


**Vurdering av
sikringstiltak mot
straum, bølger og
erosjon ved
Kristianholm i
Sandviken, Bergen**



Sunnfjord Geo Center

Prosjektinformasjon og status

Prosjektnummer:	Dokumentkode:	Dokumentnr.:	Dokumenttittel:
2024-09-311	FF-H30-M00-00	01n	Vurdering av sikringstiltak mot straum, bølger og erosjon ved Kristianholm i Sandviken, Bergen kommune
Revisjon:	Skildring:	Leveransedato:	
0	Internt kvalitetssikra notat	03.10.2024	
Kontraktør:		Kontaktinformasjon:	
 Sunnfjord Geo Center		Sunnfjord Geo Center AS Stongfjordvegen 577 6984 Stongfjorden Tlf.: 577 31 900 E-post: post@sunnfjordgeocenter.no Organisasjonsnummer: 998 899 834 MVA	
Fagområde:	Dokumenttype:	Lokalitet:	
Vurdering av erosjon	Notat	Kristianholm, Sandviken, Bergen kommune	
HMS-risikovurdering før feltarbeid:	Dato for risikovurdering	Hending/avvik meldt:	
Risikogruppe 1	30.09.2024	Nei	
Feltarbeid utført av:	Dato for feltarbeid:		
Even Vie	30.09.2024		
Dokument utarbeidd av:	Dato for ferdigstilling:	Signatur:	
Rev 0: Even Vie	02.10.2024	Even Vie (sign.)	
Sidemannskontroll gjennomført av:	Godkjend, dato:	Signatur:	
Rev 0: Vetle Nordang	03.10.2024	Vetle Nordang (sign.)	

Innholdsliste

1. Innleiing	4
1.1 Bakgrunn og føremål.....	4
1.2 Området.....	4
2. Datagrunnlag	5
2.1 Synfaring.....	5
2.2 Klima og havnivå	8
2.3 Straum og bølger	9
3. Vurdering av sikringstiltak	12
4. Konklusjon	12
5. Referansar	14

