

September 2025
Stavanger kommune

Tiltak havnivåstigning Vågen, Stavanger

Tiltak flomvern for Vågen i Stavanger



Tiltak havnivåstigning Vågen, Stavanger

Prosjektnummer	Dokumentnummer				
A291825	001				
Versjon	Utgivelsesdato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
3.0	16.09.2025	Flomvern analyse Vågen Stavanger	Gerard Dam, Merete Grøtt Grinde, Marianne Berge	Oskar Arnesen Dønnum, Merle Enghoff	Gerard Dam

Innhold

Sammendrag.....	4
Forord	8
1 Innledning	9
2 Dagens stormflo i Vågen	15
3 Framtidig havnivåstigning og konsekvenser for oversvømmelse i Vågen.....	21
4 Bakgrunn og metode for nytte-kostnadsanalyse	32
5 Etablere nullalternativet	38
6 Vurdering av tiltak for Vågen	48
7 Teknisk alternativ	51
8 Byromalternativ	63
9 Resultat teknisk/byromalternativ	72
10 Skisseforslag teknisk alternativ	75
11 Diskusjon	80
12 Konklusjon og anbefalinger.....	84
13 Referanseliste.....	86
14 Vedlegg A: Sammenfall mellom stormflo og bølger	87
15 Vedlegg B: Innmålinger høyde bygninger.....	92
16 Vedlegg C: Oversvømmelseskart.....	97
17 Vedlegg D: Bakgrunn og forutsetninger nytte-kostnadsanalyse 106	
18 Vedlegg E: Oppsummering Midtveiseminar 109	

Sammendrag

Vågen, som ligger midt i Stavanger sentrum, er et område av stor historisk, kulturell og økonomisk betydning for byen. Samtidig er området lavtliggende og dermed utsatt for oversvømmelser. Gjentatte stormfloer de siste tiårene har forårsaket vannskader på både kaier og bygninger. Dagens flomvern, som hovedsakelig består av mobile løsninger, gir begrenset beskyttelse mot slike hendelser.

Basert på GPS-målinger og prognoser for havnivåstigning viser kartleggingen at en stormflo med 200-års gjentakelsesperiode i år 2100 kan gi en vannstand på 212 cm over NN2000 (høyde over havet), inkludert en forventet havnivåstigning på 85 cm. Dette vil kunne medføre omfattende oversvømmelser i Vågen, med vanndybder opptil 1,5 meter flere steder. Slike forhold vil kunne forårsake betydelige skader på bygninger, infrastruktur og kulturminner, samt medføre store samfunnsøkonomiske tap.

Metode

Rapportens hovedutfordring er å finne ut hvordan Stavanger kommune best kan redusere risiko for oversvømmelser i Vågen på en måte som både gir sikkerhet, hensyn til bymiljøet og tar vare på området kulturarv. Det er vurdert to hovedløsninger (Figur 0-1):

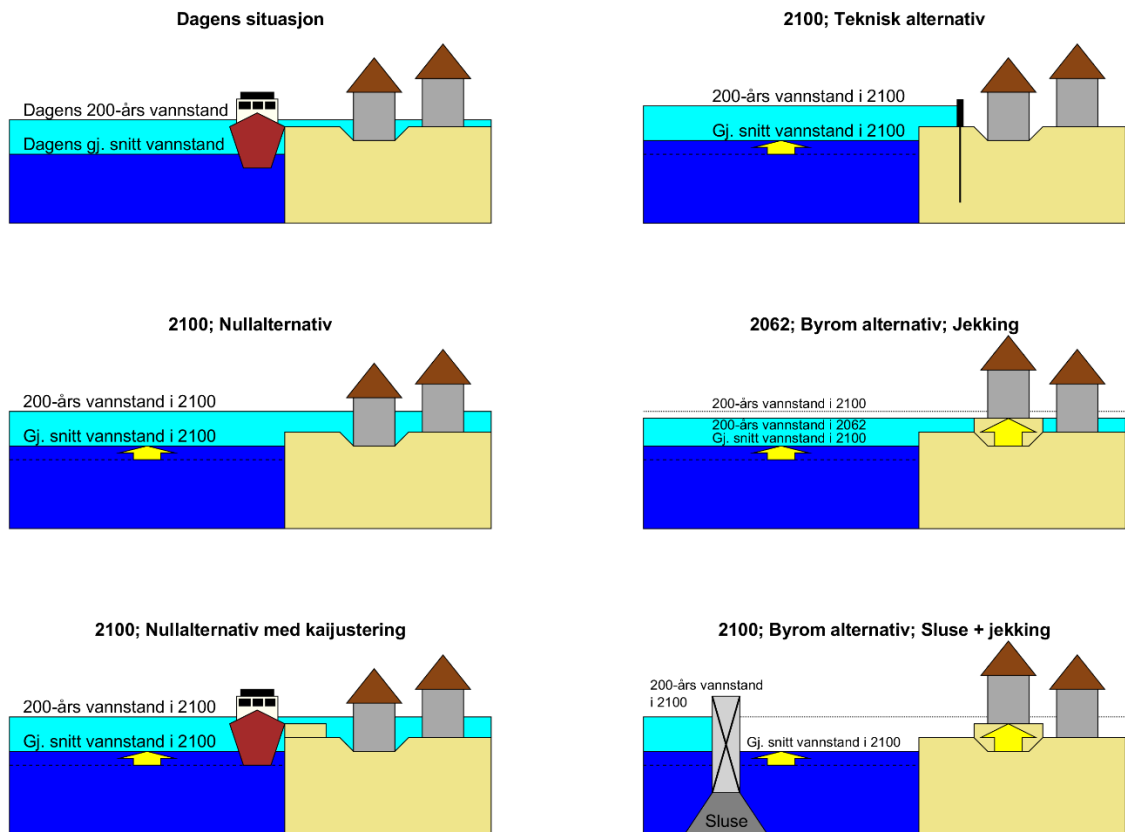
1. **Teknisk løsning**, Dette alternativet innebærer bygging av voll eller mur langs kaikanten og etablering av spunt for å forhindre sjøvannsinntregning, slik at Vågen beskyttes mot en 200-års stormflo i 2100. Denne løsningen vil påvirke utseende på havneområdet.
2. **Byromsalternativet**, Byromalternativet kombinerer heving av utsatte bygninger på sørsiden av Skagenkaia med en sluseløsning for resten av Vågen, for å unngå visuelle barrierer og bevare byrommets karakter. Slusen vil først være nødvendig fra ca. 2062, mens jekking anbefales som et tidlig tiltak for å redusere flomrisikoen i de mest utsatte områdene. Denne løsningen koster mer, men vurderes som mer positiv for bymiljøet.

Rapporten tar ikke endelig stilling til hvilken løsning som er best egnet for Stavanger kommune, men drøfter fordeler og ulemper, spesielt med tanke på både flomsikring og bevaring av det historiske miljøet.

Det er også stor usikkerhet knyttet til hvor raskt havet vil stige og hvor ofte svært høye vannstander vil forekomme. Rapporten benytter det såkalte "Dynamic Adaptive Policy Pathways"-rammeverket for å vise hvordan kommunen kan adaptiv tilpasse utbyggingen av tiltak i takt med havnivåstigningen.

For å sammenligne tiltakene, har vi gjennomført en nytte-kostnadsanalyse i tråd med statlige føringer. Her er skadene beregnet ved å multiplisere sannsynligheten for ulike vannstander frem mot år 2100 med en gjennomsnittspris per kvadratmeter oversvømt bygningsareal (ca. 6 000 kroner per m²). I tillegg er ikke-prissatte forhold som skade på kulturmiljø, beredskapssituasjon og konsekvenser for byrom tatt med i vurderingen.

Et "nullalternativ" – altså et scenario der det ikke gjøres nye tiltak – viser at samlede kostnader bare for bygningsskader vil ligge på anslagsvis 554 millioner kroner (nåverdi) fram til år 2100. I tillegg kommer andre negative konsekvenser, som skader på kulturarv, redusert byidentitet og lavere attraktivitet for både bosetting og næringsliv. Også beredskapen og framkommeligheten vil kunne bli betydelig forverret dersom store oversvømmelser blir vanligere.



Figur 0-1 Skjematisk framstilling av alternative løsninger for Vågen

Teknisk alternativ

Det tekniske alternativet innebærer å beskytte Vågen mot ekstrem stormflo ved å bygge en voll eller mur langs kaikanten. Beskyttelsen tar utgangspunkt i en 200-års stormflo med en vannstand på 212 cm, som kan inntreffe innen år 2100. For å håndtere usikkerheten knyttet til utviklingen av havnivået, foreslås det å bygge muren i to etapper.

I første omgang bygges muren slik at den beskytter mot en havnivåstigning på 42 cm, noe som anslås å være tilstrekkelig frem til rundt 2062. Etter hvert som havnivået fortsetter å stige, kan muren forhøyes med ytterligere 42 cm, og dermed sikre området mot de mest ekstreme vannstandene som forventes i år 2100. Denne trinnvise løsningen gir fleksibilitet, og gjør det mulig å fordele investeringene over tid, samtidig som man kan utvide flomvernet når behovet kommer.

Den samfunnsøkonomiske analysen viser at tiltaket har en netto nåverdi på omtrent 141 millioner kroner. Lønnsomheten for tiltaket er forventet å nås rundt 2073.

En permanent mur eller voll langs kaikanten vil forandre bybildet og området landskapskarakter, ved å skape en tydelig fysisk barriere mellom byen og sjøen. Dette kan redusere utsikten mot vannet og opplevelsen av åpenhet, og gjøre byrommet mindre attraktivt. Byggeperioden vil også føre til støy og midlertidig redusert tilgjengelighet, selv om det er tatt høyde for at maritim tilgang skal opprettholdes. Totalt sett vil området oppleves ganske annerledes for både innbyggere og besøkende enn i dag.

Byromalternativet

Byromsalternativet tar sikte på å beskytte Vågen mot oversvømmelser samtidig som den åpne kontakten mellom byrommet og sjøen ivaretas. Løsningen består av to hovedelementer: de mest sårbare bygningene langs Skagenkaia foreslås jekket opp, og det planlegges en sluseløsning ved innløpet til Vågen som kan stenge ved stormflo.

Å kombinere jekking av bygninger med en sluse gir større fleksibilitet og gjør at slusen ikke må stå stengt store deler av tiden mot slutten av århundret. Dermed vil ikke havnetrafikken stoppe opp selv hvis havnivået stiger kraftig. Investeringen i slusen vil også kunne utsettes til det er nødvendig å beskytte et større område, og denne løsningen vil kunne forlenge området fysisk tilgjengelig mot sjøen. Uten tiltak vil bygningene langs Skagenkaien ligge så lavt at de oversvømmes permanent mot slutten av dette århundret. Disse byggene utgjør viktige innslag i Vågens kulturlandskap og identitet.

Anslåtte kostnader for å jekke opp bygningene er 400 millioner kroner, mens investeringen i selve slusen er beregnet til 675 millioner kroner. Samlet blir kostnaden for byromsalternativet på cirka 1 075 millioner kroner, og nytte-kostnadsanalysen gir en netto nåverdi på minus 63 millioner kroner.

Positive effekter ved dette alternativet er at byrommets særpreg og den visuelle forbindelsen mellom by og sjø i større grad opprettholdes, noe som blir ansett som mer gunstig sammenlignet med bygging av voll eller mur. Det er likevel noen ulemper: større skip kan få redusert tilgang til Vågen, og etablering av slusen kan også påvirke vannkvaliteten noe. Tiltakene vil endre landskapsbildet, men i mindre grad enn en flomvoll. En omfattende anleggsperiode knyttet til å jekke opp bygningene kan dessuten påvirke virksomhetene i området negativt i perioden arbeidene pågår.

Tabell 0-1 Oppsummering av den samfunnsøkonomiske vurderingen av de to alternativene

Alternativ	Kostnad (MNOK)	Netto nåverdi (MNOK)	Ikke-prissatte konsekvenser (sammenfattet)
Teknisk alternativ	413	141	Negative effekter på landskapsbildet kulturarv og byrommet.
Byromsalternativet	1 075	-63	Bedre ivaretagelse av landskap og byrommet, men påvirker maritim tilgang.

Tempoet på havnivåstigningen er avgjørende for om og når de ulike tiltakene vil være lønnsomme. Det er derfor viktig å gjennomføre tiltakene på rett tidspunkt – verken for tidlig eller for sent – slik at samfunnet får mest mulig nytte av investeringen, samtidig som kommunen unngår unødvendige kostnader eller unødvendig stor risiko for skader.

Skisseforslag av det tekniske alternativet

Det tekniske alternativet innebærer etablering av en voll langs kaikanten, men utformingen bør integreres i bylandskapet slik at tiltaket ikke oppleves som en barriere mellom by og sjø. Det vurderes å bruke naturbaserte løsninger for å styrke økologisk verdi og bidra til naturlig vannhåndtering.

Flomvernet kan for eksempel utformes enten som arkitektoniske elementer, som heving av kaikanten, eller en kombinasjon av ulike metoder. Strategisk plasserte åpninger kan sikre både tilgjengelighet og håndtering av overvann, med mulighet for å lukkes ved behov. Erfaringer fra internasjonale prosjekter viser at slik integrasjon av klimatilpassingstiltak med byutvikling kan skape mer attraktive og robuste byrom.

Det er viktig å understreke at gode byromskvaliteter bør være et sentralt mål uansett valg av løsning. Flomvernet etter det tekniske alternativet bør derfor utformes med vekt på å sikre en god sammenheng mellom sjø og by, samtidig som man ivaretar naturbaserte prinsipper der det er mulig. Dersom Stavanger kommune velger å gå videre med dette alternativet for Vågen, anbefales det å prioritere utviklingsarbeid og gjerne gjennomføre en arkitektkonkurranse. En slik prosess kan bidra til innovative og bærekraftige løsninger som tar hensyn til Vågens unike særpreg, slik at investeringen blir et reelt tilskudd til bysentrum og ikke et tiltak som reduserer områdets opplevelseskvaliteter.

Anbefalt strategi og videre arbeid

Vågen i Stavanger står overfor betydelige utfordringer knyttet til forventet havnivåstigning og økende risiko for stormflo i årene fremover. Dagens flomvern gir ikke tilstrekkelig beskyttelse, og det er derfor behov for målrettede og raske tiltak for å forhindre store skader på bygninger, infrastruktur og bymiljøet.

For å sikre at klimatilpasningstiltakene både tar vare på kulturarven og opprettholder Vågen som et levende byrom, anbefales det at Stavanger kommune prioriterer et bredt og inkluderende arbeid med å avklare Vågens identitet og fremtidige rolle. Lokale aktører og andre interessenter bør involveres aktivt i denne prosessen for å utvikle løsninger som både ivaretar lokale verdier og fremtidige behov.

Videre bør begge hovedalternativene for flomsikring – det tekniske flomvernet og byromsalternativet – utvikles videre og omtales mer detaljert. Det bør være særlig oppmerksomhet på forhold som økonomisk lønnsomhet, funksjonalitet og tilpasning til grunnforhold og vann- og avløpssystemer, samtidig som estetiske og kulturelle hensyn blir ivaretatt.

Det foreslås å gjennomføre en arkitektkonkurranse, hvis man ønsker å gå videre med det tekniske alternativet, for å hente inn innovative og helhetlige ideer til hvordan flomvernet kan integreres i bylandskapet, uten at det oppleves som en barriere mellom byen og sjøen. I tillegg bør det utarbeides en helhetlig finansieringsstrategi, hvor både offentlige og private aktører involveres – for eksempel gjennom offentlig-private samarbeid eller bruk av klimafond – slik at løsningene blir økonomisk bærekraftige.

Videre må juridiske forhold og ansvarsavklaring rundt etablering og drift av flomverntiltakene undersøkes nærmere, for å sikre forutsigbarhet og legge til rette for en smidig planleggings- og gjennomføringsprosess.

Avslutningsvis bør det også vurderes om ytre barrierer i Byfjorden kan være et aktuelt supplement eller alternativ til det lokale flomvernet i Vågen, særlig med tanke på teknisk gjennomførbarhet, maritim tilgjengelighet og mulige miljøkonsekvenser.

Gjennom et helhetlig og fleksibelt arbeid kan Stavanger kommune utvikle en klimatilpasningsstrategi som både styrker samfunnssikkerheten, ivaretar kulturverdiene og legger til rette for en bærekraftig utvikling av Vågen og Stavanger by i fremtiden.

Forord

Denne rapporten utgjør resultatet av et oppdrag fra Stavanger kommune til COWI, med formål å undersøke tiltak for å håndtere stormflo og havnivåstigning i Vågen, Stavanger.

Prosjektet ble ledet av Merle Tilde Enghoff i COWI, i nært samarbeid med Stine Bjerga Haga fra Stavanger kommune.

Bidrag fra COWIs fagpersoner inkluderer Gerard Dam (oseanografi og flomtiltak), Merete Grøtt Grinde og Oskar Arnesen Dønnum (samfunnsøkonomi), Marianne Berge og Juliane Tytlandsvik Nødland (landskap), samt Inger Johanne Søreide (geoteknikk). Fra Stavanger kommune har Hugo Kind og Simon Tamminga også vært sentrale bidragsytere i prosjektet.

Vi vil rette en stor takk til alle involverte for deres engasjement og verdifulle bidrag.

Merle Tilde Enghoff

Prosjektleder, COWI.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

Vågen, en vik i Byfjorden, utgjør hjertet av Stavanger sentrum (se Figur 1-1 og Figur 1-2). Området langs Vågen ligger lavt og er utsatt for stormflo, som flere ganger de siste årene har ført til oversvømmelser av kaianlegg og bygninger rundt Vågen (se for eksempel Figur 1-3).

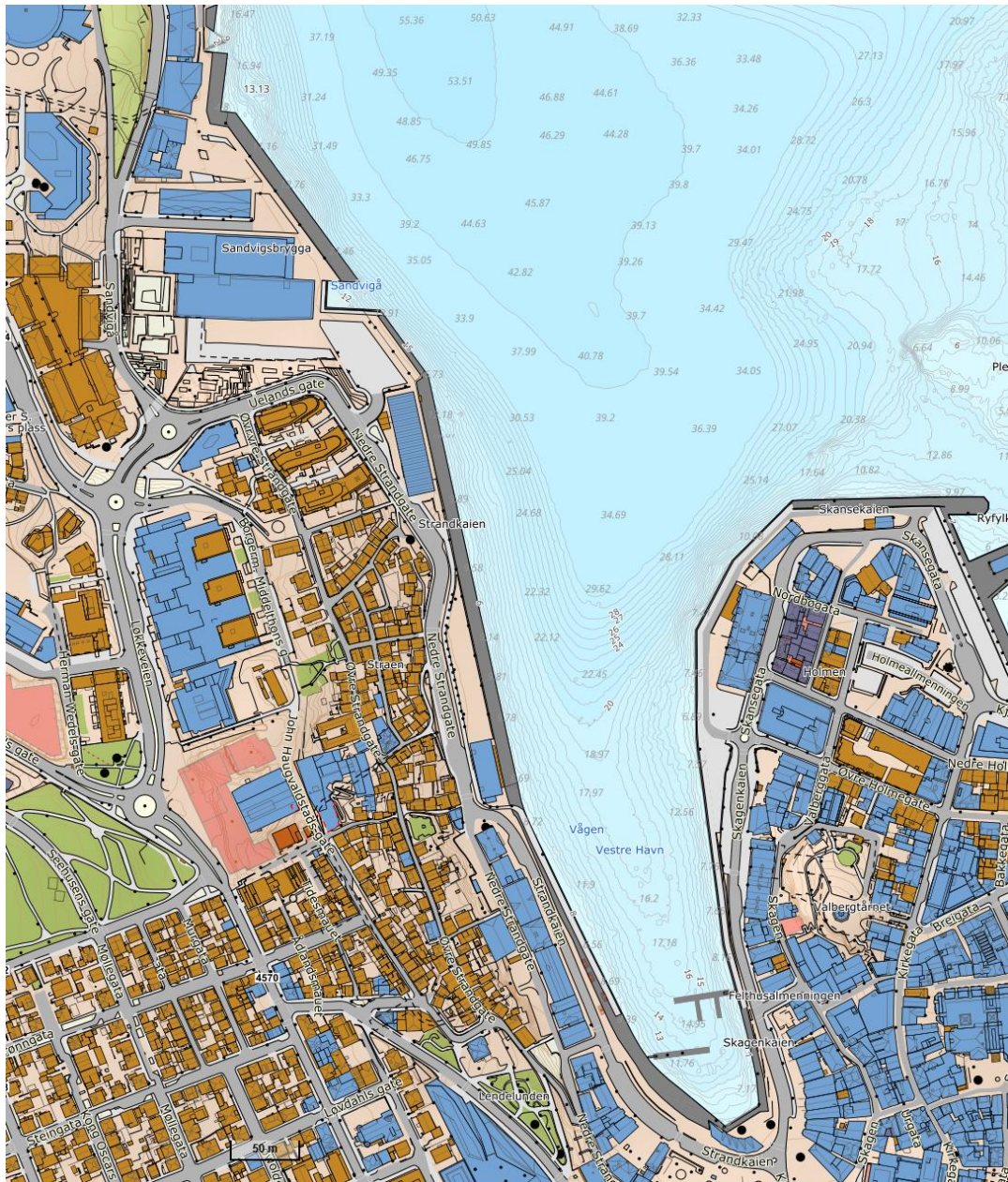
Norsk klimaservicesenter oppdaterte i 2024 forventningene til havnivåstigning langs norskekysten som følge av global oppvarming, og målinger viser at havnivået allerede stiger på Vestlandet (NCCS, 2024). Med en forventet havnivåstigning på over en halv meter fram mot år 2100, vil oversvømmelser bli et betydelig og vedvarende problem i Vågen, med stor risiko for skade på bykjernen. Det er derfor avgjørende å vurdere og iverksette effektive tiltak for å begrense skadevirkningene fra havnivåstigning og stormflo.

På bakgrunn av dette har Stavanger kommune engasjert COWI til å analysere utfordringene og fremme løsninger for flomsikring av Vågen fram mot 2100.

1.2 Betydning av Vågen for Stavanger

Vågen i Stavanger utgjør bykjernens hjerte og er en sentral del av byens identitet. Langs begge sider av Vågen finner man et levende bymiljø med puber, restauranter, hoteller, butikker og museer. Innerst i Vågen ligger Fisketorget og Sjøfartsmonumentet. Området spiller også en viktig rolle i byens festivaler og er vernet for sine mange historiske bygninger. Vågen er et område med mange interesser og aktører, inkludert næringsliv, turisme, maritim tilgang, kulturminner og byromsfunksjoner.

Koblingen mellom havnen, sjøen og resten av byen er viktig for Vågens identitet. Denne koblingen og stedet er også viktig for hele Stavanger by.



Figur 1-1: Oversiktskart Vågen, Stavanger



Figur 1-2: Vågen, Stavanger. Foto: Stavanger kommune, Dronegruppen



Figur 1-3: Vann over kaikanten, Stormflo 2020. Foto: Stavanger kommune; Erik Haglund.

1.3 Avgrensninger i rapporten

Stavanger kommune har fått utredet rapporter for flomvern for Holmen og Østre Havn (Norconsult, 2022), som del av Kommunedelplan for Stavanger sentrum. Flomvernanalyse for Vågen må koble på den tidligere utredning av Holmen og Østre Havn. Analysen i denne rapporten dekker altså området fra Holmen via Vågen til Bjergsted i Stavanger (Figur 1-4).



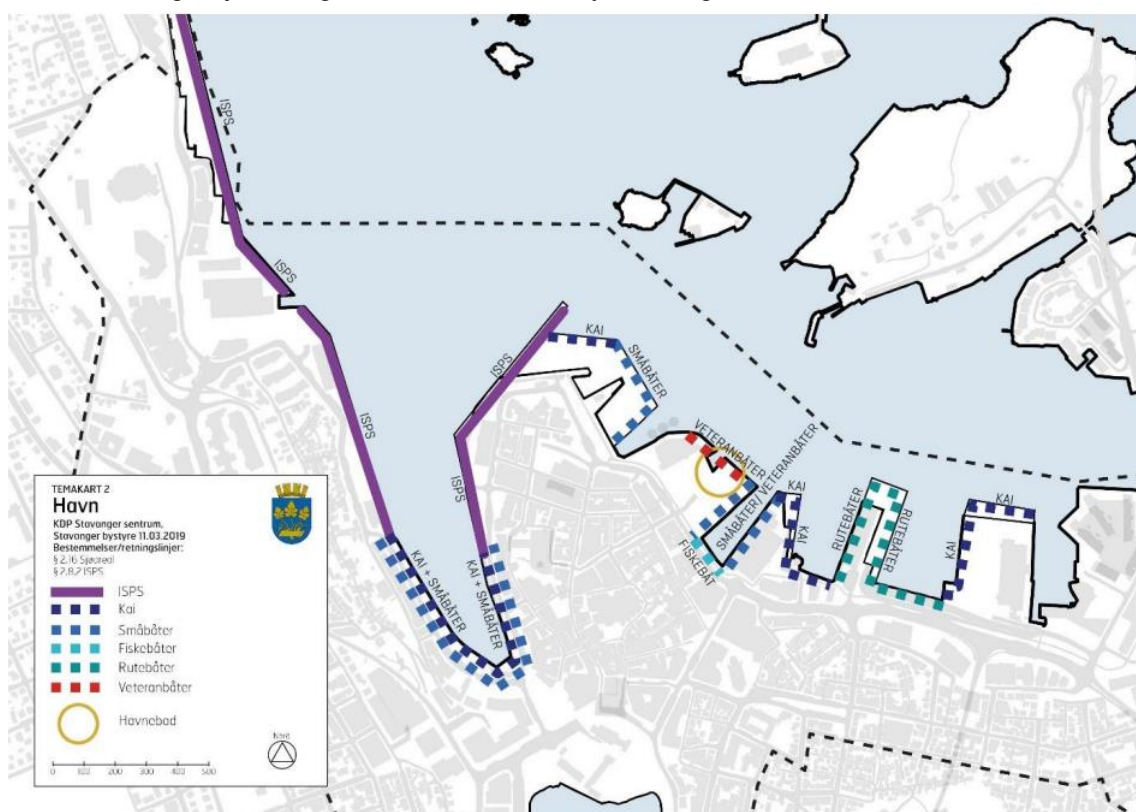
Figur 1-4: Avgrensning prosjektområdet rundt Vågen, Stavanger. Kilde Stavanger kommune

Justering av kaihøyden er nødvendig for å kunne ta imot båter i Vågen ved havnivåstigning. Denne justeringen fungerer ikke som flomvern, og inngår derfor ikke i rapporten, selv om den omtales enkelte ganger.

Rapporten fungerer som en studie for å se på mulige flomtiltak for å beskytte Vågen. Vågen har viktige funksjoner knyttet til kulturmiljø, byens identitet og landskap, og er derfor essensiell å beskytte mot oversvømmelser. Uten adekvate tiltak vil området i praksis være tapt i fremtiden. De foreslåtte løsningene er utviklet på et overordnet nivå og kan potensielt komme i konflikt med eksisterende funksjoner. Dette må undersøkes nærmere i videre studier.

1.4 Forholdet til strategiske plangrep i kommunedelplanen

Kommunedelplanen for Stavanger sentrum 2019-2034 fremhever havnefronten med havnen som en viktig del av byens identitet, historie og kulturarv. Den beskrives som byens ansikt mot sjøen, og planen har som mål å videreutvikle havnefronten på en måte som stolt viser fram og utvikler byens historiske identitet som sjøfarts-, industri- og trehusby, samtidig som sjøtransportbehovene løses på en effektiv og miljøvennlig måte balansert mot byens øvrige behov.



Figur 1-5: Temakart for havnen som viser hvordan bruken av kaiene kan fordeles mellom fartøysgrupper og avgrensning av ISPS-områdene. Kilde Kommunedelplan for sentrum, Stavanger kommune

Planområdet i Vågen ligger innenfor hensynssonene H320_1, H320_2 og H320_7 for flom, og kommunedelplanen legger klare føringer for et sammenhengende flomvern for dette området. Flomvernet skal sikre Vågen uten å skape en fysisk barriere mellom byen og sjøen, og skal bygges med en ny terrenghøyde på minst +2,06 moh. Det stilles krav til at nye bygg skal tilpasses både midlertidig oversvømmelse og nasjonale klimascenarier med hensyn til havnivåstigning og ekstremvær. Dessuten må åpninger i flomvernet kunne stenges midlertidig ved behov.

Kommunedelplanen prioriterer infrastruktur for flomsikring, og tiltak som kan komme i konflikt med fremtidige flomsikringstiltak er ikke tillatt. Det anbefales en helhetlig tilnærming til flomvernet som kombinerer tekniske, miljømessige og estetiske hensyn, inkludert naturbaserte løsninger som fremmer biologisk mangfold og bærekraft. Flomvernet skal integreres i byrommet slik at det både styrker kontakten mellom byen og sjøen, og samtidig sikrer nødvendige funksjoner og trygghet.

Samlet innebærer planen en trinnvis utbygging av et robust og bærekraftig flomvern som både ivaretar sikkerheten mot flom og havstigning, samtidig som havnefronten utvikles som et levende og historisk forankret byområde med fokus på identitet, kultur og miljøvennlighet.

1.5 Rapportinndeling

I denne rapporten vil vi først gå gjennom den historiske utviklingen og dagens situasjon knyttet til stormflo og flomrisiko i Vågen, Stavanger. Deretter presenteres forventet framtidig havnivåstigning og konsekvenser for oversvømmelser basert på klimascenarier. Vi beskriver metodikken for samfunnsøkonomisk analyse og etablerer et nullalternativ uten nye tiltak.

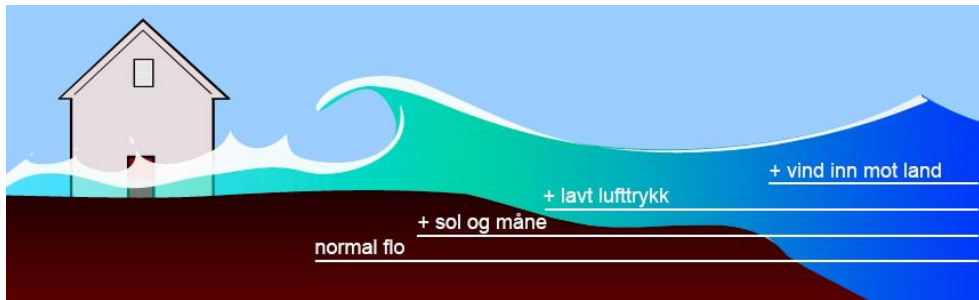
Videre vurderes to hovedalternativer for flomsikring: et teknisk alternativ med spunt og mur, og et byromalternativ som inkluderer heving av bygninger og etablering av sluse. For hvert alternativ presenteres kostnadsestimer og en nytte-kostnadsanalyse med både prissatte og ikke-prissatte konsekvenser.

Rapporten avsluttes med en strategi for trinnvis implementering, skisseforslag for flomvernets utforming, en diskusjon av fordeler og utfordringer, samt konklusjoner og anbefalinger for videre arbeid.

2 Dagens stormflo i Vågen

2.1 Tidevann og stormflo

Mange ulike prosesser spiller en rolle ved stormflo i dag (se Figur 2.1). To hovedfaktorer påvirker vannstanden i havet: astronomisk tidevann og værforhold.



Figur 2-1: Prosesser som bidrar til en stormflohendelse (Ronald Toppe / Scary Weather)

Astronomisk tidevann representerer en naturlig variasjon i vannstanden forårsaket av tyngdekrefter fra månen og solen. Denne variasjonen har en periode på 12 timer og 25 minutter. I Stavanger er den gjennomsnittlige forskjellen mellom høyvann og lavvann 31 cm. Under nymåne og fullmåne forsterkes tyngdekraften fra solen og månen, noe som medfører at tidevannet blir ekstra høyt og lavt. Den gjennomsnittlige forskjellen ved springflo, som oppstår under full- og nymåne, er da 45 cm. Forskjellen ved halvmåne, kjent som nippflo, er mye mindre, med en gjennomsnittlig høyde på 17 cm. En full syklus av springflo og nippflo varer i 14 dager. Siden bevegelsene til solen og månen er godt kjent, kan vi forutsi astronomisk tidevann ved bruk av tidevanntabeller.

For ekstrem stormflo er det nesten en forutsetning at tidevannet er i springflo, det vil si enten under nymåne eller fullmåne, da høyvannet da er ekstra høyt.

Stormflo oppstår når vannstanden overstiger det nivået som forventes ut fra det astronomiske tidevannet. Dette fenomenet skyldes værforhold som påvirker vannstand. Lavt lufttrykk og vind fører til at vann blir presset inn mot kysten. Lufttrykkforskjeller over havet flytter på vannmassene og dermed vannstandene. En generell tommelfingerregel er at en reduksjon i lufttrykket med 1 hPa medfører en økning i havnivået med 1 cm.

Vind som blåser fra havet mot kysten, kjent som pålandsvind, påvirker også vannstanden. Effekten av vindens innvirkning på vannstanden avhenger av dybden på havområdet. Vestlandet har dype sjøområder utenfor kysten, noe som begrenser vindens effekt på vannstanden. I andre områder med grunnere hav, som Nederland og Tyskland, kan vind være den dominerende faktoren under stormflo, der vannstanden kan være 200-300 cm høyere enn det astronomiske tidevannet. Det er også verdt å merke seg at den dominerende vindretningen langs norskekysten er fra sørvest. På grunn av jordens rotasjon vil vannet forskyves mot kysten når det blåser sørvestlig vind, et fenomen kjent som Ekman-transport (Richter, Nilsen, & Drange, 2012).

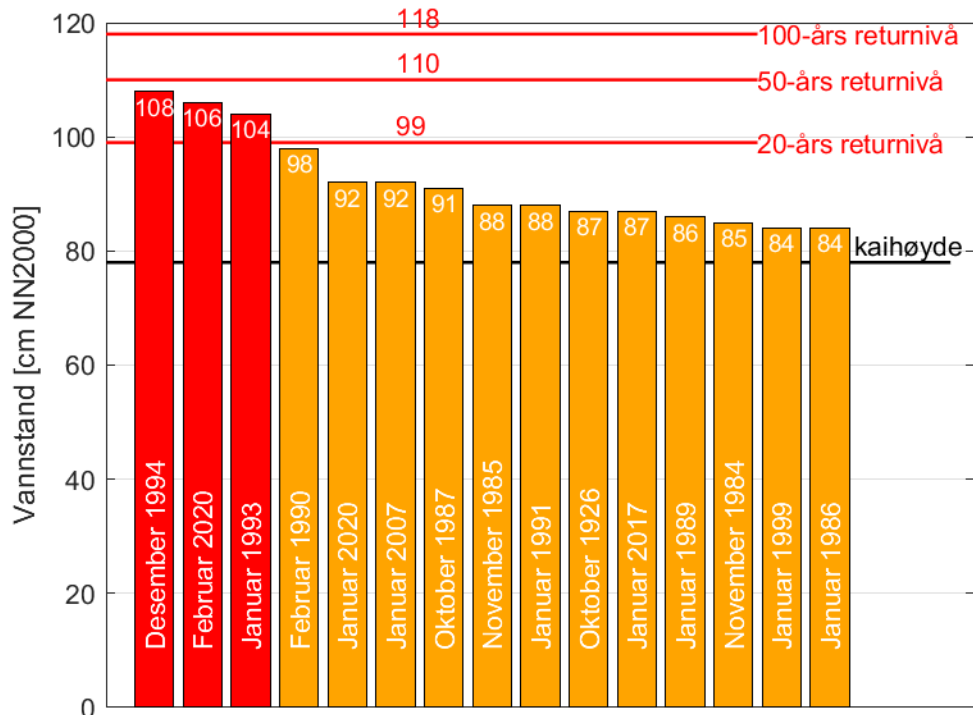
På grunn av at lavt lufttrykk dominerer stormflovannstander har det ikke blitt målt vannstander høyere enn 100 cm over astronomisk tidevannet (Se f.eks. Figur 14-1).

2.2 Høyeste observerte vannstander i Stavanger

Figur 2-2 viser de 15 høyeste historiske stormfloene i Stavanger siden vannstandsmålingene startet. Den høyeste målte vannstanden var 108 cm NN2000, registrert 8. desember 1994, noe som tilsvarte omtrent 85 cm over det astronomiske tidevannet. På andreplass kom stormfloen 10.

februar 2020 med en vannstand på 106 cm, og tredjeplassen ble registrert 11. januar 1993 med 104 cm. Disse tre hendelsene har et returnivå mellom 20 og 50 år.

Samtlige av de 15 stormfloene førte til oversvømmelse på kaia rundt Vågen, hvor den laveste kaihøyden er 78 cm NN2000.



Figur 2-2: De 15 høyeste stormfloene i Stavanger; kilde: COWI. Data: kartverket

2.3 Gjentakintervaller og sikkerhetsklasser

Dagens gjentakintervaller for vannstand er en blanding av kartverket sine returperioder for Stavanger (Kartverket, 2025), Stavanger kommune sine definerte returnivåer for 20, 200 og 1000-års stormflonivåer, og avledete tall for 50 og 100-års nivåer (Tabell 2-1). Tabell 2-1 gir også returnivåer i år 2100 med 85 cm havnivåstigning. Dette blir videre forklart i neste kapittel.

Nye bygg må ligge trygt for oversvømmelse i forhold til et definert stormflonivå. Disse sikkerhetsklassene for oversvømmelser er definert i byggeforskriften TEK17 §7.2.

- Sikkerhetsklasse 1 (F1) tilsvarer garasjer og boder. Ifølge DSB (2024) anbefales å bruke en 20-års hendelse i dagens situasjon. Dette tilsvarer en høyde på 99 cm (NN2000) i Stavanger (Tabell 2-1).
- Sikkerhetsklasse 2 (F2) tilsvarer en 200-års gjentakintervall med fremtidig havnivåstigning (DSB, 2024) og gjelder vanlige boliger og kontorer. Dette tilsvarer en høyde på 212 cm (NN2000) i Stavanger (Tabell 2-1).
- Sikkerhetsklasse 3 (F3) tilsvarer en 1000-års gjentakintervall med fremtidig havnivåstigning (DSB, 2024) og gjelder bygninger med beredskapsfunksjoner som politi og brannvesen. Dette tilsvarer en høyde på 234 cm (NN2000) i Stavanger (Tabell 2-1).

Ny bebyggelse ligger i prinsippet trygt for stormflo og havnivåstigning hvis man følger regelverket. For eksisterende bebyggelse gjelder regelverket ikke, og det kan derfor være nødvendig å beskytte det med ekstra flomverntiltak.

Tabell 2-1: Returperioder vannstand i Stavanger i dag og med havnivåstigning i 2100. *) Definerte returperioder ifølge kartverket **) Definerte tall fra Stavanger kommune. ***) Vannstand avledet fra log funksjon mellom definerte 20- og 200 års gjentaksnivå.

Returperioder	Vannstand i dagens situasjon (cm NN2000)	Vannstand i 2100 med 85 cm havnivåstigning (SSP3-7-0, øvre 83% intervall, cm NN2000)
1-års høyvann (stormflo)	71 cm*	156 cm
5-års høyvann (stormflo)	83 cm*	168 cm
10-års høyvann (stormflo)	89 cm*	174 cm
20-års høyvann (stormflo)	99 cm (F1) **	184 cm
50-års høyvann (stormflo)	110 cm ***	195 cm
100-års høyvann (stormflo)	118 cm ***	203 cm
200-års høyvann (stormflo)	127 cm **	212 cm (F2)
1000-års høyvann (stormflo)	149 cm **	234 cm (F3)

2.4 Sammenfall mellom stormflo og bølger i Vågen

Vågen er utsatt for lokale vindbølger fra nordlige retninger. Vind fra denne retningen kan skape korte bølger som slår inn mot kaikanten. Spørsmålet er om ekstrem stormflo og bølger forekommer samtidig i Vågen. Vedlegg A beskriver dette gjennom en statistisk analyse av sammenfallet mellom stormflo og nordlige bølger i området.

Ekstrem stormflo er først og fremst knyttet til lavt lufttrykk, som har en tydelig sammenheng med økte vannstander (værbidrag), jf. Figur 14-1. Vind har også betydning, se Figur 14-2. For at ekstrem stormflo skal oppstå, må vinden som regel komme fra sør-sørvest (Figur 14-3). Vind fra denne retningen driver ekstra vann mot kysten gjennom jordrotasjonen (Ekman-transport). Nordlige vinder mangler denne mekanismen og gir derfor ikke det ekstra bidraget til vannstandene. For mer informasjon, se Vedlegg A.

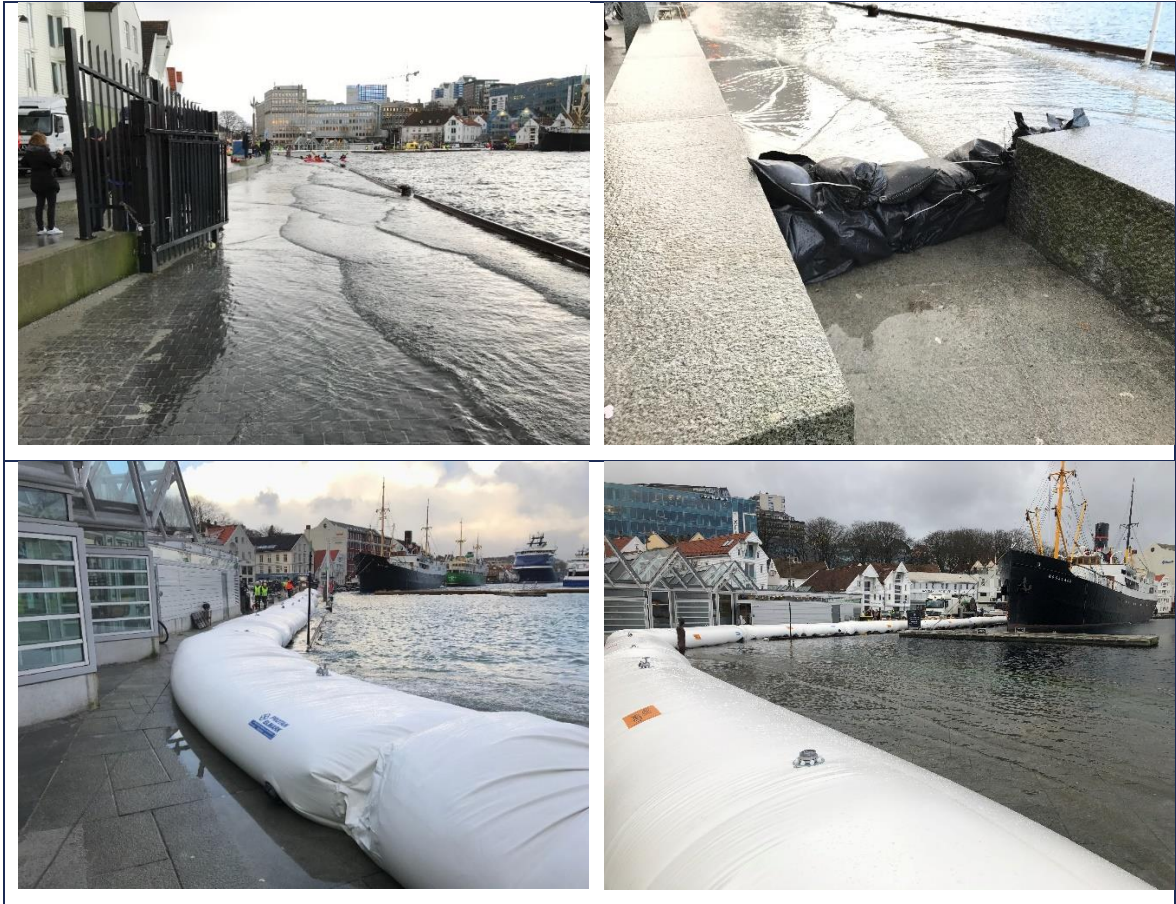
På bakgrunn av dette kan bølger fra nordlige retninger utelates i beregningen av flomvernets sikringshøyde i Vågen.

2.5 Dagens flomvern

Det har vært flere tilfeller der vann har kommet over kaien og oversvømt bygninger rundt Vågen. Dagens flomvern består av benker langs Skagenkaien på østsiden av Vågen, som kan tettes med sandsekker mellom åpningene (Figur 2-3). I tillegg har kommunen anskaffet en flompølse som legges langs den sørlige delen av Vågen (Figur 2-3).

Massene i kaien er ikke tette, derfor er det lagt en tettekjerne under flomvernene og benkene for å forsinke vanninntrengning ved høy sjø. Erfaring viser at det er vanskelig å forhindre vanninntrengning, spesielt når høy sjø varer over lengre tid. Under høy sjø kommer det også inn vann i kjellere rundt Vågen. Dette skyldes at sjøvann kommer inn i utløp fra VA- og overvannsledninger.

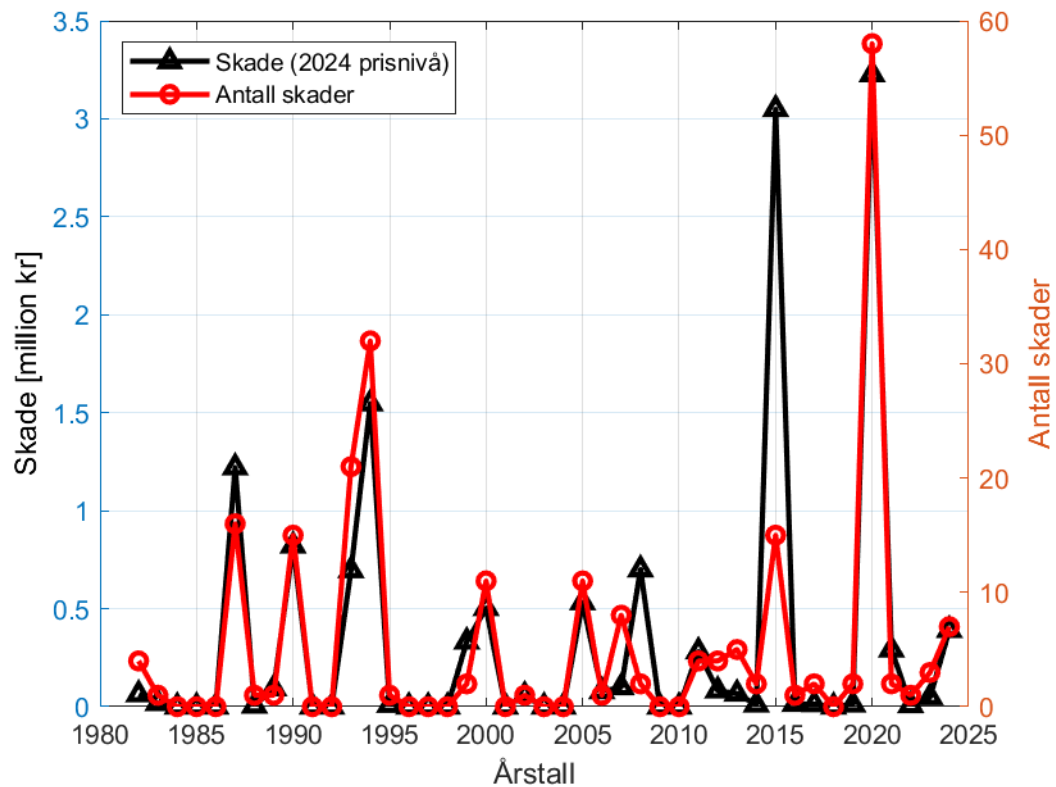
Benkene har en høyde på cirka 125 cm over NN2000, målt med GPS. Denne høyden er ikke tilstrekkelig for å sikre Vågen mot fremtidig stormflo, selv om man skulle klare å holde vannet tilbake. Det samme gjelder flompølsen.



