. Oljebedriftene har sjans for å bli tapere i denne overgangen. Hva slags arbeidsplasser skal komme med det grønne skiftet?

### **Kan du fortelle om tiltak som er implementert av byggeloven?**

Svaret her er gitt over og viser til at vi trenger å gjøre endringer i planutviklingen.

### **Har dere delt deres erfaring og/eller benyttet erfaring fra andre kommuner?**

Det er svart på tidligere. Det er ikke nok kunnskap hos kommunene i Norge til å rådføre.

### **Har du beredskapstiltak/-planer?**

Mange kommuner har ikke oppdatert beredskapsplanen. Trondheim Kommune har innarbeidet noe på beredskapstiden med klimascenarioer.

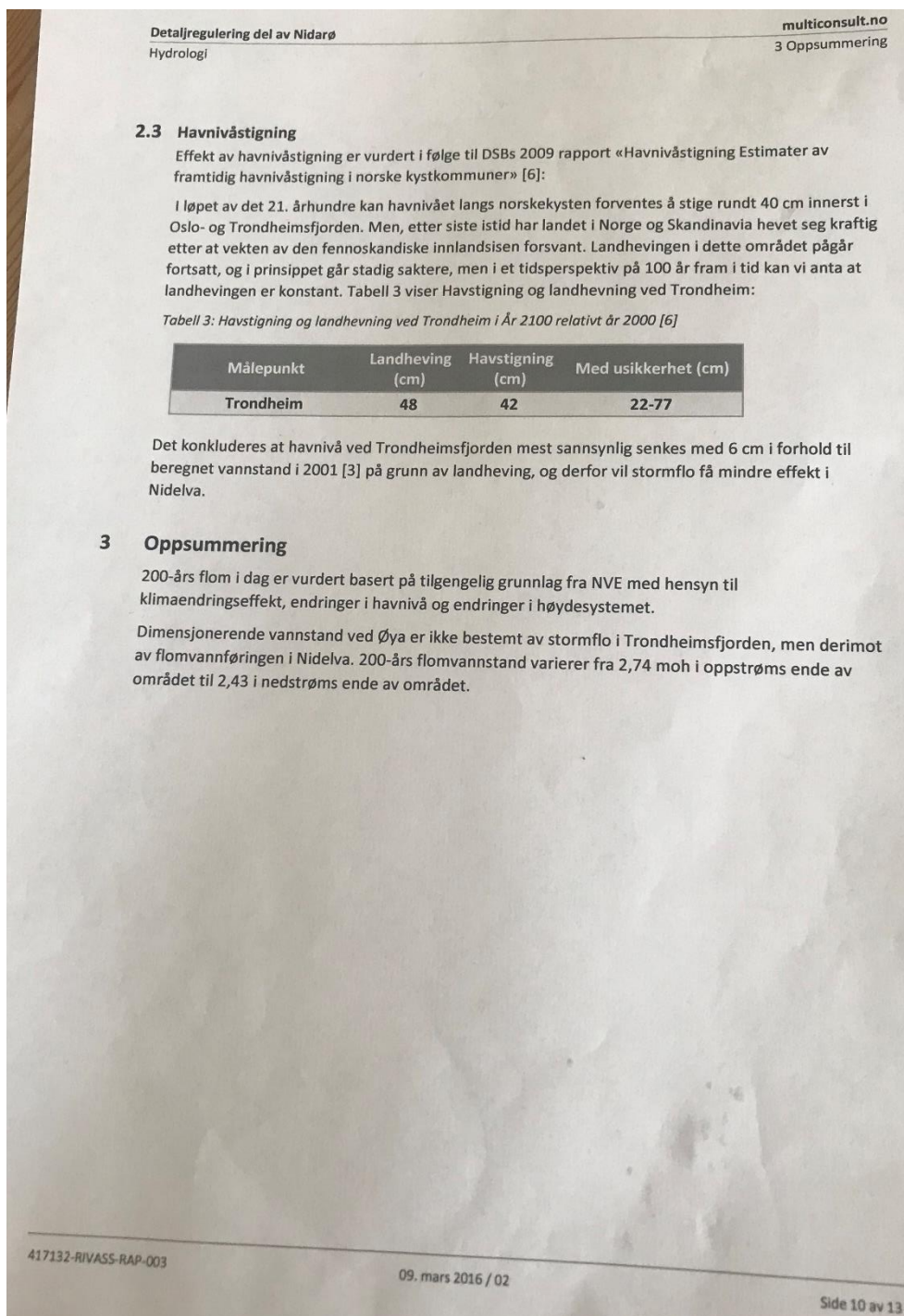
## Vedlegg 2:

Verdier og kategorier er tatt fra Excel-arket som tilhører Rambølls rapport [Ekstremnedbør Oslo. Skadeomfang og kostnader]

Dette vedlegget viser utvalgte skadekategorier for bygg og helse med tilhørende enhetspriser og kr/m<sup>2</sup>.

Skadekostnadskategori	Underkategori	Enhetspris NOK (2018)	Enhetspris NOK (kr/m <sup>2</sup> )	Dybde/Vannhøyde
<b>1. Helse og liv</b>				
1.1 Tapt liv		33 120 000 kr		
1.2 Helseskade	Personskade	Kvalitativ		30 cm
	Sykdomsøstkostning	630 kr		30 cm
	Sykdomsøstkostning (m/kjeller)	3 620 kr		3 cm
<b>2. Skader på bygninger (inkl. inventar og produksjonstap)</b>				
2.2 Offentlig				
Produksjonstap		Kvalitativ		
Idrettshall (ca. 1500m <sup>2</sup> /bygg)	Bygningsskade og løstøre, kjeller (3 cm)	1 116 900 kr	745 kr	3 cm
	Bygningsskade og løstøre (30 cm)	1 901 000 kr	1 267 kr	30 cm
			8 000 kr	
Opprydning	Bygning	10 100 kr		10 cm
2.3 Privat				
Privat, bolig (ca. 100m <sup>2</sup> /bygg)	Bygningsskade og løstøre, kjeller (3 cm)	90 200 kr	902 kr	3 cm
	Bygningsskade og løstøre (30 cm)	153 400 kr	1 534 kr	30 cm

# Vedlegg 3:



Bildet er av en oppgaverelevant side fra Multiconsults rapport fra 2016 om Detaljregulering av Nidarø, hydrologi. Tilsendt av Ellen-Birgitte Strømø, koordinator for klimatilpasning i Trondheim kommune.