1. Innleiing

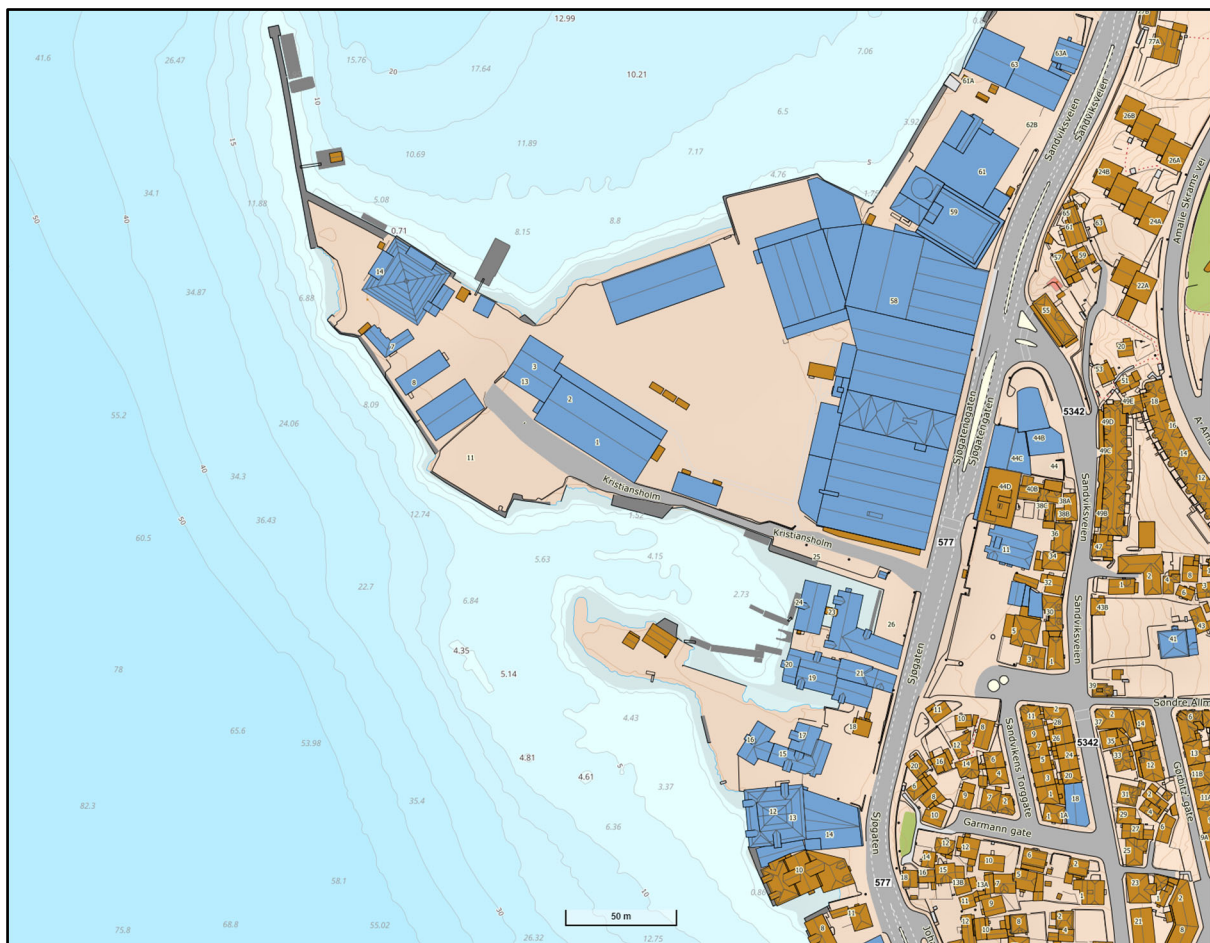
1.1 Bakgrunn og føremål

Sunnfjord Geo Center er på oppdrag frå Løvaas Maskin AS engasjert for å gjennomføre ei vurdering av strøymings- og bølgeforholda ved Bergen Kystkultursenter ved Kristianholm i Sandviken, Bergen kommune. Bergen kommune har igangsett rehabilitering av kaiene her, sidan dei eksisterande kaiene ber preg av alder og har vore utsett for erosjon og slitasje. Det er i dag planlagt å etablere ein bølgebrytar frå Kristianholm for å verne kaiene, hamna, fartøy og bygningane mot bølgeerosjon frå byfjorden.

Sunnfjord Geo Center har gjort ei innleiande vurdering av kva type bølgebrytar som vil vere mest eigna, ut frå dei gjeldande erosjonsforholda. Vurderinga er basert på synfaring som vart gjennomført 30.09.24, og kart, litteratur og informasjon motteke frå Bergen kommune. I tillegg støttar vurderinga seg på hydrodynamisk ekspertise frå Pini Norge AS, CoMarEng Advisory og Meteorologisk institutt ved Universitetet i Bergen, Det har ikkje blitt gjort egne målingar av straum, bølger eller botnforhold.

1.2 Området

Hamna til Bergen Kystkultursenter ligg i Sandviken, ca. 1 km nord for Bryggen i Bergen. Hamna er avgrensa av Kristianholm i nord og ein ca. 120 m lang molo i sør.



Figur 1: Kristianholm ligg i Sandviken, om lag ein kilometer nord for Bryggen i Bergen. Kotane viser at det er opptil 5-6 m djupt inne i hamna og at djupna aukar relativt jamt ned til over 60 m djupne utanfor. Kjelde: Kartverket.

2. Datagrunnlag

2.1 Synfaring

Synfaring vart gjennomført av Even Vie frå Sunnfjord Geo Center 30.09.2024. I det undersøkte området er strandlinja hovudsakleg utbygd med kaier eller bygningar, slik at det er naturstein, betong og treverk som er eksponert mot sjøen. Byfjorden er i dette området om lag 3,5 km brei, og heile vestsida av den undersøkte hamna er eksponert mot denne. Under synfaringa var det vindstille og roleg sjø, men det passerte med jamne mellomrom nord-sørgåande fartøy på fjorden utanfor og det er tydeleg at sjølv bølger frå dei dei minste av desse skaper stor rørsle i flytebrygger og fortøya båtar inne i hamna.