Figur 2-3: Dagens flomvern i Vågen, Stavanger. Flomvern består av benker langs østlige delen av Vågen som kan stenges med (sand)sekker (bilder oppe) og flompølse langs sørlige delen av Vågen (bilder nede). Bilder: Stavanger kommune; Trygve Petter Nilsen (oppe venstre og høyre, nedre venstre); Eirik Haglund (nedre høyre)

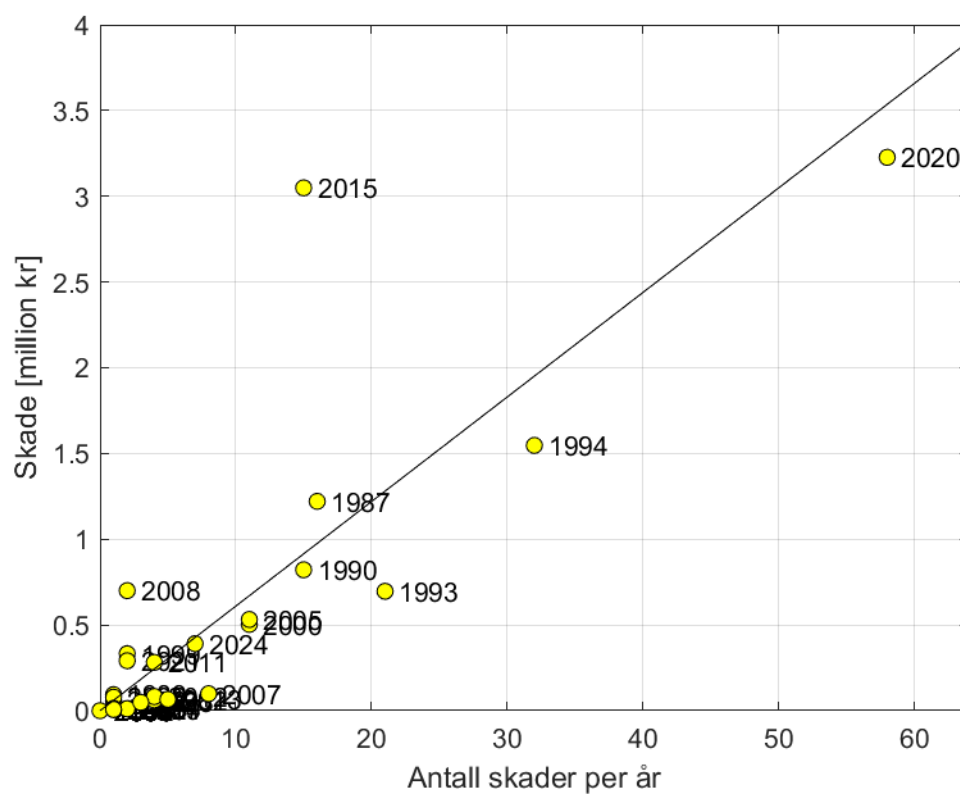
2.6 Historiske skader på grunn av stormflo

Norsk Naturskadepool (NASK) registrerer skader på bygninger forårsaket av naturskader, som for eksempel stormflo. Datagrunnlaget er hentet fra NASKs oversikt over registrerte skader (NASK, 2025). Skadetallene omfatter kun private bygninger, da offentlige bygg ikke registreres i NASK. Figur 2-4 viser erstatningsbeløpene og antall skader i Stavanger kommune som følge av stormflo, hvor den siste store stormflo i 2020 har registrert både høyest skadeomfang og flest skader.



Figur 2-4: Historiske stormfloskader for Stavanger kommune (Data: NASK). Skadekostnadene justert til 2024 prisnivå.

Når vi ser på sammenhengen mellom antall skader og erstatningsbeløp (Figur 2-5), og justerer for prisvekst, fremgår det at dataene fordeler seg omtrent langs en rett linje. Basert på denne analysen er det estimert at gjennomsnittlig erstatning per skade beløper seg til rundt 61.000 kroner. Uttakk er stormflo i 2015 hvor erstatningsbeløp ligger rundt 200.000 kr per skade. Denne orkanen 'Nina' var særlig preget av hard vind og mye bølger og ikke så mye på grunn av høy vannstand. Stormfloen er ikke i topp 15 av høyeste stormfloene (Figur 2-2) og er derfor annerledes enn de andre stormfloene.



Figur 2-5: Antall skader versus skadekostnader per år (Data: NASK). Skadekostnadene justert til 2024 prisnivå. Linjen viser trenden med et gjennomsnitt skadebeløp på 61.000 kr per skade.

3 Framtidig havnivåstigning og konsekvenser for oversvømmelse i Vågen

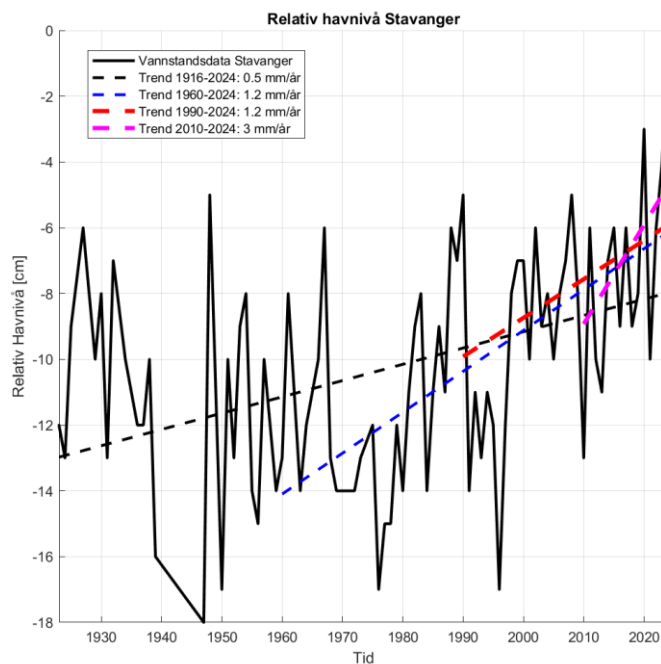
3.1 Havnivåstigning

Utslipp av klimagasser fra menneskelige aktiviteter, særlig forbrenning av fossile energikilder, bidrar til global oppvarming og økende havnivå. Dette utgjør en voksende utfordring for kystnasjoner som Norge, som må tilpasse seg de nye forholdene. Konsekvensene av klimagassutslippene og den påfølgende globale oppvarmingen – inkludert havnivåstigning – vil utvikle seg over flere hundre år, på grunn av havets og isbreenes langsomme respons. Havnivåstigning er derfor en langvarig problemstilling som krever tiltak som strekker seg over flere generasjoner.

Tiltak for å redusere utslipp er avgjørende for å begrense de langsiktige risikoene knyttet til oversvømmelser, samtidig som det er viktig å arbeide for å redusere skadene som allerede havnivåstigningen kan forårsake – både på kort og lang sikt. Betydelige kutt i utslipp vil hjelpe med å bremse den videre akselerasjonen i havnivåstigningen, og redusere sjansen for at store isbreer på Grønland og Antarktis når kritiske terskler som kan føre til flere meters havnivåstigning. En slik økning i havnivå vil være permanent og irreversibel sett i et menneskelig tidsperspektiv, og representerer store utfordringer for tilpasning.

Med ytterligere temperaturøkning forventes havnivået å stige raskere, noe som vil gi flere områder høyere vannstand. Havnivåstigning medfører økt risiko for oversvømmelser, som vil nå lengre inn i landet. Selv om stormflo ofte har lokal karakter på grunn av bratt kysttopografi, betyr den lange og komplekse kystlinjen at store deler av landet kan bli utsatt. Kystbyer, infrastruktur og mange naturområder er sårbare. En økning i havnivå på kun 10 cm kan tredoble sannsynligheten for stormflo i mange områder. Uten nødvendige tilpasningstiltak kan stormflo bli et vedvarende problem.

Landheving etter siste istiden har medført at havnivåstigning var ikke særlig merkbar på de vannstandsmålinger på Vestlandet de siste 100-år. Landhevingen i Stavanger er rundt 1,3mm per år. Norsk klimaservicesenter (NCCS) publiserte i 2024 oppdaterte prognoser for havnivåstigning i Norge. Rapporten viser at havnivået allerede påvirker deler av landet, spesielt på Vest- og Sørlandet (NCCS, 2024). Data fra Stavanger (Figur 3-1) indikerer at relativ havnivåstigning har økt fra omtrent 0,5 mm/år (1916–2022) til rundt 1,5 mm/år i perioden 1993–2022, med en tydelig akselerasjon til opptil 3 mm/år de siste 15 år. I 2024 var det rekord gjennomsnittvannstand (Figur 3-1).



Figur 3-1: Gjennomsnitt årlig vannstands nivå i Stavanger fra 1925 til 2024. Data: kartverket; Analyse: COWI.

NCCS' framskrivninger for havnivåstigning bygger på data fra IPCCs (Intergovernmental Panel on Climate Change) sjette vurderingsrapport om klimaendringer (AR6). IPCC har utviklet ulike klimascenarier for fremtidige utslipp av klimagasser. En økning i konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren medfører at mer varme blir fanget i jordens klimasystem. De fremtidige utslippsbanene er definert gjennom Shared Socioeconomic Pathways (SSP), som beskriver alternative globale sosioøkonomiske utviklingsbaner fram mot år 2100 (se Tabell 3-1).

Tabell 3-1: Definerte klimagassutslippsscenarioer (Shared Socioeconomic Pathways -SSP) ifølge IPCC (AR6)

SSP	Scenario	Forventet temperaturøkning (2081- 2100)
SSP1-1.9	Veldig lave klimagassutslipp; CO ₂ utslipp kuttet til netto 0 i ca 2050	1,0 – 1,8 °C
SSP1-2.6	Lave klimagassutslipp; CO ₂ utslipp kuttet til netto 0 i ca 2075	1,3 – 2,4 °C
SSP2-4.5	Mellomstort klimagassutslipp; CO ₂ utslipp blir ca som i dag til 2050. Etter det kutt av utslipp, men ikke helt 0 i 2100	2,1 – 3,5 °C
SSP3-7.0	Høye klimagassutslipp; CO₂ utslipp doubles i 2100	2,8 – 4,6 °C
SSP5-8.5	Veldig høye klimagassutslipp; CO ₂ utslipp tredoblet i 2100	3,3 – 5,7 °C

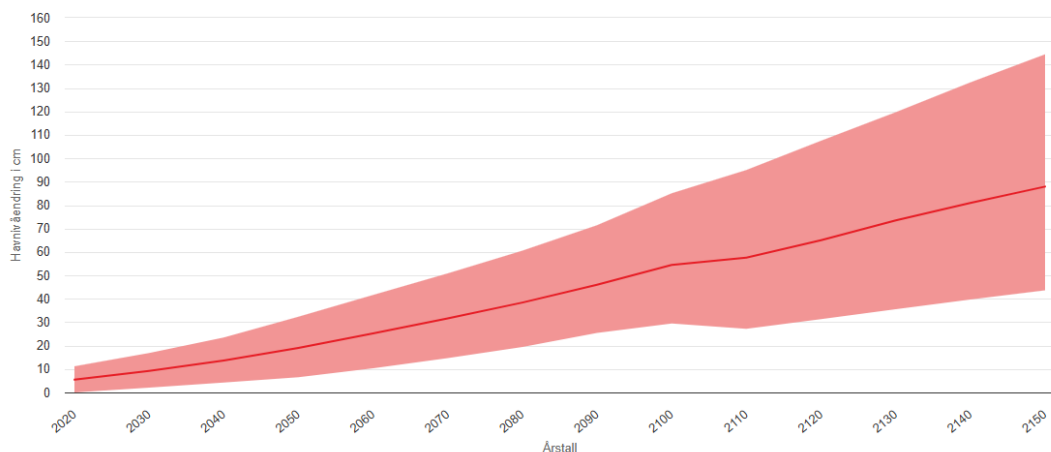
Tabell 3-2 presenterer NCCS' beregninger for forventet havnivåstigning i Stavanger under disse utslippsscenarioene. For hvert scenario oppgis medianverdier (50%) samt et usikkerhetsintervall som dekker mellom 13 og 83 prosent sannsynlighet.

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) anbefaler bruk av scenario SSP3-7.0 i kommunal planlegging i Norge (DSB, 2024). Videre anbefales det å legge til grunn den øvre grensen av 83%-usikkerhetsintervallet som ett føre-var-prinsipp. For Stavanger innebærer dette at en havnivåstigning på opptil 85 cm bør forventes innen år 2100 (Tabell 3-2 og Figur 3-2). Dette scenarioet er derfor hovedalternativet i denne rapporten, mens et utdrag av de øvrige scenariene brukes for å belyse usikkerheten. Det må påpekes at 85 cm havnivåstigning innen 2100 er trolig et konservativt anslag, og det mest sannsynlige utfallet er at den faktiske stigningen vil bli lavere.

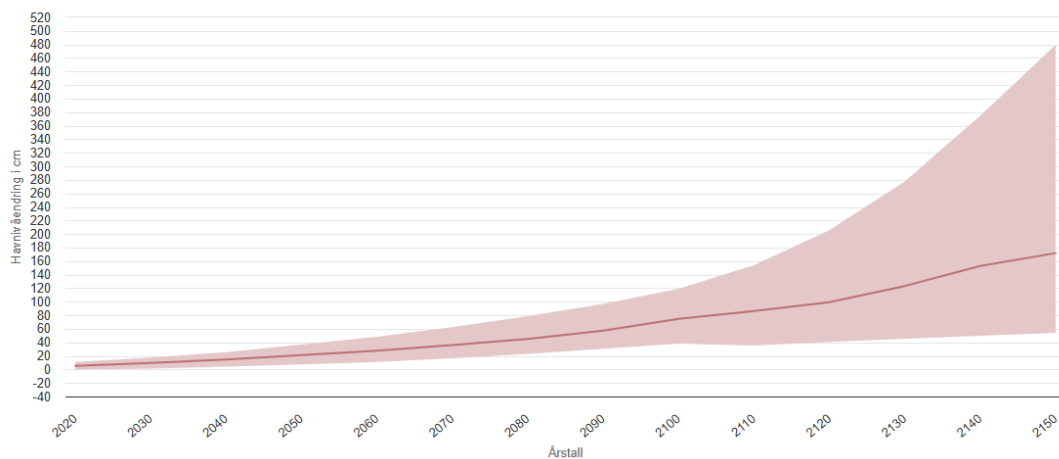
Tabellen viser også at i det mest ekstreme scenarioet, SSP5-8.5 med lav sannsynlighet, men høy konsekvens – hvor rask isavsmelting fra Antarktis tas i betraktning – kan havnivået stige betydelig mer. For år 2100 ligger dette scenarioets forventede havnivåstigning mellom 33 og 114 cm med en median på 68 cm, mens tallene for 2150 øker til et spenn mellom 49 og 474 cm, med en median på 164 cm (Tabell 3-2, se også Figur 3-3).

Tabell 3-2: Framskrevet relativ havnivåendring i Stavanger fram mot år 2100 og år 2150 i forhold til perioden 1995-2014.

Scenarioer	År 2100	År 2150
SSP1-1.9 (Middels faglig sikkerhet)	28 cm (2 til 57 cm)	39 cm (-4 til 87 cm)
SSP1-2.6 (Middels faglig sikkerhet)	33 cm (10 til 60 cm)	42 cm (5 til 86 cm)
SSP3-7.0 (Middels faglig sikkerhet)	55 cm (30 til 85 cm)	88 cm (44 til 144 cm)
SSP5-8.5 (Middels faglig sikkerhet)	65 cm (38 til 99 cm)	105 cm (54 til 171 cm)
SSP5-8.5 Lav sannsynlig – stor konsekvens (LSSK)	75 cm (38 til 119 cm)	172 cm (54 til 480 cm)



Figur 3-2: Relativ havnivåendring i Stavanger basert på utslippsscenario SSP 3-7.0 (Bilde: kartverket)



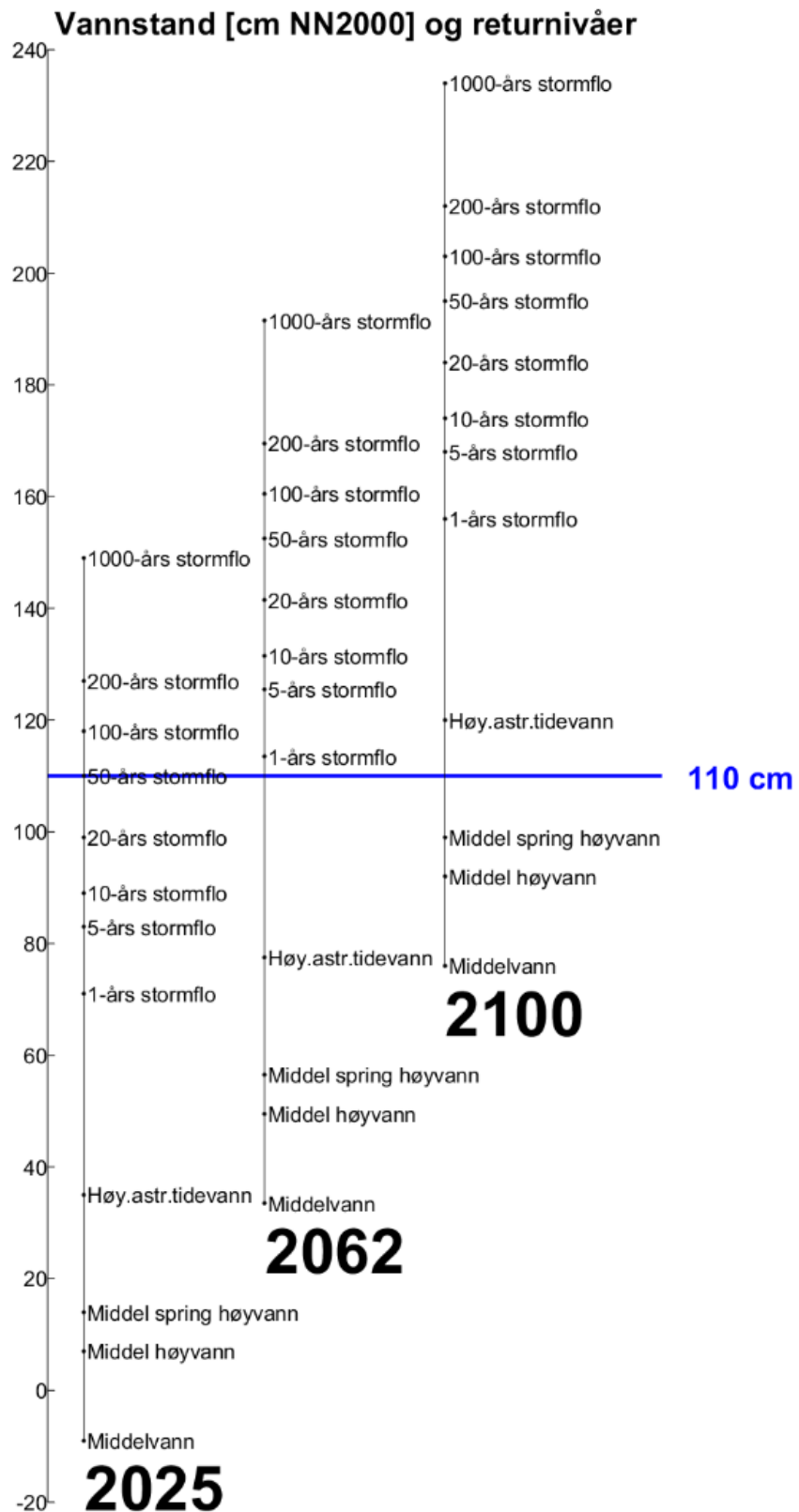
Figur 3-3: Relativ havnivåendring i Stavanger basert på utslippsscenario SSP 5-8.5 lav sannsynlig-stor konsekvens (Bilde: kartverket)

3.2 Effekten av beregnet havnivåstigning på frekvensen av stormflonivåer

Statistikken for dagens stormflo i Stavanger viser en "flat struktur" med bare 78 cm forskjell mellom en hendelse med 1-årsfrekvens og en hendelse med 1000-årsfrekvens (Tabell 2-1). Dette innebærer at situasjoner som i dag sjelden skaper store problemer, vil bli vanligere med den økende havnivåstigningen. I denne rapporten legger vi til grunn en havnivåstigning på 85 cm innen år 2100 ifølge utslippsscenario SSP 3-7.0 med øvre 83% usikkerhetsintervall.

Det betyr for eksempel at en 50-års stormflo på 110 cm i dag, som var ca. det høyeste observerte stormflo i Stavanger, vil opptre ca. hver 30. dag i 2100. Det betyr også at en 1000-år stormflo i dag på 149 cm vil oppleves oftere enn 1 gang i året i 2100 (Figur 3-4).

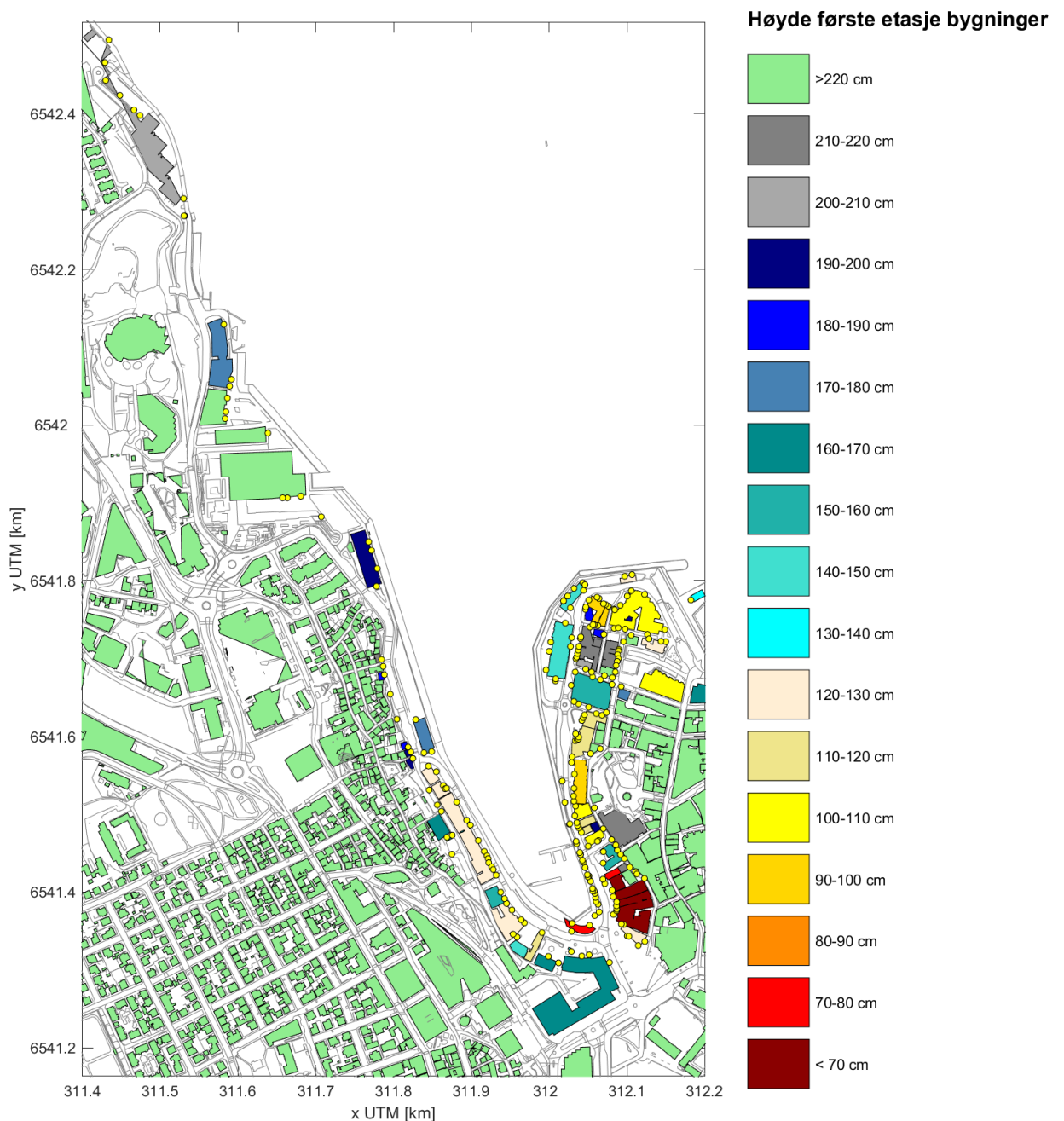
Oversvømmelsesfrekvensen endres dramatisk som følge av havnivåstigningen. Selv ved en moderat havnivåstigning innen 2100 vil frekvensen av oversvømmelser øke betydelig.



Figur 3-4: Endring i oversvømmelsesfrekvensen av tidevann og stormflo i Stavanger under klimautslippssenario SSP 3-7.0 (Øvre 83%).

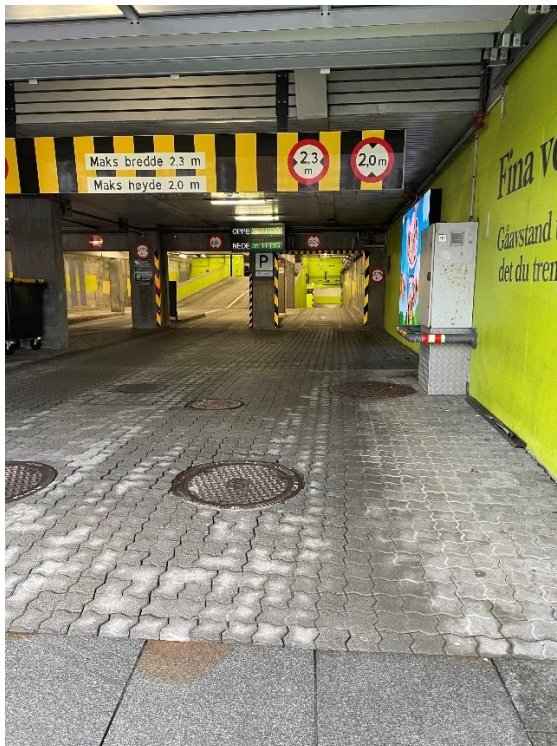
3.3 Innmålinger høyde første etasje Vågen

For å kunne gi en nøyaktig oversvømmelsesrisiko og skadepotensial for stormflo og havnivåstigning i Vågen har COWI målt inn høyder på første etasjer av de bygningene rundt Vågen. Det ble brukt en RTK GPS med nøyaktighet på noen cm. Figur 3-5 viser alle innmålte punkt og høyder fra første etasjer av de bygninger rundt Vågen. Se Vedlegg B for rådata av innmålingene.



Figur 3-5: GPS innmålinger av første etasje (gule punkt) og definisjon av høyde bygninger. Hvor det ikke ble tatt en GPS-innmåling ble høydedata brukt som høyde for bygninger.

Under befaringen ble det også lagt merke til tilfluktsrom, parkergarasjer og strømanlegg som ligger utsatt for fremtidig havnivåstigning og stormflo (Figur 3-6).

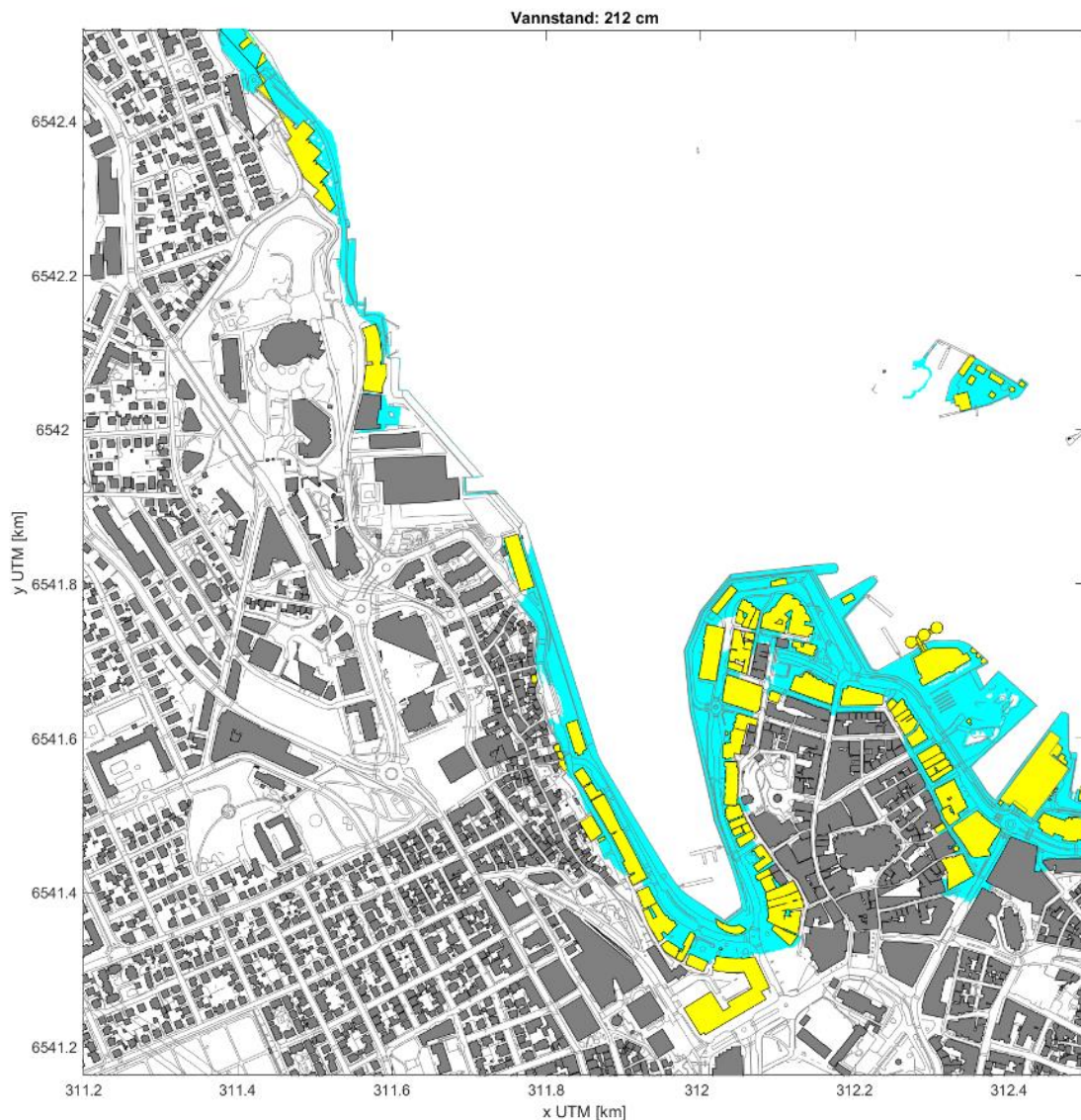


Figur 3-6: Øvrig utsatt infrastruktur: Øvre venstre: Tilfluktsrom Nedre Strandgate. Øvre høyre: Strømanlegg Strandkaen. Nedre venstre: Tilfluktsrom/parkeringsgarasje Valberget. Nedre høyre: Parkeringsgarasje Strandkaen.

3.4 Oversvømmelsesanalyse Vågen Stavanger

Formålet med oppdraget er å utvikle løsninger som sikrer Vågen mot en 200-års stormflo i år 2100. For havnivåstigning legges det til grunn en økning på 85 cm, basert på anbefalt scenario SSP 3-7.0 med et usikkerhetsintervall på 83 % (Tabell 3-2). Dette gir et 200-års stormflonivå på 212 cm NN2000 i 2100 (Tabell 2-1).

Ved å sammenligne dette med nivåene på første etasje i byggene i Vågen (kapittel 3.3), kan vi identifisere hvilke bygninger som vil bli oversvømt dersom det ikke iverksettes tiltak ved denne vannstanden (Figur 3-7). Figuren viser også hvilke områder som vil oversvømmes ved dette nivået. Vedlegg C inneholder oversiktskart over oversvømmelsen for vannstander fra 70 cm til 240 cm NN2000.



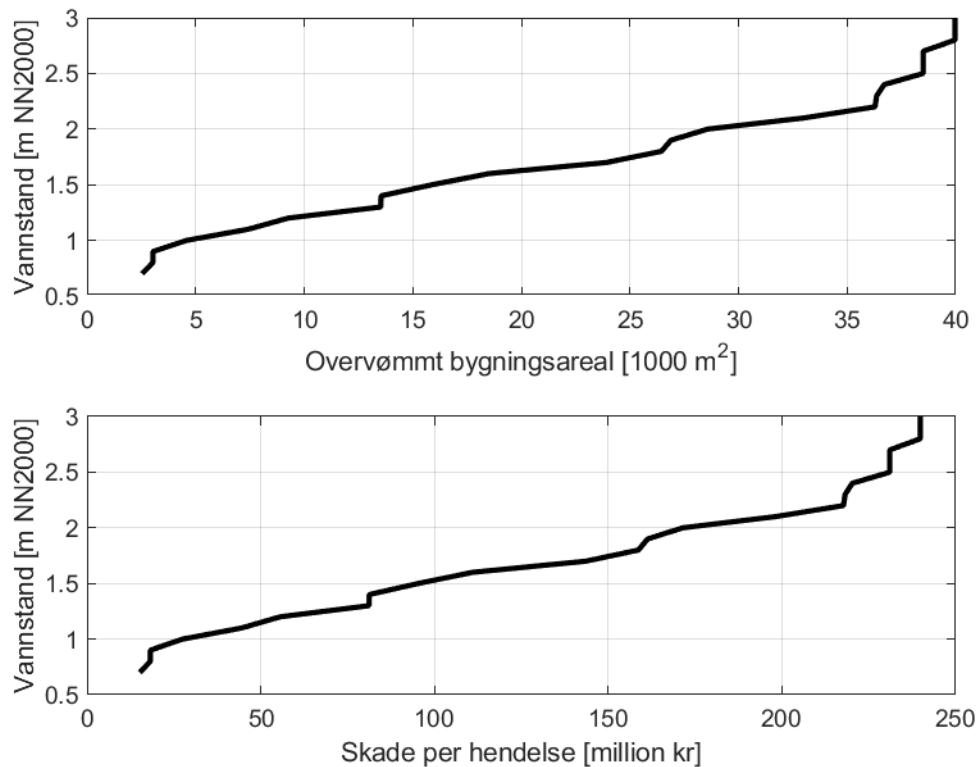
Figur 3-7: Oversvømt område og bygninger rundt Vågen ved en vannstand på 212 cm NN2000, som tilsvarer en 200-års stormflo nivå i 2100 ved klimautslippsscenario SSP 3-7.0, øvre 83% usikkerhetsintervall.

I oversvømmelseskartene (Vedlegg C) kan man beregne bygningsarealet som blir oversvømt (gule områder i Figur 3-7). Dette synliggjøres i den øvre figuren i Figur 3-8, som viser bygningsarealets økning ved ulike vannstander. Resultatene viser at oversvømt bygningsareal øker relativt jevnt opp til en vannstand på cirka 2,2 meter, mens høyere vannstander gir relativt liten ekstra oversvømmelse av bygninger.

I denne rapporten benyttes en gjennomsnittlig skadekostnad på 6000 kr/m², basert på historiske skadetall fra Bodil-stormfloen (2013) i Danmark. Det samme skadetallet er brukt i tiltaksrapporten for havnivåstigning i Bergen (COWI, 2024). I kapittel 5 blir dette mer utarbeidet.

På bakgrunn av dette beregnes skadeomfanget for stormflo ved ulike vannstander, som vist i den nedre figuren i Figur 3-8.

Disse skadekostnadene inngår videre i nytte-kostnadsanalysen i de påfølgende kapitlene.

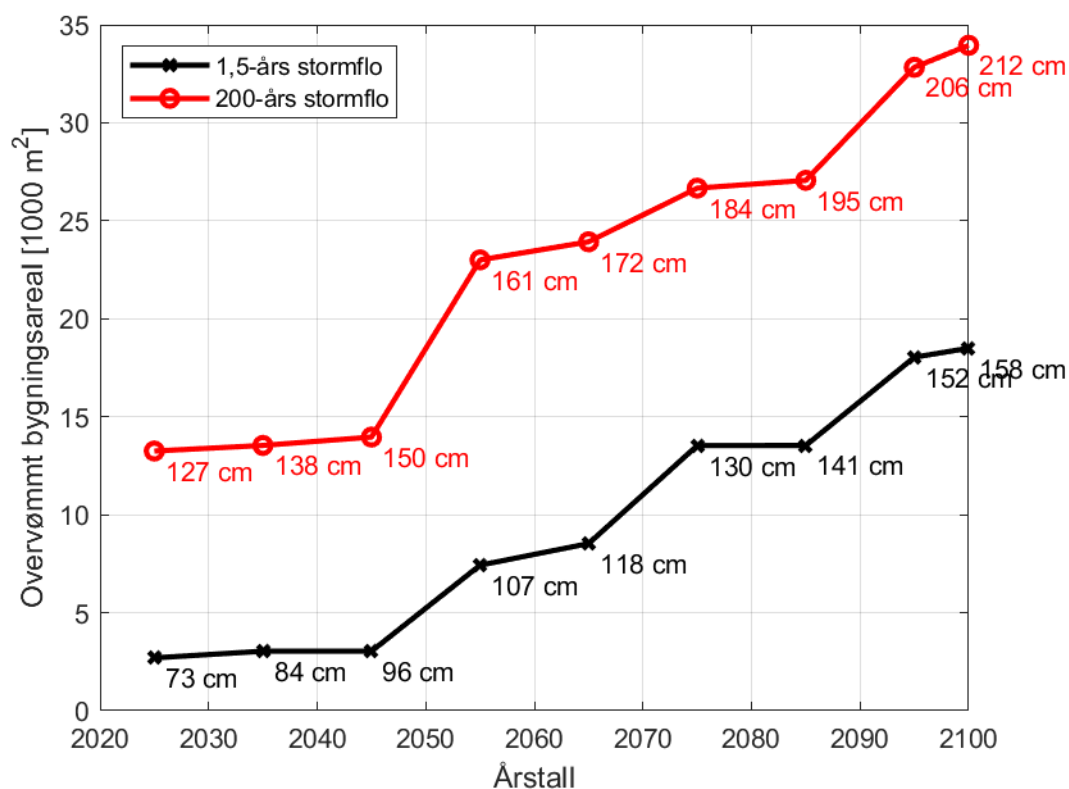


Figur 3-8: Øvre figur: Oversvømt bygningsareal ved forskjellige havnivå, basert på oversvømmelseskarter (vedlegg C).
Nedre figur: Skade per oversvømmelseshendelse (oversvømt bygningsareal x 6000 kr/m²)

Med utgangspunkt i utslippsscenario SSP 3-7.0 og det øvre 83 % usikkerhetsintervallet, kan man beregne oversvømt bygningsareal over tid i Vågen ved ulike returperioder. Figur 3-9 viser utviklingen i oversvømt bygningsareal for en 200-års stormflo og en 1,5-års stormflo.

På grunn av havnivåstigning øker det oversvømte bygningsarealet over tid for begge returnivåer. I starten er bygningsarealet som oversvømmes ved en 200-års stormflo betydelig større enn ved en 1,5-års stormflo, men dette forholdet endres med tiden. I år 2100 utgjør bygningsarealet som oversvømmes allerede ved en 1,5-års stormflo mer enn 50 % av arealet oversvømt ved en 200-års stormflo.

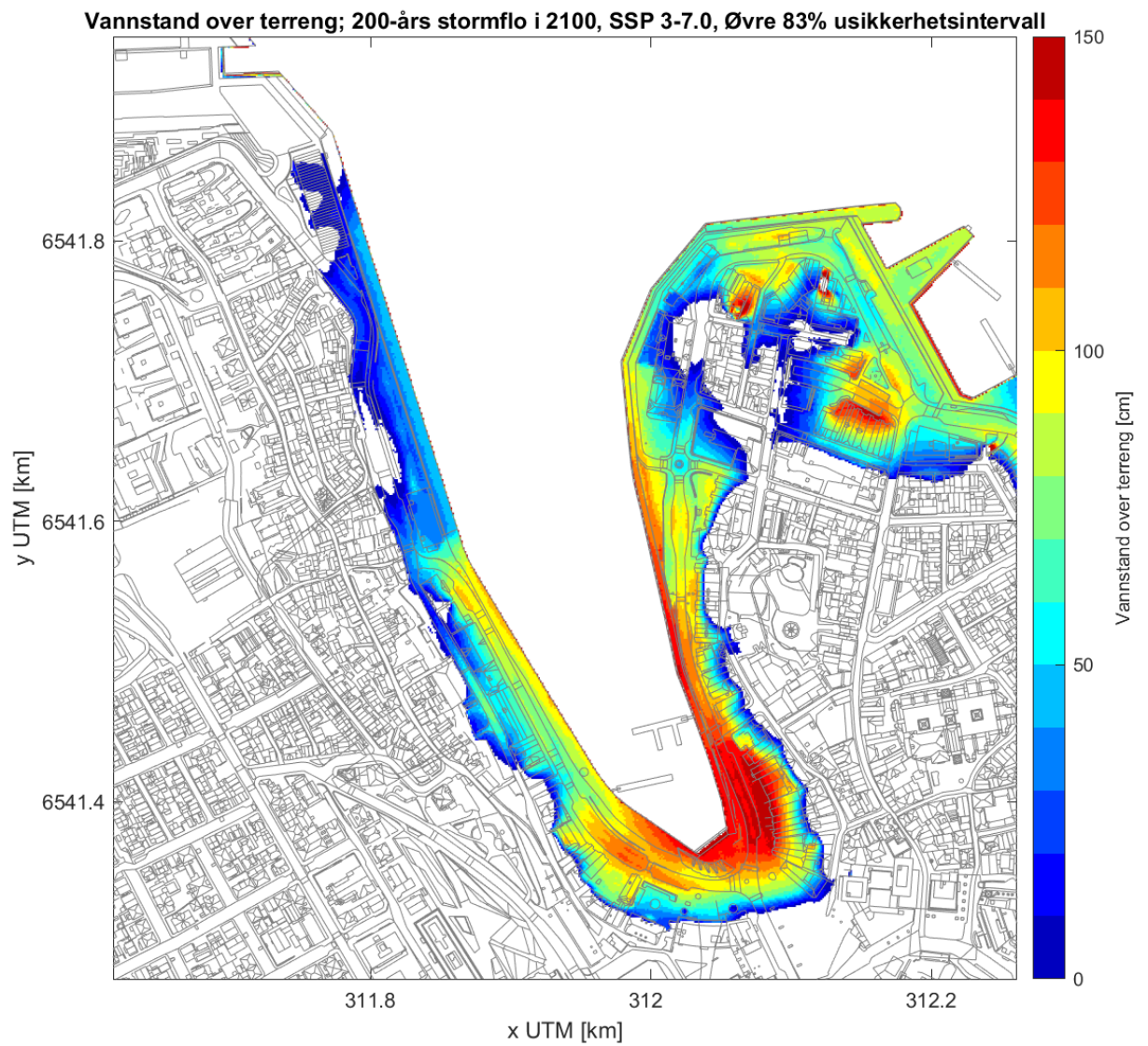
Dette betyr at mange bygninger vil bli utsatt for hyppig oversvømmelse i fremtiden, og det er derfor et klart behov for flomsikring langs Vågen.



Figur 3-9: Oversvømmet bygningsareal over tid. Rød linje indikerer 1,5-års stormflo og svart linje indikerer 200-års stormflo. Klimautslippsscenario SSP 3-7.0 med 83% utfallsscenario. Vannstander indikert med tall.

Figur 3-10 viser vanndybden over terrenget ved en 200-års stormflo med en vannstand på 212 cm i år 2100 uten tiltak. I området rundt sørlige Vågen og Skagenkaien er vanndybden over én meter, og kan nå opptil 1,5 meter foran de mest utsatte bygningene (rødt område). Flere andre steder har vannstanden en dybde på opptil én meter (gult område). I den nordlige delen av Strandkaien er vannstanden rundt 50 cm.

Kartet illustrerer dermed også hvor høyt eventuelle flomvern må bygges langs kaien for å beskytte Vågen mot havnivåstigning og stormflo, slik at ønsket beskyttelsesnivå oppnås.



Figur 3-10: Vanndybde over eksisterende terrenghøyde ved en vannstand på 212 cm NN2000, som tilsvarer en 200-års stormflo nivå i 2100 ved klimautslippsscenario SSP 3-7.0, øvre 83% usikkerhetsintervall.

4 Bakgrunn og metode for nytte-kostnadsanalyse

For å vurdere hvilke tiltak som best kan redusere konsekvensene av havnivåstigning og stormflo på bygninger fra et samfunnsøkonomisk perspektiv, vil vi anvende metodikk fra veilederen til utredningsinstruksen (DFØ, 2023), veilederen for samfunnsøkonomiske analyser (DFØ, 2023), Finansdepartementets rundskriv for prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser (Finansdepartementet, 2021) og DAPP-metodikk.

I henhold til veilederen til utredningsinstruksen skal en problembeskrivelse inkludere både eksisterende problemer og forventet fremtidig utvikling, kjent som nullalternativet. Dette vil være sammenligningsgrunnlaget for å vurdere effektene av de foreslåtte tiltakene (DFØ, 2023). Det er viktig å legge til grunn vedtatt politikk (regelverk, lover og retningslinjer) ved utforming av nullalternativet; planer som ikke er vedtatt, vil derfor ikke bli vurdert. Målet er å identifisere de mest samfunnsøkonomisk lønnsomme tiltakene for å beskytte Stavanger mot konsekvensene av havnivåstigning og stormflo.

I modellen for den samfunnsøkonomiske analysen skiller vi ikke mellom stormflo og generell havnivåstigning; vi vurderer sannsynligheten for at et spesifikt havnivå inntreffer, samt den økonomiske skaden forbundet med dette havnivået. Dette er fordi det som i 2025 kan bli ansett som en stormflohendelse, kan være det generelle havnivået i 2100.

4.1 Metode for prissatte konsekvenser

I nytte-kostnadsanalysen valger man å forsøke å tallfeste skadene på bygninger som følge av stormflohendelser. Vi velger å fokusere på bygninger, da dette er erfaringsmessig fra Danmark er gir den største kostnaden ved havnivåstigning og stormflo. (COWI, Opdateret overslag for sikring af København mod stormflod, 2017). Vi multipliserer denne kostnaden med sannsynligheten for at visse vannstander inntreffer, noe som gir oss den samlede økonomiske risikoen.



Figur 4-1 Illustrasjon av beregning av nullalternativet

Nullalternativet vil her være kostnaden om vi ikke innfører tiltak på bygg som følge av havnivåstigning og stormflo. Det vil også være en rekke andre materielle og immaterielle verdier som blir påvirket. Disse vil bli drøftet i kapittel om nullalternativet (Kapittel 5).

4.1.1 Beregne sannsynlighet for et gitt havnivå

Vi har utviklet en modell som beregner sannsynligheten for et spesifikt havnivå for hvert år fra 2025 til 2100. Stortingsmeldingen "Klima i endring" (Meld. St. 26, 2022-2023) understreker betydningen av å bruke et føre-var-prinsipp i arbeidet med klimatilpasning (Klima- og miljødepartementet, 2023). Det nye føre-var-grunnlaget fra DSBs veileder, utgitt i juni 2024, baserer seg på SSP3-7.0 med 83-persentilen som sannsynlig utfall (DSB, 2024).

Vi har vurdert hendelser med en frekvens fra 1 til 1000 år, i samsvar med det korresponderende havnivået. Datagrunnlaget er hentet fra Kartverket. For eksempel vil en 200-års hendelse ha en sannsynlighet på 1 av 200. De ulike klimascenariene fra SSP1-1.9 til SSP5-8.5 påvirker disse hendelsene, og havnivået stiger proporsjonalt med økningen i gjennomsnittstemperaturen. Ved å kombinere dette, beregner vi sannsynligheten for at Stavanger opplever et spesifikt havnivå, gitt et bestemt klimascenario.

Vi har gjort beregninger for intervaller på 10 cm. For hvert intervall er sannsynligheten for at en vannstand inntreffer blitt beregnet. Skadekostnadene blir også beregnet for hvert intervall. Dette gjør at vi kan fastslå den totale økonomiske risikoen.

Det stigende havnivået innebærer at visse områder etter hvert vil oppleve hyppige oversvømmelser, slik at noen bygninger kan bli oversvømt ved hver tidevannet. I vår modell er sannsynligheten for høye havnivåer så stor at vi mot slutten av analyseperioden kan forvente slike hendelser flere ganger årlig, og til og med flere ganger daglig. Dette representerer en svakhet i modellen. I virkeligheten vil bygningene som utsettes for slike hendelser flere ganger i året enten kunne tåle vanninntrengningen som oppstår ved stormflo, eller de vil ikke bli reparert. Det er lite realistisk å forvente at vi bruker ressurser på å reparere bygninger gjentatte ganger i løpet av et år. Hyppige oversvømmelser vil sannsynligvis gjøre det uattraktivt å bo eller drive næringsvirksomhet i disse områdene.

For å bedre reflektere virkeligheten i modellen, må vi innføre en begrensning for å hindre at risikovurderingen blir urealistisk høy. Dersom en bygning blir oversvømt og påføres skade mer enn annethvert år vil den økonomiske risikoen bli redusert. På denne måten tar vi hensyn til at bygninger kan tåle vanninntrengning uten å bli skadet, og at kostnadene knyttet til reparasjoner vil bli mer utfordrende når oversvømmelsene oppstår hyppigere. Vi har valgt annethvert år som en begrensning, da vi antar at det vil ta tid å reparere skader på bygningen, og dersom en ny hendelse inntreffer rett etter restaureringen, vil det trolig ikke bli aktuelt å foreta ytterligere reparasjoner. Valget av tiden mellom begrensningene og dens innvirkning på modellen blir drøftet i 5.5 om usikkerhet. Det finnes flere måter å håndtere denne problemstillingen på i modellen, og dette diskuteres nærmere i vedlegg D.

4.1.2 Skadekostnad på bygg

Det vil ved stormflohendelser være ulik grad av vanninntrengning i bygninger, som avhenger av høyde av bygningen og vannstand. Det er i hovedsak første etasje og eventuelle kjellere som vil bli berørt. Som grunnlag for beregning av skadepotensialet er det gjort en simulering som beregner hvor store arealer som vil bli berørt ved ulike vannstander. Vi har hentet grunnlaget for kostnadene ved stormflo fra stormen Bodil i 2013 i Danmark (Stormrådet, 2017). Der ble det registrert skader på totalt 2195 bygninger, med en samlet bygningsskade på 803 millioner danske kroner og en løssøreskade på 95 millioner danske kroner i ny verdi. Med en gjennomsnittlig bygningssstørrelse på 125 m² tilsvarer dette en skade på 3275 DKK/m² i 2014-kroner. Indeksjustert (Byggeprisindeks: 33%) til 2024 tilsvarer dette: 4 350 millioner danske kroner i 2024-kroner eller ca. 6 600 norske kroner. På grunn av usikkerhet og ulikheter i grunnlaget er det anslått en kostnad på 6 000 NOK/m² etter stormflohendelsen i denne rapporten. Som en forutsetning for beregningen er det tatt utgangspunkt i at hele bygningsarealet blir skadet, selv om det er bare en del av bygningen som blir oversvømt.

Historisk skadetall fra NASK er drøftet i kapittel 2.6. Basert på denne analysen er det estimert at gjennomsnittlig erstatning per skade beløper seg til rundt 61.000 kroner.

4.1.3 Skadekostnad næringsbygg

Det er ulikt om man skiller mellom skadekostnaden for boliger og næringsbygg. For eksempel har NVE i sitt nytte-kostnadsverktøy skilt mellom forretningsbygg, kontorbygg, hotell, serveringssted og boliger. Det er gjerne ulik eier av bygningen og de som driver næringsvirksomheten, og det er ulik type næringsvirksomhet i Vågen. Vi har derfor valgt å sette skadekostnaden lik som for private boliger på 6000 kroner per kvadrat og heller se på et høyt og lavt estimat i usikkerhetsvurderingen. Dette er vist i kapittel 5.5.4.

Om næringen som driver i bygninger over tid går konkurs eller velger å legge ned virksomheten på grunn av gjentatte oversvømmelser er dette en form for fordelingseffekt. Gitt at det er etterspørsel etter det næringen selger, som for eksempel en restaurant vil det trolig tilpasses ved at det kommer restauranter i andre deler av byen.

4.1.4 Samlet økonomisk risiko for nullalternativet

Den samlede økonomiske risikoen er beregnet ved å estimere sannsynligheten for at ulike havnivåer inntreffer i et gitt år. Dette er gjort for havnivåer med intervaller på 10 centimeter, fra 70 cm opp til 270 cm. For hvert havnivå har vi vurdert hvor mye bygningsmasse vil bli oversvømmet, og deretter multiplisert dette arealet med en skadekostnad på 6000 kroner per kvadratmeter. Resultatet gir den totale økonomiske risikoen knyttet til havnivåstigning. Beregningsmetoden følger anbefalingene i Finansdepartementets rundskriv om samfunnsøkonomiske analyser (Finansdepartementet, 2021).

4.1.5 Vurdere tiltakene

I nullalternativet vurderer vi konsekvensene av å ikke iverksette tiltak, noe som gir oss den potensielle nytten vi kan oppnå for Vågen. For å si noe om tiltak er samfunnsøkonomisk lønnsomt må vi også se på kostnaden og effekten av tiltaket opp mot nytten som vi finner i nullalternativet. Vi beregner nåverdien av kostnadene i samsvar med Finansdepartementets anbefalinger (Finansdepartementet, 2021). Deretter fastslår vi netto nytten for hvert enkelt tiltak. For å vurdere om et tiltak er samfunnsøkonomisk lønnsomt, ser vi på de prissatte konsekvensene sammen med rangeringen av de ikke-prissatte konsekvensene. Vi benytter nåverdimetoden, som innebærer at fremtidige kostnader og nytteeffekter omregnes til verdien i 2025-kroner. Dette muliggjør en direkte sammenligning av ulike alternativer og tiltak på tvers av hele analyseperioden. Prosessen omtales som diskontering. Analyseperioden er satt til 75 år. Alle kostnader er oppgitt eksklusiv merverdiavgift.

4.2 Ikke-prissatte konsekvenser

I nullalternativet vil det også være påvirkninger som ikke lar seg verdsette i kroner; disse omtales som de ikke-prissatte konsekvensene. Vi benytter verdimatrisen fra veilederen til DFØ i samfunnsøkonomiske analyser (DFØ, 2023) Den samfunnsøkonomiske verdien av de ikke-prissatte virkningene bestemmes av kvantum og enhetsverdi. Dette innebærer å vurdere hvor mange som blir berørt, i hvilken grad de blir berørt, samt enhetsverdien. Enhetsverdien baserer seg på de samme prinsippene som gjelder for prissatte virkninger, betalingsvillighetsprinsippet. Det vil si at et gode er verdt det befolkningen er villig til å betale for å oppnå eller unngå virkningen. Med enhetsverdi refererer vi til hvordan virkningen påvirker befolkningens velferd, selv om dette i denne sammenhengen ikke lar seg måle i kroner (DFØ, 2023).

I vurderingene av konsekvensene benytter vi utslippsscenarioet SSP3-7.0 med 83-persentilen tilpasset Stavanger sine gjentakintervaller som sannsynlig utfall i år 2100. For en 200-års stormflo betyr dette en vannstand på 212 cm.

Tabell 4-1 Metode for ikke-prissatte konsekvenser hentet fra DFØ

Enhetsverdi Kvantum	Liten	Middels	Høy
Stort negativt	Middels negativ	Stor negativ	Meget stor negativ
Middels negativt	Liten negativ	Middels negativ	Stor negativ
Lite negativt	Ubetydelig/ingen	Liten negativ	Middels negativ
Verken positivt eller negativt	Ubetydelig/ingen	Ubetydelig/ingen	Ubetydelig/ingen
Lite positivt	Ubetydelig/ingen	Liten positiv	Middels positiv
Middels positivt	Liten positiv	Middels positiv	Stor positiv
Stort positivt	Middels positiv	Stor positiv	Meget stor positiv

4.2.1 Beskrivelse av de ulike virkningene

Det er identifisert flere ulike virkninger for Vågen både om vi ikke innfører tiltak, og når vi innfører tiltak som vi vil behandle som ikke-prissatte virkninger. De identifiserte virkningene er:

- Anleggsgjennomføring
- Kulturarv
- Skade på veinett
- Forsinkelser
- Beredskapsutfordringer
- Landskapsbilde
- Friluftsliv / by- og bygdeliv
- Maritim tilgang
- Vannutskiftning/kvalitet

I dette kapittelet vil vi gjennomgå hvilke definisjoner, omfang og begrensinger vi mener med de ulike kategoriene og hvordan vi har vurdert det ut fra kvantum og enhetsverdi.

Anleggsgjennomføring er en midlertidig virkning som vil ha et tidsbegrenset omfang, men som vil kunne gi negative konsekvenser som for eksempel støy og tilgjengelighet.

Kulturmiljø vil vi bruke samme definisjon som er brukt i Håndbok V712 Konsekvensanalyser (Statens vegvesen, 2021). Der er kulturmiljø definert som materielle og immaterielle spor etter menneskelig virksomhet. Kulturmiljø innebærer kulturminner, kulturmiljøet og kulturhistoriske landskap inklusive bylandskapet. Kulturminner er definert som alle spor etter menneskelig virksomhet i vårt fysiske miljø, herunder lokaliteter det knytter seg historiske hendelser, tro eller tradisjon til. Det inkluderer også kulturminner under grunnen. Kulturmiljø er definert som et område der kulturminner inngår som en del av en større helhet eller sammenheng. Kulturhistoriske landskap skal i denne sammenhengen forstås som større sammenhengende områder med kulturmiljøer, der den kulturhistoriske dimensjonen er framtrædende. (Statens vegvesen, 2021). For virkningen på kulturarv vurderes både antall bygninger og område og antall personer som benytter seg av disse bygningene og områdene som kvantum. Enhetsverdien baseres på en kvalitativ vurdering av betalingsvilligheten i befolkningen.

Når det gjelder vurderingen av påvirkning på veinettet, tar vi hensyn til lengden og bredden av veiene som kvantum, samt en kvalitativ vurdering av veienes kurvatur.

I vurderingen av konsekvenser for trafikanter delt inn i ulike trafikantgrupper og deretter sett på ÅDT (årsdøgntrafikk) som kvantum. ÅDT representerer den gjennomsnittlige årlige trafikkmengden

gjennom et punkt på en veistrekning. Vi har også tatt hensyn til om det finnes viktige transportknutepunkter med høy aktivitet fra både kollektivtransport og fotgjengere, samt hvordan andelen godstrafikk påvirkes. I vurderingen av enhetsverdien har vi også sett på muligheten for omkjøringsveier.

I vurderingen av beredskap har vi delt inn i beredskapskjøretøy og annen beredskap. Beredskapskjøretøy er konsekvensene for politi, ambulanse, brann og redningstjeneste i de ulike områdene vurdert. Dette inkluderer en total vurdering av hvilke hovedveier som blir berørt, spesielt med tanke på veier som ligger under vann. Beredskap for øvrig er det sett på annen kritisk infrastruktur og beredskapsbygninger.

Landskapsbilde vil vi bruke samme definisjon som er brukt i Håndbok V712 Konsekvensanalyser (Statens vegvesen, 2021). Landskapsbilde handler om landskapets romlige og visuelle egenskaper og hvordan landskapet oppleves som fysisk form. Landskapsbilde omfatter alle omgivelsene, fra det tette bylandskap til det uberørte naturlandskap. Byform og arkitektur som bygninger, plasser, parker, gater og annen bystruktur vil være viktig i vurderingen, samt horisontallinjer ut mot sjøen. Det blir vurdert med tanke på de permanente endringene tiltakene medfører og potensialet for landskapselementer som kan utvikles som en del av tiltaket.

Friluftsliv / by- og bygdeliv vil vi bruke samme definisjon som er brukt i Håndbok V712 Konsekvensanalyser (Statens vegvesen, 2021). Temaet omfatter alle områder som har betydning for allmennhetens mulighet til å drive friluftsliv som helsefremmende og trivselsskapende aktivitet i nærmiljøet og i naturen ellers. Begrepene by- og bygdeliv understreker at friluftsliv i byer og tettsteder er inkludert i analysen. (Statens vegvesen, 2021) For eksempel vil sammenhengende forbindelseslinjer som brukes av gående og syklende være viktig her og tilgjengelighet til urbane uteområder og områder langs kysten.

Maritim tilgang vil bli vurdert ut fra om tiltaket begrenser delvis eller permanent ferdsel på vannet. Vannutskifting/kvalitet vil vurdere hvordan tiltaket vil virke inn på vannutskifting og kvalitet på vannet.

Vurderingene av de ikke-prissatte virkningene er overordnet da målet med rapporten er å se på hvilke muligheter som vil gi beskyttelse mot oversvømmelse. I det videre arbeidet bør de ikke-prissatte konsekvensene bli utredet mer detaljert.

4.3 Oppsummering av viktige forutsetninger

Tabell 4-2 oppsummerer de viktigste forutsetningene for fastsetting av nullalternativet for de prissatte konsekvensene.

Tabell 4-2: Viktige forutsetninger for fastsetting av nullalternativet for de prissatte konsekvensene

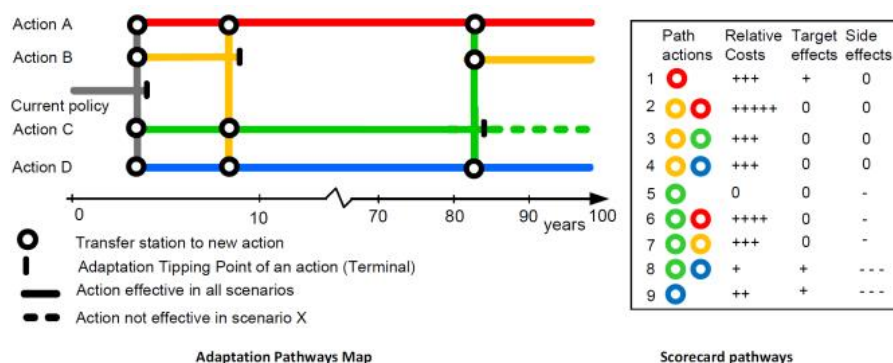
Parameter	Verdisetting
Analyseperiode	2025-2100 (75år)
Kalkulasjonsrente	0-40 år: 4,0 % 40-75 år: 3,0 % Etter 75 år: 2,0 %
Prisnivå	2024
Gjentaksintervall	Stavanger kommune sine egne beregninger.
Scenario	SSP3-7.0 med 83-persentilen som sannsynlig utfall.
Hva er prissatt	Bygninger
Begrensing av havnivå som fører til sannsynlighet for skade.	Annethvert år
Mva	Ikke inkludert

4.4 Metodikk for etappevis gjennomføring – DAPP

COWI har, gjennom et omfattende arbeid på flere prosjekter, mye erfaring med konseptet "Dynamic Adaptive Policy Pathways" (DAPP) som et verktøy for analyse av klimatilpasning, med særlig fokus på beskyttelse mot havnivåstigning. Dette konseptet adresserer de komplekse utfordringene relatert til havnivåstigning, identifiserer muligheter for tiltak, samt åpner for teknisk og økonomisk optimalisering av ulike løsninger. I en tid der beslutningstaking ofte skjer under forhold preget av usikkerhet, er det avgjørende å kunne tilpasse seg kontinuerlig til framtidige klimaendringer.

DAPP representerer en systematisk tilnærming for å identifisere og utvikle adaptive løsninger i etappevis prosesser. Gjennom en grundig analyse av situasjonen og problemstillingen knyttet til havnivåstigning, kartlegges og spesifiseres relevante tiltak som kan iverksettes både nå og i en nærliggende fremtid. Denne metoden gir en helhetlig forståelse av hvilken innvirkning dagens valg kan ha på framtidige beslutninger, samt skisserer hvilke løsninger som har potensial for tilpasning over tid.

Metoden tar høyde for såkalte "tipping points", som er kritiske øyeblikk der det kan være nødvendig å justere strategi og skifte fra enkle tiltak til mer omfattende løsninger, som for eksempel bygging av en ekstern sluse. DAPP fremmer dermed en etappevis implementering av tiltak, der planlegging og handling er gradvis tilpasset de utfordringer som kan oppstå som følge av klimaendringer. Metoden er dokumentert i en rapport fra det danske Kystdirektoratet, med tittelen "Undersøgelse af metoden 'Dynamisk planlægning til risikostyring og klimatilpasning' i en dansk kommunal kontekst".



Figur 4-2: Skjematisk eksempel på DAPP kart.

I dette prosjektet supplerer vi den samfunnsøkonomiske vurderingen med en DAPP-analyse som spesifikt retter fokus mot behovet for sikringstiltak. DAPP-metoden legger til rette for en langsiktig tilnærming som strekker seg frem til en havnivåstigning på 100 cm. Gjennom denne metoden kan vi identifisere hvilke tiltak som effektivt kan kombineres med allerede implementerte løsninger, og den gir samtidig en dypere forståelse av de utfordringene som beslutningstakere har fra nå til 2100.

Videre gir DAPP-analysen innsikt i alternative løsninger dersom havnivåstigningen skjer raskere enn forventet, noe som gjør den til et nyttig redskap for å utvikle fleksible og tilpasningsdyktige strategier. Dette bidrar til en helhetlig tilnærming som kan håndtere usikkerheten knyttet til fremtidige klimaendringer.

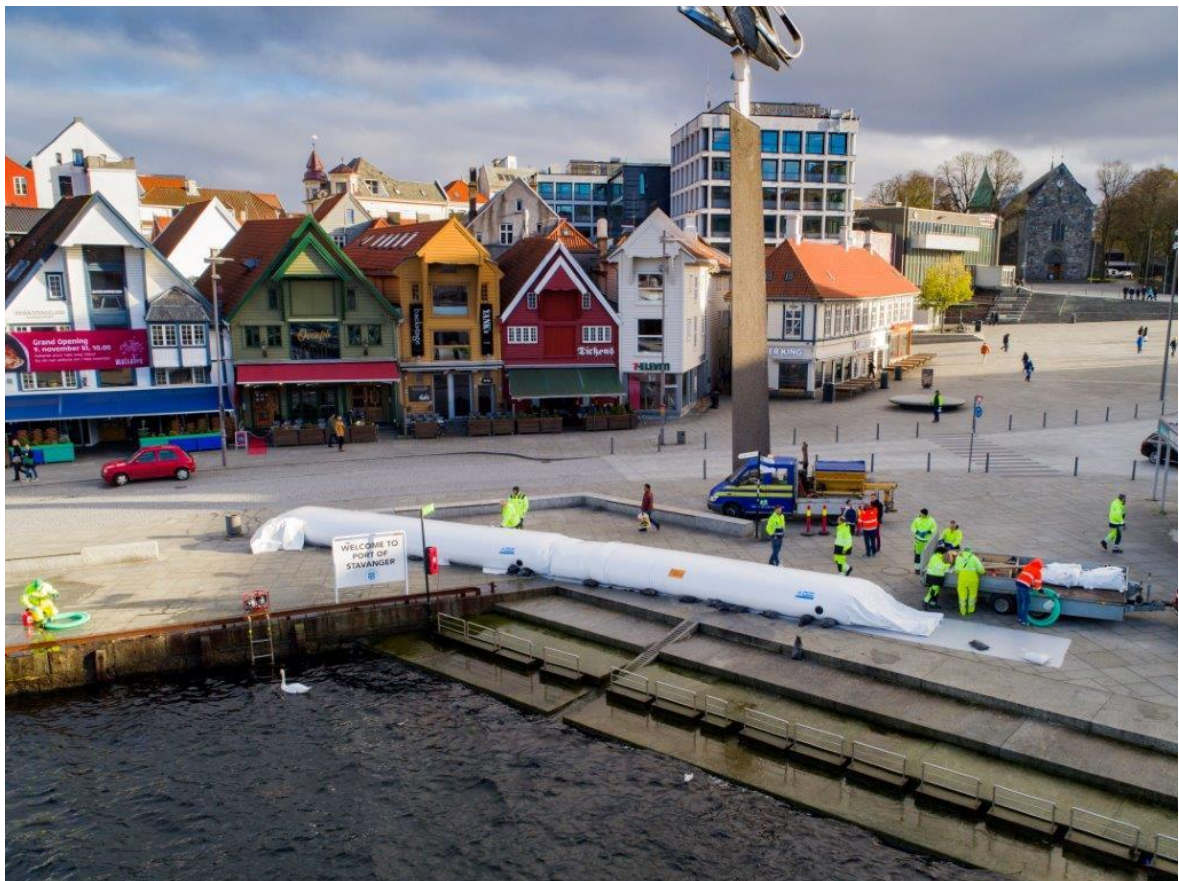
5 Etablere nullalternativet

5.1 Innledningen

Nullalternativet viser fremtidig utvikling uten at det blir gjort nye tiltak for å sikre mot havnivåstigning og stormflo.

I 2017 ble det utført en nytte-kostnadsanalyse for Stavanger kommune av konsekvensen av økt nedbør, havnivåstigning, stormflo, bølge og strømforhold. (COWI, 2017). Rapporten viste at Stavanger kommune kan unngå store skadekostnader ved å være føre vare. Skadekostnadene fra flom fra hav beregnet til ca. 10,91 milliarder kroner for Stavanger kommune. Dette gjelder et større område enn vi ser på i denne rapporten.

I Stavanger er det allerede i dag i bruk et mobilt flomvern, i form av en «flompølse» som blir lagt ut ved hendelser med høye vannstander i Vågen, som vist i Figur 5-1. Dagens flomvern er omtalt i kapittel 2.5



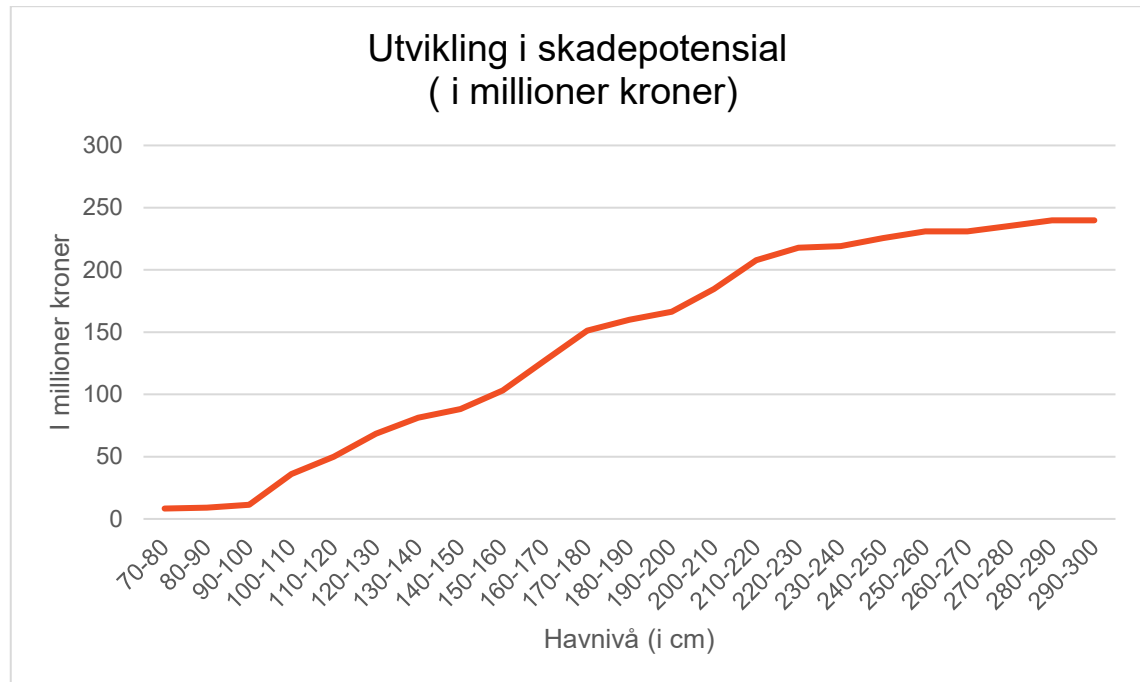
Figur 5-1: Bilde av mobilt flomvern under oppbygging. Kilde: Stavanger kommune

Det er dette området rundt flomvernet som er utsatt for skade ved havnivå under 1 meter. Flomvernet vil bare beskytte mot vannet som kommer over kaikanten. Etter dette vil vannet komme over kaikanten i Skagenkaiaen nord for der det mobile flomvernet er plassert og vannet vil renne inn til bygningene bak det mobile flomvernet. Vi antar det mobile flomvernet har en restlevetid på 8 år. Det er videre antatt at mobile flomvern er 50% effektivt, da det er snakk om vanninntrenging ved høye vannstander (Kapittel 2.5).

Nullalternativet hensyntar altså at området rundt fisketorget har 50 % sikring mot skade de første 8 årene av analyseperioden.

5.2 Prissatte virkninger

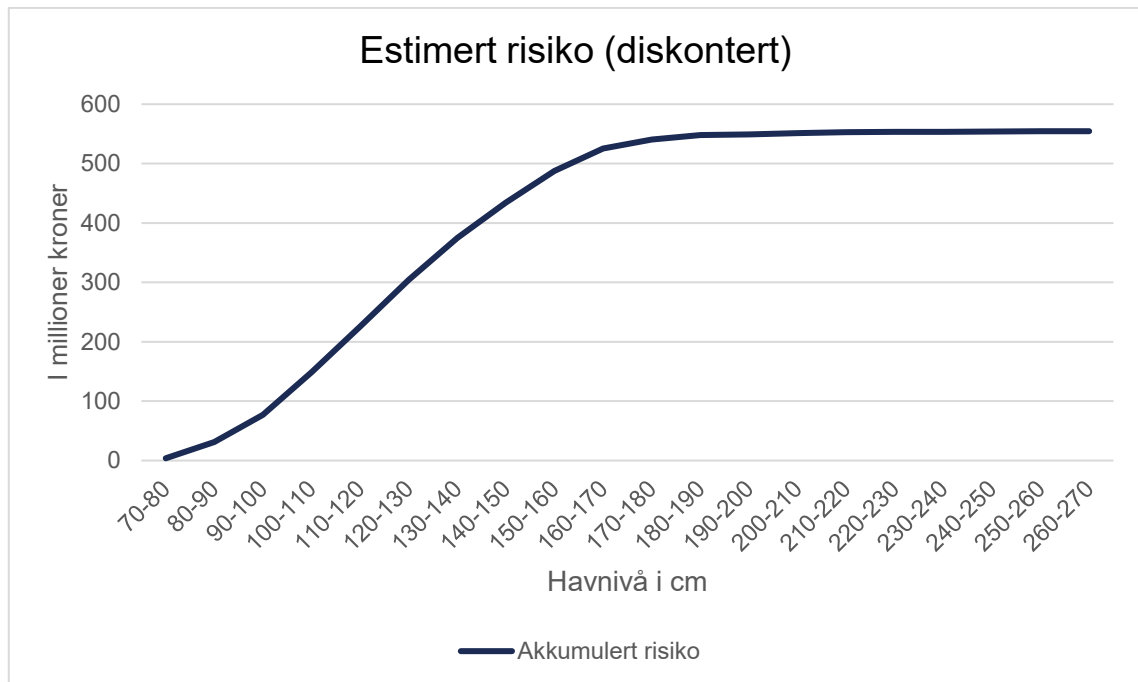
I dette kapittelet presenterer vi nullalternativet for de prissatte virkningene av havnivåstigning i Vågen. Figur 5-2 illustrerer den samlede skadekostnaden for ulike havnivå scenarier, basert på utslippsscenarioet SSP3-7.0 og 83-persentilen som sannsynlig utfall. Figuren viser det totale skadepotensialet ved ulike havnivå. Skadepotensialet er beregnet med dagens tiltak, det vil si det mobile flomvernet som Stavanger kommune bruker i dag.



Figur 5-2: Viser utvikling i skadekostnad for Vågen i Stavanger

Når vi multipliserer skadekostnaden med sannsynligheten for at et gitt havnivå faktisk inntreffer, får vi den økonomiske risikoen. Figur 5-3 presenterer risikoprofilen, og viser hvilke havnivåer som gir de største forventede skadene fram til 2100. Selv om skadekostnaden øker med havnivået, er det de scenariene som forekommer ofte som gir størst totalskade, siden de mest ekstreme hendelsene er svært sjeldne.

Risikoen er beregnet ved å multiplisere sannsynligheten for en spesifikk havnivåstigning med de potensielle skadevirkningene. Figur 5-3 viser akkumulert risiko for hvert havnivå – altså estimert skadekostnad dersom tiltak ikke gjøres. Eksempelvis har et havnivå mellom 70 cm og 150 cm en estimert akkumulert risiko på ca. 400 millioner kroner.



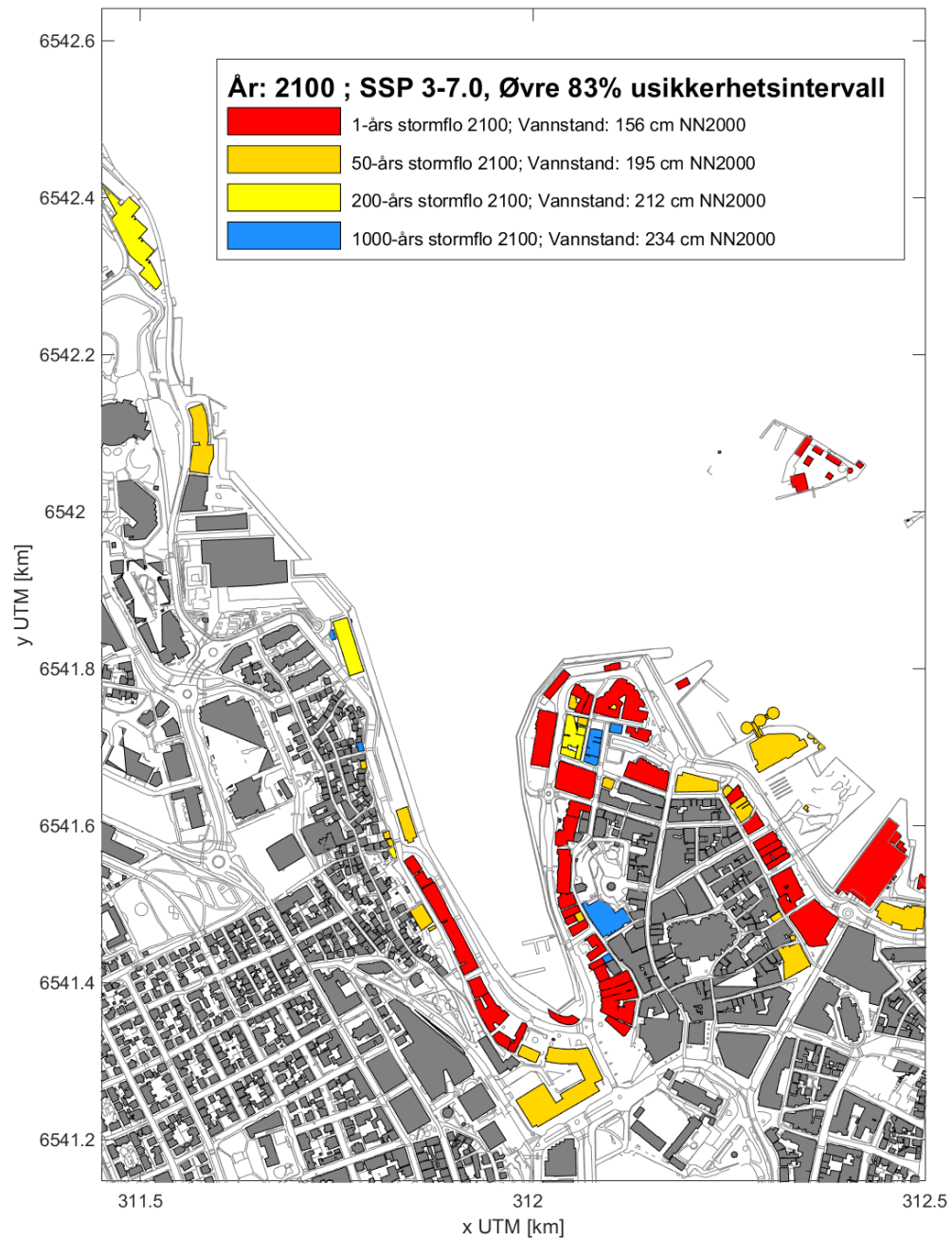
Figur 5-3: Akkumulert risiko frem mot år 2100, i millioner kroner. For utslippsscenario SSP3-7.0 med 83-persentilen som sannsynlig utfall.

Nåverdien for hele perioden:

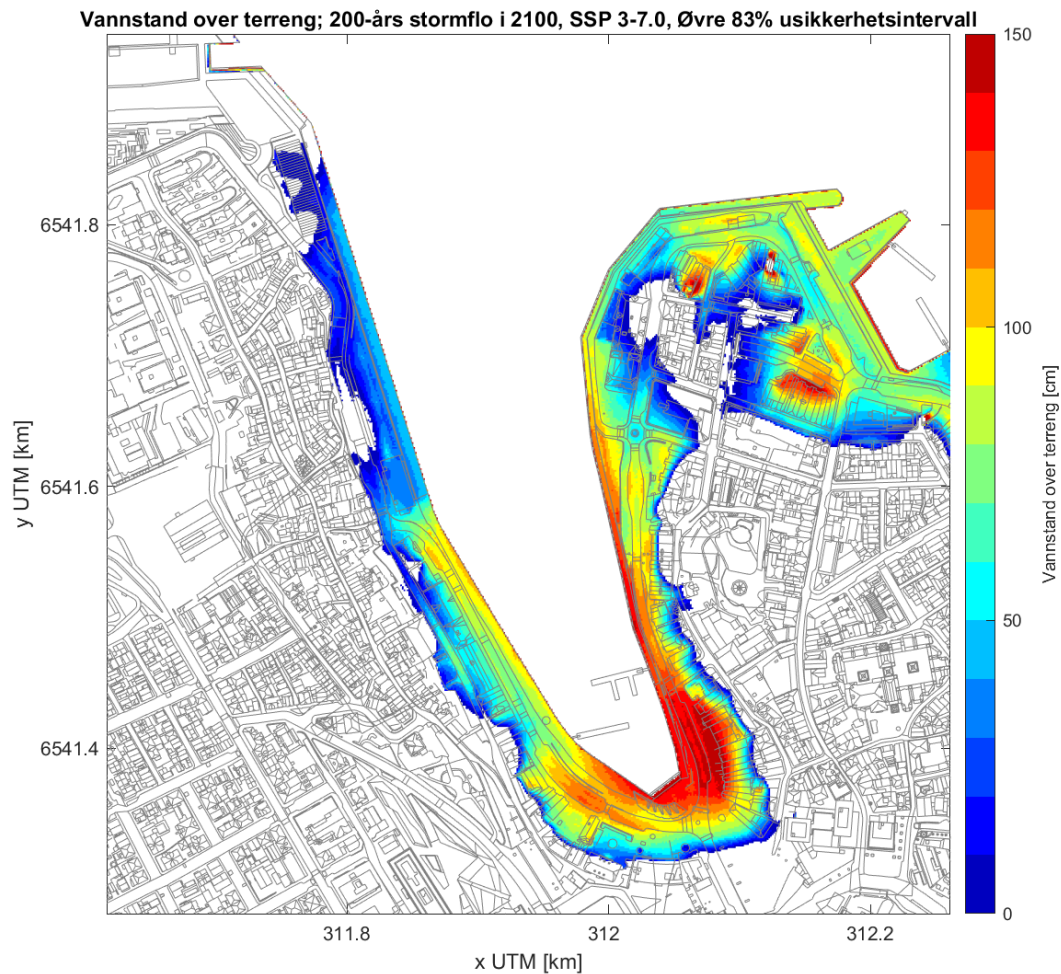
For hele perioden er nåverdien beregnet til å være ca. 554 millioner kroner for scenarioet SSP3-7.0 med 83-persentilen som sannsynlig utfall i årene 2025-2100.

5.3 Ikke-prissatte virkninger

Her drøfter vi de ikke-prissatte virkningene av å videreføre dagens situasjon uten nye tiltak i Vågen. Disse vurderes i henhold til verdisettingsmatrisen fra kapittel 4.2. Det er oversvømte bygninger og vannmengde over terreng i år 2100 som vist i Figur 5-4 og Figur 5-5 som er utgangspunktet for vurderingen av de ikke-prissatte effektene.



Figur 5-4: Oversvømte bygninger i år 2100 i Vågen Stavanger. Kilde: COWI



Figur 5-5: Vann over terreng i år 2100 i Vågen Stavanger. Kilde: COWI

Vurdering av de ikke-prissatte virkningene er overordnet og har høy usikkerhet. Ikke-prissatte virkninger for nullalternativet blir omtalt i Tabell 5-1.

Tabell 5-1: Drøfting av de ikke-prissatte virkningene for nullalternativet

Kategori	Vurdering
Anleggsgjennomføring (midlertidig)	Det er ikke anleggsgjennomføring i nullalternativet
Kulturarv	Vågen er i seg selv et veldig viktig kulturhistorisk landskap i med middelalderbyen Stavanger, sjøhusrekka og flere bygninger med nasjonal verneinteresse. Det er ikke bare de enkelte bygningene som er av interesse, men bygningene sett i sammenheng. Det er et viktig kulturmiljø og det kan svekke identiteten til byen om Vågen blir nærmest permanent oversvømt. Byggenes kulturhistoriske verdi er høy. Skade eller tap vil derfor få betydelige konsekvenser for bymiljøet. ¹
Skade på veinett:	Veinettet i Vågen tåler normalt sett at vannet står på veibanen over kort tid. Utfordringer kan oppstå hvis vann finner nye baner og tar med seg masser, men dette er ikke forventet å i Vågen da

¹ Det er i tillegg flere enkeltregistrerte kulturminner som kan bli påvirket: Stavanger tollsted, konsul Fredrik Hansens hus og den gamle tollbod

	området er relativt flatt. Potensielle skadeomfanget vurderes å bli begrenset.
Forsinkelser:	Stengte eller oversvømte veier kan gi ulike konsekvenser for ulike trafikantergrupper. Tjenestetransport kan oppleve negative konsekvenser da de ikke får levert varene i området som er oversvømt. Det er ingen kollektivruter og det er ikke gode omkjøringsruter for private kjøretøy. Det er mange myke trafikanter i området, og for dem kan konsekvensen for oversvømmelse være større. I sum er det vurdert til å være liten negativ.
Beredskapsutfordringer:	Beredskapsutfordringer omhandler både tilkomst for beredskapskjøretøy og generell beredskap i området som tilfluktsrom og evaluering. Det er i NVE sin veileder for overvann gitt grenseverdi for fremkommelighet og overvann. (NVE, 2022) Overvann med en dybde på 20 cm eller mer regnes som kritisk grense for fremkommelighet for personbiler, for beredskapskjøretøy er det 30 cm. Som illustrert i Figur 5-5 vil store det være veier som vil få vann over 30 cm som medfører at det vil være redusert fremkommelighet for beredskapskjøretøy. Den maritime tilkomsten kan også medføre utfordringer med evakuering. Det er to tilfluktsrom i området, som til sammen har en beregnet kapasitet på 9430 personer. Tilfluktsrom tilhører sikkerhetsklasse 3 og skal bli sikret til 1000 års flom. Det er usikkert om selve tilfluktsrommene blir oversvømt, men minst en av adkomstene blir hindret.
Landskapsbilde:	Vågen vil få en endret landskapskarakter ved at det nesten er permanent oversvømt.
Friluftsliv / by- og bygdeliv	Byrommet ved Vågen vil ikke kunne opprettholde de samme funksjonene i dag som samlingspunkt og tilgang til sjø. Vågen vil trolig oppleves som utilgjengelig ved oversvømmelse.
Maritim tilgang:	Det vil være maritim tilkomst til Vågen og det er vurdert til å ha ubetydelig virkning.
Vannutskiftning/kvalitet:	Det vil ikke være påvirkning på vannutskifting ved oversvømmelse.

Vurderingene er verdsatt basert på verdsettingsmatrisen fra kapittel 4.2.

Tabell 5-2: Tabellen viser verdien av de ikke-prissatte virkningene for nullalternativet.

Hva	Verdi
Anleggsgjennomføring	Ubetydelig/ingen
Kulturarv	Meget stor negativ
Skade på veinett	Ubetydelig
Forsinkelser	Liten negativ
Beredskapsutfordringer	Middels negativ
Landskapsbilde	Stor negativ
Friluftsliv / by- og bygdeliv	Meget stor negativ
Maritim tilgang	Ubetydelig/ingen
Vannutskiftning/kvalitet	Ubetydelig/ingen
Sum	Stor negativ

5.4 Andre effekter

5.4.1 Fordelingsvirkninger

Over tid kan området miste attraktivitet både for bosetting og næringsvirksomhet, noe som kan føre til redusert bolig- og næringsverdi. Selv om dette ikke direkte reflekteres i skadekostnader, har det betydelige konsekvenser for enkeltinnbyggere og næringsliv. Attraktiviteten for å drive næring i Vågen vil sannsynligvis avta i takt med økende frekvensen av oversvømmelser, noe som kan føre til at næringsvirksomheter flytter til andre deler av byen. Dette utgjør en risiko for at Vågen mister sin rolle som en levende bydel preget av restauranter og uteliv. Vågen blir beskrevet som kjernen av Stavanger sentrum, og det kan ha betydning for hele Stavanger sentrum som næringssenter om Vågen blir oversvømt så ofte at det mister dagens funksjon. I tillegg vil økt vannstand redusere tilgjengeligheten for enkelte brukergrupper, da universell utforming kan bli vanskelig eller umulig å opprettholde under slike forhold.

5.4.2 Effekt på grunnvannstand og saltholdighet

Med stigende havnivå vil tidevannssonen forskyves innover land, noe som kan føre til økt saltholdighet i grunnvannet. Dette medfører økt slitasje og behov for hyppigere vedlikehold på infrastruktur og tekniske installasjoner. I Stavanger sentrum, spesielt i områder med gamle kulturlag, kan dette også akselerere nedbrytningen av grunnmasser og derigjennom øke risikoen for setningsskader.

5.4.3 Trygghet

Innbyggernes generelle trygghetsfølelse påvirkes negativt når risikoen for oversvømmelse øker. Selv om dette ikke er kvantifisert i denne analysen, representerer det en vesentlig samfunnsmessig konsekvens som kan påvirke trivsel og opplevelse av sikkerhet i nærmiljøet.

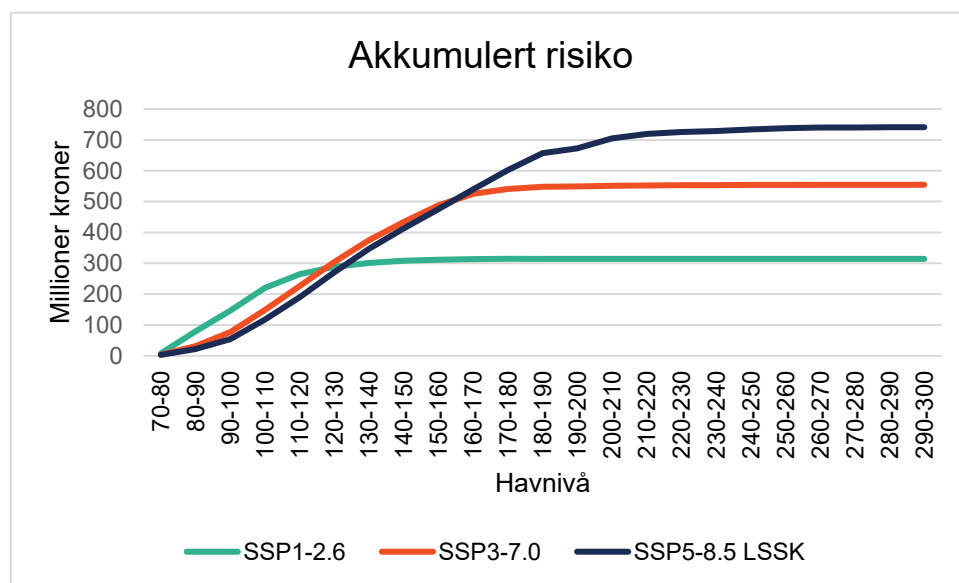
5.5 Usikkerhetsvurdering

Usikkerhetsvurderinger er sentrale i nytte-kostnadsanalyser. I etableringen av nullalternativet er SSP3-7.0 med 83-persentilen valgt som hovedscenario. Det er viktig å belyse hvordan alternative forutsetninger – for eksempel hyppigere eller sjeldnere skader, eller alternative klimascenarier –

vil påvirke den samlede risikoen. Både valg av klimascenario, forutsetninger om hvor ofte oversvømmelsesskader oppstår, og valgt analyseperiode gir variasjon i resultatene.

5.5.1 Havnivåscenarier for Stavanger

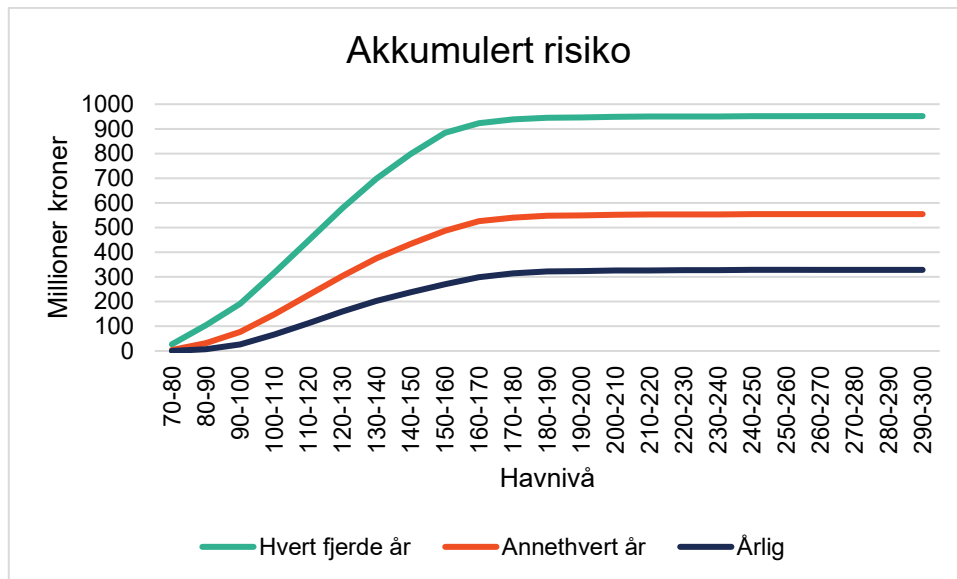
Det finnes flere ulike framskrivingsalternativer for havnivåstigning i Stavanger mot år 2100. Figur 5-6 viser et høyt og et lavt alternativ sammenlignet med SSP 3-7.0. Figuren viser at det er mye høyere risiko for skadekostnader ved det høye alternativet enn de lave. Årsaken at det er det lave klimascenarioet som gir høyest risiko i starten av perioden er fordi vi har en begrensning på annethvert år. For de høye utslippsscenarioene vil vi få oversvømmelser oftere enn annethvert år tidligere enn for det lave scenarioet, og det blir dermed lavere økonomiske risiko for de høye scenarioene i starten. Dette sikrer at vi vektlegger høyere havnivå mer enn lavere havnivå, hvor risikoen for større skade er høyere. En liten konsekvens av dette er at risikoen på lavere havnivåer kanskje underestimeres, samtidig som denne begrensningen er med på å sikre at total risiko ikke overestimeres.



Figur 5-6: Akkumulert risiko for utvalgte klimascenarioer (SSP1-2.6, 50% usikkerhetsintervall, SSP3-7.0, 83% usikkerhetsintervall, SSP5-8.5 Lav Sannsynlig Stor Konsekvens (LSSK), 83% usikkerhetsintervall)

5.5.2 Begrensning på skadehyppighet

Ved å endre begrensning i modellen fra skadehendelse hvert andre år, til hvert år eller hvert fjerde år, endres også den økonomiske risikoen. Vi får ved skadekostnader årlig en større samlet risiko og økonomiske tap enn hvert fjerde år.



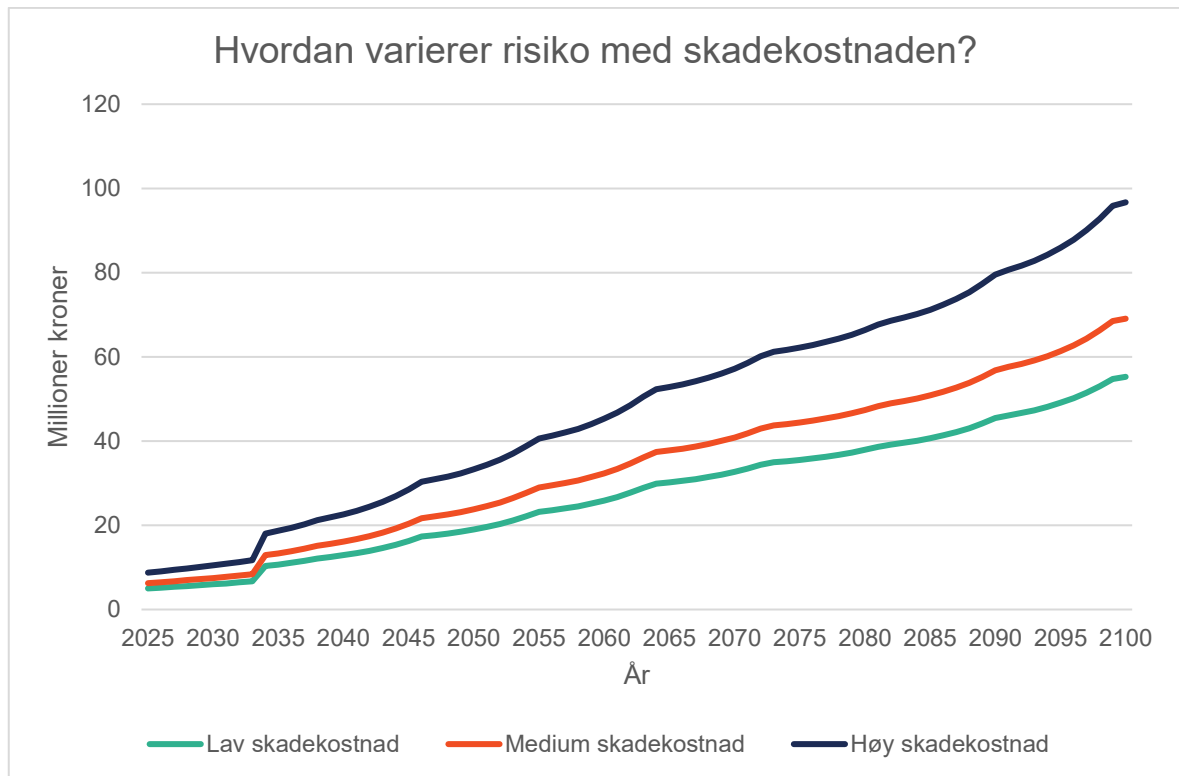
Figur 5-7: Akkumulert risiko, med ulike begrensninger på hyppighet av stormflo

5.5.3 Analyseperiode

Det er brukt en analyseperiode på 75 år til år 2100. Uansett forventes Stavanger å forbli en viktig havneby også etter år 2100, og vurderinger på lengre sikt viser at risikoen øker ytterligere med et mer ekstremt havnivå. Det er ikke hensiktsmessig å kvantifisere skadekostnader etter 2100 fordi usikkerheter blir for stor. (DFØ, 2023)

5.5.4 Skadekostnaden for næringsbygg

Vi har lagt til grunn at skadekostnaden for næringsbygg er det samme som for boligbygg ved etableringen av nullalternativet. Det er som drøftet i kapittel 4.1.3 ulike tilnærminger til hvordan vi bør prise næringsbygg sammenlignet med vanlige boliger. Vi har lagt til grunn en kvadratmeterpris for skader på bygninger på 6000 kroner. I Figur 5-8 viser vi hvordan den økonomiske risikoen varierer med ulik skaderisiko. Hoppet i risiko i 2034 skjer fordi dagens mobile flomvern etter forventning ikke lenger har noen levetid. Lav skadekostnad er 20% reduksjon i skadekostnaden, og høy er en økning på 40%.

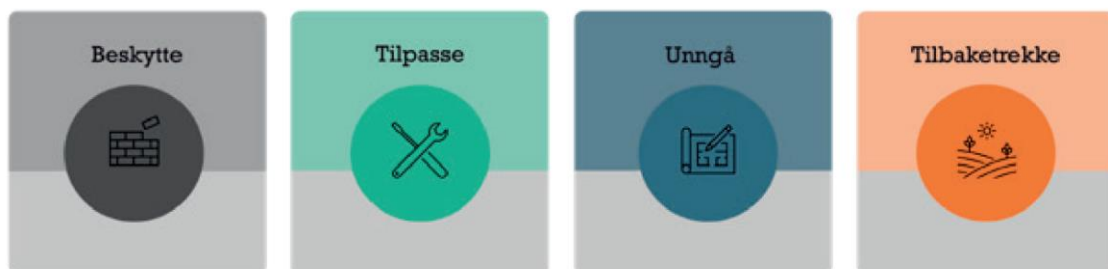


Figur 5-8: Illustrasjon av hvordan den økonomiske risikoen varierer med skadekostnad, i millioner kroner (ikke diskontert)

6 Vurdering av tiltak for Vågen

6.1 Innledning

For å håndtere utfordringene knyttet til økende havnivå, må kommunene som regel benytte seg av én eller flere av følgende fire strategier (Figur 6-1/ Figur 7-1) for å sikre ønsket beskyttelsesnivå (DSB, 2024). Hvilke strategier og tiltak som velges, kan endre seg over tid i takt med at konsekvensene av havnivåstigningen blir mer tydelige. Disse strategiene kan anvendes både for nybygg og eksisterende bebyggelse.



Figur 6-1: Ulike strategier for å møte utfordringene mot havnivåstigning (DSB, 2024).

Beskytte

Denne strategien innebærer å bruke fysiske tiltak for å beskytte mennesker, boliger og infrastruktur mot høye vannstander, bølger og erosjon som følge av havnivåstigning. Typiske tiltak inkluderer diker, voller og barrierer som hindrer vann i å trenge inn ved høyvann. Med økende havnivå og økt sårbarhet langs kysten, kan denne strategien alene bli både kostbar og ha begrenset langsiktig effekt, særlig i de mest utsatte områdene.

Innenfor denne strategien kan man velge å (COWI, 2024):

1. Opprettholde eksisterende kystlinje ved å justere beskyttelsesnivået, for eksempel ved å bygge mur eller voll.
2. Flytte kystlinjen utover sjøen ved å etablere ny sikring utover den opprinnelige kystlinjen. Dette er begrenset når landvinning eller der sluser/barrierer er aktuelle.
3. Benytte naturbaserte løsninger, som bruk av vegetasjon, for å redusere oversvømmelsesrisiko og dempe bølgepåvirkning på land.

Tilpasse

Her tillates fortsatt bygging i risikoutsatte områder, men det legges vekt på å justere menneskelig aktivitet, bygg og infrastruktur slik at de tåler fremtidig havnivåstigning. Det kan eksempelvis innebære konstruksjoner som tåler høy vannstand, eller naturbaserte løsninger som gir rom for overvann ved ekstremvær.

Unngå

Denne strategien innebærer å forhindre ny storstilt utbygging i områder som forventes å bli påvirket av havnivåstigning, gjennom arealplanlegging og regulering. Kommunene kan også velge å fjerne områder tidligere avsatt til bygging, og innføre restriksjoner i faresoner for høye vannstander for å begrense utvikling i spesielt utsatte områder.

Tilbaketrekke

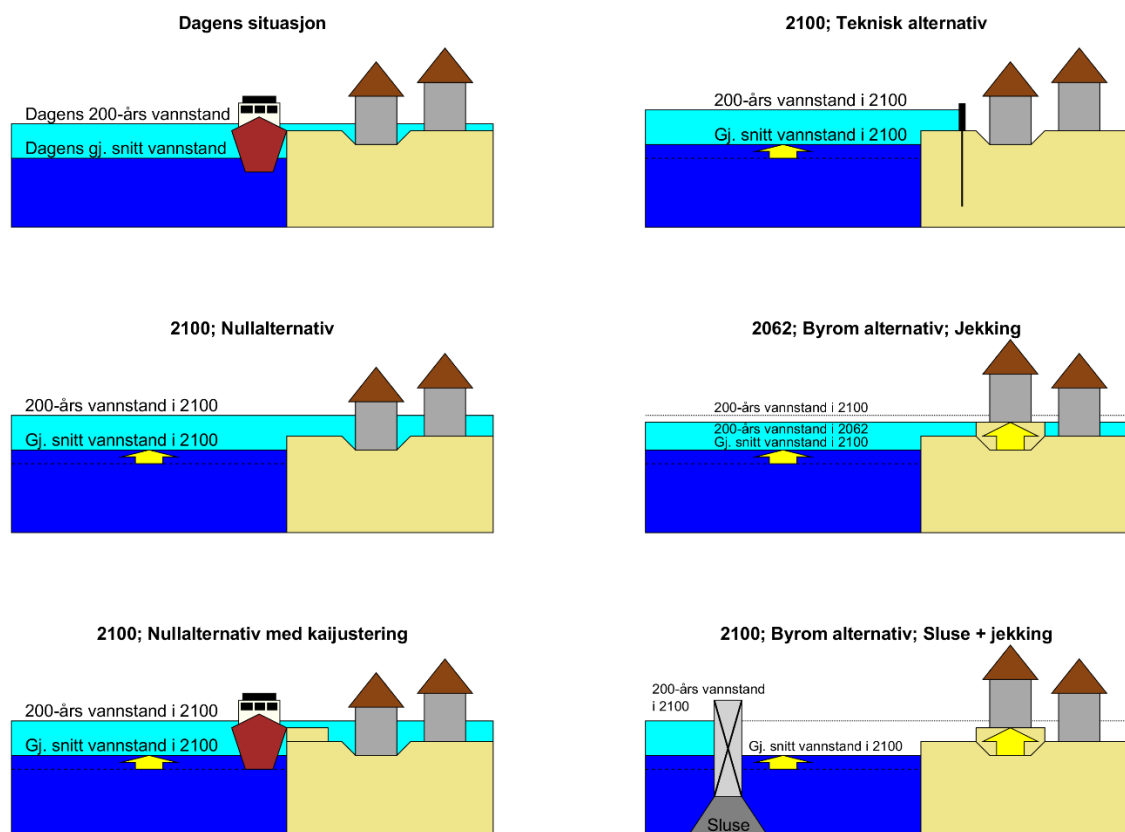
Dette handler om planlagt og strategisk tilbaketrekning fra utsatte kystområder, før havnivåstigningen medfører alvorlige problemer for eksisterende bebyggelse og infrastruktur. Tilbaketrekning kan skje ved relokalisering, flytting eller fraflytting av bygninger og anlegg.

Strategien bidrar til å redusere behovet for kostbare fysiske sikringstiltak og legger til rette for en bærekraftig flytting til tryggere områder.

6.2 Flomverntiltak i Vågen

Planlegging av flomverntiltak i Vågen i Stavanger må ta høyde for forventet havnivåstigning og økt risiko for oversvømmelser. Det er ennå tidlig å fastsette konkrete tiltak, ettersom det mangler en grundig interessentanalyse og omfattende diskusjoner om hva man ønsker å oppnå med Vågen som område. Vågen er ikke bare et fysisk sted, men også byens hjerte og en sentral del av dens identitet. Dette gjør det spesielt viktig å involvere blant annet lokalsamfunnet, næringslivet, Stavanger havn og offentlige aktører i beslutningsprosessen. En helhetlig og inkluderende tilnærming er nødvendig for å sikre at flomverntiltakene både beskytter mot klimaendringer og ivaretar områdets kulturelle og historiske verdi. Dette kom frem etter midtveiseminarer om prosjektet. Vedlegg E sammenfatter de viktigste konklusjonene fra seminaret.

I denne rapporten vil vi derfor ikke anbefale en enkel løsning eller tiltak, men presentere to hovedalternativer som ivaretar vern av Vågen på ulike måter. Vi velger å *beskytte* Vågen mot oversvømmelser (første strategien fra Figur 6-1), da de andre strategiene innebærer at Vågen ikke lenger kan fungere som byens hjerte. De to hovedalternativene er sammensatt som tiltakspakker for å få best mulig sikring mot oversvømmelse. Justering av kaihøyden er nødvendig for å kunne ta imot båter i Vågen ved havnivåstigning. Denne justeringen fungerer ikke som flomvern, og inngår derfor ikke i alternativene.



Figur 6-2: Skjematiske framstillinger av alternative løsninger for Vågen

Alternativ 1: Teknisk alternativ. Dette alternativet innebærer å bygge en voll eller mur langs kaikanten i Vågen for å beskytte mot en 200-års stormflo i 2100, basert på SSP 3-7.0 med en øvre

usikkerhet på 83 % (Se Figur 6-2). Samtidig må det etableres spunt for å hindre inntrenging av sjøvann gjennom de porøse massene. Dette alternativet er en fortsettelse av tiltaket som ble foreslått for Holmen og Østre havn (Norconsult, 2022). Alternativet beskrives nærmere i kapittel 7.

Alternativ 2: Byromalternativet. Vi har definert også et byromalternativ. Byromalternativet sitt hovedmål er å unngå visuelle barrierer mellom land og sjø, og bevare eksisterende byrom best mulig. Kvartalet på sørsiden av Skagenkaaien ligger lavest og er mest utsatt for oversvømmelse. Jekking av bygningene her er et effektivt tiltak som kan redusere oversvømmelsesrisikoen betydelig. Bygningene ligger i dag i en terrengforsenkning på cirka 0,5 meter over havet (moh), målt på terrasseområdet foran byggene, mens det laveste punktet på kaikanten er 0,8 moh. Massene er ikke tette og ved forventet havnivåstigning blir vann permanent stående i bygningene uten tiltak. Dette er det området som er mest utsatt, og det er risiko for svært hyppige oversvømmelser innen kort tid og det bør derfor bli innført tiltak snart.

En sluseløsning vil sikre resten av Vågen som ikke blir jekket. Med SSP 3-7.0-scenarioet vil det være nødvendig fra ca. år 2062 å sikre resten av Vågen. En sluse vil eliminere oversvømmelsesrisikoen fram til år 2100 og utover det. Slusen planlegges i Vågen og vil holdes åpen under normale forhold, men stenges ved stormflo for å beskytte området. Om vi bare bygger en sluse nå, og ikke gjennomfører jekking av de mest utsatte bygningene vil det oppstå to problem. Det ene er at de mest utsatte bygningene vil bli oversvømt nesten daglig i år 2100, og da må også slusen være nesten permanent stengt. Dette medfører store konsekvenser for havnetrafikken. Permanent stengt sluse innebærer også utfordringer knyttet til maritim tilgang og vannkvalitet, spesielt vannutskiftning, og det er derfor ønskelig at slusen holdes åpen når det er mulig.

Det andre problemet er at de lavtliggende bygningene bør bli beskyttet mye tidligere enn resten av Vågen. Bygging av sluse er et omfattende inngrep som i de første tiårene kun beskytter et begrenset område, og kan derfor oppleves som uforholdsmessig i forhold til formålet. På grunn av usikkerhet knyttet til havnivåstigning anbefaler vi derfor at slusebyggingen utsettes til et senere tidspunkt, når større deler av Vågen blir utsatt, og samtidig iverksettes jekking for å redusere flomrisiko her og nå.

En annen mulighet kunne vært å ha en mur og spunt rundt de lavtliggende bygningene i kvartalet på sørsiden av Skagenkaaien. Problemet med dette er at dette vil endre hele karakteren til Vågen slik vi kjenner det i dag, både når det gjelder siktlinjer, byrom og kulturarv. Dette vurderes derfor ikke nærmere i denne rapporten.

Byromalternativet består på bakgrunn av dette både sluse og jekking for best mulig sikring, og blir beskrevet nærmere i kapittel 8.

Vi anbefaler ikke noen av de to hovedalternativene i denne rapporten. Utredningen av alternativene er ment for å bidra til en videre diskusjon om ønsket utvikling for Vågen, og hvordan man best kan ivareta både Vågens funksjon som byrom og sikre området mot oversvømmelser.

7 Teknisk alternativ

7.1 Innledning

Dette kapittelet omhandler et alternativ som innebærer å bygge en voll eller mur langs kaikanten i Vågen for å beskytte området mot en 200-års stormflo i år 2100, basert på klimascenariet SSP 3-7.0 med en øvre usikkerhet på 83 %. Målet er å beskytte Vågen mot en vannstand på 212 cm NN2000.

Dette 'tekniske' alternativet viderefører og bygger videre på tidligere foreslåtte tiltak for Holmen og Østre havn (Norconsult, 2022). I dette kapittelet presenteres tiltaket, og hvordan man bør innføre det trinnvis over tid. Kostnader blir presentert, samt en nytte-kost analyse av prissatte og ikke-prissatte virkninger. Kapittel 9 presenterer et skisseforslag for en slik løsning.

7.2 Tiltak

7.2.1 Innledning

For dette tekniske alternativet vurderes ulike tiltak som samlet utgjør løsningen. Følgende tiltak blir vurdert:

3. Mobilt Flomvern
4. Mur
5. Spunt
6. Utfylling Holmen

7.2.2 Mobilt Flomvern

Dagens flomvern består av en flompølse og benkene med hull innimellom som kan tettes ved stormflo (kapittel 2.5). Dette tiltaket er imidlertid ineffektivt når sjøvannet står langt over kaien, blant annet fordi massene i kaien ikke er tette.

Med forventet havnivåstigning vil det utsatte området gradvis øke, og etter hvert må flomvernet dekke hele kaien, som strekker seg over cirka 1,2 km. For at flomvernet skal være effektivt, må det fungere sømløst langs hele denne lengden; svikt ett sted kan føre til oversvømmelse av Vågen.

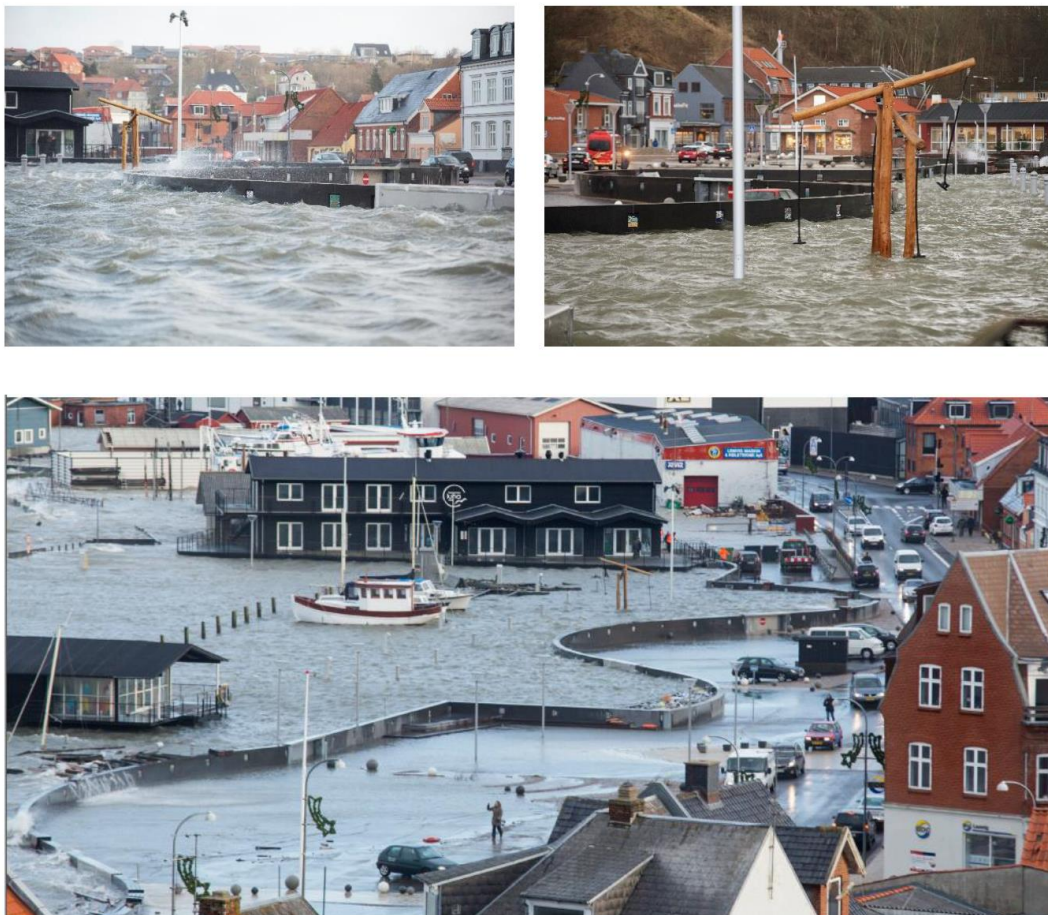
Effektivt flomvern krever at massene i kaien er vanntette, noe som kan oppnås gjennom spuntning. Spuntning representerer den største kostnaden sammenlignet med mobile flomvern.

Mobile flomvern fungerer godt ved sporadisk bruk, men når de må settes opp stadig oftere som følge av stigende havnivå, reduseres effektiviteten betydelig på grunn av den betydelige ressursbruken knyttet til oppsetting og nedtaking. For eksempel utsettes flompølsen for stor slitasje og må ofte byttes ut. Likevel er mobile flomvern et kostnadseffektivt alternativ sammenlignet med flere andre løsninger.

Ved en vannstand på 90 cm, som medfører at vannet står over kaien og inn til bygningene på Skagenkaien, forventes dette nivået å inntreffe flere ganger årlig allerede i 2062. Ifølge det valgte utslippsscenarioet vil vannstanden ligge under middel høyvann i år 2100, som betyr at det er nesten permanent oversvømt (se vedlegg C). Dette tyder på at mobile flomvern etter hvert vil miste sin effektivitet, og at alternative tiltak må vurderes relativt raskt. På bakgrunn av dette velges det å ikke gå videre med mobile flomvern i denne utredningen. Det er lagt til grunn i analysen at eksisterende mobile flomvernet har en resterende levetid på 8 år, vi anbefaler ikke å investere i nytt flomvern etter dette.

7.2.3 Mur/voll

Det er relevant å vurdere vanntette murer eller voller som permanente flomvern for Vågen (se f.eks. Figur 7-1). Slike konstruksjoner kan være en relativt kostnadseffektiv løsning, men det er spesielt viktig å ta hensyn til landskapets karakter i området rundt Vågen. Murene kan utformes med åpninger som gjør kystkanten mer tilgjengelig og samtidig tillater overvann å renne ut i sjøen. Her ser vi nærmere på i neste avsnitt. Disse åpningene kan lukkes ved forventet stormflo. Det finnes også løsninger der flomvern er integrert i parkområder, og skisseforslaget i kapittel 10 gir en nærmere gjennomgang av dette.



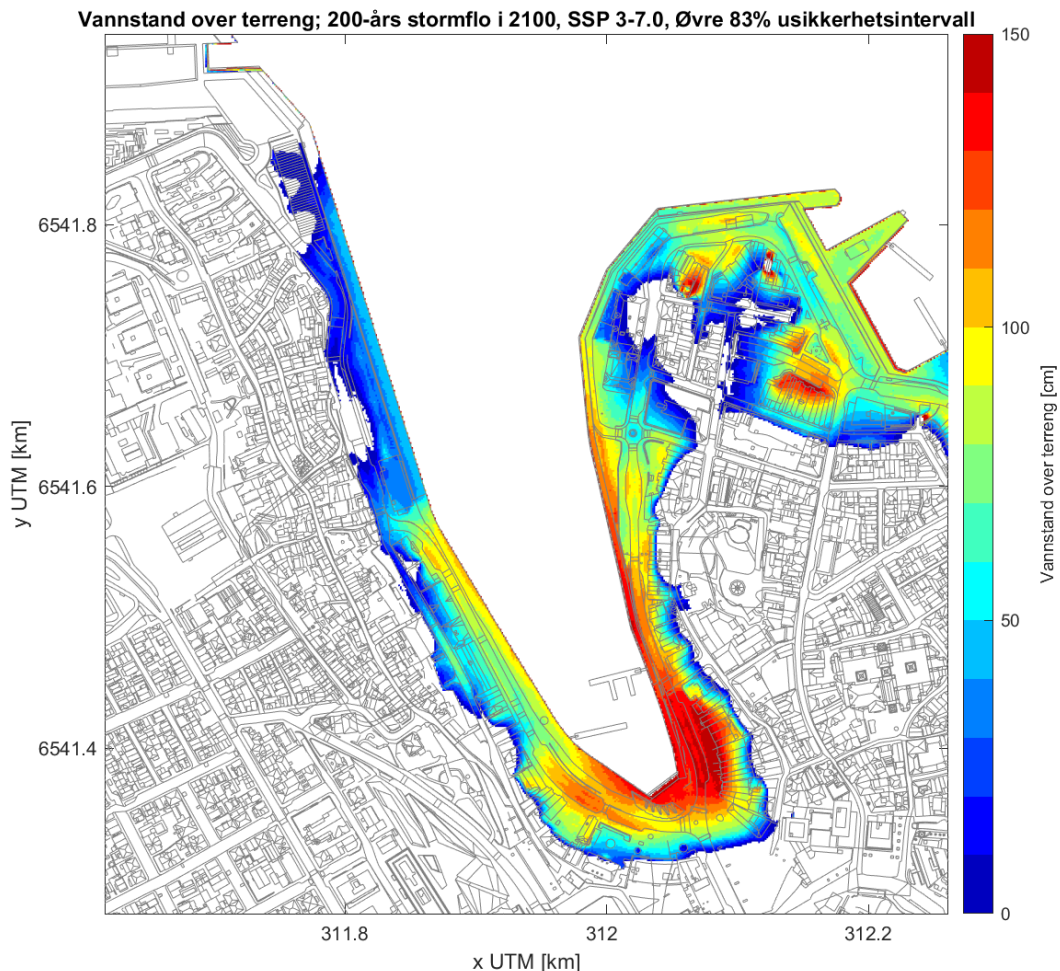
Figur 7-1: Høyvannsikring Frederiksværk, Danmark. Bilder: COWI.

Figur 7-2 viser vannstand over dagens terreng i 2100 med en absolutt vannstand på 212 cm over NN2000. Denne oversikten indikerer dermed hvor høyt muren må bygges for å sikre Vågen. Flere steder langs Vågen må muren bli mellom 1 og 1,5 meter over dagens terreng. Lenger nord, langs Nedre Strandgate, ligger terrenget høyere, og sikringshøyden er derfor bare noen desimeter.

Bygningene langs Sandvigå ligger mindre utsatt for stormflo og havnivåstigning (vedlegg C). Her anbefales ikke et integrert flomvern langs kystkanten, siden området ligger for det meste trygt for havnivåstigning og flomvern. Det anbefales derfor å løse flomproblematikken per bygning. For eksempel ved å øke robusthet mot oversvømmelser som følge av havnivåstigning gjennom flere tiltak. Først og fremst kan man erstatte tregulv med betong, da betong er mer motstandsdyktig mot vannskader og enklere å tørke etter oversvømmelser. Det er også viktig å velge materialer og konstruksjonsmetoder som er motstandsdyktige mot vann for nedre deler av vegger. Bygninger må

konstrueres for å motstå krefter fra vann og bølger ved å benytte spesialiserte materialer og metoder som tåler vanntrykk.

For å minimalisere skader og feil som følge av oversvømmelser, bør elektrisk utstyr og andre sårbare komponenter enten plasseres høyt eller gjøres vanntette. Dette bidrar til å opprettholde nødvendige tjenester og redusere kostnader knyttet til utskifting av skadet utstyr.

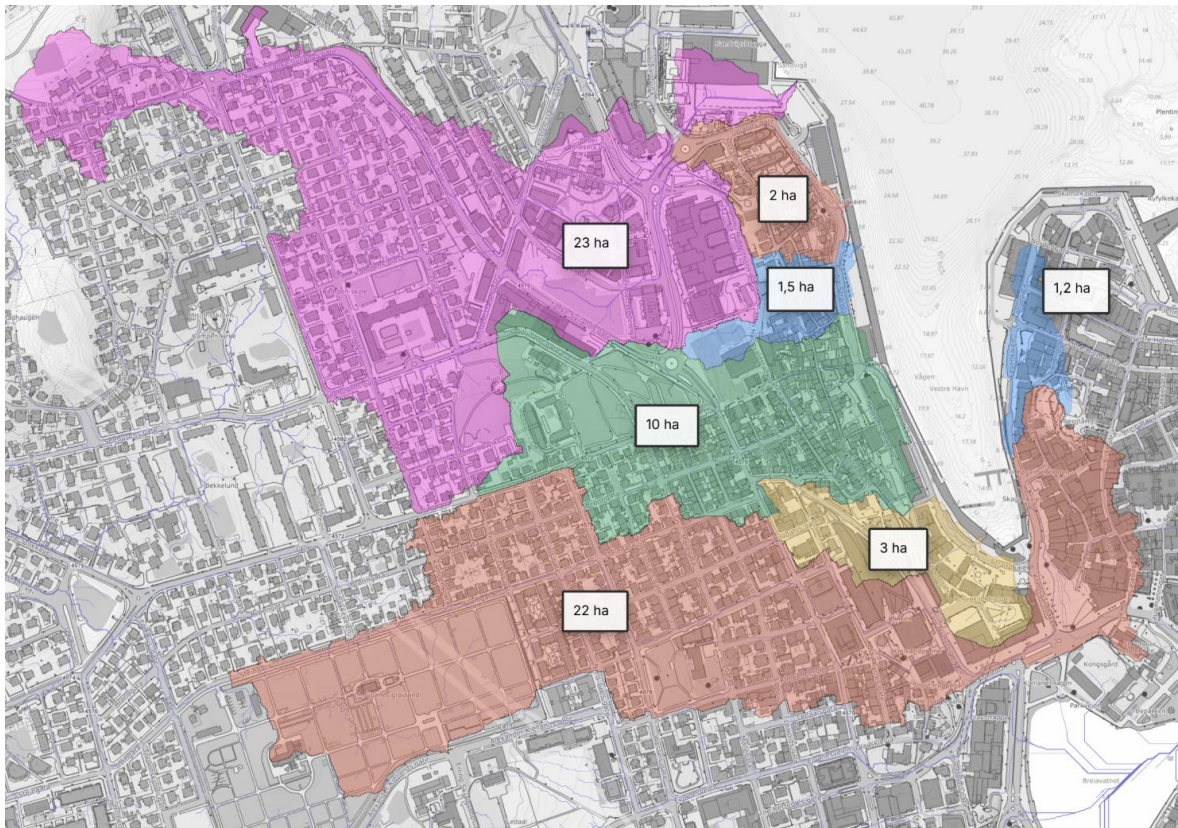


Figur 7-2: Vann over terreng i år 2100 i Vågen, Stavanger. Kilde: COWI

7.2.4 Overvann

Nedbørsfeltene til Vågen vises i Figur 7-3. Særlig nedbørsfeltet med oransje farge (22 ha) bidra med en stor overvannsmengde til området, som også er det området mest utsatt for havnivåstigning. Ekstreme regnhendelser vil oftest skje på sommeren pga. værforholdene, som på sikt med økt havnivåstigning vil kunne gi et ekstra press på Vågen området. Mengden av nedbør vil avhenge av regnintensiteten og varigheten.

Store deler av nedbørsfeltene til Vågen går til felles-systemet, som fører både spillvann og overvann i samme ledning. Ved store regnhendelser har felles-systemet ikke kapasitet til å håndtere alt vannet, og vannet kan derfor komme opp av ledningsnett fra kummene og begynne å samle seg på overflaten. Regnvann blandet med spillvann vil da løpe i avrenningslinjer som fører vannet til laveste punkt.



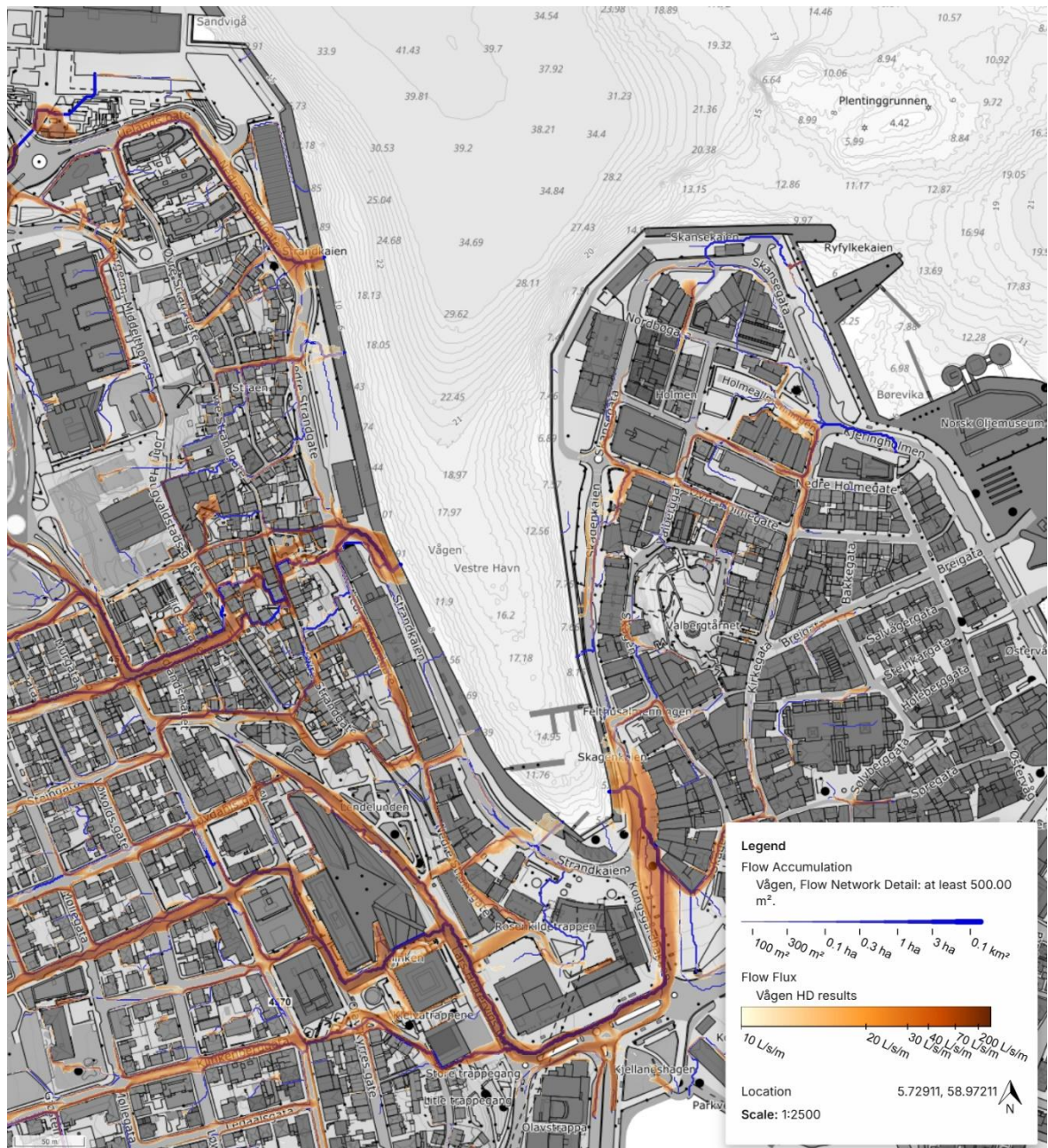
Figur 7-3: Nedbørsfelt i Vågen

På Figur 7-4 vises avrenningslinjene, som fører overvannet til Vågen og ut i sjøen. De blå linjer viser avrenningslinjene og den oransje farge viser utbredelsen av overvannet som renner på overflaten. Det er særlig 3 store avrenningslinjer mot sjøen – to på venstre side av Vågen (Strandkaiaen) og en nær fisketorget. De tre utløpspunktene har vi tatt hensyn til i designet av flomvernet. Det etableres åpninger i flomvernet med automatisk eller manuell stenging i perioder med høy vannstand i sjøen. Åpningene er plassert i de laveste punktene langs havnen, så det sikres at overvann kan renne til sjøen uhindret.

I forbindelse med flomvernet må det etableres løsninger for å håndtere overvann i perioder med lukket flomvern og høy sjøvannstand. I tillegg må det etableres pumpestasjoner som kan pumpe ut overvannet til sjøen i perioder med høy vannstand i sjøen og i fremtiden, når havnivåstigningen medfører en permanent høy sjø-vannstand. Plassering og dimensjonering av disse løsninger må avklares i det videre arbeid med valg av flomsikringstiltak for Vågen. I den prosess er det viktig først å avklare hvor store overvannsmengder som avlastes av eksisterende infrastruktur og hvor store overvannsmengder som skal håndteres i fremtiden med høy vannstand i sjøen.

Det er ikke avklart hvor store regnhendelser felles-systemet har kapasitet til å håndtere. Dette vil være viktig å avklare i forbindelse med etablering av flomsikringstiltak i Vågen.

Uansett valg av flomsikringstiltak vil det være nødvendig å sikre ledningene med tilbakeslagsventiler for å hindre tilbakeslag av sjøvann og sikre mot oversvømmelse av f.eks. kjellere i området.



Figur 7-4: Avrenningslinjer for Vågen

7.2.5 Spuntløsning

Kaiene og blokkmuren rundt Vågen er permeable, noe som tillater grunnvann å renne lett ut til sjøen. Samtidig gir dette sjøvann mulighet til å trenge inn under stormflo. Derfor vil en flomvoll eller mur på kaien kun være effektiv hvis massene under bakken tettes, noe som lettest oppnås gjennom spuntning. Flomverntiltakene for Holmen og Østre havn har tidligere beskrevet denne løsningen (Norconsult, 2022), og en prøvespunt har allerede blitt etablert.

Plasseringen av spuntten må vurderes nøye langs hele traseen. Den viste plassering av spuntlinjen er langs kaikanten av hensyn til oppbyggingen av blokkmurskaien, som er på en del av strekningen. Det har ikke vært mulig å få avdekket omfanget av blokkmuren inn mot land og derfor er spuntten plassert langs kaikanten for ikke å komme i konflikt med eksisterende bygninger og infrastruktur. Nærmere avklaring av omfang og oppbygging av blokkmurskaien er relevant i forhold til endelig plassering av spuntten.

Etter etablering av spunt er det nødvendig å pumpe ut grunnvann for å kontrollere vannstanden på innsiden. Spunten kan også skjære gjennom ledninger, noe som kan skape tekniske utfordringer. Spuntning er relativt kostbart sammenlignet med selve byggingen av muren eller vollen.

I og med at spunt er av stål, må det enten etableres en spunt som har stor nok godstykkelse for å tåle den korrosjon som oppstår i spuntens levetid, evt. må det inn korrosjonsbeskyttelse. Det vil også være behov for tetting i spuntlåsene. Ofte tilføres f.eks. bitumen i spuntlåsene ved ramming, men denne løsningen kan ikke garanteres at vil være intakt over tid. Sannsynligvis vil det bare være mulig med tetting ned til synlig del av spunten som da vil være mulig å sveise.

Her må grunnforholdene avklares nærmere med grunnundersøkelser for å bestemme rammpbarhet. Trolig vil dette variere mye siden det er lang strekning. Ved områder hvor det er svært fast (f.eks. mye sprengstein eller fast morene), kan det være behov for rørsput med lås, som kan bores ned. Dette er en vesentlig mer kostnadskreven type enn vanlig konvensjonell spunt. Plassering av spunt må også hensynta infrastruktur i grunnen. Trolig vil det være mer fordelaktig å sette spunten innenfor kaikonstruksjoner og i områder med løsmasser fra dagens kainivå. Dette vil medføre god støtte for spunten, og at spunten da bare må tåle ekstra laster fra økt vannstand på utsiden. Om spunten plasseres utenfor kaikonstruksjonen vil den måtte stå fritt i vann i ganske stor høyde. Vanndybden varierer noe rundt vågen, men typisk vanndybde er 7-8 m i dag. Spunten vil da stå fritt i vann samt at den må tåle det ekstra vanntrykket fra havhevingen. Trolig vil det medføre behov for større spuntprofil/kraftigere spunt, større areal av spunt samt at sannsynligvis må spunten festes i kai konstruksjonen. Spunten vil da lukke inn eksisterende kaikonstruksjon noe som vil medføre vanskeligheter for tilstandsvurderinger etc.

Angående nødvendig lengde på spunt, så er dette noe hydrogeolog må gjøre analyser av ift. håndtering av grunnvann. Geoteknisk vil spunten ha behov for en viss lengde/dybde for å håndtere krefter fra økt vannstand. Men dette vil være et dimensjoneringssspørsmål. I samråd mellom geotekniker og en hydrogeolog må spunten prosjekteres for å sikre stabiliteten av spunten. I de hydrogeologiske vurderingene må derfor kost/nytte og gjennomførbarhet vurderes. Det som da bør avklares er om den forventede havhevingen (80-90 cm) vil medføre så stor strømming under spunt at det vil ha konsekvens for innenforliggende areal, samt om det er sannsynlig at stormflo nivået vil vedvare så lenge at det vil medføre økt grunnvannstand på innsiden av spunten. Ifølge Norconsult (2022) kan økt grunnvannstand håndteres ved spuntning ved installasjon av pumpestasjoner som leder vannet ut til sjøen.

Det foreligger noen utløp for overvannsledninger langs traseen. Spunt kan ikke rammes gjennom disse. Her er det en mulighet at de aktuelle ledningene stenges av og kappes før spunt rammes, og at ledningene reetableres etter at spunt er satt. Her vil man da måtte grave på baksiden av spunten og brenne hull i spunten. Det vil også bli behov for tetting av åpenrom mellom spunt og rør. En annen løsning kan være å ikke ramme spunt akkurat der ledningene/rørene kommer ut. At det blir stående igjen et lite areal. Dette kan så frigraves, og man kan sveise på spuntmåler ned til overkant ledning/rør. Området under røret vil da være uten spunt, og hydrogeolog må vurdere om vannstrøm under vil ha stor påvirkning på totaliteten.

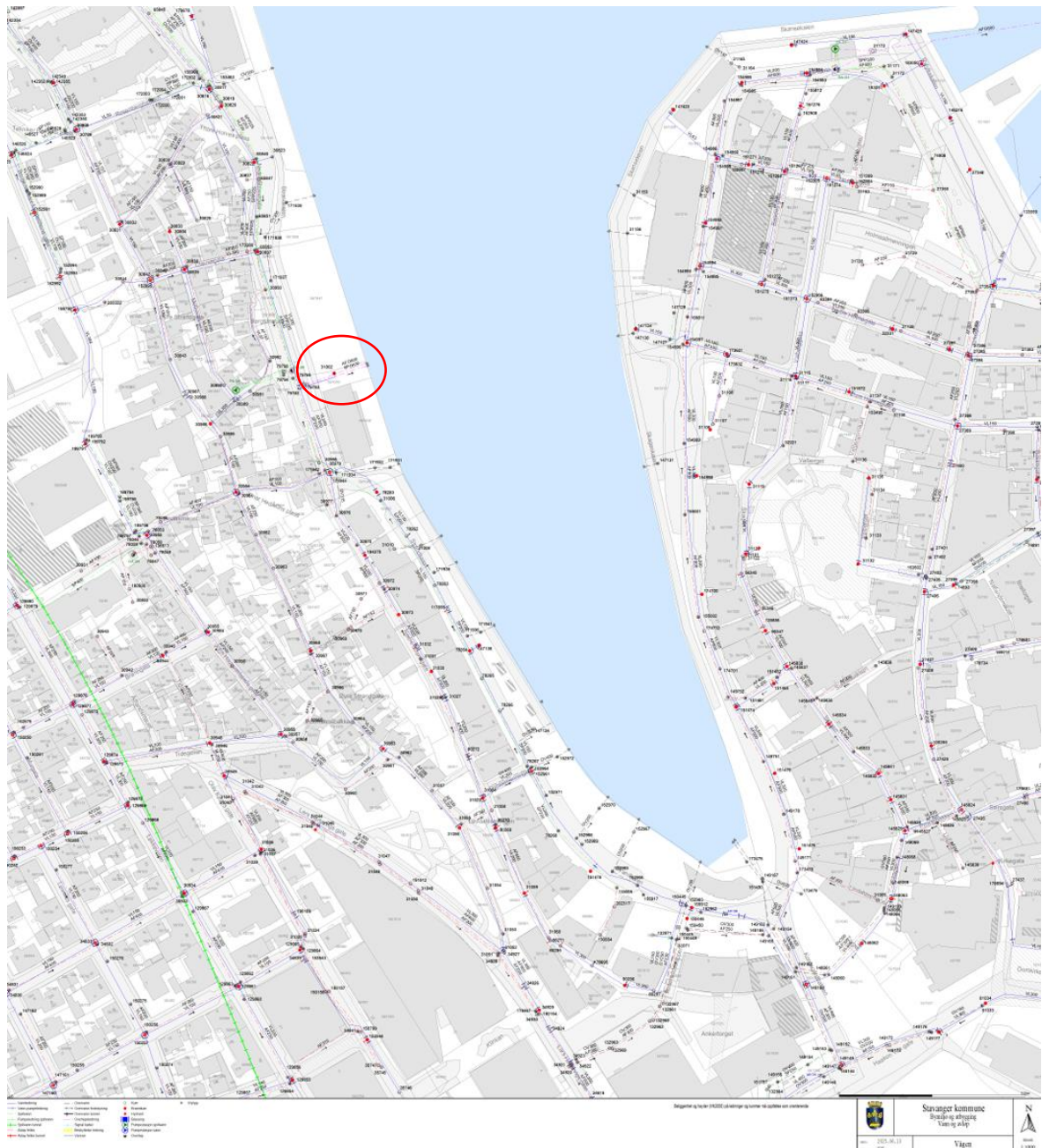
Ledningene som renner ut i Vågen bør utformes med tilbakeslagssikring for å unngå at sjøvann kan renne inn i ledningen.

7.2.6 Infrastruktur under bakken

Generelt bør plassering av spuntveggen i størst mulig grad ta hensyn til infrastruktur under bakken. Det går bl.a. en langsgående vannledning rundt hele havnen. I det videre arbeid bør det være en dialog med alle relevante ledningseiere i området.

I området rundt Vågen er det begrenset VA-infrastruktur som må tas hensyn til. Det er færre overvannsutløp til sjøen, særlig på vestsiden av Vågen. På samme side finnes et fellesoverløp (som også fungerer som nødoverløp fra pumpestasjonen) nord for Stavanger Turistinformasjon, se Figur 7-5 med rød markering. Dette utgjør ikke betydelige utfordringer for etablering av spuntvegg, men overløpet må håndteres og kontrolleres i anleggsperioden.

Det er viktig med registreringer av eksisterende ledninger og annen infrastruktur under bakken for å unngå uforutsette forstyrrelser i etableringen av spunten.



Figur 7-5: VA infrastruktur for Vågen. Kilde Stavanger kommune

7.2.7 Holmen utfylling

I forbindelse med Rogfast-prosjektet og Kystverkets prosjekt med utdyping av innseilingen til Stavanger får Holmen prosjektet tilgang på masser i 2028/2029. For utfyllingen er det beregnet at det er behov for ca. 240.000 m³ masser. Mesteparten vil komme fra Rogfast, men ca. 20.000 m³ kan komme fra Kystverkets utdypingsprosjekt. Størrelsen på fyllingen blir ca. 15 daa på land, og i tillegg kommer arealer til fyllingsfot/motfylling i sjø. Fyllingen vil gå fra ca. kote -22 til ca. kote +2,06 (krav i KDP sentrum). Gjennom planprosessen vil høyden på fyllingen avklares.

Reguleringsplanarbeid for Holmen pågår i regi av Stavanger Utvikling. I planinitiativ utarbeidet av Asplan viak kan vi se følgende foreløpige skisse for utfylling og nytt landareal:



Figur 20: Utsnitt situasjonsplan skisseprosjekt Norconsult 2021. Blått kaiareal, rødt kaiareal for persontrafikk, grønt fyllingsareal.

Figur 7-6: Foreløpige skisser for utfylling og programmering, kilde Asplan Viak

Dette er potensielt betydelige synergieffekter når det gjelder å beskytte Vågen mot havnivå og stormflo med eksisterende kystlinjen. Det anbefales derfor at det disse planen blitt vurdert hensyntatt i den videre planleggingen av beskyttelsen mot stormflo og havnivåstigning av den eksisterende kystlinjen. Utfyllingene må da ligge høyt nok for fremtidig havnivåstigning om det er et tiltak som skal være effektivt over tid. Hvis flomvern kan integreres i Skansekaiaen (Figur 7-6) betyr det at det er allerede etablert ca. 200m flomvern.

7.3 Adaptiv trinnvis utbygging

Havnivåstigning er forbundet med stor usikkerhet. I denne rapporten benyttes et føre-var-prinsipp med 85 cm havnivåstigning innen 2100, i tråd med anbefaling fra DSB (2024). Dette anses som et konservativt estimat for å sikre at bygninger ikke oversvømmes i overskuelig fremtid.

De fleste strategiske planer forutsetter implisitt at fremtiden kan forutsies, og baseres ofte på ett enkelt framtidsscenario gjennom trendekstrapolering. Hvis fremtiden likevel avviker, kan slike planer enten feile eller føre til overdimensjonerte tiltak. Derfor har adaptive løsninger blitt mer populære, da de kan justeres over tid.

Her presenteres DAPP (Dynamic Adaptive Policy Pathways)-diagrammet for det tekniske alternativet (Figur 7-7). Diagrammet viser at strategien må justeres når havnivåstigningen når bestemte terskler. Under diagrammet angis årstall for når ulike klimautslippsscenarioer forventes å nå disse nivåene.

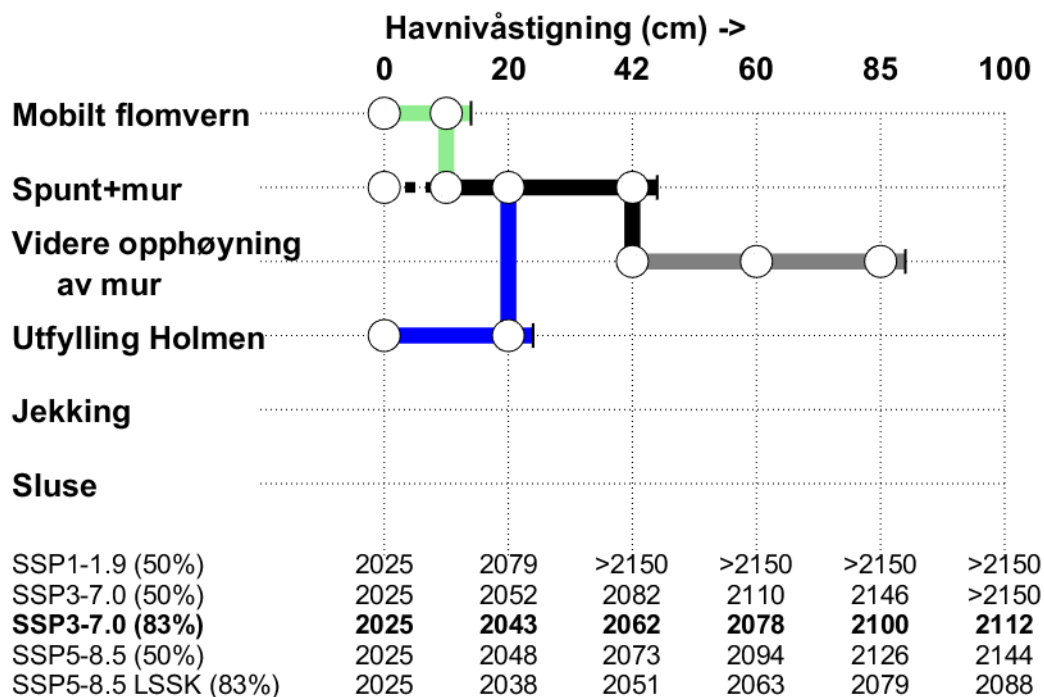
Det anbefales å videreføre mobilt flomvern de åtte årene som gjenstår av levetiden. Det er ikke anbefalt å investere i nytt mobilt flomvern etter dette, men skifte strategi til spunt og mur for å flomsikre Vågen. Utfylling av Holmen kan bidra til å etablere flomvernet i nordøstlige deler av Vågen.

Muren bør bygges i to trinn: Først en mur som sikrer mot en 200-års stormflo med havnivåstigning på 42 cm (halvparten av 85 cm). Dette kan sikre Vågen en god stund fremover. For Scenario SSP 3-7.0 (høy) er 42 cm havnivåstigning forventet rundt 2062 (midtveis mot 2100). Dette er etter et

føre-var-prinsipp, som betyr at mest sannsynlig vil muren vil sikre Vågen lenger enn 2062. Når havnivået stiger ytterligere og den første muren ikke lenger er tilstrekkelig, kan muren utvides med ytterligere 42 cm, slik at Vågen er sikret opp til et havnivå på 212 cm NN2000. Utvidelsen av muren utsettes til det er nødvendig, og tilpasses tempoet på havnivåstigningen. Figur 7-7 viser at for de ulike SSP-scenariene at en havnivåstigning på 42 cm kan skje en gang mellom 2051 til over 2150. Derfor er det viktig med en trinnvis implementering, slik at vi ikke utvider muren før det er nødvendig. Dette sikrer også at man utnytter levetiden til tiltaket mens tiltaket er mest effektivt.

Når andre trinn av muren er bygget er flomvernet hevet til 212 cm NN2000. Da vil den beskytte Vågen mot havnivåstigning på opptil 85 cm, noe som forventes å være tilstrekkelig fram til 2100 ifølge hovedscenario SSP 3-7.0. Beskyttelsesnivået vil mest sannsynlig være tilstrekkelig også etter 2100. Risikoen for at havnivåstigningen når 85 cm allerede i 2079 foreligger kun under det svært høye utslippsscenarioet SSP 5-8.5 LSSK.

Strategien etter at havnivåstigning har steget mer enn 85cm blir diskutert i diskusjonskapitlet.



Figur 7-7: DAPP diagram for adaptiv trinnvis utbygging av teknisk alternativ.

7.4 Kostnadsestimat

Kostnadsestimatet er grovt beregnet og baserer seg på erfaringstall. Tabell 7-1 viser kostnadsestimatet for det tekniske alternativet i 2024-kroner. Spunt innebærer i dette estimatet alt som har med gjennomføring av spuntarbeidet å gjøre. Prisen er basert på Norconsult og COWI sine egne erfaringstall. Det er lagt til grunn 5-7 meter dybde. Dybde til fjell og hva man kan møte på når man graver er en av de store usikkerhetene i kostnadsestimatet. Dette er drøftet nærmere i kapittel 7.4.1. Det er lagt inn en egen post for VA, dette er basert på det Norconsult la til grunn i sin rapport.

Det er planlagt en trinnvis utbygging av mur og det vil derfor påløpe kostnad både i første året og i 2060. Det er priset en mur av betong og glass. Prisen er den samme som både COWI brukte for havnivåstigning i Bergen og Norconsult har brukt i Holmen og Østre havn (Norconsult, 2022).

Det er lagt til grunn 3% drift- og vedlikeholdskostnader årlig. Dette er også et grovt anslag og denne kostnaden vil avhenge av hvilken type løsning som blir valgt.

Tabell 7-1: Kostnadsestimat for teknisk alternativ (Eksklusiv mva)

Teknisk alternativ	Lengde (m)	Enhetspris (m)	Kostnad i kroner
Spunt	1 200	50 000	60 000 000
Mur	1 200	40 000	48 000 000
VA			120 000 000
Totalt initial investering			228 000 000
Utvidelse av mur	1 200	40 000	48 000 000
Totalt utvidelse av mur			48 000 000

7.4.1 Usikkerhet i kostnadsestimatet

For det tekniske alternativet er det usikkerhet knyttet til spunt, særlig i forbindelse med etablering av spuntveggen, og tilpasninger til det lokale VA-anlegget, og tilpasning til overvannsveier. Kostnadsestimatet for VA er ganske grovt, da det ikke gjennomført beregninger på konkrete regnmengder eller gjort en analyse av eksisterende VA og overvannsinfrastruktur i området. Kostnadsestimatet er basert på erfaringer om behov for omlegging av eksisterende ledninger, nye overvannsledninger, basseng for overvann og pumpestasjoner. Omfanget av disse tiltak er basert på hva Norconsult har lagt til grunn for VA infrastruktur i sin rapport.

En forutsetning for vellykket implementering av en mur, er at den er minst mulig forstyrrende for bylivet, og at den kan benyttes som en attraktiv del av bybildet. Dette gjør at kostnadene for muren kan bli vesentlig høyere for å sikre at implementeringen tilfredsstiller kravene i forhold til at Vågen fortsatt skal være en attraktiv møteplass i sentrum. Det vil i videre arbeid være viktig å finne gode løsninger som er kostnadseffektive, men også ivaretar Vågen i Stavanger.

7.5 Nytte-kostnadsanalyse

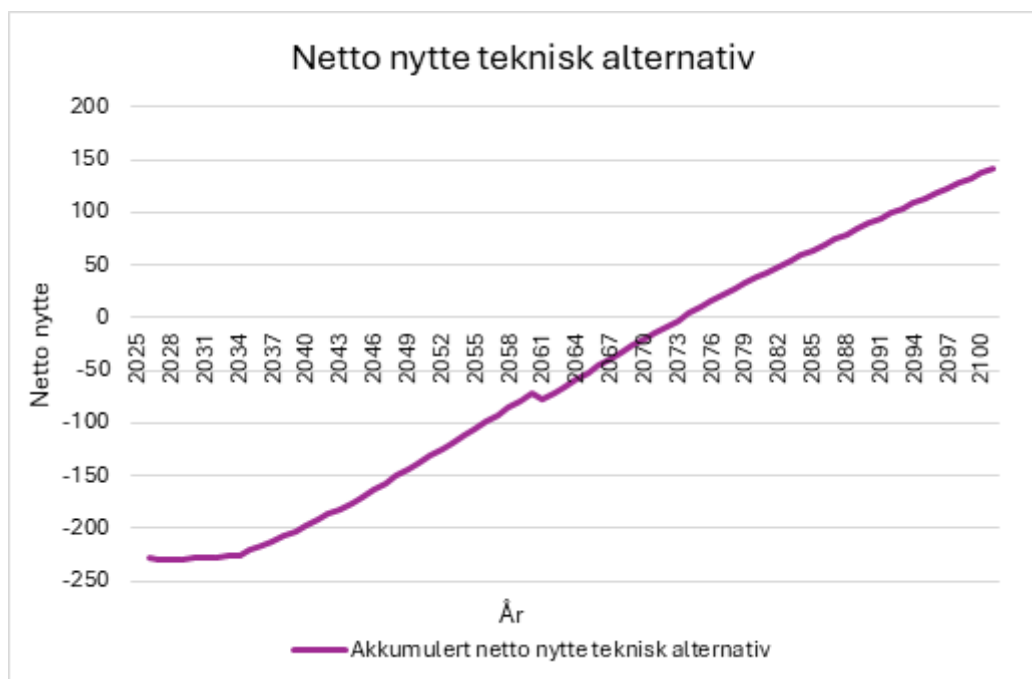
I dette kapittelet vil vi se på de prissatte og ikke-prissatte konsekvensene ved det tekniske alternativet og sammenligne det med nullalternativet for å se om det er samfunnsøkonomisk lønnsomt. For at et tiltak skal være samfunnsøkonomisk lønnsomt må den totale nytten overstige den totale kostnaden i analyseperioden.

7.5.1 Prissatte virkninger

Tabell 7-2 viser de totale kostnadene og potensiell gevinst i millioner kroner for perioden fra 2025 til 2100. Netto nytte representerer samfunnsøkonomisk lønnsomhet i prosjektet, mens NNB (netto nytte per budsjettkrone) er et relativt mål på lønnsomhet og viser hva samfunnet får igjen for hver krone som investeres i prosjektet (basert på prissatte virkninger) (DFØ, 2023). Tabell 7-2 er beløpene representerer totale kostnader og potensielle gevinster, diskontert til nåverdi, og omfatter hele analyseperioden fra 2025 til 2100.

Tabell 7-2: Vurdering av de prissatte konsekvensene (diskontert i millioner kroner)

Teknisk alternativ	I millioner kroner (diskontert)
Total mulig gevinst	554
Total kostnad	-413
Netto nåverdi	141
NNB	0,34



Figur 7-8: Lønnsomhet over tid for det tekniske alternativet

Figur 7-8 viser når det tekniske alternativet blir samfunnsøkonomisk lønnsomt. Vi ser det skje når den akkumulerte netto nytten går fra være negativ til positiv, her representert ved at grafen krysser den oransje linjen. For utslippsscenario SSP3-7.0 med 83-persentilen som sannsynlig utfall vil dette være i ca. år 2073.

7.5.2 Ikke-prissatte virkninger

Det er de samme kategoriene som for nullalternativet som er vurdert for de ikke-prissatte virkningene av det tekniske alternativet. Det tekniske alternativ vil spesielt ha negative konsekvenser for landskapsbildet med de visuelle siktlinjene både fra Vågen, men også fra andre steder i byen, ned mot sjøen. Det vil også trolig være mye støy i forbindelse med anleggsgjennomføringen, men dette er en midlertidig effekt. Tabell 7-3 oppsummerer vurderingene og verdien av de ikke-prissatte virkningene. Det er gjort overordnet vurdering av virkningene og det er stor usikkerhet knyttet til vurderingene.

Tabell 7-3: De ikke-prissatte virkningene av det tekniske alternativet.

Kategori	Vurdering	Verdi
Anleggsgjennomføring (midlertidig virkning)	Dette kommer primært av støy og begrenset tilgjengelighet til kai	Stor negativ
Kulturarv	Vågen er et viktig kulturmiljø i Stavanger kommune, både med det automatisk freda middelalderbyen, sjøhusrekken og har flere freda og vernet bygninger. En permanent mur vil bryte den visuelle kontakten og siktlinjene mot vannet og vil virke negativt for opplevelsen av den vernede og fredede kulturhistoriske bebyggelsen og kulturmiljøet som helhet. Spunt kan også påvirke kulturminner under bakken.	Middels negativ

	Alternativet er vurdert som mindre negativt enn nullalternativet da en mur vil beskytte kulturminnene fra permanent vannskade.	
Skade på veinett	Spunt/mur skal ikke i utgangspunktet ikke ha noe påvirkning på veinettet.	Ubetydelig/ingen
Forsinkelser	Spunt/mur skal ikke i utgangspunktet ikke ha noe påvirkning på veinettet.	Ubetydelig/ingen
Beredskapsutfordringer	Spunt/mur skal ikke i utgangspunktet ikke ha noe påvirkning på veinettet eller andre beredskapsbygninger.	Ubetydelig/ingen
Landskapsbilde	Vi mister kontakt mellom land og hav. Endrer hele bybildet med murene og mister siktlinjer. Selv når det er trinnvis utbygging.	Stor negativ
Friluftsliv / by- og bygdeliv	Mindre tilgjengelighet til sjøen. Får også noe positive egenskaper med at det blir sitteplasser osv.	Liten negativ
Maritime tilgang	Båter vil ha tilkomst til Vågen som før	Ubetydelig
Vannutskiftning/kvalitet	Ingen endring i vannutskiftning	Ubetydelig
SUM	Middels negativ	

8 Byromalternativ

8.1 Innledning

Byrom-alternativet har som hovedmål å unngå å skape visuelle barrierer mellom land og sjø, samtidig som det ivaretar eksisterende byrom så godt som mulig. Tiltakene innebærer først og fremst å heve de mest utsatte bygningene langs Skagenkaiaen. Deretter elimineres risikoen for oversvømmelse i resten av Vågen ved å installere en sluse i Vågen, som holdes åpen under normale forhold, men stenges ved stormflo.

8.2 Tiltak

8.2.1 Innledning

For byromalternativet vurderes ulike tiltak som samlet utgjør løsningen. Følgende tiltak blir vurdert:

- Mobilt Flomvern
- Utfylling Holmen
- Jekking av mest utsatte bygninger
- Sluse/Stormflobarrierer

8.2.2 Mobilt flomvern og utfylling Holmen

Dagens mobile flomvern kan hjelpe å beskytte Vågen en liten stund til for byromalternativet, men vil måtte bli erstattet av andre tiltak relativt raskt. Det henvises til kapittel 7.2.2 for videre beskrivelse.

Utfylling av Holmen kan beskytte deler av den nordøstlige delen av Vågen mot oversvømmelse. Det henvises til kapittel 7.2.7 for ytterlig beskrivelse av utfylling av Holmen, som vil være likt i byromalternativet.

8.2.3 Heving av de mest utsatte bygninger

Heving av gamle trebygg er et effektivt tiltak for å unngå oversvømmelser som følge av fremtidig havnivåstigning. Den største fordelen er at landskapet og kulturmiljøet ivaretas best mulig. Den største ulempen er at kostnadene knyttet til jekking er relativt høye. Tiltaket egner seg særlig godt for verdifulle bygg og kulturmiljøer som ønskes bevart, med høy betalingsvillighet for å unngå skade, tilsvarende flere av byggene innerst i Vågen.

Siden daglig høyvann ifølge utslipsscenario SSP 3-7.0, øvre 83% usikkerhet er forventet på ca. 90 cm NN2000 i 2100 er det nødvendig å heve bygningene som ligger under 1m høyde.

Figur 8-1 viser de mest utsatte bygningene som allerede har opplevd flere oversvømmelser. Målet er å heve disse med omtrent én meter. Det finnes erfaringer med jekking, og det er teknisk gjennomførbart å heve disse bygningene.



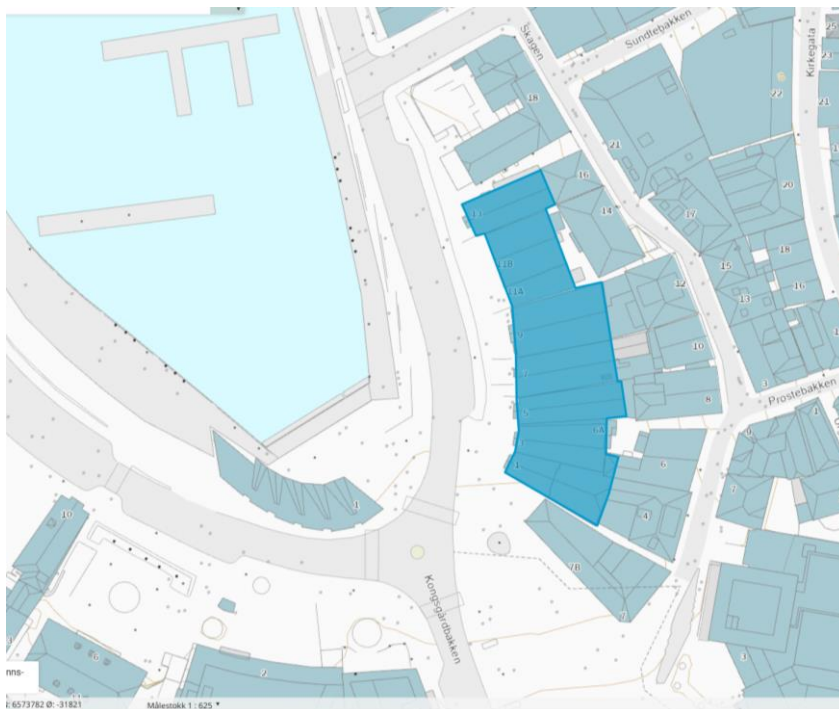
Figur 8-1: Lavtliggende historiske bygninger langs Skagenkaien. Foto: COWI

COWI har vært i dialog med flere aktører som har erfaring med heving av historiske bygninger, og har innhentet referansetall for kostnadsnivå knyttet til slike prosesser. Kostnadene varierer betydelig avhengig av faktorer som bygningstype, fundamentering, adkomstforhold, interiør og andre forhold.

Et eksempel er heving av Hanseatisk museum, hvor bygget ble løftet med 100 cm til en kostnad på 400 millioner kroner (COWI, 2024). Med et areal på 330 m² tilsvarer dette omtrent 1,2 millioner kroner per kvadratmeter. Dette prosjektet var spesielt komplekst, og kostnadsnivået reflekterer ikke nødvendigvis kostnadene for alle bygningstyper, men illustrerer potensielt høye utgifter knyttet til slike tiltak.

Ifølge en entreprenør med erfaring fra lignende hevinger av bygninger på Bryggen i Bergen, kan kostnadene for heving av bygninger i Vågen anslås til omkring 250 000 kroner per kvadratmeter grunnflate. Basert på denne referansen, estimeres kostnadene for heving av bygningene langs Vågen (se Figur 8-2) til å være omtrent 400 millioner kroner.

Hevingen innebærer også at bygulvet må heves, spesielt rundt bygningene der terrassene ligger i dag (Figur 8-1). Terrassene er klart det laveste punkt i terrenget rundt hele Vågen. Bygningene ligger i dag i en terrengforsenkning på cirka 0,5 meter over havet (moh), målt på terrasseområdet foran byggene, mens det laveste punktet på kaikanten er 0,8 moh. Målet er å heve bygningene til minst samme nivå som nabobyggene, for eksempel rundt 1,3 moh, for å redusere flomrisikoen tilsvarende. Det foreligger ennå ikke detaljerte planer for innpasning av bygulv og infrastruktur under bakken mv., men erfaringer fra Bryggen i Bergen kan benyttes. Vi vurderer jekking som gjennomførbart for de aktuelle bygningene. Vi antar at gaten (Skagenkaien) ikke vil bli hevet.



Figur 8-2: Indikerte bygningene som bør heves ca 1m.

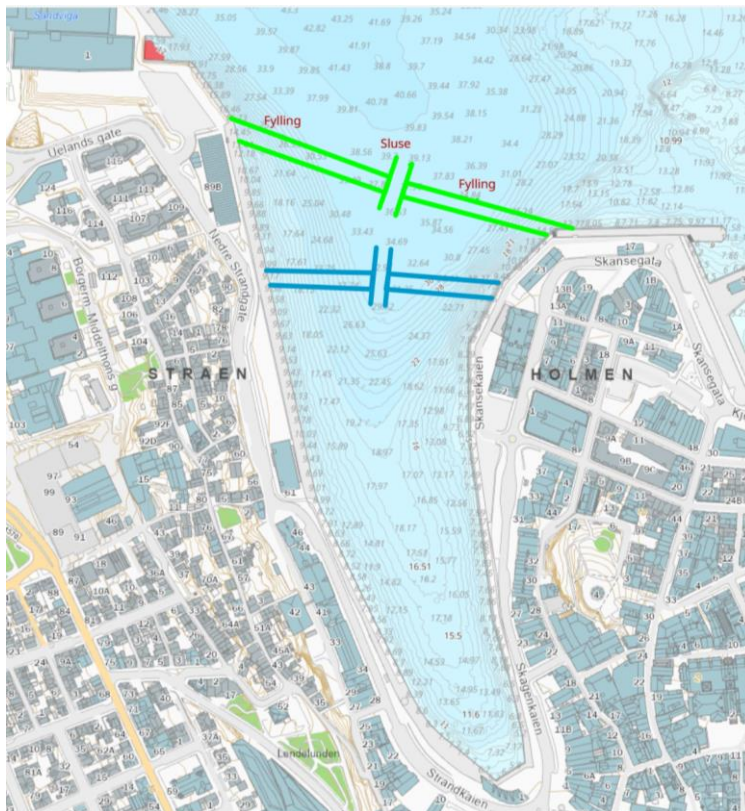
8.2.4 Sluse i Vågen

Et mulig tiltak for å beskytte Vågen mot stormflo og havnivåstigning er å etablere en sluse eller en stormflobarriere i inngangen til Vågen. Den enkleste og rimeligste løsningen er å basere seg på en tradisjonell sluse (se for eksempel Figur 8-3). Hensikten er at slusen bare lukkes ved stormflo, mens den forblir åpen under normale forhold. Siden de mest utsatte bygningene blir hevet (se siste avsnitt), vil det være mulig å holde slusen åpen fram til 2100 under vanlige forhold.

Vedlegg C viser at ved en vannstand på 1 meter over havet (NN2000) begynner bygg som ikke blir hevet, å bli oversvømt. En vannstand på 1 meter i 2100, basert på de benyttede scenariene, tilsvarer et middel springhøyvann som opptrer omtrent hver 14. dag. Dette innebærer i gjennomsnitt at slusen må stenges hver 14. dag.



Figur 8-3: Eksempler på sluser: venstre: sluse som høyvannssikring ved Aabenraa med 1 dør, Danmark (COWI); høyre: sluse for skipstrafikk nær Heidelberg med 2 dører, Tyskland (public domain).



Figur 8-4: To mulige plasseringer av en sluse i Vågen

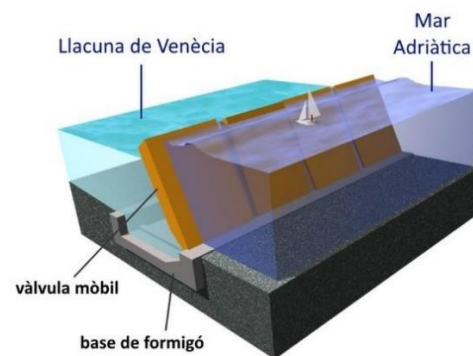
Figur 8-4 viser to mulige plasseringer for en sluse i Vågen. Planen er å innsnevre bredden ved å fylle ut deler av området, med en relativt liten sluse plassert i midten. Slusen blir da maksimalt 10 meter bred, noe som begrenser størrelsen på båtene som kan komme inn. Den mest nordlige plasseringen av slusen (se grønn sluse på figuren) beskytter hele området mot flom, imens den sørlige (se blå sluse på figuren) lar to små områder på begge sider av Vågen usikret. Den mest nordlige plassering av sluse krever litt mer fyllingsmasser og er dermed dyrere. Videre begrenses vannutskiftning i Vågen og en sluse vil være synlig i landskapet.

Den dyreste delen av en slik sluse er de bevegende dørene i et slusesystem. Utfyllingen må utformes slik at den er vanntett.

Alternativt kan man vurdere mer avanserte løsninger, som stormflobarrierer tilsvarende Venezia eller Thames-barrieren i London (Figur 8-5 og Figur 8-6). Disse strekker seg over hele bredden, og er betydelig dyrere, men har fordeler som mindre begrensning av maritim tilgang, bedre vannutskiftning og muligens mindre synlighet i landskapet. Ved valg av byromalternativet som løsning må sluseløsning utredes. Det finnes også muligheter for ytre barrierer som kan beskytte hele Stavanger og ikke bare Vågen. Dette blir diskutert i kapittel 11.4.



Figur 8-5: Venstre: Maasland stormflobarriere (Rotterdam), Nederland. Bilde: Eszter Simonfi (CC BY-SA 3.0); Høyre: Thames Stormflobarriere, London. Bilde: Andy Roberts (CC BY-SA 2.0).



Figur 8-6: Venstre: Oppblåsbar stormflobarriere Ramspol, Nederland (Bilde: Steven Lek (CCBY-SA 4.0)); Høyre: Stormflobarriere, Venezia, Italia. Bilde: Irònie (CC-BY-SA 4.0)

8.3 Adaptiv trinnvis utbygging

Havnivåstigning er forbundet med stor usikkerhet. I denne rapporten benyttes et føre-var-prinsipp med 85 cm havnivåstigning innen 2100, i tråd med anbefaling fra DSB (2024). Dette anses som et konservativt estimat for å sikre at bygninger ikke oversvømmes i overskuelig fremtid.

De fleste strategiske planer forutsetter implisitt at fremtiden kan forutsies, og baseres ofte på ett enkelt framtidsscenario gjennom trendekstrapolering. Hvis fremtiden likevel avviker, kan slike planer enten feile eller føre til overdimensjonerte tiltak. Derfor har adaptive løsninger blitt mer populære, da de kan justeres over tid.

Her presenteres DAPP (Dynamic Adaptive Policy Pathways)-diagrammet for det byromalternativet (Figur 8-7). Diagrammet viser at strategien må justeres når havnivåstigningen når bestemte terskler. Under diagrammet angis årstall for når ulike klimautslippsscenarioer forventes å nå disse nivåene.

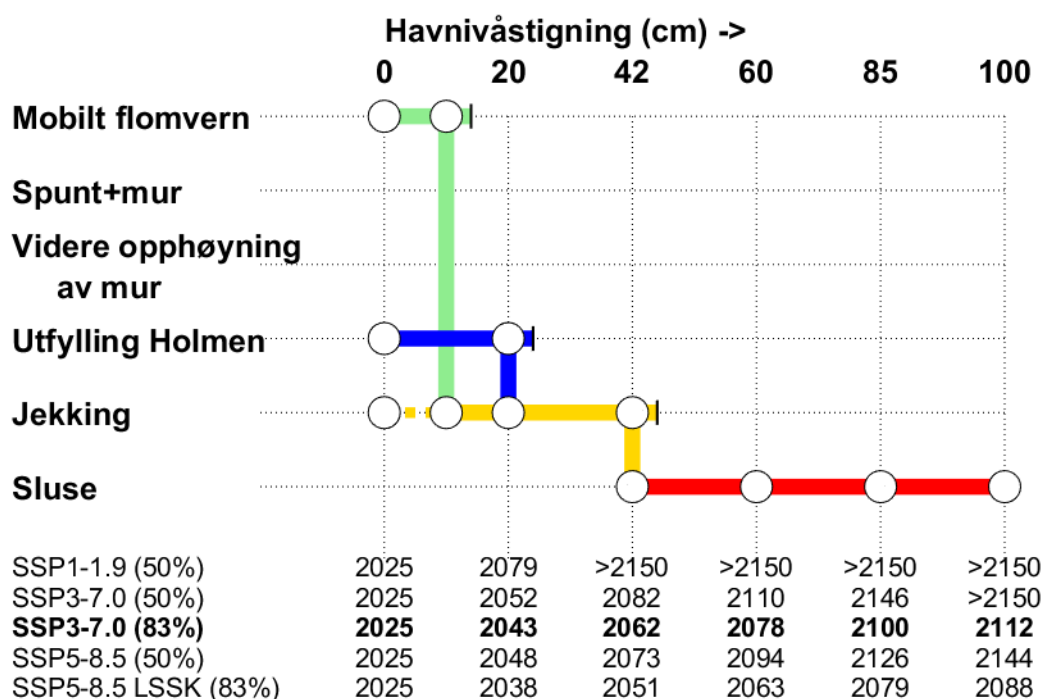
Det anbefales å videreføre mobilt flomvern en liten periode (ut levetiden på nåværende flompølse). Utfylling av Holmen kan bidra til å etablere flomvernet i nordøstlige deler av Vågen.

De mest utsatte bygningene i Skagenkaiaen bør jekkes opp. Dette sikrer en god del av de utsatte bygningene de første tiårene.

En sluse er nødvendig når andre bygningene rundt Vågen begynner å bli flomutsatt under stormflohendelser. Vi anser det som nødvendig at en sluse bør være på plass når havnivå har steget ca 42 cm (halvparten av 85 cm havnivåstigning). Med det brukte utslippsscenario SSP 3-7.0, øvre 83% usikkerhetsintervall, er dette rundt 2062. Andre utslippsscenarioer sier at dette kan være også i 2051 (lav sannsynlig), eller lengre enn 2150.

En sluseløsning vil sikre resten av Vågen som ikke blir jekket. Med SSP 3-7.0-scenariot vil det være nødvendig fra ca. år 2062 å sikre resten av Vågen. En sluse vil eliminere oversvømmelsesrisikoen fram til år 2100 og utover det. Slusen planlegges i Vågen og vil holdes åpen under normale forhold, men stenges ved stormflo for å beskytte området. Om vi bare bygger en sluse nå, og ikke gjennomfører jekking av de mest utsatte bygningen, da må slusen nesten være permanent strengt i 2100. Dette medfører store konsekvenser for havnetrafikken. Alternativet med sluse innebærer også utfordringer knyttet til maritim tilgang og vannkvalitet, spesielt vannutskiftning, og det er derfor ønskelig at slusen holdes åpen når det er mulig (se også kap. 6).

Strategien etter at havnivåstigning har steget mer enn 85cm blir diskutert i diskusjonskapitlet.



Figur 8-7: DAPP diagram for adaptiv trinnvis utbygging av byromalternativ.

8.4 Kostnadsestimat

Kostnadsestimatet er grovt beregnet og baserer seg på erfaringstall. Tabell 8-1 viser kostnadsestimatet for det byromalternativet i 2024-kroner. Kostnaden for jekking er basert på erfaringstall fra Bergen (COWI, 2024), og kostnader innhentet fra en entreprenør. Det er antatt at jekkingen vil gå over en relativt lang tidsperiode. Det krever spesialistkompetanse og det er risiko for at det er få entreprenører som tilbyr denne type tjeneste. Det er også tidkrevende arbeid. Vi har på den bakgrunn valgt å periodisere kostnaden for de 5 første årene av perioden etter år 2025.

Kostnaden for slusen er basert på erfaringstall. I Norge har vi ikke mye erfaring med denne typen sluseprosjekter, og det vil være behov for videre undersøkelser og kartlegging av løsninger som

kan fungere godt i Vågen. Slusen vil også kreve en utfylling som må tilpasses sluseløsning. Vi har antatt et behov på 1000 kubikkmeter, og størrelsen vil variere med valgt løsning.

Det er lagt til grunn 2% drift- og vedlikeholdskostnader årlig etter at slusen blir realisert. Dette er et grovt anslag og denne kostnaden vil avhenge av hvilken sluseløsning som blir valgt. For jekking antas det ikke at det er behov for drift og vedlikehold.

Tabell 8-1: Kostnadsestimat for det som er kalt byromalternativet (eksklusiv mva).

Byromalternativ	Mengde	Pris	Kostnad
Jekking	1480 m ²	250 000	400 000 000
Totalt jekking			400 000 000
Sluse			
Fylling	1 000 m ³	100 000	100 000 000
Sluseløsning	1 stk	575 000 000	575 000 000
Totalt Sluse			675 000 000
Totalt byromalternativ			1 075 000 000

8.5 Nytte-kostnadsanalyse

I dette kapittelet vil vi se på de prissatte og ikke-prissatte konsekvensene ved byromalternativet og sammenligne det med nullalternativet for å se om det er samfunnsøkonomisk lønnsomt. For at et tiltak skal være samfunnsøkonomisk lønnsomt må den totale nytten overstige den totale kostnaden i analyseperioden.

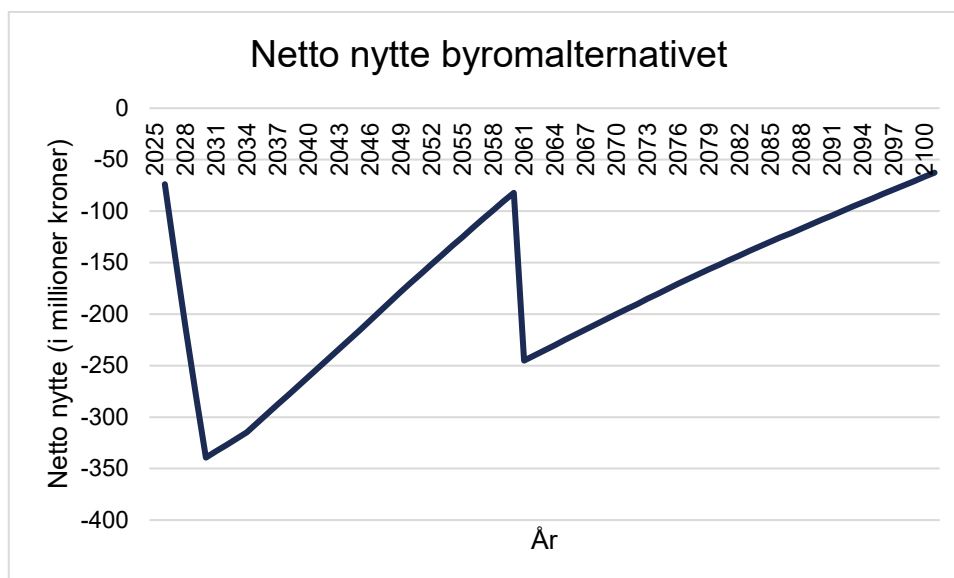
8.5.1 Prissatte konsekvenser

Tabell 8-2 viser de totale kostnadene og potensielle gevinstene i millioner kroner for perioden 2025 til 2100. Netto nytte angir den samfunnsøkonomiske lønnsomheten for prosjektet, mens NNB (netto nytte per budsjettkrone) fungerer som et relativt mål på lønnsomhet og illustrerer hva samfunnet får tilbake for hver krone investert, basert på prissatte virkninger (DFØ, 2023). Beløpene i tabellen er diskontert til nåverdi og dekker hele analyseperioden.

Tabell 8-2: Vurdering av de prissatte konsekvensene (i millioner kroner diskontert)

I millioner kroner	Byromalternativ
Total mulig gevinst (diskontert)	554
Total kostnad (diskontert)	-617
Netto nåverdi (diskontert)	-63
NNB	-0,10

Figur 8-8 viser utviklingen i netto nåverdi for byromalternativet. I analyseperioden på 75 år, vil byromalternativet ikke bli samfunnsøkonomisk lønnsomt om man bare hensyntar de prissatte virkningene. Det er viktig å se på sammenhengen mellom prissatte og ikke-prissatte konsekvenser før man konkluderer om et tiltak er samfunnsøkonomisk lønnsomt.



Figur 8-8: Diskontert netto nytte over analyseperioden, Byromalternativ

8.5.2 Ikke-prissatte konsekvenser

Det er de samme kategoriene som for nullalternativet som er vurdert for de ikke-prissatte virkningene av byromalternativet. Det er spesielt den maritime tilgangen som blir påvirket i dette alternativet ved en sluse i Vågen som store båter ikke vil kunne passere som i dag. Det vil også være en lengre anleggsperiode i forbindelse med jekkingen som kan ha negativ påvirkning for de aktuelle byggene. Det kan bli begrenset ved god planlegging og tilrettelegging. Tabell 8-3 oppsummerer vurderingene og verdien av de ikke-prissatte virkningene. Det er gjort overordnet vurdering av virkningene og det er stor usikkerhet knyttet til vurderingene. Kulturarv og Friluftsliv / by- og bygdeliv er vurdert som positiv fordi det vil kunne sikre Vågen bedre enn det tekniske alternativet.

Tabell 8-3: De ikke-prissatte virkningene av byromalternativet.

Kategori	Vurdering	Verdi
Anleggsgjennomføring (midlertidig virkning)	De byggene som blir jekket kan ikke bli brukt i anleggsperioden. Dette kan få store negative konsekvenser for næringslivet, spesielt om arbeidet pågår over en lang tidsperiode. Forutsetter at jekkingen blir gjennomført på en måte som minimerer de negative konsekvensene for næringslivet. Sluse vil medføre at Vågen er mindre tilgjengelig for båter	Stor negativ
Kulturarv	Vågen er et viktig kulturmiljø i Stavanger kommune, både med det automatisk freda middelalderbyen, sjøhusrekken og har flere freda og vernet bygninger. Jekking og sluse vil i utgangspunktet kunne ha en liten positiv effekt for kulturmiljøet	Ubetydelig/ingen

	fordi bygningen blir beskyttet helt mot oversvømmelse. På den andre siden kan jekking av de aktuelle sjøhusene kunne påvirke den automatiske fredet middelaldergrunnen.	
Skade på veinett	Jekking og sluse skal ikke i utgangspunktet ikke ha noe påvirkning på veinettet	Ubetydelig/ingen
Forsinkelser	Jekking og sluse skal ikke i utgangspunktet ikke ha noe påvirkning på veinettet	Ubetydelig/ingen
Beredskapsutfordringer	Jekking og sluse skal ikke i utgangspunktet ikke ha noe påvirkning på veinettet eller andre beredskapsbygninger.	Ubetydelig/ingen
Landskapsbilde	Heve bygulvet vil påvirke byrom//landskap. Slusen vil påvirke landskapsbildet og det visuelle inntrykket.	Middels negativ
Friluftsliv / by- og bygdeliv	Alle bygningene i Vågen vil være tilgjengelig	Liten positiv
Maritime tilgang	Store båter vil ikke komme seg inn til Vågen.	Stor negativ
Vannutskiftning/kvalitet	Slusen vil påvirke vannkvaliteten noe	Liten negativ.
SUM	Liten negativ	

9 Resultat teknisk/byromalternativ

9.1 Samlet samfunnsøkonomisk vurdering

De prissatte konsekvensene er oppsummert for begge alternativene i Tabell 9-1. Det er det tekniske alternativet som baserer seg på spunting og trinnvis utbygging av mur som kommer best ut når vi ser på de prissatte konsekvensene. Dette alternativet er en del rimeligere, og har lavere drift og vedlikeholdskostnader, enn det byromalternativet.

Tabell 9-1: De prissatte konsekvensene for begge alternativene.

I millioner kroner	Nullalternativet	Teknisk alternativ	Byromalternativ
Total mulig gevinst	0	554	554
Total kostnad	0	-413	-617
Netto nåverdi	-554	141	-63
NNB	-	0,34	-0,10
Rangering	3	1	2

De ikke-prissatte konsekvensene er oppsummert i Tabell 9-2. Vi ser at begge alternativene vil være bedre enn nullalternativet (videreføring av dagens situasjon). Det er her det tekniske alternativet som kommer dårligst ut av de to tiltakene sammenlignet med hverandre. Byromalternativet har som mål å ivareta Vågen i størst mulig grad slik som den er i dag, og det er primært den maritime tilgangen som er negativt for dette alternativet.

Tabell 9-2: Ikke-prissatte konsekvenser for Vågen

Hva	Nullalternativet	Teknisk alternativ	Byromalternativ
Anleggsgjennomføring	Ubetydelig/ingen	Stor negativ	Stor negativ
Kulturarv	Meget stor negativ	Middels negativ	Liten positiv
Skade på veinett	Ubetydelig	Ubetydelig/ingen	Ubetydelig/ingen
Forsinkelser	Liten negativ	Ubetydelig/ingen	Ubetydelig/ingen
Beredskapsutfordringer	Middels negativ	Ubetydelig/ingen	Ubetydelig/ingen
Landskapsbilde	Stor negativ	Stor negativ	Middels negativ
Friluftsliv / by- og bygdeliv	Meget stor negativ	Liten negativ	Liten positiv
Maritim tilgang	Ubetydelig/ingen	Ubetydelig	Stor negativ
Vannutskiftning/kvalitet	Ubetydelig/ingen	Ubetydelig	Liten negativ
Sum	Stor negativ	Middels negativ	Liten negativ
Rangering	3	2	1

Tabell 9-3: Samlet vurdering av samfunnsøkonomisk lønnsomhet

	Nullalternativet	Teknisk alternativ	Byromalternativ
Rangering basert på prissatte konsekvenser	2	1	3
Rangering basert på ikke-prissatte konsekvenser	3	2	1
Samlet vurdering	Nullalternativet kommer dårligst ut for de ikke-prissatte konsekvensene.	Mest inngripende for byrom og tilgang til havet fra landside	Dyreste i kroner og øre, men bevarer i større grad Vågen slik vi kjenner den i dag. Store båter vil miste tilgang til Vågen
Rangering	3	1	1

I den videre vurderingen må det gjøres en avveining mellom prissatte og ikke-prissatte virkninger. Det tekniske alternativet gir best resultater når man kun ser på de prissatte virkningene, mens byromalternativet skårer best på de ikke-prissatte virkningene. Totalt sett er det utfordrende å konkludere hvilket alternativ som er mest samfunnsøkonomisk lønnsomt. Derfor kan det være hensiktsmessig å arbeide videre med begge alternativene for å utrede mulige løsninger. Dette inkluderer å utvikle mer presise kostnadsestimater for de tekniske løsningene, samt å vurdere de ikke-prissatte virkningene opp mot designede løsninger.

Dersom det lykkes å utvikle et teknisk alternativ som bedre ivaretar landskapsbildet og kulturarven, kan også de ikke-prissatte virkningene for dette alternativet forbedres. Eller om teknologien i fremtiden gjør at man kan bygge sluser til en lavere kostnad, så vil byromalternativet bli mer lønnsomt. Det er uansett sikkert at havnivået vil stige, og det er derfor avgjørende å gjennomføre tiltak. Nullalternativet (videreføring av dagens situasjon) vurderes som det klart dårligste alternativet, og en videreføring av nullalternativet er derfor ikke anbefalt.

9.1.1 Usikkerhet i utslippsscenario

Usikkerheten i hvor raskt havnivået stiger påvirker ikke rangeringen blant de prissatte konsekvensene. Byromalternativet vil aldri bli samfunnsøkonomisk lønnsomt i noen av utslippsscenarioene. Vi ser at risikoen øker og er vesentlig høyere for SSP5-8.5 LSSK enn for SSP1-2.6. Det er derfor viktig å tilpasse utbygging av tiltak med hvor raskt havet stiger. DAPP diagrammene er gode verktøy for å vise ved hvilket havnivå, og ca når avhengig av utslippsscenario, det vil være nødvendig å ha tiltak på plass.

Tabell 9-4: Usikkerhet i utslippsscenario

Scenario	I millioner kroner	Teknisk alternativ	Byromalternativ
SSP1-2.6 (middel)	Total mulig gevinst	314	314
	Total kostnad	-413	-617
	Netto nåverdi	-99	-303
	NNB	-0,24	-0,49
	Rangering	1	2
SSP3-7.0 (høy)	I millioner kroner	Teknisk alternativ	Byromalternativ
	Total mulig gevinst	554	554
	Total kostnad	-413	-617
	Netto nåverdi	141	-63
	NNB	0,34	-0,10
	Rangering	1	2
SSP5-8.5 LSSK (middel)	I millioner kroner	Teknisk alternativ	Byromalternativ
	Total mulig gevinst	504	504
	Total kostnad	-413	-617
	Netto nåverdi	91	-113
	NNB	0,22	-0,18
	Rangering	1	2

9.1.2 Usikkerhet i hyppigheten av stormflo

Tabell 9-5 viser hvordan grensen i modellen på skadefrekvensen av stormflohendelser påvirker lønnsomheten til begge alternativene. Grensen er satt i basisberegningen til annethvert år. Analysen viser at dersom man setter grensen til årlig vil begge alternativene være samfunnsøkonomisk lønnsomt. Det vil derfor være viktig å følge med på hvor ofte stormflohendelser fører til økonomisk skade, og tilpasse utbyggingen av tiltakene etter utviklingen. Dersom man setter grensen til 4 år, vil netto nåverdi for tiltakene reduseres.

Tabell 9-5: Usikkerhet som følge av hyppighet av stormflo

Scenario	I millioner kroner	Teknisk alternativ	Byromalternativ
Årlig	Total mulig gevinst	952	952
	Total kostnad	-413	-617
	Netto nåverdi	539	335
	NNB	1,30	0,54
	Rangering	1	2
Annethvert år	I millioner kroner	Teknisk alternativ	Byromalternativ
	Total mulig gevinst	554	554
	Total kostnad	-413	-617
	Netto nåverdi	141	-63
	NNB	0,34	-0,10
	Rangering	1	2
Hvert 4 år	I millioner kroner	Teknisk alternativ	Byromalternativ
	Total mulig gevinst	329	329
	Total kostnad	-413	-617
	Netto nåverdi	-84	-289
	NNB	-0,20	-0,47
	Rangering	1	2

10 Skisseforslag teknisk alternativ

10.1 Innledningen

I dette kapittelet presenteres et skisseforslag for det tekniske alternativet. Det er viktig å understreke at dette kun er et foreløpig forslag som illustrerer hvordan et mulig flomvern rundt Vågen kan utformes. Før det kan tas en beslutning om hvordan Vågen skal sikres, må det først etableres en klar forståelse av hvordan man ønsker å ivareta Vågens identitet, sikre alle interesser og definere målsetningene for området.

Kommunedelplanen for Stavanger sentrum 2019-2034 (Plan 129K) legger til rette for trinnvis utbygging av et sammenhengende flomvern. Det er avgjørende å unngå at flomvernet fremstår som en fysisk barriere mellom den eksisterende byen og sjøen. Samtidig må flomvernet ivareta områdets bruk og videreføre en kontinuerlig havnedrift.

10.2 Mulige løsninger over bakken

Flomvernet langs Vågen i Stavanger kan utformes på mange måter. Målet bør være at løsningen integreres best mulig i byens rom og identitet, slik at det ikke fremstår som et fremmedelement. Dette representerer en stor utfordring for landskapsarkitekten, og vi anbefaler at det i en senere fase arrangeres en arkitektkonkurranse for å hente inn innovative utformingsideer. På nåværende stadium ønsker vi å presentere mulige løsninger som gir Stavanger kommune et godt grunnlag for videre planarbeid og prosjektutvikling.

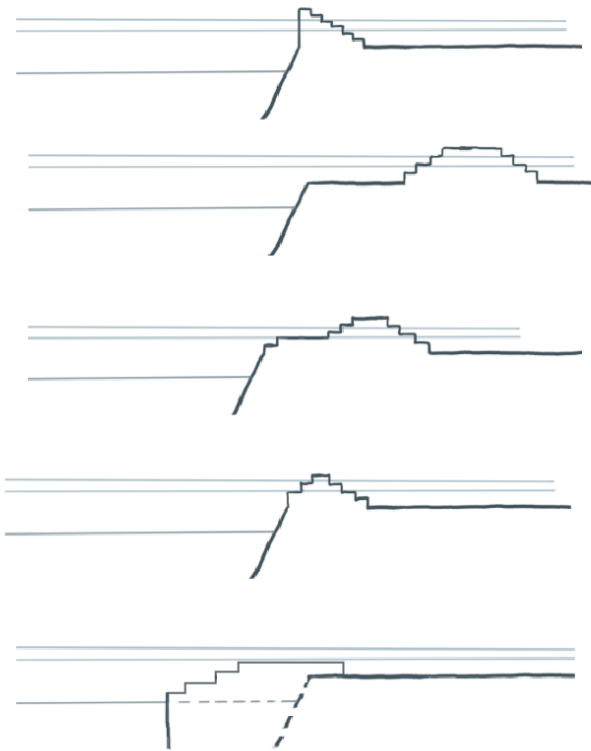
Havnivåstigning og hyppigere og større stormfloer kan gi store ødeleggelser på infrastruktur og natur langs kysten. Naturbaserte løsninger kan gi naturlig beskyttelse mot disse hendelsene ved at de skaper et naturlig forsvar av kystsonen mot oversvømmelse og erosjon som skapes av bølger, stormer og økt havnivå. (Naturbaserte løsninger for klimatilpasning, Miljødirektoratet 2017).

Flomvernet er plassert på sjøsiden av Fisketorget. Det er veldig trangt på begge sider av bygningen og for ikke å gjøre bygningen mindre tilgjengelig fra gangakser inn mot sentrum er flomvernet langs sjøsiden.

Innerst i Vågen preges området av harde flater og minimalt biologisk mangfold. Stedet er mye brukt som offentlig plass og eventuell vegetasjon må tåle svært krevende vekstforhold. Det bør likevel være mulig å tilrettelegge for naturbaserte løsninger *i tillegg til det tette flomvernet* for å styrke områdets økologiske verdi, bidra til naturlig vannhåndtering og redusere miljøpåvirkningen.

I tillegg kan grønne områder etableres som legger til rette for beplantning, økt biologisk mangfold og mykere overflater – en naturbasert tilnærming som både styrker flomvernet og bymiljøet.

For å sikre god gjennomstrømning for gående, driftskjøretøy og overvann må det etableres strategisk plasserte åpninger i flomvernet. Ved flomhendelser kan disse midlertidig stenges med spjeld eller andre tilsvarende tiltak.



Figur 10-1: Illustrasjon som viser ulike måter å plassere flomvern langs kaien. Illustrasjon COWI

Flomvernet kan være et eget arkitektonisk og sammenhengende element, eller det kan løses ved å heve hele kaikanten, med en gradvis nedtrapping mot dagens kotehøyde ved trehusbebyggelsen. Alternativt kan dagens kaikant flyttes for å gi større plass og bedre handlingsrom for flomsikring. Dette er noe som bør utforskes videre og som nevnt tidligere anbefaler vi at det i en senere fase arrangeres en arkitektkonkurranse for å hente inn innovative utformingsideer.



Figur 10-2: Eksempel på flomvern integrert som en del av byrommet og minst mulig barrierevirkning. Watermans Cove, Barangaroo, New South Wales, Australia. Kilde Lendlease and Infrastructure og Aurecongroup.com

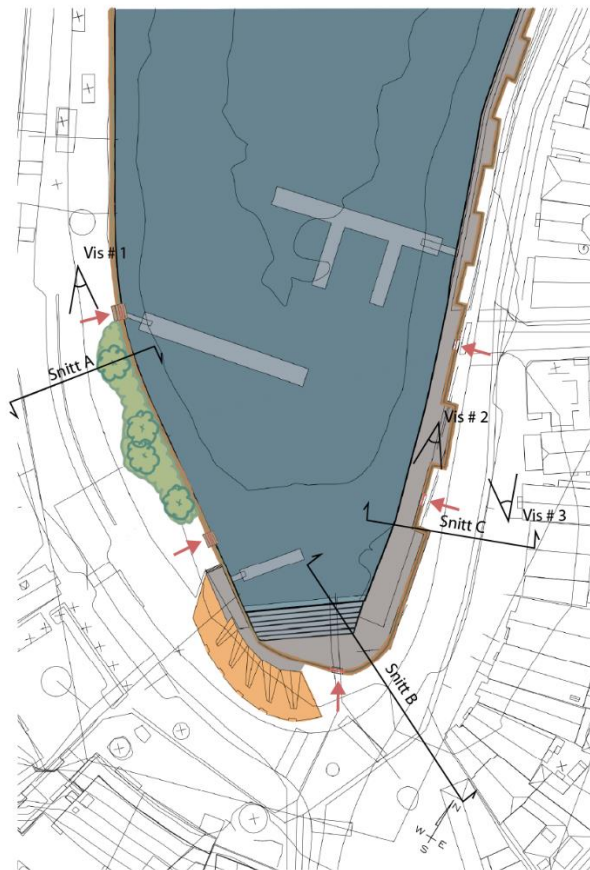
Et godt eksempel på tilpasning til fremtidig havnivåstigning langs havnefronten er prosjektet Barangaroo i Sydney. Flomvernet er utformet som en naturlig del av bylandskapet og byrommet, noe som demper barrierevirkningen og kobler byen bedre til sjøen. Istedenfor høye, utilgjengelige murer, brukes gradvise terrenghevinger, offentlige plasser og grønne områder som samtidig gir flomsikring. Prosjektet kombinerer havnesikring med utvikling av arbeidsplasser,

boliger, rekreasjonsområder samt kultur- og næringsliv, alt designet med tanke på langsiktig klimaberedskap.

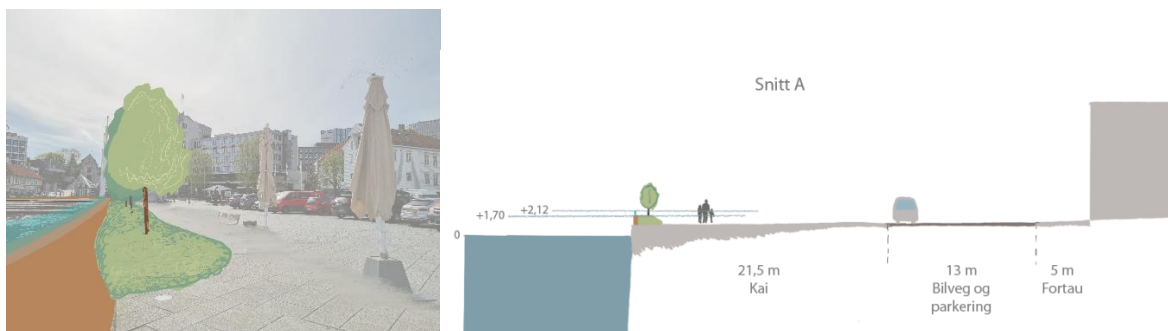
På neste sider vises et av mange mulige forslag til løsninger. I de neste fasene av prosjektet må det jobbes mer med konsept og utforske mulighetsrommet; hva vil vi med Vågen?



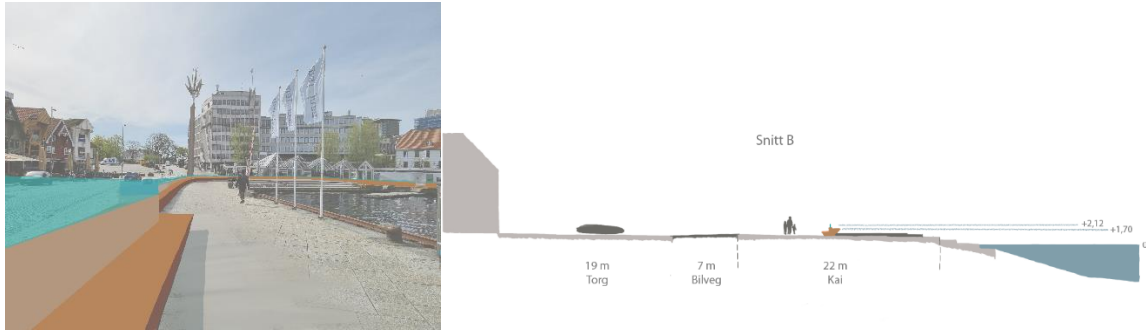
Figur 10-3: Skisseforslag plassering av sammenhengende flomvern (blå strek). Illustrasjon COWI



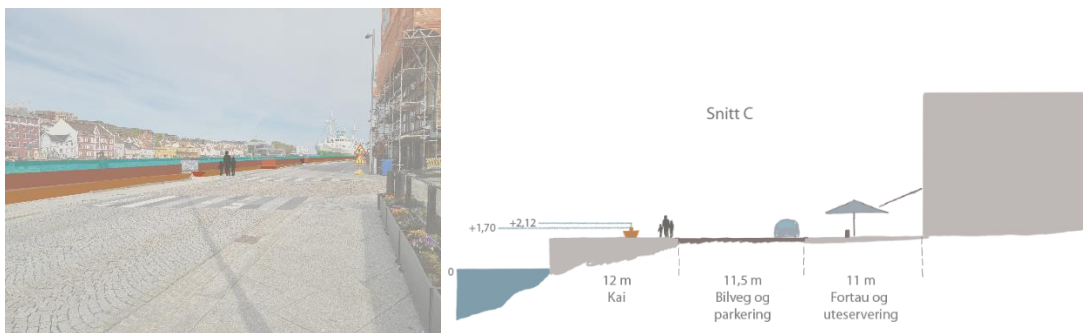
Figur 10-4: Oversikt for standpunkt for visualisering og snittlinjer. Åpninger i flomvern vist som røde piler. Illustrasjoner COWI



Figur 10-5: Visualisering 1 og snitt A



Figur 10-6 Visualisering 2 og snitt B



Figur 10-7: Visualisering 3 og snitt C

Visualiseringene (Figur 10-5 til Figur 10-7) viser at flomvernet består av to trinn for en gradvis utbygging. Første trinn etableres på en høyde på 170 cm over NN2000, og beskytter mot en havnivåstigning på 42 cm — forventet rundt 2062 basert på utslippsscenario SSP 3-7.0 (øverste 83 % usikkerhetsintervall). Når havnivået stiger utover 42 cm, heves flomvernet videre til 212 cm over NN2000. Dette er illustrert ved den gjennomsiktige vegg på toppen av flomvernet.

11 Diskusjon

11.1 Adaptiv tilnærming over tid (etter år 2100)

Havnivåstigning er forbundet med betydelig usikkerhet. I denne rapporten benyttes et føre-var-prinsipp med en forventet havnivåstigning på 85 cm innen 2100, i tråd med anbefalingen fra DSB (2024). Dette anses som et konservativt estimat som skal sikre at bygninger ikke oversvømmes i overskuelig fremtid.

De fleste strategiske planer forutsetter implisitt at fremtiden kan forutsies, og baserer seg ofte på ett enkelt framtidsscenario gjennom trendekstrapolering. Dersom fremtiden likevel avviker, kan slike planer mislykkes eller føre til overdimensjonerte tiltak. Derfor har adaptive løsninger fått økt popularitet, da de kan justeres over tid.

Her presenteres DAPP (Dynamic Adaptive Policy Pathways)-diagrammet for både det tekniske og byromalternativet (Figur 11-1). Diagrammet viser at strategien må tilpasses når havnivåstigningen når bestemte terskler. Under diagrammet angis forventede årstall for når ulike klimautslippsscenarioer når disse nivåene.

På lang sikt, med fortsatt økende havnivå, står man igjen med to hovedalternativer: enten å sikre Vågen med flomvern, eller å flytte forsvarslinjen lengre ut mot sjøen ved å etablere en sluse i inngangen til Vågen.

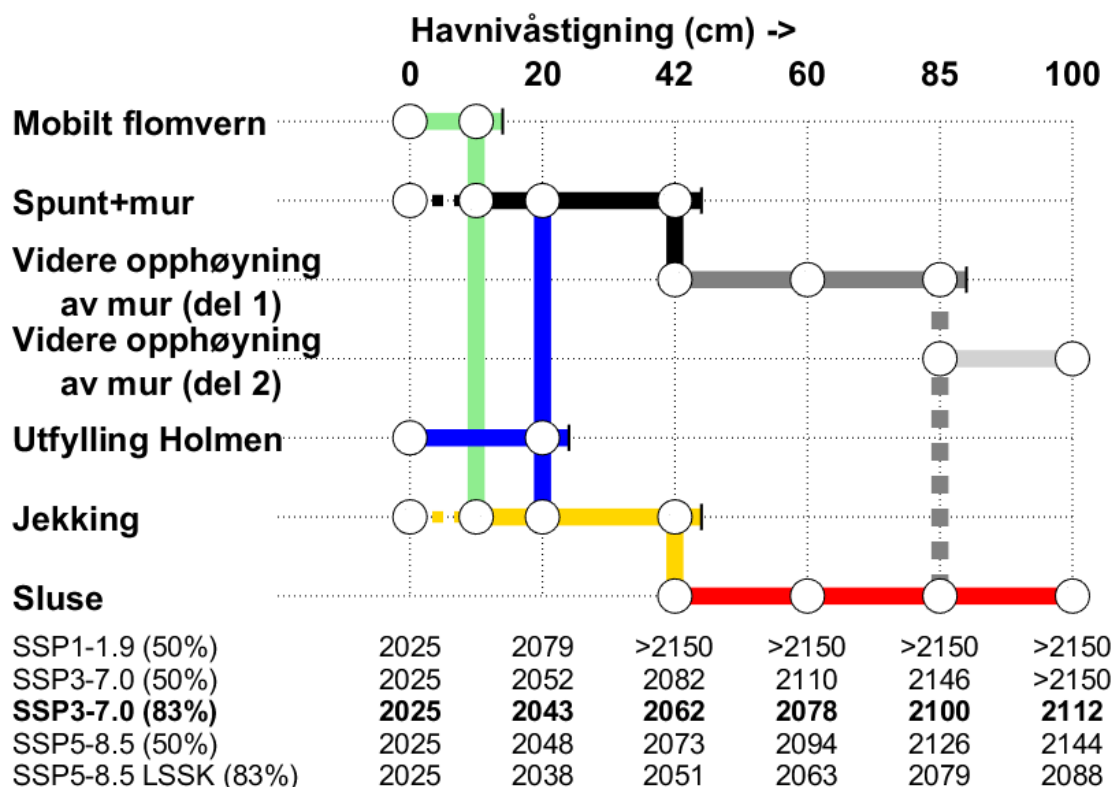
Når andre byggetrinn av flommuren er ferdigstilt, vil vernet være hevet til 212 cm NN2000. Dette beskytter Vågen mot havnivåstigning på opptil 85 cm, noe som forventes å være tilstrekkelig fram til 2100 ifølge hovedscenario SSP3-7.0. Beskyttelsesnivået vurderes som tilstrekkelig også etter 2100. Risikoen for at havnivået når 85 cm allerede i 2079 foreligger kun under det svært høye utslippsscenarioet SSP5-8.5 LSSK.

Etter at havnivåstigningen overstiger 85 cm, har det tekniske alternativet to muligheter. Den første er å øke muren ytterligere (Figur 11-1). Dette reiser spørsmål om hvor mye muren kan heves, ettersom havnivåstigningen forventes å fortsette i flere hundre år, og muren til slutt kan bli svært høy.

Den andre muligheten er å skifte strategi til en sluse, selv etter at muren er etablert (Figur 11-1). Dette kan særlig være aktuelt dersom videre opphøyning av muren ikke lenger er teknisk mulig, eller dersom muren vurderes å påføre for mye landskapsmessige eller funksjonelle forstyrrelser.

En sluse vil måtte stenges stadig oftere etter hvert som havnivået stiger. På lang sikt, mest sannsynlig langt etter år 2100, kan det tenkes at slusen blir permanent stengt, slik at Vågen i praksis blir en innsjø. En sluse kan da utformes som en båtsluse (Høyre figur i Figur 8-3), slik at båter fremdeles kan komme inn i Vågen. For å unngå oversvømmelse i dette området vil det da være nødvendig å pumpe ut vann fra Vågen og ut til sjøen.

En annen mulighet er å se nærmere på ytre barrierer i Byfjorden, som belyses i Kapittel 11.4.



Figur 11-1: DAPP diagram for adaptiv trinnvis utbygging av teknisk og byromalternativ (også etter 2100).

I den samfunnsøkonomiske vurderingen er det ikke sett på lengre enn til år 2100. Det er høy usikkerhet så langt frem i tid, og det er ekstra vanskelig å vite hvor ofte hendelser kan inntreffe. Selv om vi beregner bare til år 2100 vil det ikke si at det ikke er risiko for skade og kostnader i årene etter år 2100. Det vi vet er at oversvømmelsene vil skje enda hyppigere og behovet for sikring er stort. Det kan derfor være at en samfunnsøkonomisk analyse om for eksempel 10 år vil vise at byromsalternativet er mer lønnsomt enn det tekniske alternativet, spesielt om vi får et høyere utslipp enn vi har regnet med. Vi anbefaler derfor at det også bli gjort samfunnsøkonomiske vurderinger av tiltak også senere i planprosessene for å sikre at vi velger den beste løsningen med den nyeste informasjonen tilgjengelig om utslippsscenario.

11.2 Fordelingsvirkninger

Selv om den samfunnsøkonomiske analysen viser at tiltaket totalt sett er lønnsomt for samfunnet, kan enkelte grupper komme dårligere ut som følge av tiltaket. Ofte vil det være slik at det er noen grupper som vinner, og noen som taper på at et offentlig tiltak iverksettes. Hvordan nytte- og kostnadsvirkningene fordeler seg mellom ulike grupper i samfunnet, kalles fordelingsvirkninger (DFØ, 2023).

Det vil være stor kostnad for de enkeltpersoner som blir rammet av oversvømmelser som konsekvens av høye havnivåer. Dette har vi blant annet sett i Nesbyen kommune etter flommen Hans i august 2023. Ett år etter flommen er det fremdeles 17 innbyggere som ikke kan flytte tilbake til hjemmene sine (Henning Rønhoide, 2024). Det vil være verdier som går tapt og påkjenning for de som blir berørt. Enkeltbedrifter og lokalt næringsliv kan også bli påvirket negativt ved at de for eksempel mister kunder i perioder eller får skader på næringsseiendommen som tar tid å reparere. Over tid om det er hyppig oversvømmelser kan det være at de velger å ikke drive med

virksomheten sin i Vågen og flytter det til andre deler av byen. Dette vil påvirke nærmiljøet i Vågen negativt.

Markedsprisene for enkelte eiendommer som blir oversvømt oftere og oftere vil også trolig synke. Dette vil også ha stor innvirkning på eierne av disse boligene, spesielt i perioder der markedsprisen for boliger ellers i samfunnet er økende. Dette kan også gi utslag på sosiale ulikhet ved at over tid på at de flomutsatte eiendommene vil bli solgt billigere, og da tiltrekke seg lavinntektsfamilier, enslige osv. For Vågen der det er mye næringsvirksomhet kan det få større konsekvenser for små- og mellomstore virksomheter enn større virksomheter.

Tiltakene kan også begrense tilgangen til enkelte deler av byen og gjøre enkelte eiendommer mindre attraktiv enn det de er i dag.

11.3 Finansiering

En trinnvis og adaptiv tilnærming til flomsikring i Vågen har klare fordeler når det gjelder finansiering. Ved å dele opp investeringene over tid kan kommunen redusere den økonomiske belastningen på kort sikt, samtidig som man tilpasser tiltakene etter utviklingen i klimaforhold og teknologiske muligheter. Dette gir økt fleksibilitet og forbedrer mulighetene for å sikre tilstrekkelig kapital i hver investeringsfase, enten gjennom offentlige budsjetter, tilskudd eller andre finansieringskilder. Flomvern bør også bli ses i sammenheng med eventuell oppgradering av kai for å unytte seg av potensielle synergieffektene som kan gjøre at kostnadene kan bli redusert.

Samtidig er det en utfordring at beslutninger om sikringstiltak må ta hensyn til usikkerhet om fremtidige klimaforhold og lang tidshorisont, der behov for konkrete tiltak som regel først oppstår mange tiår etter bygging. Implementeringstidspunkt for tiltak er derfor kompleks å fastsette, noe som gir utfordringer for kommunen knyttet til prioritering og finansiering, spesielt i fravær av statlige midler til sikring av eksisterende bebyggelse.

Uten tiltak vil kostnadene knyttet til skader fra hyppigere og mer omfattende oversvømmelser på sikt påføre et bredt spekter av aktører betydelige økonomiske tap. Fra private huseiere og næringsliv til offentlige etater og samfunnet som helhet. Dette understreker viktigheten av å identifisere og mobilisere flere finansieringspartnere snarere enn å legge hele kostnadsbyrden på kommunen alene. Mulige aktører kan inkludere Stavanger kommune, Rogaland fylke og relevante statlige aktører, huseiere, næringsliv med interesser i området, eiendomsutviklere, forsikringsselskaper samt lokale og nasjonale fond for klimatilpasning.

Det kan også vurderes ulike finansieringsmodeller som offentlige-private partnerskap (OPS), klimafond, eller brukerfinansiering, avhengig av tiltakets karakter og hvem som drar nytte av flomsikringen. Det anbefales en grundig finansieringsanalyse med kartlegging av potensielle samarbeidspartnere, mulige statlige støtteordninger, og en vurdering av hvordan kostnadene og nytten kan fordeles rettferdig mellom aktørene i senere fase av prosjektet når mål og løsning er etablert.

Det er i dag ikke statlige støtteordninger for å håndtere fremtidig oversvømmelser av kystbyer som følge av havnivå i kombinasjon med stormflo. Denne rapporten viser at det allerede er behov for at Stavanger kommune må gjøre tiltak om få år om de ønsker å beholde Vågen som vi kjenner det i dag. Rapporten har også vist at tiltakene vil kreve betydelige investeringer. Det kan være krevende for norske kystkommuner å håndtere dette alene, og det vil trolig være behov for statlige støtteordninger innen kort tid.

Samlet sett krever finansieringsstrategien en helhetlig tilnærming som kombinerer offentlige midler, mulig privat medvirkning og fleksibel gjennomføring for å sikre et robust flomsikringsprosjekt i Vågen.

11.4 Ytre barrierer

Det er mulig å beskytte et stort område rundt Byfjorden ved å etablere ytre barrierer. Dette innebærer å stenge enkelte sund, samtidig som andre holdes åpne gjennom en sluse- eller barriereløsning som kan lukkes ved stormflo. Se Figur 11-2 for et eksempel på plassering av slike barrierer. En slik løsning gir flere fordeler, blant annet at det kreves lite eller ingen tiltak langs kaiene over den lange kystlinjen, noe som gjør at man unngår kostbare og omfattende spuntingsarbeider langs hele området.

På den annen side kan kostnadene forbundet med å etablere en ytre barriere være høye, men investeringen gir samtidig beskyttelse over et omfattende område. Særlig vil både Vågen og Holmen/Østre havn bli beskyttet. Det kan imidlertid oppstå visse begrensninger i maritim tilgang, avhengig av hvilken type sluse eller barriere som velges.

Det er også viktig å merke seg at selv med en slik barriere, vil det være nødvendig å heve de mest utsatte byggene på Skagenkaien, som omtalt i kapittel 8.2.3 for å unngå at slusene/barrierene må stenges for ofte/permanent.

Overskuddsmasser fra relevante tunnelprosjekter kan benyttes som fyllmasser i forbindelse med disse tiltakene. For å sikre at løsningen fungerer godt, må det gjennomføres grundige vurderinger av blant annet teknisk gjennomførbarhet, maritime tilgang, og gjennomstrømning og vannkvalitet for å ivareta både miljø og funksjonalitet.



Figur 11-2: Eksempel på plassering av ytre barrierer. I dette eksempel er gul barrierer/sluser som kan stenges ved stormflo med båter som kan komme seg inn til vanlig, og lilla er permanent stengt. Det påpekes at dette er bare et eksempel og man kan tenke seg andre steder hvor man kan plassere barrierer.

12 Konklusjon og anbefalinger

12.1 Konklusjon

Vågen i Stavanger står overfor betydelige utfordringer som følge av forventet havnivåstigning og økt risiko for stormflo frem mot år 2100. Fremtidsprognoser dokumenterer en markant økning i hyppigheten og omfanget av oversvømmelser dersom det ikke iverksettes adekvate tiltak. Dagens flomvern er utilstrekkelig for å møte de fremtidige klimarelaterte utfordringene, og uten en utvidet og målrettet beskyttelse vil Vågen bli eksponert for omfattende skader på bygningsmasse, infrastruktur og bymiljø.

Tidsaspektet er kritisk, og det anbefalte føre-var-prinsippet legges til grunn, med en forventet havnivåstigning på opptil 85 cm innen 2100. Kombinert med et økende havnivå som allerede har begynt å gjøre seg gjeldende, må Stavanger kommune handle raskt og planmessig. En adaptiv og trinnvis implementering av flomverntiltak anbefales for å sikre fleksibilitet i takt med klimaendringene og ny kunnskap. Dette vil redusere risikoen for både over- og underinvestering, og bidra til effektiv klimatilpasning i et langsiktig perspektiv.

Rapporten vurderer to hovedløsninger: et teknisk flomvern bestående av spuntvegger og permanente murer, og et byromsalternativ som kombinerer heving av utsatte bygninger med sluseanlegg. Den samfunnsøkonomiske analysen viser at det tekniske alternativet er mest fordelaktig, da det gir robuste beskyttelsestiltak mot 200-års stormfloer i tråd med anbefalt klimascenario, samtidig som investerings- og driftskostnadene er betydelig lavere enn for byromsalternativet.

Selv om byromsalternativet legger større vekt på landskap, kulturarv og visuell integrasjon, gjør høyere kostnader og større gjennomføringsutfordringer det mindre attraktivt økonomisk. Byromsalternativet vurderes imidlertid å ivareta byrommets og kulturarvens kvaliteter bedre, selv om det tekniske flomvernet også kan integreres godt i landskapet.

Her anbefales ikke en av disse to hovedalternativene, men utarbeidelsen av dem har bidratt til å belyse hva man ønsker for Vågen og legger grunnlaget for en videre diskusjon med alle involverte.

Uten rask og målrettet implementering av effektive flomverntiltak vil Stavanger risikere betydelige økonomiske tap og irreversible skader på Vågens viktige kulturarv og bymiljø. Derfor er det avgjørende at Stavanger kommune prioriterer en helhetlig strategi som kombinerer tekniske løsninger med hensyn til områdets sosiale, kulturelle og estetiske verdier. En slik tilnærming vil sikre at Vågen bevares som et levende og attraktivt byrom, samtidig som byens identitet og verdier beskyttes for fremtidige generasjoner.

12.2 Anbefalinger for videre undersøkelser

Gitt den pressende tidsrammen knyttet til forventet havnivåstigning, anbefales det at Stavanger kommune fortsetter arbeidet med videre utredninger og planlegging i et tempo som legger til rette for tidlig gjennomføring av nødvendige tiltak.

Det anbefales å utdype arbeidet med å tydeliggjøre Vågens identitet og framtidige rolle gjennom bred involvering av lokale aktører og interessenter. Å klargjøre hva man ønsker å oppnå med området, både som levende byrom og kulturhistorisk arena, vil kunne gi et viktig fundament for utvikling av klimatilpasningstiltak som ivaretar både vern og byutvikling.

Vi anbefaler å utrede finansieringsmodeller videre. Dette pågår mye arbeid nasjonalt om finansiering av klimatilpasning og det vil være viktig å finne løsninger som bidrar til å sikre finansiering for å beskytte Vågen mot oversvømmelser. Samtidig bør de juridiske forholdene knyttet til ansvar for eventuelle skader som kan oppstå ved etablering og drift av tiltakene, undersøkes nærmere. Det kan bli nødvendig å avklare hvilke aktører som vil ha ansvar for potensielle

følgeskader, samt hvordan dette kan påvirke rettigheter og forpliktelser i plan- og gjennomføringsfasen. En slik juridisk avklaring vil kunne bidra til økt forutsigbarhet og legge til rette for en smidigere planprosess.

Konsekvensene, som følge av tiltakene, på for eksempel landskapsbilde, kulturarv, bymiljø og beredskap bør utredet mer detaljert i neste utredningsfase.

Ytre barrierer fremstår som et interessant tema for videre undersøkelse, og kan representere et supplement eller alternativ til flomvern ved Vågen, Holmen/Østre havn og andre utsatte områder rundt Byfjorden. Det vil være nyttig å belyse potensialet for slike løsninger nærmere, da det kan beskytte et stor område (Kapittel 11.4).

Ved å ta disse punktene videre i planleggingen, kan Stavanger kommune styrke grunnlaget for en helhetlig og fleksibel klimatilpasningsstrategi som tar hensyn til fremtidige havnivåstigning.

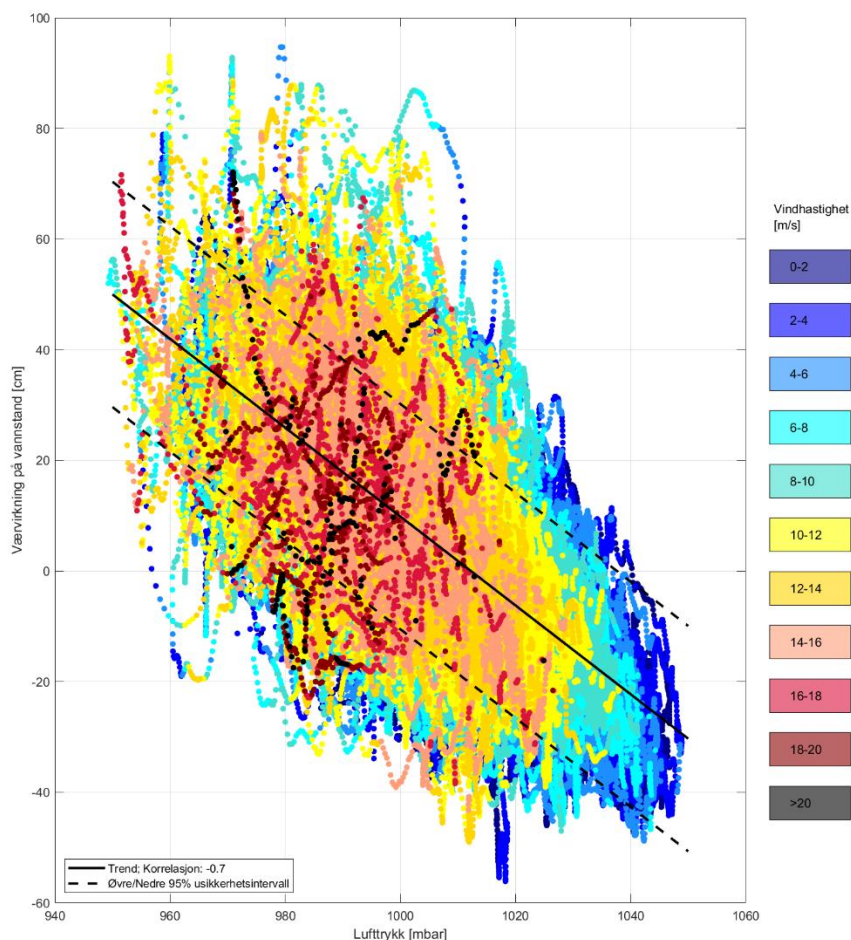
13 Referanseliste

- COWI (2024). Tiltak havnivåstigning Bergen sentrum.
- DFØ. (2023). *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser*.
- DFØ. (2023). *Veileder til utredningsinstruksen*.
- DSB. (2024). *Havnivåstigning og høye vannstander i samfunnsplanlegging*.
- Finansdepartementet. (2012). NOU 2012:16 Samfunnsøkonomiske analyser.
- Finansdepartementet. (2021). Rundskriv R-109 Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser.
- Henning Rønhovde, F. S. (2024, 8 7). *nrk.no*. Hentet fra https://www.nrk.no/buskerud/ett-ar-etter-ekstremvaeret-_hans__-flomofre-pa-nesbyen-bor-fremdeles-i-kofferten-1.16993094
- Klima- og miljødepartementet. (2023). Meld. St. 26 (2022-2023).
- Kartverket (2025). *Returnivåer Stavanger*, hentet fra <https://kartverket.no/til-sjos/se-havniva/> , juni 2025.
- NCCS. (2024). *Sea-level rise and extremes in Norway: Observations and projections based on IPCC AR6*. Norsk klimaservicesenter, report 1/2024.
- NASK (2025). Erstatningsskade stormflo for Stavanger kommune, mottatt februar 2025.
- Norconsult (2022). Flomvern Holmen og Østre havn, versjon 6.
- Nordhaus, W. (2011). The University of Chicago Press Journals . Hentet fra <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1093/reep/rer004>
- Stavanger kommune. (2019). Kommunedelplan for Stavanger sentrum 2019-2034.
- Statens vegvesen. (2021). Konsekvensanalyser - Håndbok V712.
- Stormrådet. (2017, august). Bodil skader dec 13 region og kommune. Stormrådet.

14 Vedlegg A: Sammenfall mellom stormflo og bølger

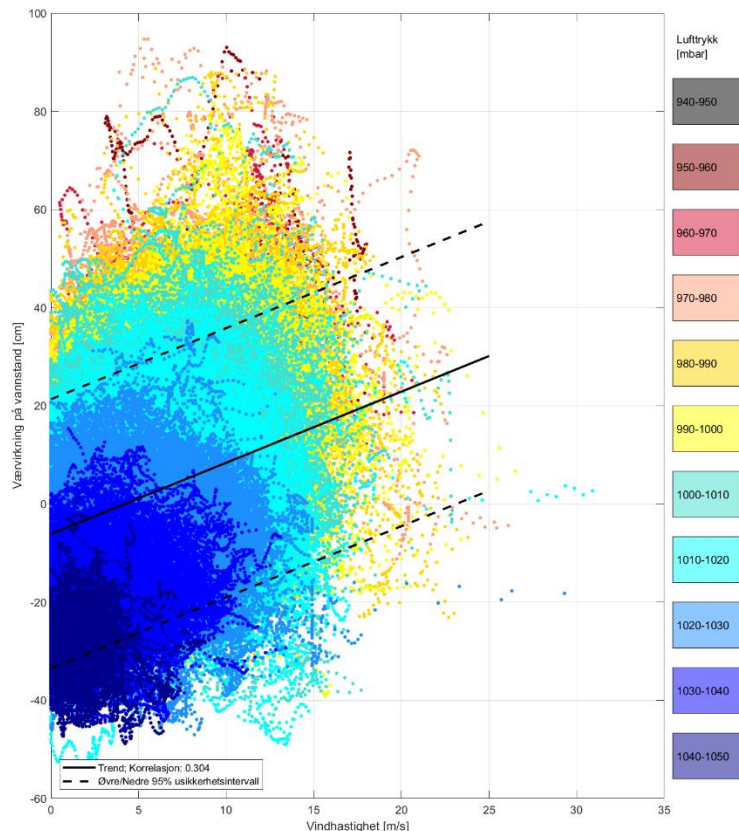
I denne delen undersøkes sammenfall (krysskorrelasjon) mellom værvirkning på vannstander og (nordlige) vind. Hovedspørsmålet er om ekstreme stormfloer inntreffer samtidig som nordlige vinder. I så fall bør flomvern i Vågen dimensjoneres for en kombinert ekstrem vannstand og (ekstrem) bølgehøyde.

Stormflonivåer oppstår vanligvis på grunn av lavt lufttrykk og pålandsvind. For å belyse prosessene som forårsaker stormflo, er observerte vannstander og astronomiske tidevannstander hentet fra vannstandsstasjonen i Stavanger. *Værvirkning på vannstand* er beregnet som forskjell mellom målte vannstand og det astronomiske tidevannet. Forskjellen skyldes altså lufttrykk og vind som vi vil se nærmere på. Den nærmeste værstasjonen med måling av lufttrykk og vind er Sola. Stasjonene anses å ligge nært nok hverandre til at dataene kan brukes til å gjennomføre krysskorrelasjoner.



Figur 14-1 Spredningsplott mellom lufttrykk (Sola) og værvirkning på vannstand (Stavanger) fra 1986 til 2024. Hvert punkt representerer samme tidspunkt med målte verdier av lufttrykk og vannstand. Intervall mellom punktene er 10 minutter. Værvirkning på vannstand er definert som forskjell mellom målt vannstand og astronomisk tidevannet i Stavanger.

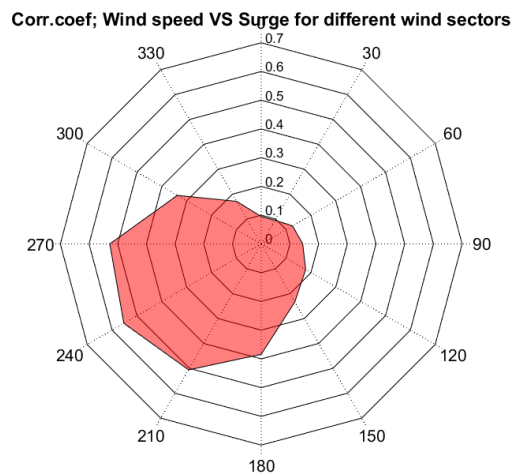
Figur 14-1 viser et spredningsdiagram mellom observert lufttrykk i Sola og værvirkning på vannstand i Stavanger for perioden 1986–2024. Hvert punkt er en måling på samme tidspunkt. Det er generelt god korrelasjon mellom lufttrykk og stormflo, med en korrelasjonskoeffisient på 0,70. Lavere lufttrykk sammenfaller med økte stormflonivåer. Figuren bekrefter den generelle tommelfingerregelen om at et lufttrykksfall på 1 mbar gir en økning i vannstand på omtrent 1 cm. Fargene i diagrammet indikerer vindhastighet, og det synes å være en svak trend hvor sterkere vinder generelt sammenfaller med høyere stormflonivåer, som vi se nærmere på i Figur 14-2.



Figur 14-2 Spredningsplott mellom vindhastighet (Sola) og værvirkning på vannstand (Stavanger) fra 1986 til 2024. Farger indikerer lufttrykk (Sola). Hvert punkt representerer samme tidspunkt med målte verdier av vindhastighet og vannstand. Intervall mellom punktene er 10 minutter. Værvirkning på vannstand er definert som forskjell mellom målt vannstand og astronomisk tidevannet i Stavanger.

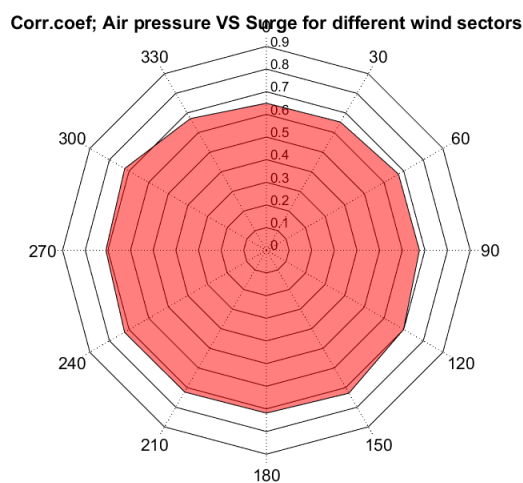
Figur 14-2 viser spredningsdiagrammet mellom vindhastighet i Sola og værvirkning på vannstand i Stavanger for perioden 1986–2024. Figuren undersøker sammenhengen mellom vindhastighet og vannstandsheving, med fokus på om høyere vindhastigheter gir økt vannstand. Her er korrelasjonen betydelig lavere enn i Figur 14-1, med en korrelasjonskoeffisient på 0,3. Høye vindhastigheter sammenfaller altså ikke nødvendigvis med høye stormflonivåer. Fargene i diagrammet representerer lufttrykk, og det blir tydelig igjen at de laveste lufttrykkene sammenfaller med de høyeste stormflonivåene.

Figur 14-3 viser korrelasjonskoeffisienten mellom vindhastighet i Sola og værvirkning på vannstand i Stavanger, fordelt på hver vindsektor på 30 grader. Den totale korrelasjonskoeffisienten er 0,3 som nevnt tidligere (Figur 14-2). Korrelasjonen per vindsektor er høyest rundt 240 grader, med en koeffisient på 0,55 (Se Figur 14-6A for tilhørende spredningsdiagram). Sterke vinder fra sørvest, kombinert med jordrotasjonen, fører til at ekstra vann transporteres mot kysten gjennom Ekman-transport. På den annen side viser vindsektorene ved 0 og 30 grader veldig lave korrelasjonskoeffisienter rundt 0,1, noe som tyder på at stormflo og sterk vind fra disse retninger har ingen sammenfall (Se Figur 14-6B for tilhørende spredningsdiagram). Vind fra denne retningen mangler det ekstra bidrag fra Ekman transporten mot kysten.



Figur 14-3 Korrelasjon mellom værvirkning på vannstand (Stavanger) og vindhastighet fra forskjellige vindretninger (Sola).

Figur 14-4 viser korrelasjonskoeffisientene mellom målt lufttrykk i Sola og værvirkning på vannstand for hver vindsektor. Her er korrelasjonen jevnt høy på tvers av alle sektorer, med høyest korrelasjon igjen nær 240 grader (se Figur 14-5A for tilhørende spredningsdiagram). Lavere lufttrykk henger sammen med økt vannstandsheving, uansett vindretning.

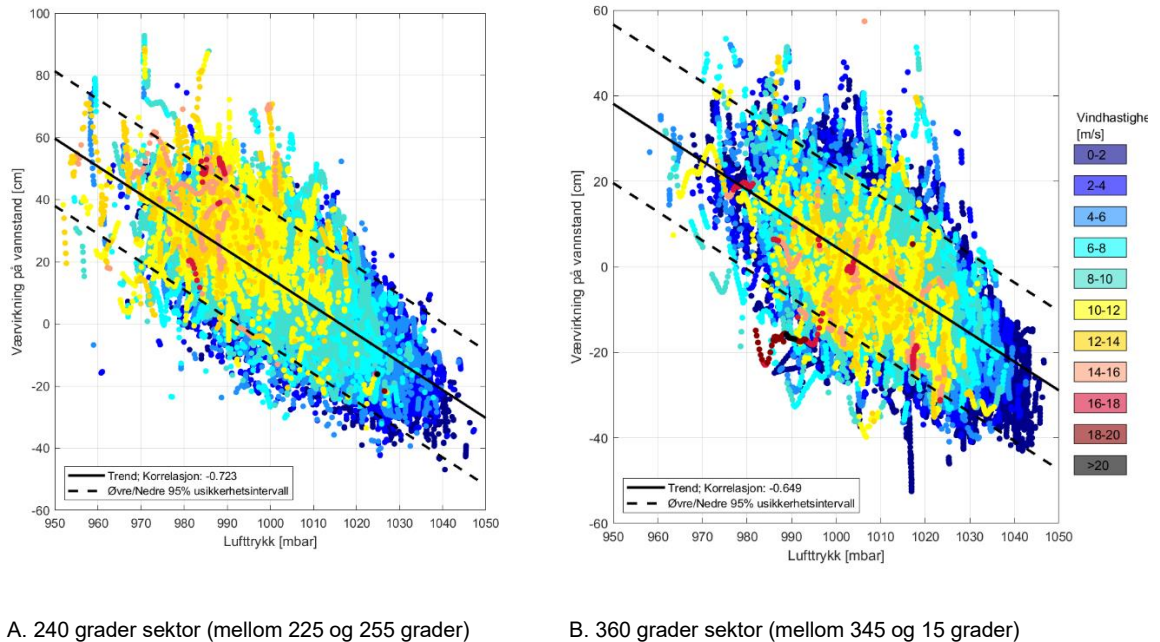


Figur 14-4 Korrelasjon mellom værvirkning på vannstand (Stavanger) og lufttrykk (Sola) for forskjellige vindretninger (Sola).

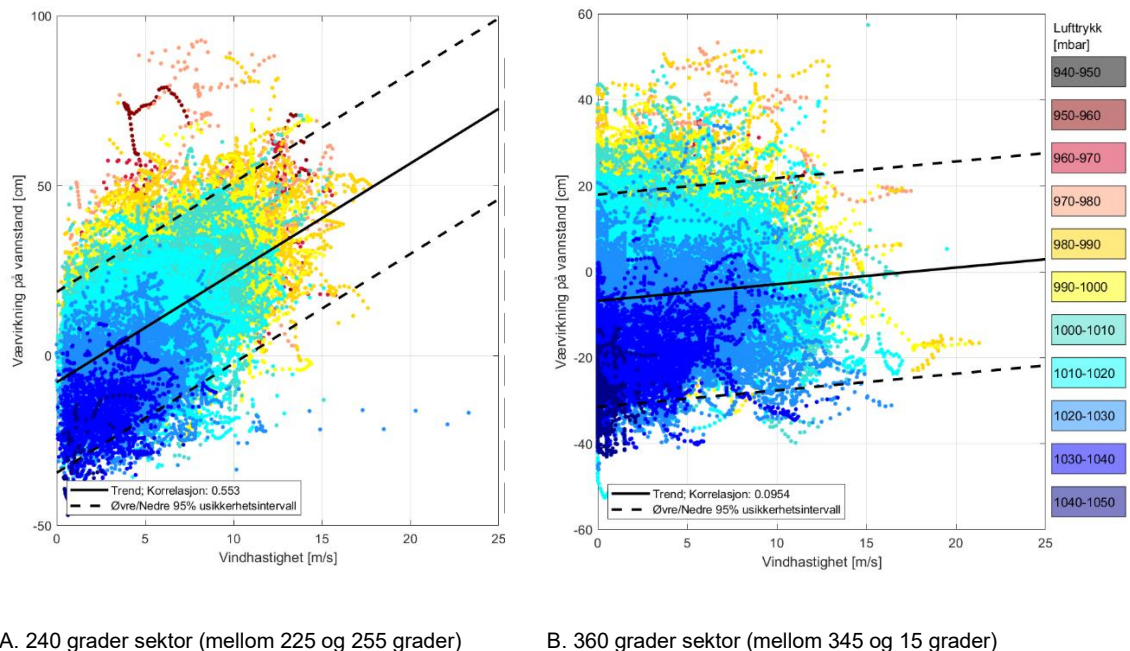
Vindsektoren ved 360 grader danner de største bølgene i Vågen, siden området ligger åpen mot hav fra nordlige side. Interessant nok viser Figur 14-3 og Figur 14-6B en korrelasjonskoeffisient på kun 0,1 mellom vindhastighet og stormflo for denne retningen, noe som antyder at stormflo og sterk vind sjelden forekommer samtidig. Likevel, i Figur 14-4 og Figur 14-6B, når lufttrykket kombineres med vind fra 360 grader, er korrelasjonen mellom lufttrykk og stormflo god. Vindhastighetene, visuelt fremstilt med farger i Figur 14-5B, er generelt lave. Disse ser ikke ut til å korrelere med verken stormflo eller lufttrykk, noe som også gjentas i Figur 14-6B.

Derimot viser Figur 14-5A spredningsdiagrammet for lufttrykk versus stormflo for 240-grads vindsektor, og understreker igjen en tydelig høy korrelasjon. I tillegg spiller vindhastigheten en bidragsyter. Høyeste vindhastigheter er representert i øvre venstre hjørne, noe som indikerer økte stormflonivåer på grunn av ekstra pådrag fra vinden. Dette illustreres ytterligere i Figur 14-6A med en korrelasjon på 0,55 mellom vindhastighet og værvirkning på vannstand.

Konsekvent kan stormflo oppstå med vinder fra 360-graders sektoren, men disse oversvømmelsene er mer avhengige av lavt lufttrykk enn av høye vindhastigheter. Det er verdt å merke seg at slike stormfloer sannsynligvis ikke blir like betydelige, siden de mangler det ekstra vannstandspådraget fra sterke vindkast i sørvestlig retning.



Figur 14-5 Spredningsplott mellom lufttrykk (Sola) og værvirkning på vannstand (Stavanger) for A) 240 grader sektor og B) 360 grader sektor. Tidsperiode fra 1986 til 2024. Hvert punkt representerer samme tidspunkt med målte verdier av lufttrykk og vannstand. Intervall mellom punktene er 10 minutter. Farger indikerer vindhastighet. Værvirkning på vannstand er definert som forskjell mellom målt vannstand og astronomisk tidevannet i Stavanger.



Figur 14-6 Spredningsplott mellom vindhastighet (Sola) og værvirkning på vannstand (Stavanger) for A) 240 grader sektor og B) 360 grader sektor. Tidsperiode fra 1986 til 2024. Farger indikerer lufttrykk (Sola). Hvert punkt representerer samme tidspunkt med målte verdier av vindhastighet og vannstand. Intervall mellom punktene er 10 minutter. Værvirkning på vannstand er definert som forskjell mellom målt vannstand og astronomisk tidevannet i Stavanger.

Konklusjonen er at ekstrem stormflo og nordlige vinder har minimal sammenheng. For å oppnå det ekstra vannstandsbidraget mot kysten som skyldes jordrotasjonen (Ekman-transport), må vinden som regel komme fra sør-sørvest. Selv om stormflo kan forekomme med nordlige vinder, er vannstanden vanligvis lavere enn ved sør-sørvestlige vindretninger. Derfor kan vi se bort fra det ekstra bidraget fra bølger når vi fastsetter sikringshøyden for flomvernet.

15 Vedlegg B: Innmålinger høyde bygninger

Tabellen nedenfor viser rådata for høydeinnmålinger av første etasje rundt Vågen. RMS (Root Mean Square) angir målefeil, som vanligvis er innen få centimeter. Koordinater er oppgitt i ETRS89 / UTM sone 32N, og høyder i NN2000.

Name	Easting (m)	Northing (m)	Elevation (m NN2000)	Longitude	Latitude	Easting RMS (m)	Northing RMS (m)	Elevation RMS (m)	Lateral RMS (m)
1	312051.956	6541357.456	0.736	5.73059485	58.97044042	0.027	0.010	0.030	0.029
2	312029.318	6541360.180	0.935	5.73019948	58.97045491	0.013	0.010	0.018	0.016
3	312100.274	6541343.981	1.246	5.73144521	58.97034081	0.010	0.010	0.010	0.014
4	312102.496	6541342.831	1.300	5.73148477	58.97033147	0.010	0.010	0.010	0.014
5	312095.882	6541358.368	1.228	5.73135674	58.97046787	0.017	0.011	0.020	0.020
6	312092.709	6541359.070	1.431	5.73130105	58.97047277	0.010	0.010	0.015	0.014
7	312082.512	6541371.484	0.885	5.73111346	58.97057961	0.010	0.010	0.015	0.014
8	312086.611	6541375.963	0.795	5.73118083	58.97062157	0.010	0.022	0.029	0.024
9	312086.914	6541377.827	0.821	5.73118450	58.97063841	0.010	0.010	0.014	0.014
10	312086.529	6541381.971	0.793	5.73117429	58.97067540	0.010	0.012	0.018	0.016
11	312086.769	6541387.512	0.985	5.73117375	58.97072519	0.010	0.011	0.014	0.015
12	312082.187	6541394.070	0.530	5.73108862	58.97078198	0.011	0.012	0.021	0.016
13	312080.967	6541402.446	0.637	5.73106031	58.97085654	0.010	0.011	0.018	0.015
14	312071.542	6541410.629	0.679	5.73088973	58.97092577	0.010	0.010	0.014	0.014
15	312069.065	6541416.710	0.526	5.73084155	58.97097921	0.010	0.010	0.013	0.014
16	312069.311	6541437.084	0.453	5.73082850	58.97116199	0.010	0.010	0.013	0.014
17	312069.628	6541451.711	1.534	5.73082158	58.97129328	0.010	0.010	0.017	0.014
18	312063.445	6541466.474	2.094	5.73070167	58.97142292	0.019	0.010	0.026	0.021
19	312062.005	6541465.564	1.936	5.73067745	58.97141413	0.015	0.010	0.019	0.018
20	312050.190	6541458.828	1.042	5.73047803	58.97134855	0.010	0.010	0.010	0.014
21	312041.372	6541476.549	1.179	5.73030986	58.97150358	0.010	0.011	0.017	0.015
22	312038.099	6541482.513	1.219	5.73024795	58.97155561	0.010	0.010	0.015	0.014
23	312036.413	6541485.594	1.155	5.73021606	58.97158249	0.010	0.010	0.016	0.014
24	312035.566	6541489.075	1.208	5.73019840	58.97161333	0.010	0.010	0.014	0.014
25	312032.940	6541498.150	1.063	5.73014509	58.97169355	0.010	0.012	0.016	0.016
26	312033.942	6541510.621	1.016	5.73015188	58.97180580	0.012	0.028	0.036	0.030
27	312031.822	6541516.325	0.978	5.73011024	58.97185601	0.011	0.027	0.025	0.029
28	312031.240	6541523.384	1.123	5.73009413	58.97191905	0.010	0.012	0.015	0.016
29	312031.833	6541532.856	1.102	5.73009636	58.97200424	0.010	0.013	0.016	0.016
30	312032.444	6541551.521	1.081	5.73009111	58.97217186	0.010	0.013	0.017	0.016
31	312028.618	6541566.550	1.186	5.73001190	58.97230493	0.010	0.017	0.025	0.020
32	312029.238	6541573.785	1.358	5.73001651	58.97237007	0.010	0.010	0.018	0.014
33	312033.630	6541594.673	1.318	5.73007502	58.97255928	0.010	0.010	0.013	0.014
34	312036.050	6541595.533	1.459	5.73011631	58.97256805	0.012	0.011	0.018	0.016
35	312037.536	6541596.497	1.390	5.73014129	58.97257735	0.011	0.012	0.019	0.016
36	312037.973	6541598.910	1.313	5.73014683	58.97259918	0.010	0.017	0.022	0.020
37	312034.037	6541603.387	1.549	5.73007468	58.97263759	0.012	0.011	0.022	0.016
38	312041.979	6541620.306	1.198	5.73019819	58.97279277	0.015	0.021	0.029	0.026
39	312043.704	6541623.783	1.228	5.73022519	58.97282471	0.010	0.016	0.022	0.019
40	312045.343	6541627.299	1.138	5.73025066	58.97285694	0.012	0.018	0.027	0.022
41	312060.647	6541629.452	1.901	5.73051458	58.97288297	0.010	0.010	0.011	0.014

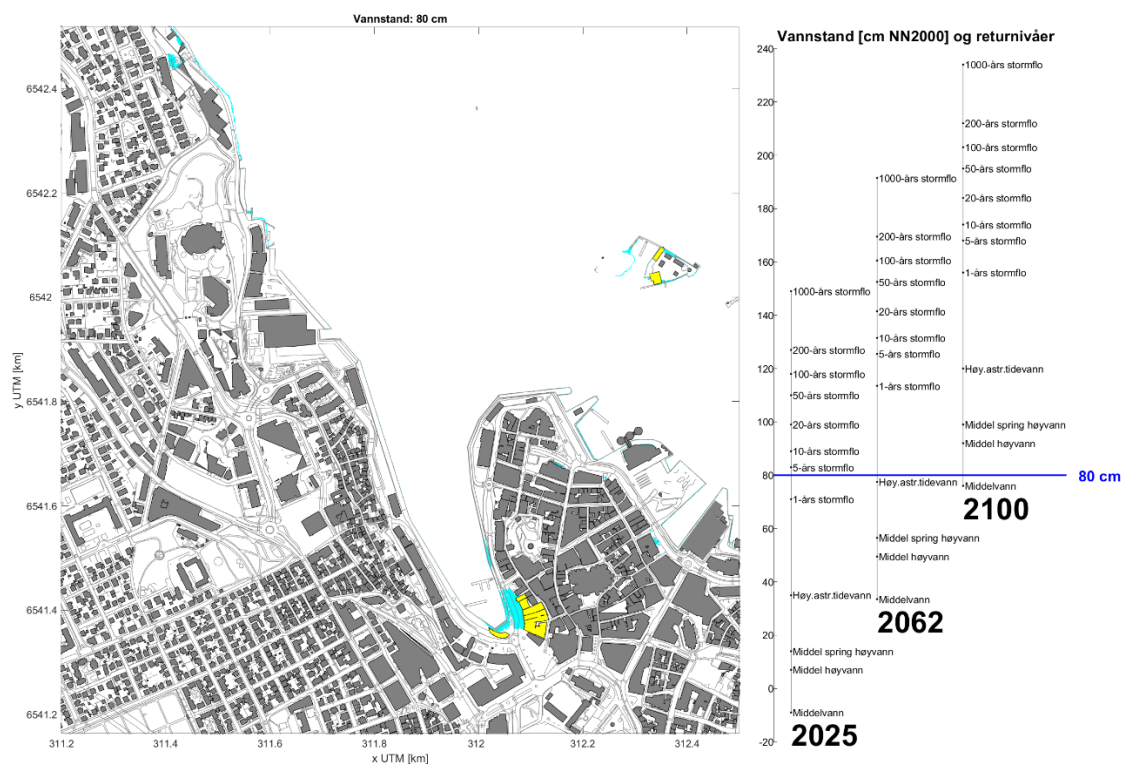
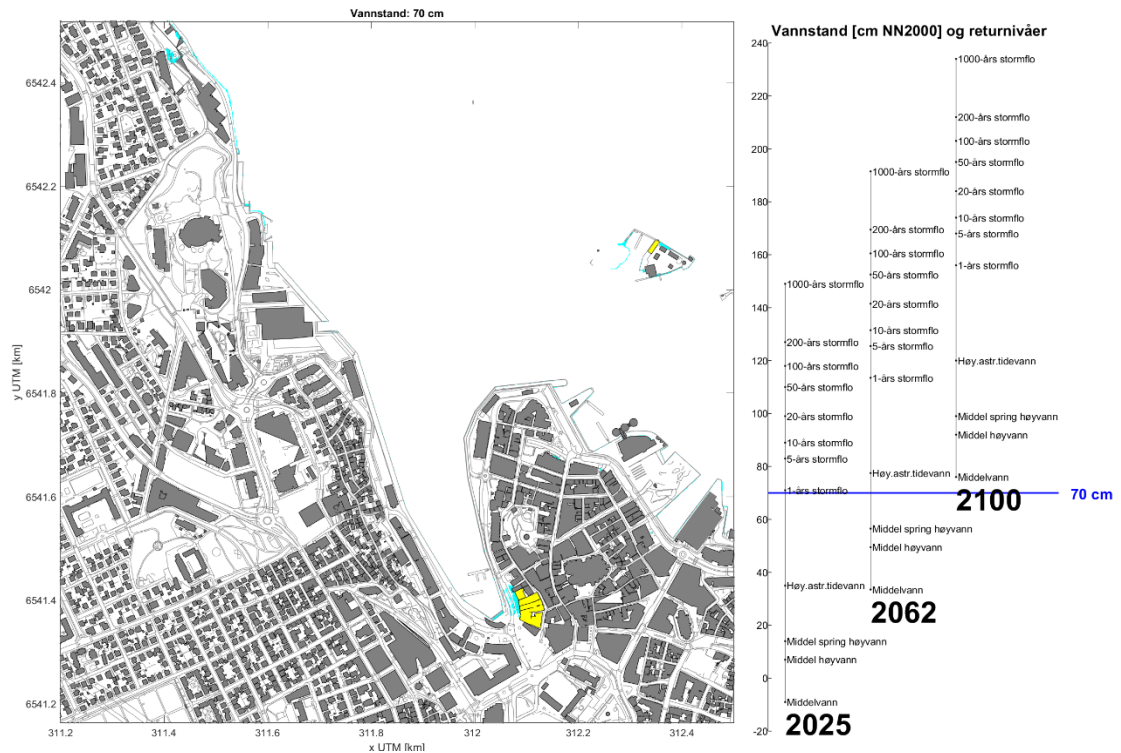
42	312067.890	6541627.242	2.340	5.73064221	58.97286633	0.016	0.010	0.010	0.019
43	312073.641	6541631.242	2.543	5.73073867	58.97290472	0.015	0.010	0.020	0.018
44	312050.802	6541637.718	1.745	5.73033659	58.97295277	0.010	0.010	0.010	0.014
45	312037.715	6541641.726	1.719	5.73010595	58.97298295	0.010	0.010	0.010	0.014
46	312031.848	6541645.031	1.689	5.73000126	58.97301001	0.010	0.010	0.012	0.014
47	312028.284	6541665.380	1.505	5.72992208	58.97319090	0.022	0.034	0.049	0.040
48	312033.481	6541682.924	1.908	5.72999740	58.97335048	0.010	0.010	0.014	0.014
49	312055.824	6541676.251	2.321	5.73039105	58.97330046	0.014	0.010	0.022	0.017
50	312065.993	6541672.848	2.380	5.73057051	58.97327440	0.010	0.010	0.014	0.014
51	312071.082	6541677.984	2.330	5.73065451	58.97332269	0.014	0.010	0.017	0.017
52	312054.397	6541682.790	2.349	5.73036070	58.97335846	0.027	0.010	0.025	0.029
53	312046.949	6541686.491	2.067	5.73022824	58.97338837	0.014	0.010	0.014	0.017
54	312034.402	6541700.064	2.231	5.72999883	58.97350456	0.018	0.010	0.020	0.021
55	312035.262	6541702.239	2.110	5.73001192	58.97352444	0.014	0.018	0.031	0.023
56	312036.400	6541706.299	2.167	5.73002823	58.97356134	0.010	0.010	0.016	0.014
57	312037.370	6541710.866	2.280	5.73004119	58.97360271	0.010	0.010	0.014	0.014
58	312038.224	6541715.732	2.357	5.73005187	58.97364672	0.010	0.010	0.016	0.014
59	312040.161	6541726.018	2.571	5.73007677	58.97373980	0.010	0.010	0.018	0.014
60	312040.585	6541728.222	2.584	5.73008225	58.97375974	0.010	0.010	0.015	0.014
61	312052.343	6541740.421	3.051	5.73027605	58.97387428	0.020	0.010	0.017	0.022
62	312070.255	6541730.934	1.805	5.73059514	58.97379708	0.016	0.016	0.026	0.023
63	312062.554	6541742.413	2.416	5.73045167	58.97389663	0.020	0.010	0.014	0.022
64	312057.905	6541743.254	2.623	5.73037022	58.97390212	0.011	0.010	0.010	0.015
65	312056.258	6541743.599	2.732	5.73034133	58.97390449	0.012	0.010	0.011	0.016
66	312046.578	6541763.066	2.137	5.73015669	58.97407478	0.010	0.013	0.014	0.016
67	312047.047	6541766.522	1.894	5.73016190	58.97410598	0.010	0.011	0.013	0.015
68	312051.018	6541775.127	1.477	5.73022354	58.97418487	0.010	0.010	0.010	0.014
69	312044.263	6541787.519	1.754	5.73009571	58.97429301	0.011	0.011	0.022	0.016
70	312027.304	6541765.560	1.668	5.72981990	58.97408868	0.010	0.010	0.010	0.014
71	312020.818	6541745.598	2.198	5.72972424	58.97390686	0.010	0.010	0.015	0.014
72	312028.906	6541727.108	2.787	5.72988040	58.97374463	0.019	0.015	0.043	0.024
73	312027.466	6541715.731	2.703	5.72986508	58.97364199	0.013	0.011	0.022	0.017
74	312007.992	6541671.588	1.661	5.72956446	58.97323765	0.011	0.010	0.018	0.015
75	312008.280	6541673.789	1.846	5.72956758	58.97325751	0.017	0.010	0.022	0.020
76	311995.953	6541685.335	1.527	5.72934372	58.97335562	0.010	0.013	0.018	0.016
77	311999.973	6541709.107	1.499	5.72939331	58.97357053	0.010	0.010	0.013	0.014
78	312002.074	6541721.226	2.060	5.72941950	58.97368011	0.024	0.017	0.037	0.029
79	312018.364	6541773.582	1.593	5.72965784	58.97415669	0.018	0.010	0.025	0.021
80	312018.356	6541773.860	1.566	5.72965746	58.97415918	0.011	0.010	0.016	0.015
81	312023.634	6541780.635	1.549	5.72974335	58.97422224	0.011	0.010	0.017	0.015
82	312031.956	6541789.884	1.581	5.72988000	58.97430882	0.016	0.010	0.023	0.019
83	312043.194	6541797.346	1.480	5.73006878	58.97438066	0.012	0.010	0.019	0.016
84	312046.046	6541795.027	1.423	5.73012028	58.97436111	0.010	0.010	0.016	0.014
85	312097.136	6541805.824	1.185	5.73099825	58.97448034	0.011	0.010	0.017	0.015
86	312106.472	6541808.064	1.260	5.73115847	58.97450452	0.011	0.010	0.017	0.015
87	312182.128	6541774.874	1.387	5.73250041	58.97424014	0.012	0.010	0.012	0.016
88	312148.653	6541737.308	2.152	5.73195106	58.97388863	0.010	0.015	0.021	0.018
89	312122.580	6541782.543	1.908	5.73145987	58.97428277	0.010	0.010	0.019	0.014
90	312105.496	6541787.101	1.424	5.73115935	58.97431614	0.020	0.010	0.025	0.022
91	312100.219	6541780.608	1.068	5.73107324	58.97425561	0.013	0.010	0.018	0.016
92	312091.285	6541768.414	1.188	5.73092847	58.97414236	0.028	0.012	0.038	0.030
93	312083.417	6541763.729	2.087	5.73079582	58.97409690	0.023	0.010	0.030	0.025

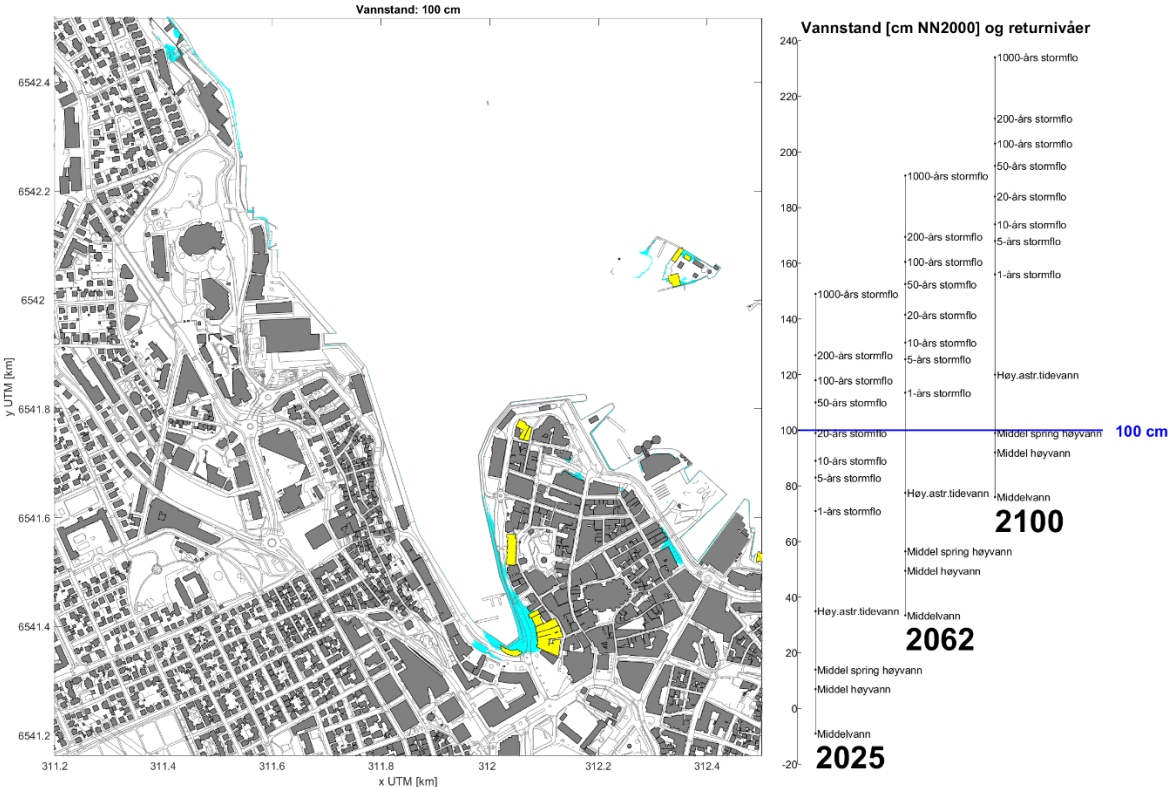
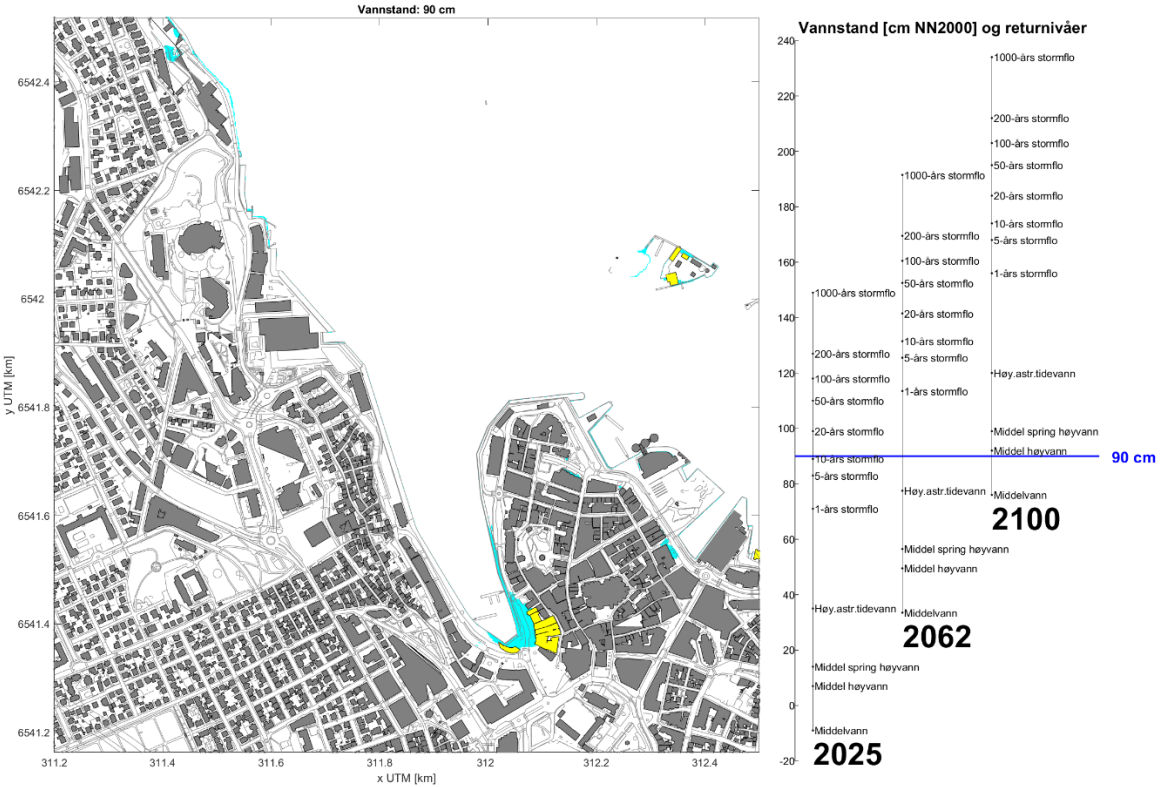
94	312084.271	6541762.651	2.037	5.73081157	58.97408761	0.022	0.010	0.028	0.024
95	312075.959	6541767.258	1.024	5.73066331	58.97412526	0.023	0.010	0.031	0.025
96	312072.568	6541769.410	0.998	5.73060260	58.97414307	0.013	0.010	0.019	0.016
97	312069.820	6541770.439	1.177	5.73055401	58.97415109	0.019	0.015	0.030	0.024
98	312064.027	6541777.017	1.191	5.73044782	58.97420753	0.014	0.010	0.022	0.017
99	312061.482	6541778.797	1.265	5.73040211	58.97422237	0.010	0.010	0.015	0.014
100	312083.426	6541739.155	1.944	5.73081686	58.97387657	0.010	0.010	0.011	0.014
101	312088.765	6541739.483	2.015	5.73090929	58.97388186	0.010	0.010	0.011	0.014
102	312097.685	6541737.812	2.020	5.73106561	58.97387078	0.010	0.010	0.010	0.014
103	312126.227	6541731.194	2.076	5.73156683	58.97382398	0.010	0.010	0.010	0.014
104	312149.876	6541721.483	1.281	5.73198573	58.97374728	0.010	0.010	0.013	0.014
105	312143.686	6541722.187	1.222	5.73187765	58.97375088	0.011	0.010	0.015	0.015
106	312128.156	6541725.720	2.156	5.73160498	58.97377574	0.027	0.012	0.029	0.030
107	312105.412	6541730.213	3.189	5.73120624	58.97380605	0.023	0.010	0.015	0.025
108	312095.434	6541721.585	2.244	5.73104030	58.97372430	0.014	0.010	0.012	0.017
109	312089.553	6541711.837	2.146	5.73094647	58.97363433	0.012	0.014	0.022	0.018
110	312089.022	6541709.613	2.249	5.73093915	58.97361415	0.010	0.012	0.020	0.016
111	312087.879	6541705.042	2.217	5.73092318	58.97357266	0.011	0.016	0.024	0.019
112	312088.929	6541700.044	2.354	5.73094566	58.97352832	0.010	0.010	0.017	0.014
113	312087.396	6541696.336	2.485	5.73092218	58.97349439	0.010	0.013	0.019	0.016
114	312086.072	6541690.886	2.295	5.73090383	58.97344495	0.010	0.010	0.019	0.014
115	312085.011	6541683.020	2.435	5.73089210	58.97337396	0.010	0.013	0.022	0.016
116	312081.287	6541675.280	2.480	5.73083402	58.97330292	0.010	0.010	0.010	0.014
117	312080.802	6541666.479	2.489	5.73083308	58.97322380	0.018	0.010	0.029	0.021
118	312092.511	6541664.097	1.782	5.73103840	58.97320759	0.011	0.010	0.016	0.015
119	312065.753	6541584.195	6.547	5.73064170	58.97247943	0.010	0.010	0.016	0.014
120	312053.051	6541577.834	5.155	5.73042656	58.97241682	0.019	0.010	0.020	0.021
121	312058.034	6541508.485	2.194	5.73057202	58.97179723	0.014	0.010	0.028	0.017
122	312069.530	6541481.378	2.473	5.73079465	58.97155923	0.011	0.010	0.013	0.015
123	312080.298	6541467.726	2.372	5.73099324	58.97144155	0.011	0.010	0.012	0.015
124	312087.614	6541454.149	2.572	5.73113180	58.97132303	0.010	0.010	0.012	0.014
125	312085.651	6541460.351	2.447	5.73109245	58.97137778	0.023	0.010	0.019	0.025
126	312091.745	6541448.154	2.812	5.73120862	58.97127109	0.010	0.010	0.013	0.014
127	312096.576	6541443.097	2.517	5.73129680	58.97122786	0.024	0.010	0.036	0.026
128	312103.638	6541432.027	2.748	5.73142881	58.97113171	0.022	0.018	0.021	0.028
129	312111.213	6541426.345	2.938	5.73156517	58.97108409	0.020	0.010	0.017	0.022
130	312112.637	6541422.800	3.236	5.73159291	58.97105293	0.012	0.010	0.019	0.016
131	312122.430	6541417.526	3.463	5.73176743	58.97100994	0.029	0.011	0.030	0.031
132	312114.380	6541331.262	1.999	5.73170094	58.97023295	0.013	0.010	0.017	0.016
133	312122.902	6541336.513	2.037	5.73184444	58.97028378	0.010	0.010	0.016	0.014
134	312077.407	6541309.444	2.976	5.73107754	58.97002111	0.010	0.012	0.019	0.016
135	312051.392	6541319.603	2.107	5.73061723	58.97010078	0.012	0.010	0.015	0.016
136	312041.840	6541318.175	1.680	5.73045259	58.97008379	0.013	0.010	0.016	0.016
137	312028.531	6541323.469	1.607	5.73021702	58.97012541	0.010	0.010	0.014	0.014
138	312012.011	6541308.791	1.672	5.72994268	58.96998656	0.018	0.010	0.025	0.021
139	311999.082	6541317.515	1.707	5.72971078	58.97005910	0.010	0.010	0.013	0.014
140	311990.712	6541348.231	1.128	5.72953935	58.97033083	0.010	0.010	0.010	0.014
141	311958.676	6541342.193	1.403	5.72898825	58.97026262	0.010	0.010	0.012	0.014
142	311953.623	6541345.905	1.805	5.72889736	58.97029368	0.019	0.014	0.023	0.024
143	311968.224	6541360.746	1.220	5.72913825	58.97043316	0.010	0.010	0.011	0.014
144	311963.940	6541364.448	1.306	5.72906073	58.97046447	0.010	0.012	0.017	0.016
145	311952.146	6541376.982	1.532	5.72884529	58.97057168	0.010	0.010	0.014	0.014

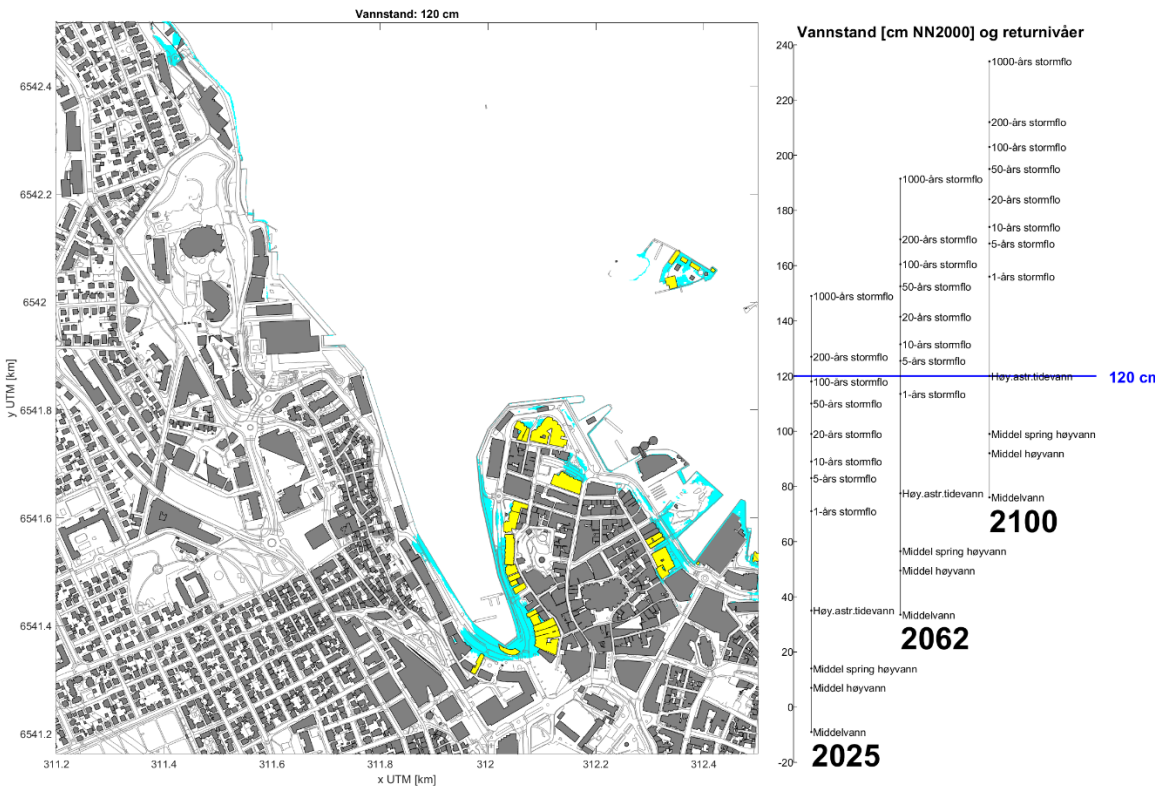
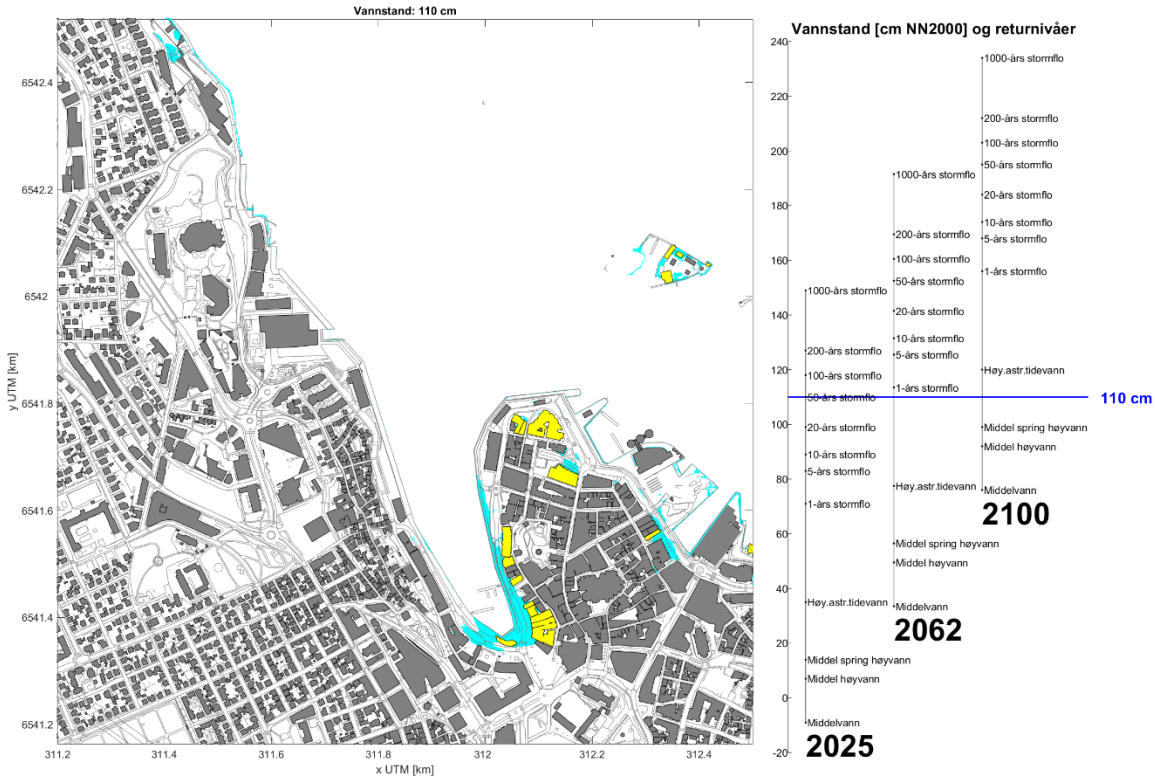
146	311945.277	6541385.723	1.534	5.72871860	58.97064703	0.010	0.011	0.015	0.015
147	311942.565	6541391.615	1.507	5.72866651	58.97069867	0.010	0.012	0.017	0.016
148	311937.735	6541400.141	1.603	5.72857539	58.97077299	0.010	0.017	0.023	0.020
149	311874.880	6541448.451	1.840	5.72744295	58.97117854	0.014	0.010	0.017	0.017
150	311875.428	6541473.145	1.611	5.72743147	58.97140019	0.011	0.010	0.018	0.015
151	311868.584	6541470.600	1.794	5.72731480	58.97137435	0.010	0.010	0.011	0.014
152	311861.356	6541503.425	1.654	5.72716137	58.97166550	0.012	0.010	0.010	0.016
153	311856.182	6541512.032	1.944	5.72706421	58.97174039	0.011	0.010	0.012	0.015
154	311845.784	6541530.987	1.887	5.72686754	58.97190577	0.010	0.010	0.010	0.014
155	311824.868	6541571.560	1.961	5.72646984	58.97226036	0.010	0.010	0.011	0.014
156	311822.270	6541579.906	1.920	5.72641763	58.97233405	0.010	0.011	0.015	0.015
157	311818.682	6541585.966	1.823	5.72635018	58.97238681	0.010	0.010	0.013	0.014
158	311828.621	6541621.355	1.821	5.72649263	58.97270847	0.029	0.010	0.045	0.031
159	311804.386	6541622.058	2.085	5.72607123	58.97270412	0.010	0.011	0.014	0.015
160	311795.826	6541653.845	2.316	5.72589554	58.97298536	0.010	0.010	0.013	0.014
161	311788.225	6541679.187	1.899	5.72574199	58.97320924	0.010	0.010	0.012	0.014
162	311786.615	6541689.827	2.340	5.72570497	58.97330393	0.010	0.010	0.010	0.014
163	311784.552	6541699.133	2.185	5.72566124	58.97338647	0.010	0.010	0.012	0.014
164	311778.087	6541793.017	2.075	5.72546905	58.97422538	0.010	0.010	0.013	0.014
165	311779.103	6541815.342	2.014	5.72546769	58.97442600	0.010	0.012	0.015	0.016
166	311771.733	6541838.990	2.038	5.72531957	58.97463479	0.010	0.010	0.010	0.014
167	311768.176	6541850.019	1.999	5.72524842	58.97473211	0.010	0.015	0.021	0.018
168	311707.171	6541881.769	3.240	5.72416205	58.97498996	0.010	0.010	0.015	0.014
169	311680.771	6541908.448	3.512	5.72368090	58.97521755	0.012	0.010	0.019	0.016
170	311663.643	6541906.386	3.538	5.72338523	58.97519153	0.014	0.010	0.018	0.017
171	311657.610	6541906.504	3.484	5.72328037	58.97518993	0.015	0.011	0.022	0.019
172	311638.577	6541989.372	3.141	5.72287925	58.97592455	0.010	0.012	0.019	0.016
173	311584.647	6542017.180	1.426	5.72191905	58.97615014	0.016	0.022	0.030	0.027
174	311583.651	6542008.256	1.482	5.72190935	58.97606969	0.014	0.014	0.029	0.020
175	311586.567	6542034.664	1.474	5.72193749	58.97630776	0.010	0.030	0.034	0.032
176	311589.346	6542050.090	2.978	5.72197260	58.97644728	0.010	0.013	0.012	0.016
177	311591.679	6542058.859	3.119	5.72200563	58.97652694	0.010	0.014	0.013	0.017
178	311581.950	6542129.450	1.020	5.72177652	58.97715557	0.010	0.012	0.016	0.016
179	311531.684	6542268.826	1.640	5.72078477	58.97838308	0.010	0.021	0.023	0.023
180	311530.746	6542268.932	1.391	5.72076839	58.97838363	0.010	0.030	0.029	0.032
181	311530.296	6542291.704	2.021	5.72074117	58.97858760	0.010	0.012	0.014	0.016
182	311474.134	6542398.512	1.720	5.71967472	58.97952050	0.019	0.010	0.026	0.021
183	311466.484	6542405.524	1.852	5.71953588	58.97958001	0.023	0.011	0.036	0.025
184	311448.330	6542423.973	1.076	5.71920487	58.97973742	0.043	0.015	0.062	0.046
185	311430.142	6542443.068	1.866	5.71887269	58.97990062	0.010	0.010	0.018	0.014
186	311429.153	6542466.037	2.024	5.71883592	58.98010612	0.010	0.010	0.010	0.014
187	311434.116	6542495.001	1.909	5.71889741	58.98036800	0.010	0.010	0.013	0.014
188	311408.166	6542524.723	1.959	5.71842135	58.98062305	0.010	0.012	0.013	0.016
189	311839.092	6541579.041	1.770	5.72671045	58.97233368	0.013	0.010	0.019	0.016
190	311849.015	6541580.722	1.795	5.72688133	58.97235312	0.010	0.010	0.011	0.014
191	311844.823	6541561.956	1.506	5.72682451	58.97218302	0.027	0.010	0.031	0.029
192	311854.907	6541554.387	1.235	5.72700604	58.97211958	0.010	0.010	0.013	0.014
193	311863.943	6541537.058	1.276	5.72717768	58.97196818	0.010	0.010	0.016	0.014
194	311866.356	6541532.268	1.358	5.72722365	58.97192629	0.015	0.010	0.026	0.018
195	311868.181	6541533.148	1.344	5.72725458	58.97193499	0.011	0.010	0.023	0.015
196	311881.314	6541515.614	1.461	5.72749753	58.97178355	0.016	0.046	0.036	0.049
197	311894.030	6541492.009	1.346	5.72773840	58.97157749	0.014	0.030	0.031	0.033

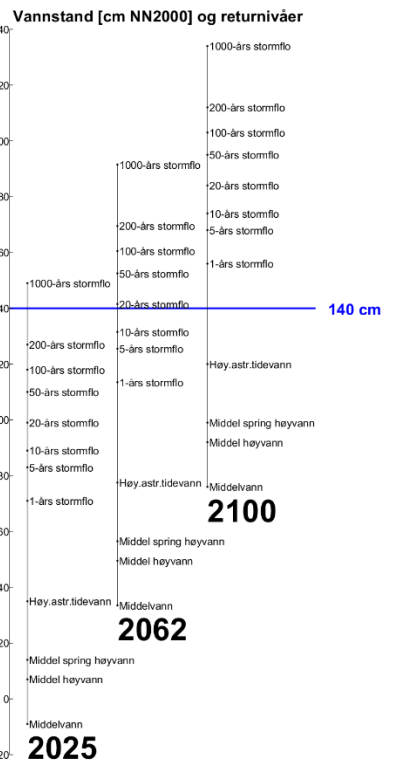
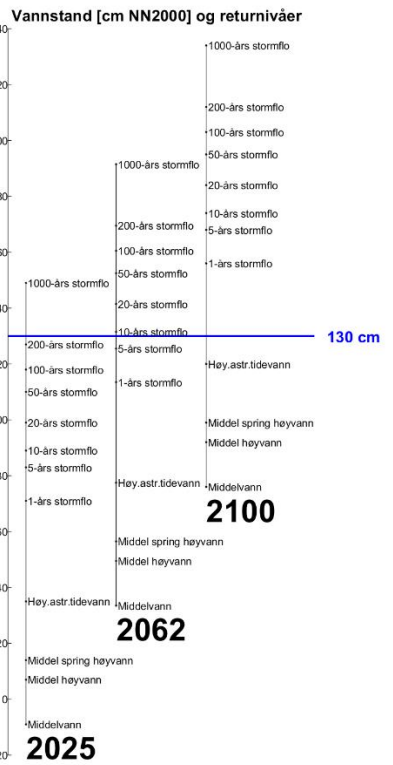
198	311898.838	6541486.081	1.527	5.72782692	58.97152645	0.010	0.013	0.027	0.016
199	311909.002	6541466.324	1.438	5.72802021	58.97135377	0.010	0.028	0.024	0.030
200	311916.526	6541452.458	1.815	5.72816264	58.97123276	0.010	0.018	0.013	0.021
201	311920.021	6541446.387	1.577	5.72822848	58.97117986	0.010	0.010	0.012	0.014
202	311921.625	6541442.910	1.484	5.72825929	58.97114939	0.010	0.010	0.016	0.014
203	311922.334	6541437.728	1.368	5.72827601	58.97110323	0.013	0.031	0.033	0.034
204	311926.163	6541432.464	1.474	5.72834698	58.97105772	0.010	0.010	0.017	0.014
205	311928.185	6541429.023	1.599	5.72838501	58.97102776	0.014	0.021	0.034	0.025
206	311931.959	6541421.611	1.609	5.72845685	58.97096296	0.010	0.015	0.015	0.018
207	312028.745	6541349.615	1.134	5.73019850	58.97035993	0.010	0.010	0.011	0.014
208	312058.548	6541369.382	1.286	5.73069917	58.97055024	0.010	0.010	0.015	0.014
209	312064.255	6541374.290	1.278	5.73079409	58.97059676	0.010	0.010	0.014	0.014
210	312062.930	6541384.395	1.245	5.73076250	58.97068677	0.010	0.010	0.013	0.014
211	312060.355	6541388.024	1.287	5.73071470	58.97071818	0.010	0.010	0.013	0.014
212	312059.594	6541393.018	1.601	5.73069724	58.97076262	0.010	0.010	0.012	0.014
213	312058.684	6541398.616	1.615	5.73067668	58.97081242	0.010	0.010	0.012	0.014
214	312057.803	6541401.489	1.287	5.73065895	58.97083779	0.010	0.010	0.013	0.014
215	312055.863	6541401.483	1.279	5.73062527	58.97083689	0.010	0.010	0.013	0.014
216	312055.591	6541404.554	1.583	5.73061794	58.97086430	0.010	0.010	0.010	0.014
217	312053.156	6541413.854	1.590	5.73056775	58.97094661	0.010	0.010	0.011	0.014
218	312051.063	6541420.622	1.279	5.73052566	58.97100638	0.010	0.010	0.011	0.014
219	312049.751	6541419.451	1.262	5.73050387	58.97099531	0.010	0.010	0.011	0.014
220	312049.047	6541422.224	1.576	5.73048929	58.97101986	0.010	0.010	0.011	0.014
221	312046.135	6541431.649	1.575	5.73043073	58.97110308	0.010	0.010	0.010	0.014
222	312043.760	6541438.187	1.219	5.73038393	58.97116066	0.010	0.010	0.010	0.014
223	312042.645	6541440.843	1.253	5.73036230	58.97118399	0.010	0.010	0.010	0.014
224	312040.355	6541447.928	1.238	5.73031653	58.97124651	0.010	0.010	0.010	0.014
225	312039.400	6541450.705	1.227	5.73029758	58.97127098	0.010	0.010	0.010	0.014
226	312035.238	6541461.859	1.238	5.73021584	58.97136917	0.010	0.010	0.012	0.014
227	312034.698	6541465.085	1.251	5.73020372	58.97139786	0.010	0.010	0.011	0.014
228	312026.049	6541487.247	1.213	5.73003471	58.97159276	0.010	0.010	0.011	0.014
229	312026.522	6541487.674	1.506	5.73004256	58.97159680	0.010	0.010	0.013	0.014
230	312020.306	6541514.787	1.416	5.72991158	58.97183717	0.010	0.010	0.014	0.014
231	312020.070	6541515.011	1.051	5.72990730	58.97183908	0.010	0.010	0.014	0.014
232	312016.771	6541542.579	1.274	5.72982658	58.97208481	0.010	0.010	0.010	0.014

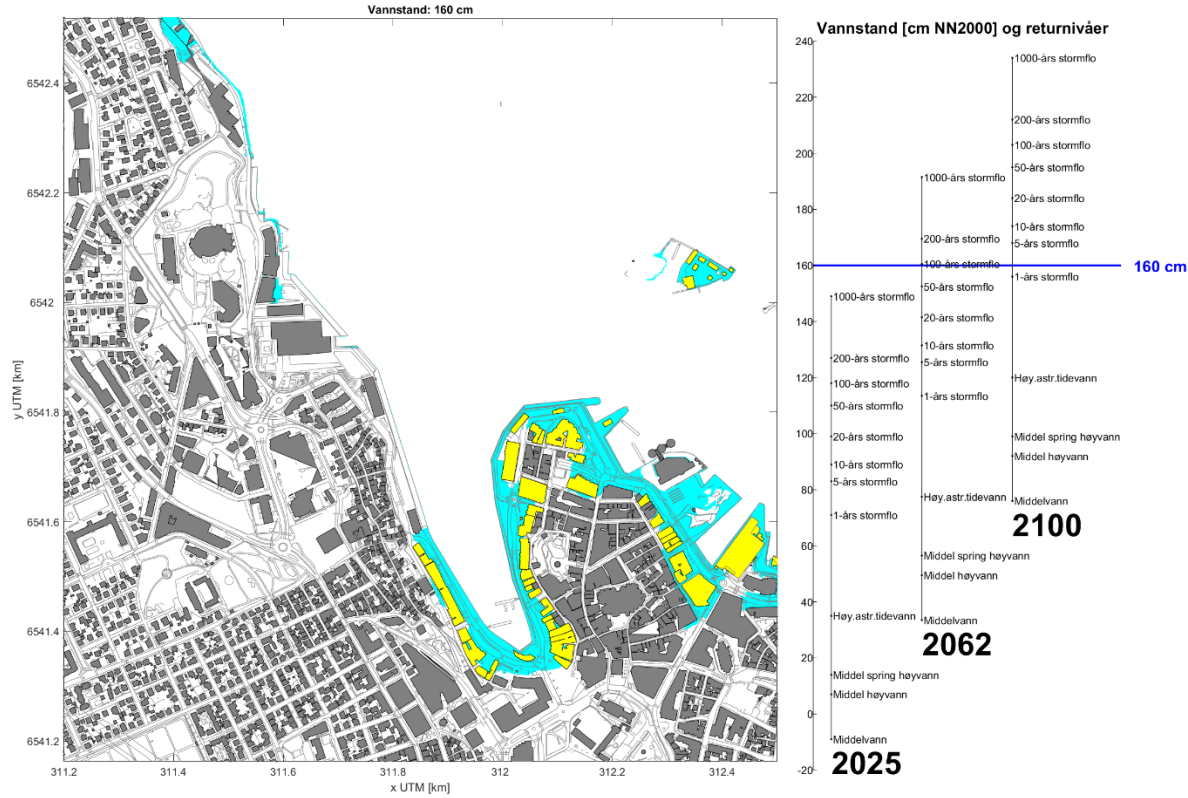
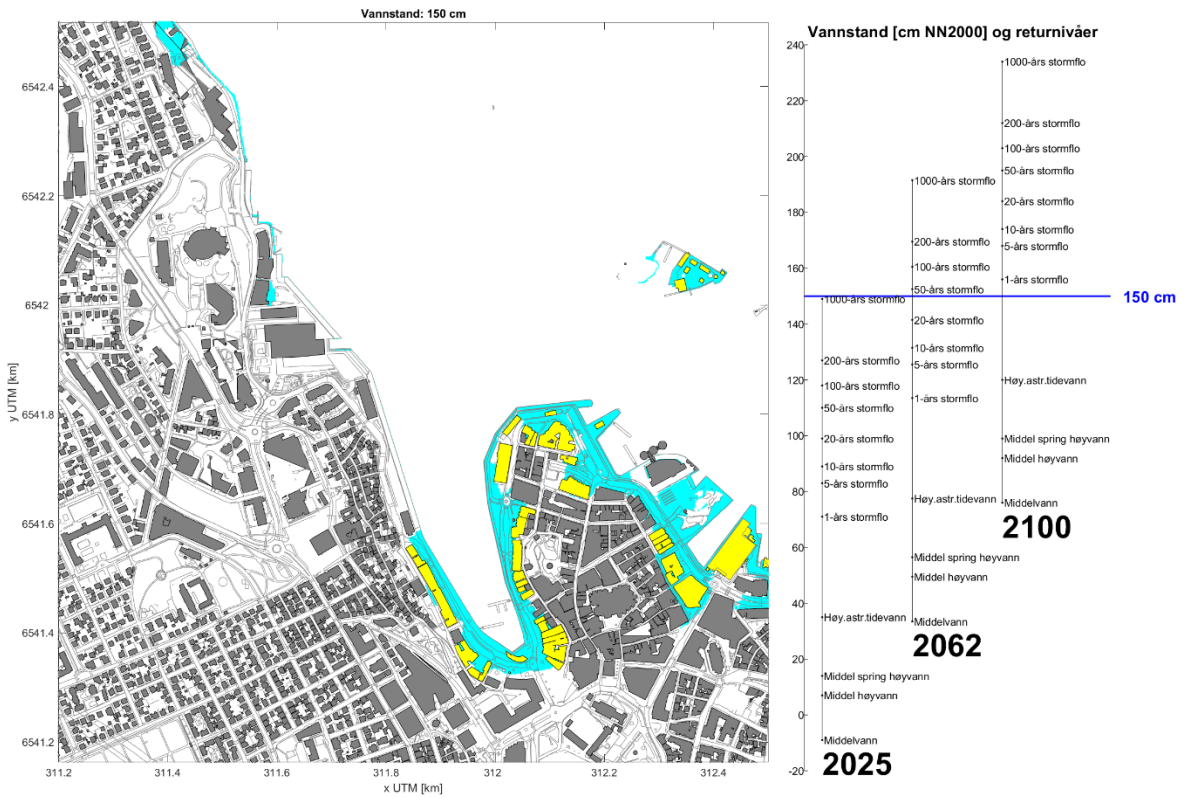
16 Vedlegg C: Oversvømmelseskart

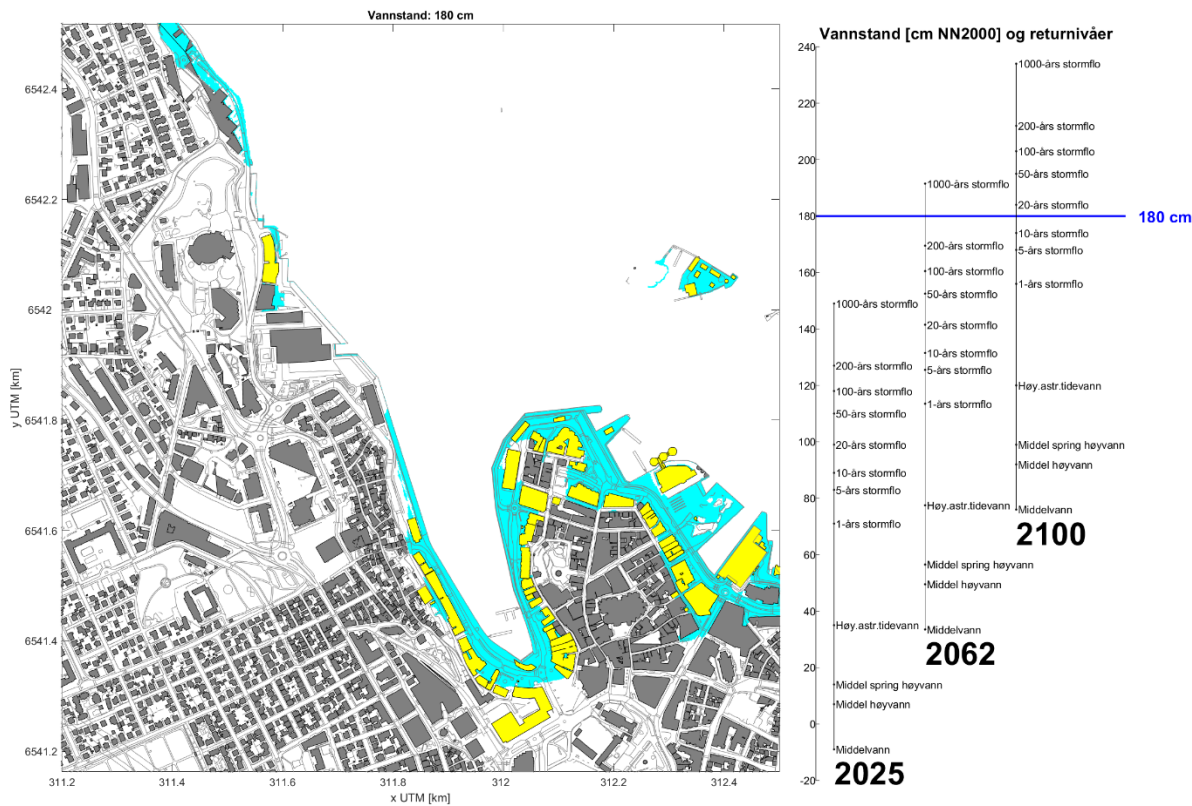
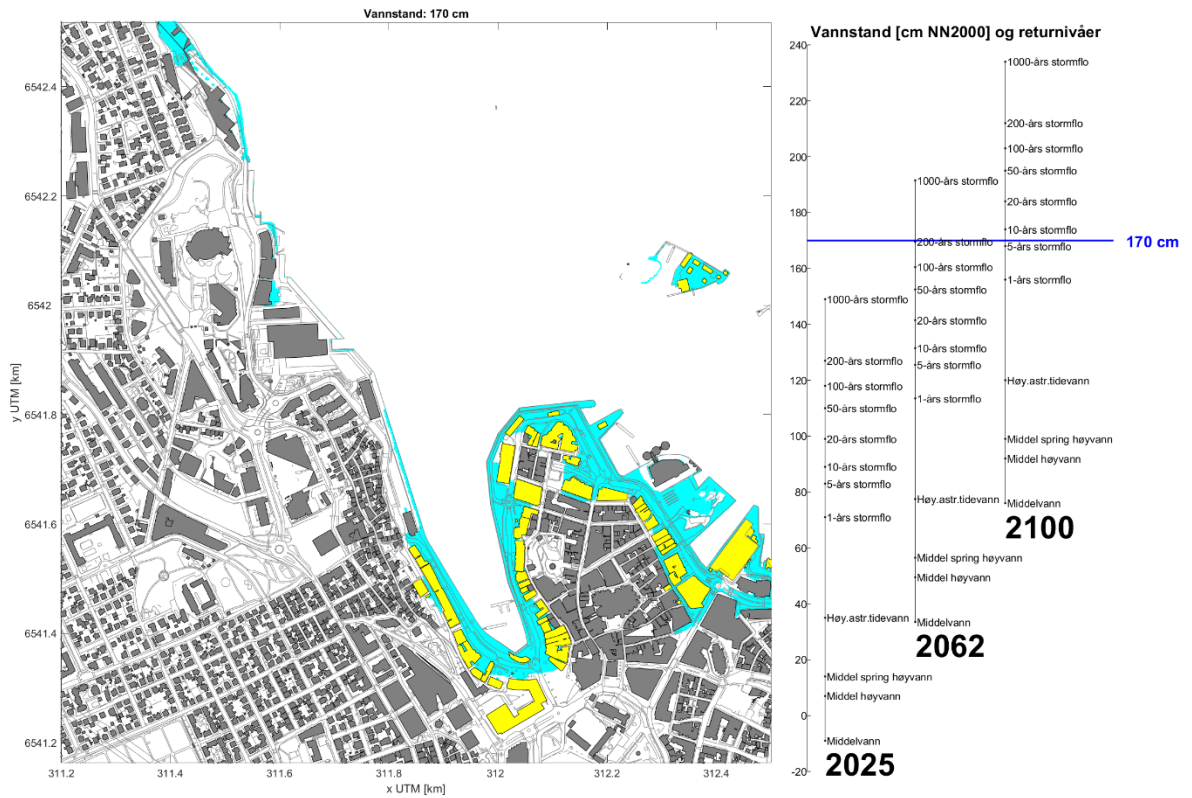


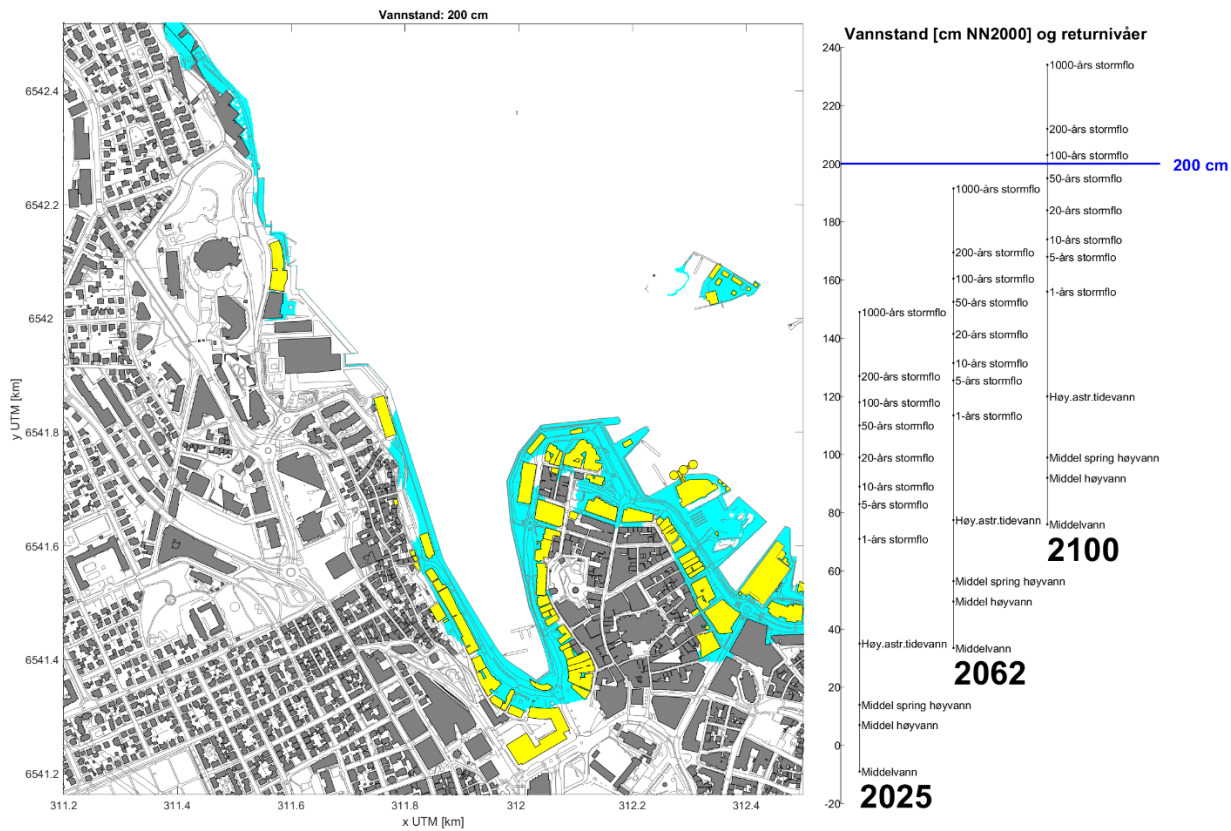
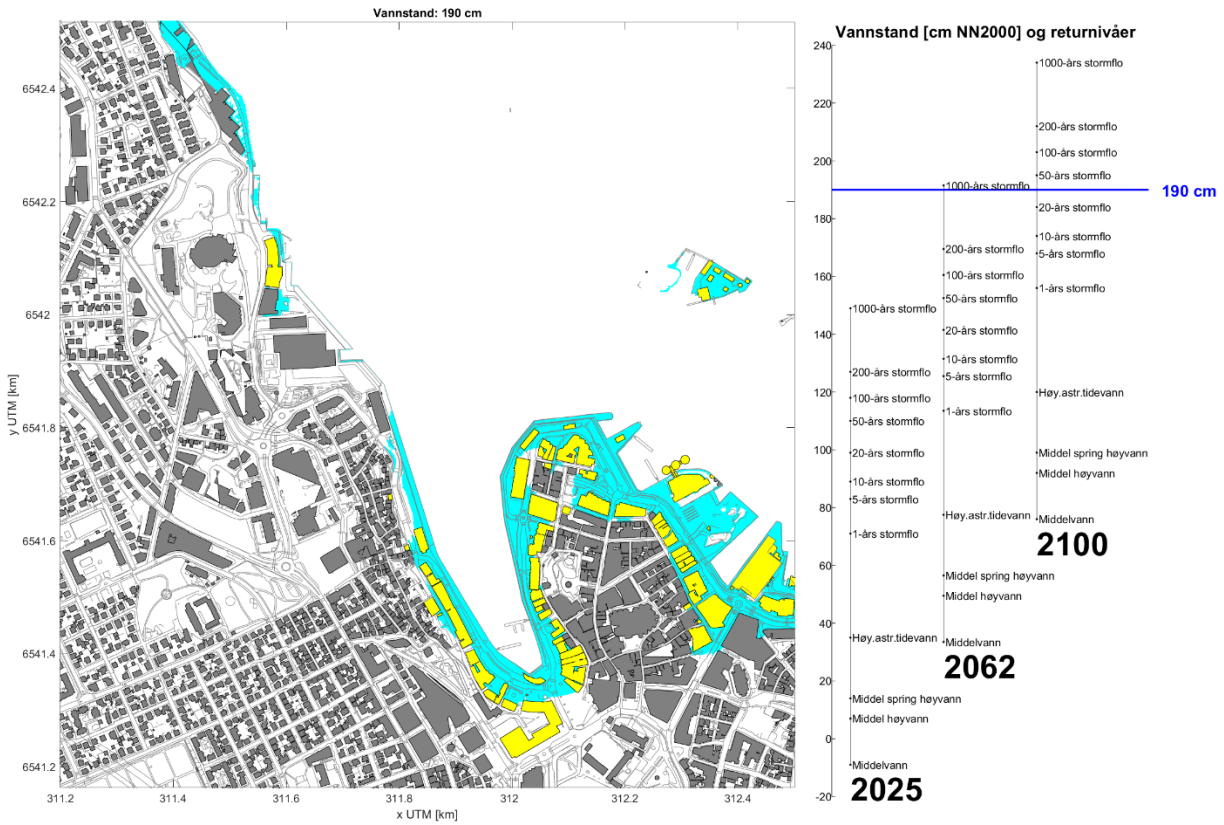


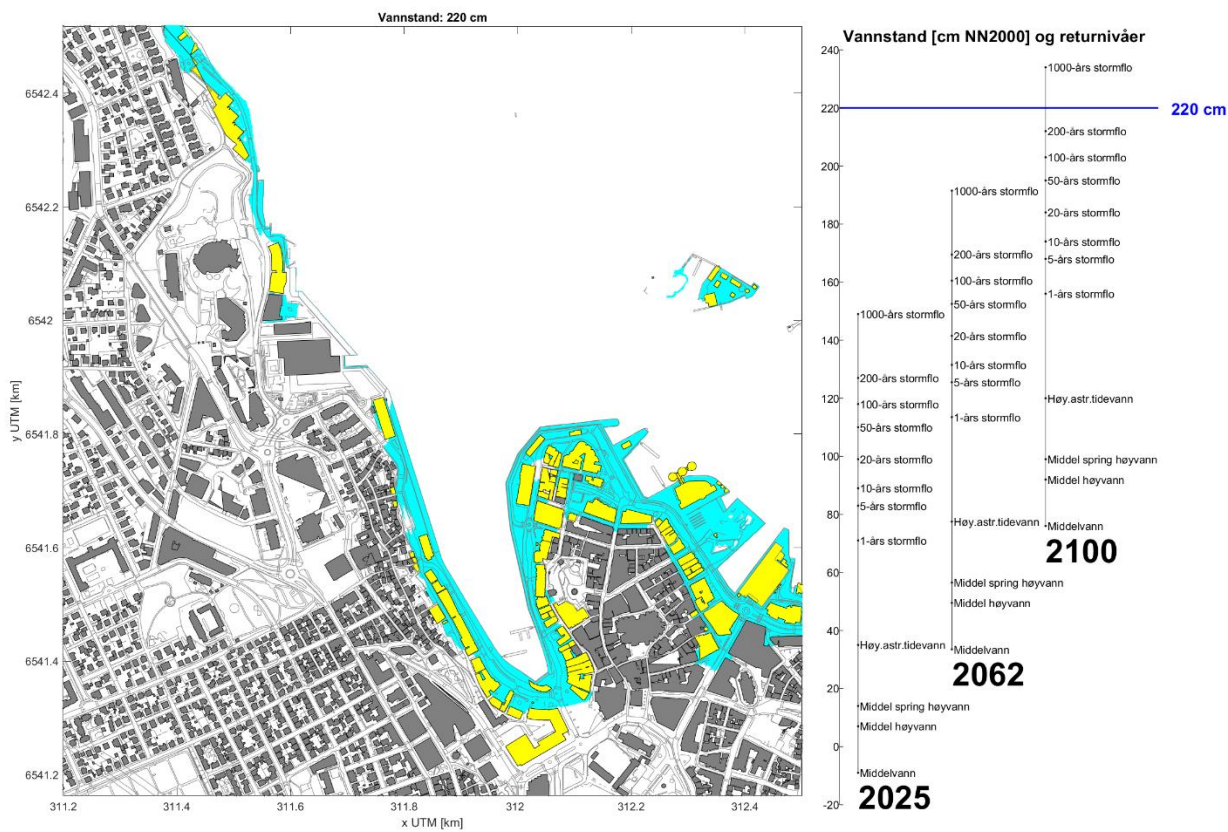
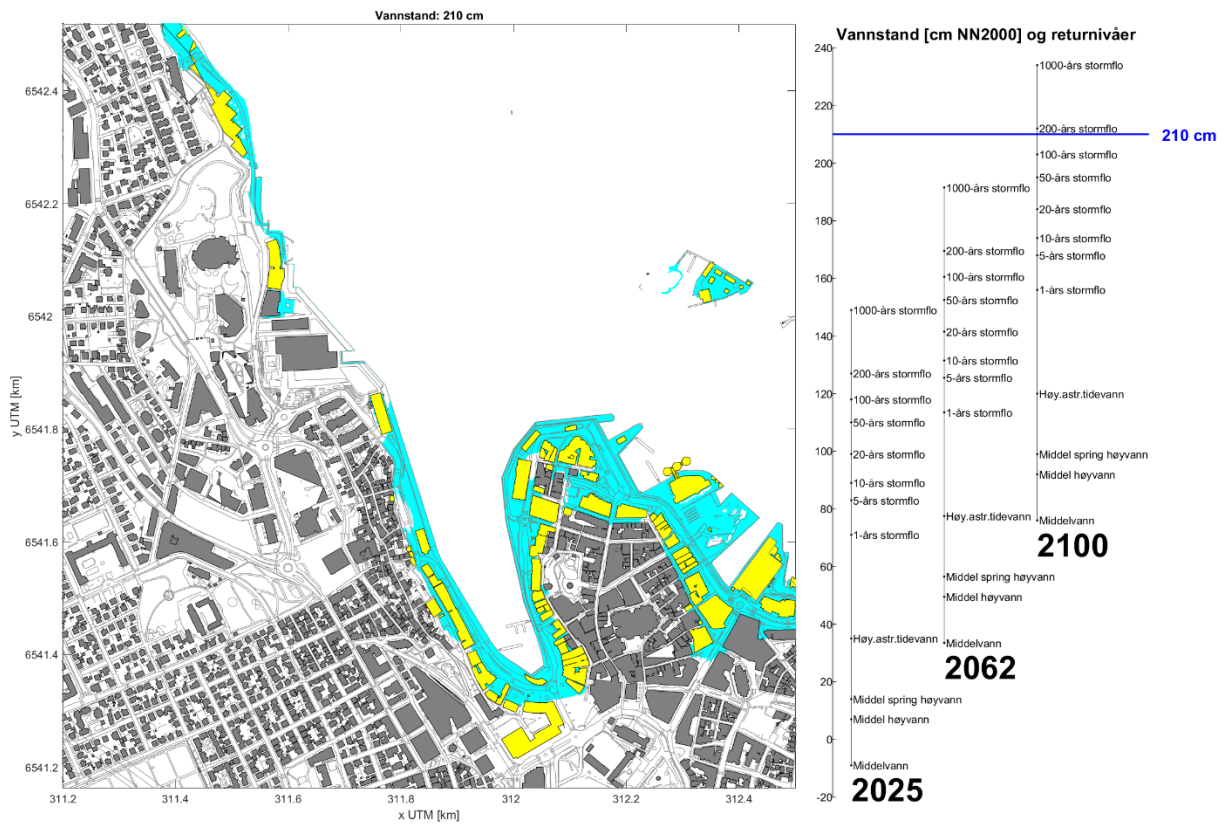


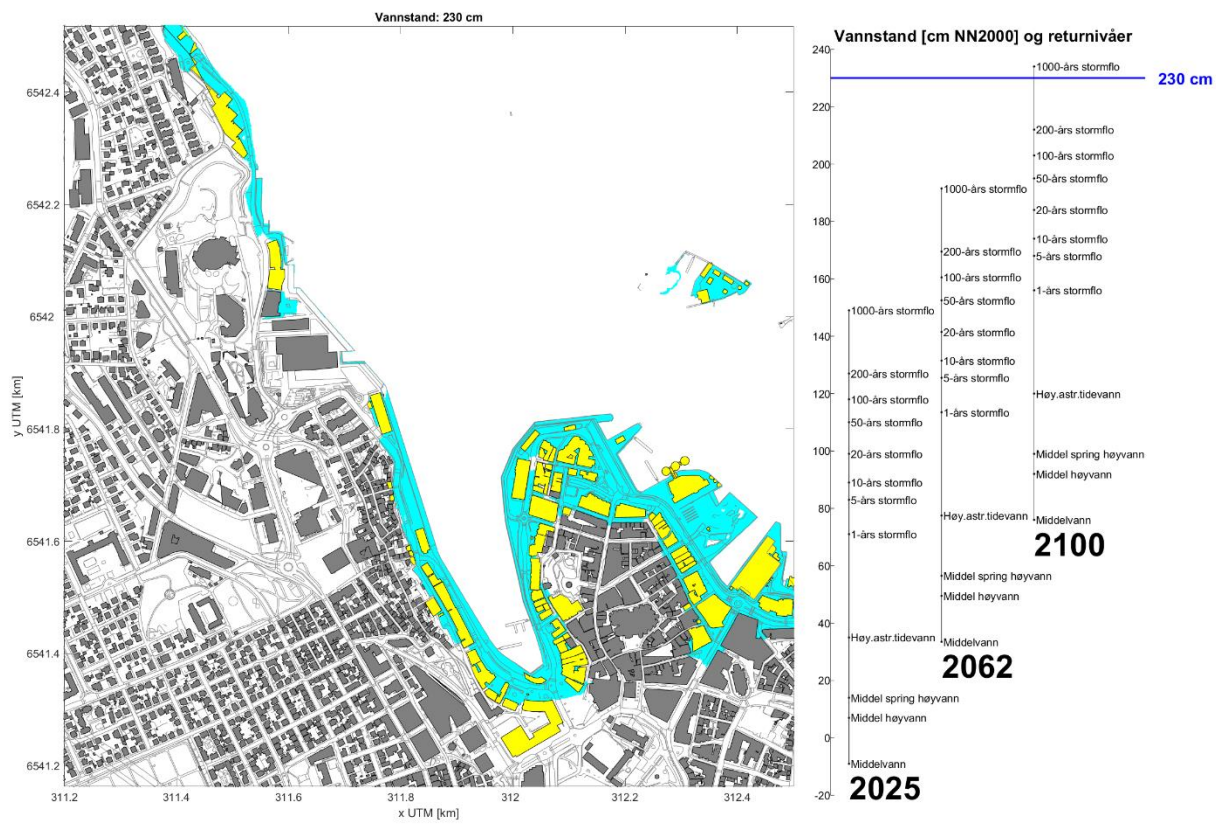












17 Vedlegg D: Bakgrunn og forutsetninger nytte-kostnadsanalyse

17.1 Teoretisk bakgrunn

I en nytte-kostnadsanalyse verdsettes alle positive og negative virkninger av et tiltak i kroner så langt det lar seg gjøre, ut fra et hovedprinsipp om at en konsekvens er verdt det befolkningen til sammen er villig til å betale for å oppnå eller for å unngå virkningen. Dette kalles betalingsvillighet. Dersom betalingsvilligheten for alle tiltakets nyttevirkninger er større enn summen av kostnadene, defineres tiltaket som samfunnsøkonomisk lønnsomt (Finansdepartementet, 2021).

I naturen er det ofte sammenhenger som ikke er lineære, komplekse og preget av usikkerhet. Dette gjøre at konsekvensene er vanskelig å tallfeste, spesielt for katastrofer og irreversible virkninger. En katastrofe er hendelser som har lav sannsynlighet for å inntreffe, men som har svært alvorlige konsekvenser. Eksempel på katastrofer er naturkatastrofer som jordskjelv og store flommer eller dødsulykke i trafikken. Irreversible virkninger er virkninger som gjør at vi ikke kan komme tilbake til utgangssituasjonen uten store kostnader. Miljørelaterede katastrofer og irreversible virkninger utfordrer tradisjonelle nytte-kostnadsanalyser. Historiske erfaringstall og/eller teoretisk kunnskap gjør at en i mange sammenhenger kan tallfeste sannsynligheter. Som for eksempel at en elv går over sine bredder, eller for at en person bli utsatt for en bilulykke. Om vi kan tilordne en sannsynlighet til et gitt utfall, er det risiko. I andre tilfeller har vi ikke et empirisk grunnlag for å anslå slike sannsynligheter. Det er for eksempel vanskelig å beregne sannsynligheten for å overskride en terskelverdi i naturen når vi ikke vet hvor terskelverdien ligger. Dette omtales som usikkerhet. Ulike typer av usikkerhetsanalyser og "break-even" analyser kan gi informasjon om sannsynlighet for å sikre kan bli rettfærdiggjort.²

I denne rapporten vil vi undersøke hvilke tiltak som er best egnet til å redusere skader forårsaket av havnivåstigning i kombinasjon med stormflo. Havnivåstigning en konsekvens av klimaendringer og kan betraktes som en irreversibel virkning. Kombinasjonen av stormflo og havnivåstigning kan oppfattes som en katastrofe. Imidlertid vil slike hendelser kunne varsles på forhånd, noe som gir både befolkningen og myndighetene muligheten til å iverksette tilpasninger for å minimere skadekostnadene, i motsetning til en katastrofe som inntreffer uten forvarsel.

Å prissette betalingsvilligheten for å unngå skader fra havnivåstigning er en krevende oppgave. Det er utfordrende å fastslå betalingsvilligheten i samfunnet for å iverksette tiltak mot skader fra havnivåstigning, spesielt når det inntreffer langt frem i tid. Det er usikkerhet knyttet til hvilket klimascenario som er mest sannsynlig frem mot år 2100, at vi vet ikke hvor ofte stormflo vil inntreffer og hvor stor skade det vil gi.

Dersom vi hadde gjennomført en spørreundersøkelse blant innbyggerne i Stavanger, der vi stilte spørsmål om hvor mye de er villige til å betale for at byen ikke skal ligge under vann innen 50 år, ville svaret trolig vært høyt, kanskje til og med uendelig. Derimot, om vi hadde stilt det samme spørsmålet, men med fokus på om veiene ville bli stengt i ett til to timer hvert femte år, ville betalingsvilligheten trolig vært betydelig lavere. Dette illustrerer utfordringen med å identifisere betalingsvilligheten for å beskytte Stavanger mot havnivåstigning frem mot år 2100.

² Kapittelet baserer seg i stor grad på NOU 2012:16 Samfunnsøkonomiske analyser kapittel 8.

17.2 Diskusjon av forutsetninger og modell

17.2.1 Problemstillinger ved bruk av nytte-kostnadsanalyse for å vurdere konsekvensene ved havnivåstigning³ for Stavanger

Det dystre teoremet ble presentert av Professor Martin Weitzman (Harvard University) i 2009. Teoremet representerer en kritikk mot tradisjonelle nytte-kostnadsanalyser av klimaspørsmålet. Det er kritikk av at vi ikke er kjent med sannsynligheten for svært alvorlige konsekvenser av den globale oppvarmingen. Betalingsvilligheten for å unngå en klimakatastrofe vil gå mot uendelig ved økende temperaturer. Når denne kostnaden multipliseres med en ikke-neglisjerbare sannsynlighet, blir også forventet verdi uendelig. Weitzman (2009) mener vi derfor ikke kan gjennomføre en standard nytte-kostnadsanalyse av klimaproblemet, og argumenterer på denne bakgrunn for en forsikringstilnærming som kan minne om føre-var-prinsippet.

Føre-var-prinsippet er et sentralt og mye referert prinsipp i miljøpolitikken, internasjonalt og i Norge. Den mest brukte definisjonen er formulert i Rio-erklæringen om miljø og utvikling fra 1992: ”*For å beskytte miljøet skal statene i stor utstrekning bruke føre-var-prinsippet i henhold til sine muligheter. Der hvor det foreligger trussel om alvorlig eller uopprettelig skade, skal ikke mangel på fullstendig vitenskapelig visshet kunne brukes som begrunnelse for å utsette kostnadseffektive tiltak for å hindre miljøforringelse.*”

Professor William Nordhaus (Yale University) mener at det dystre teoremet er viktig fordi det kan hjelpe oss å avgjøre når ekstreme utfall har betydning for våre beslutninger (Nordhaus, 2011). Samtidig er han også kritisk til teoremet. Det er flere forutsetninger som må være oppfylt. For eksempel vil det ved en katastrofe være ubegrenset betalingsvillighet i samfunnet ifølge teoremet, selv om sannsynligheten for en katastrofe er svært liten. Hvis det derimot ikke er ubegrenset betalingsvillighet vil ikke forventet verdi være uendelig stort, og premissene for det dystre teoremet elimineres. Da er vi ifølge Nordhaus tilbake til standard nytte-kostnadsanalyse.

17.2.2 Håndtering av bygninger som ikke får skadekostnad

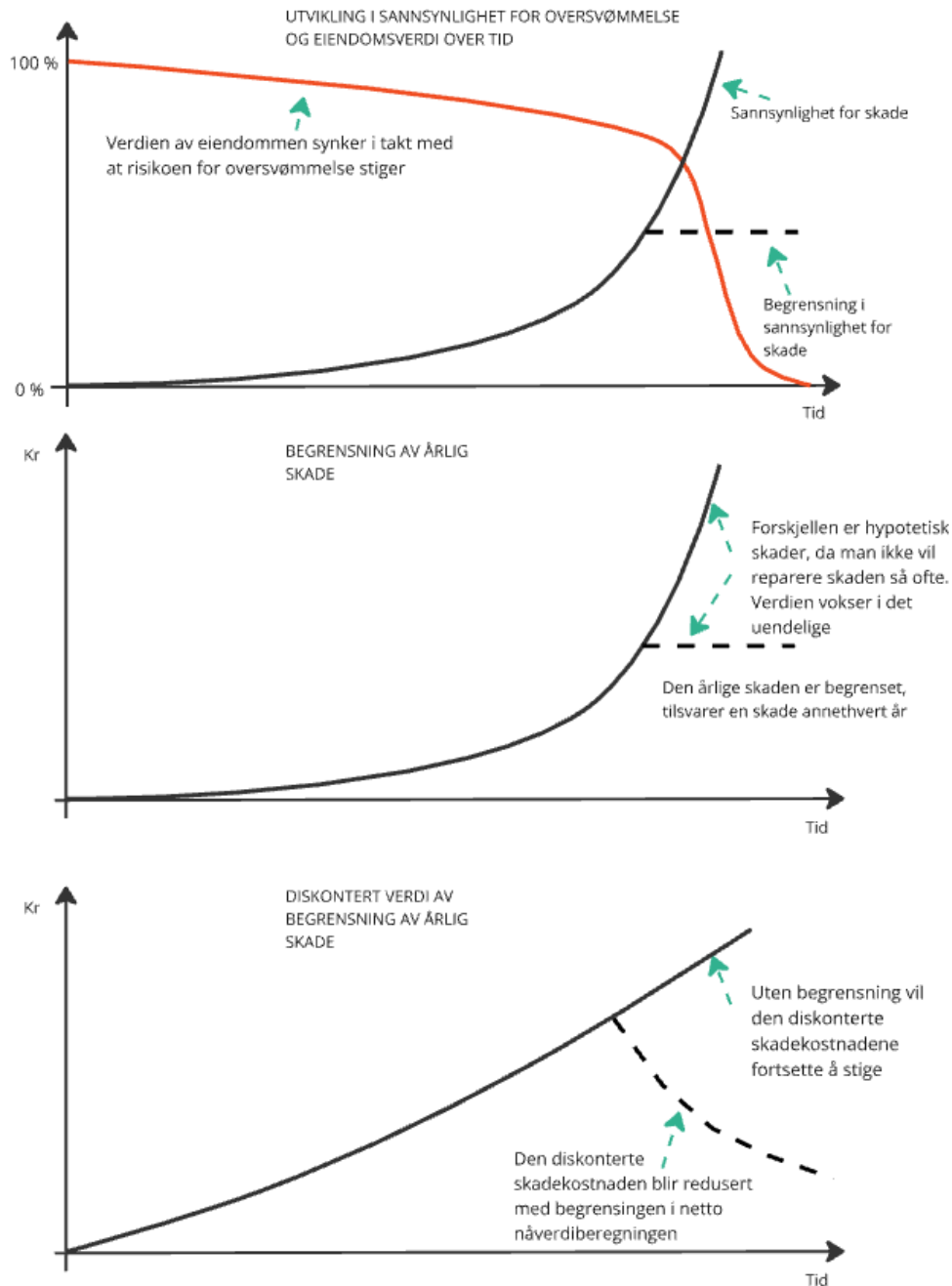
Det vil i sannsynlighetsmodellen utover i analyseperioden være så høy sannsynlighet for hyppige oversvømmelser at det er ansett som urealistisk at disse bygningene blir reparert. Alternativt vil bygningene tåle den vannstanden, dette kan komme av når bygningen er satt opp, materialer eller gulv som tåler oversvømmelse osv. Bygningene vil derfor ikke lengre bli beregnet inn en skadekostnad. Om vi ikke hadde begrenset modellen ville enkelte bygninger få oversvømmelse flere ganger om dagen, og dette multiplisert med skadetallene ville gitt en ekstremt overestimert økonomisk risiko.

Vi beregner ikke bygninger eller eiendommer som tapt direkte i modellen. Dette er fordi vi ikke vet om de tåler vannstanden, eller om de ikke blir reparert. Et alternativ hadde vært å ta markedsverdien av de aktuelle bygningene. Deretter beregne verdien av bygningene de aktuelle året de ikke lengre får skadekostnad. Vi kunne eventuelt brukt et gjennomsnitt av kvadratmeterpris for bolig og næringsbygg i Vågen for å forenkle det. Et potensielt problem med dette er at markedsverdien for de boligene som ikke tåler det høye havnivået trolig endrer seg i takt med at boligen blir oversvømt.

Problemstillingen er forsøkt illustrert i Figur 17-1. Den øverste delfiguren viser hvordan sannsynligheten for oversvømmelse øker i takt med tiden (havnivåstigning) samtidig som verdien av eiendommen faller. Den presise sammenhengen mellom fallet i markedsprisen og oversvømmelse er ikke kjent, men på et eller annet tidspunkt vil eiendommen bli rammet av oversvømmelse så ofte at den vil miste hele verdien. Den midterste delfiguren viser hvordan den årlige skaden utvikler seg og hvordan skaden med begrensingen på annethvert år vil være konstant på en årlig verdi. Den siste delfiguren viser hvordan dette inngår i den samfunnsøkonomiske beregningen. Når vi diskonterer uten begrensning forsetter

³ Kapittelet baserer seg i stor grad på NOU 2012:16 Samfunnsøkonomiske analyser kapittel 8. (Finansdepartementet, 2012)

skadekostnadene å stige, men med begrensningene vil de i løpet av analyseperioden starte å falle. Dette gjør at kostnaden i nettonåverdi beregningen blir redusert med begrensningen. På den måten kan man si at verdien av eiendommen blitt trukket fra netto nåverdiberegningen.



Figur 17-1 Illustrasjon av problemstillingen når det gjelder å innføre en begrensning på skade til annethvert år i modellen og effekten av dette.

18 Vedlegg E: Oppsummering Midtveiseminar

I forbindelse med oppdraget ble det avholdt et midtveiseminar for Stavanger kommune, sentrale grunneiere i projektsområdet f.eks. Stavangerregionen havn IKS og relevante interessenter bl.a. fra Rogaland fylkeskommune.

Formålet med midtveiseminaret var å skape forståelse for behovet for flomsikring i Vågen. Dette med utgangspunkt i formidling av foreløpige analyser og innsikt i beregninger og analyser som legger bak mulige flomsikringstiltak. Dette gav grunnlag for diskusjon og innspill som har blitt tatt med inn i det videre arbeid – enten direkte inn i analysen eller som innspill til anbefalinger til videre undersøkelser.

En av de tingene som har blitt tatt med inn var større tydelighet rundt nullalternativet. På seminaret ble det påpekt at kostnadsbeløpet for nullalternativet syntes lavt. Her har vi presisert at dette kun inkluderer direkte skader på utsatte bygninger, og ikke andre kostnader. Samtidig har vi illustrert et spenn i kostnadene for ulike gjentakintervaller avhengig av aktørenes ulike vilje og evne til å reparere etter flomskader.

Vi vil her presentere hovedpunktene som kom frem på midtveiseminaret, som er temaer som alle var veldig opptatt av og som kan skape usikkerhet knyttet til en fremtidig flomsikring av Vågen. Innspillene kan kategoriseres under følgende temaer.

Tekniske utfordringer ved spuntarbeid

Fysiske forhold rundt plassering av spunt er en sentral teknisk utfordring som vil bestemme hvor spuntlinjen kan legges. Det er viktig å ta hensyn til:

- Infrastruktur under bakken, for eksempel rør og kabler, som kan påvirke tekniske løsninger og plassering, samt konstruksjon med blokkmurskai.

Dette har blitt tatt hensyn til i plasseringen av spunten, se skisseforslag kapittel 8.

Havnivåstigning og avløpssystem

Det kom frem at havnivåstigningens påvirkning på avløpssystemet skal tas med i analysen, så det beskrives nødvendige tiltak som installasjon av tilbakeslagsventiler i utsatte bygninger for å forebygge oversvømmelser ved høy vannstand.

Påvirkning på næringslivet i anleggsperioden

På midtveiseminaret var det flere som spurte til, hvordan anleggsarbeidet vil ramme lokale virksomheter, særlig vareleveranser og daglig drift. Flomsikringen kan ha påvirke området forskjellig og det var en bekymring som kom frem i forhold til, hvor lenge anleggsperioden ville være og med hvilke forstyrrelser den vil gi for området.

Analyse av ønsket utvikling for Stavanger sentrum

Det kom innspill på en analyse av «Hva ønsker man for Stavanger sentrum?» med utgangspunkt i områdets identitet, bruk mv. for å sikre at flomsikringsprosjektet ivaretar byens karakter og fremtidige utviklingsmål på best mulig måte.

Kulturarven i Vågen

Kulturmiljøet i Vågen anses til å ha vesentlig regional og nasjonal interesse. De særlig utsatte områder for oversvømmelse er hele sjøhusrekka inkludert hermetikkbebyggelsen. Derfor vurderes det at de ulike løsninger for flomsikring vil ha påvirkning av kulturarven. Her er det tale om blant annet fredet middelaldergrunn under sjøhusene. Et flomvern vil kunne påvirke den visuelle kontakten og siktlinjene mot vannet og vil virke negativt for opplevelsen av den vernede og fredede kulturhistoriske bebyggelsen og kulturmiljøet som helhet.