Figur 2: Bilete tatt frå kaia på Kristianholm mot aust. Til høgre er eksisterande molo som avgrensar hamna i sør. På moloen er ein i ferd med å bygge ei kai.



Figur 3: Bilete tatt mot vest med sørsida av Kristianholm er til høyre og Askøy i bakgrunnen. Den undersøkte hamna er sterkt eksponert mot Byfjorden.



Figur 4: Bilete tatt mot nord viser hamna ved kystkultursenteret.



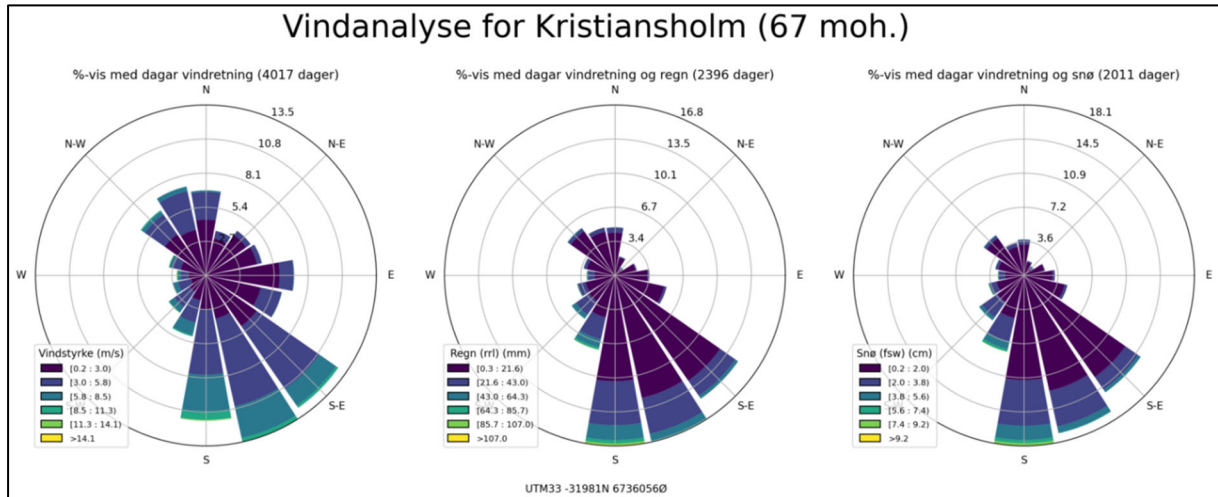
Figur 5: Storparten av strandlinja i det undersøkte området er utbygd av kaier og bygningar, slik at det er naturstein, betong og treverk som er eksponert mot sjøen. I mellom dette er det observert sediment bestående av fyllmassar, mudder og antatt silt og sand. Bilete tatt ved innde del av moloen som avgrensar hamna i sør.



Figur 6: Bilete tatt i bakkant av bygget til Norges Fiskerimuseum viser finkorna avsetningar i botnsedimenta. Bygga er fundamentert på tømmerstokkar.

2.2 Klima og havnivå

Det er henta klimadata frå Norges vassdrag- og energidirektorat (NVE) si teneste AV-klima. Nedanfor ser ein vindroser, som viser kva retning vinden kjem frå på Kristianholm. Dei forskjellige fargeplotta viser vindstyrke. Dominerande vindretning ved Kristianholm er sør-sørøst, sannsynlegvis fordi vinden følger Bergensdalen.



Figur 7: Vindanalyse for Kristianholm som viser frekvensfordeling av vindretning og vindstyrke, også for dagar med regn og snø.

Norsk Klimasenterservice sin rapport *Klimaprofil Hordaland* (NKSS, 2022) viser at havnivåstiging i Hordaland vil føre til at stormflo og bølger strekk seg lenger inn på land enn det som er tilfellet i dag. Det er ikkje venta vesentleg endring i bølgeforld, men det er påpeika at uvissene for dette er store. Kartet nedanfor viser nivået til ein 200-årsstormflo i året 2100 i følgje Kartverket sin teneste sehavniva.no. Det er tatt høgde for landheving, men bølger er ikkje inkludert.



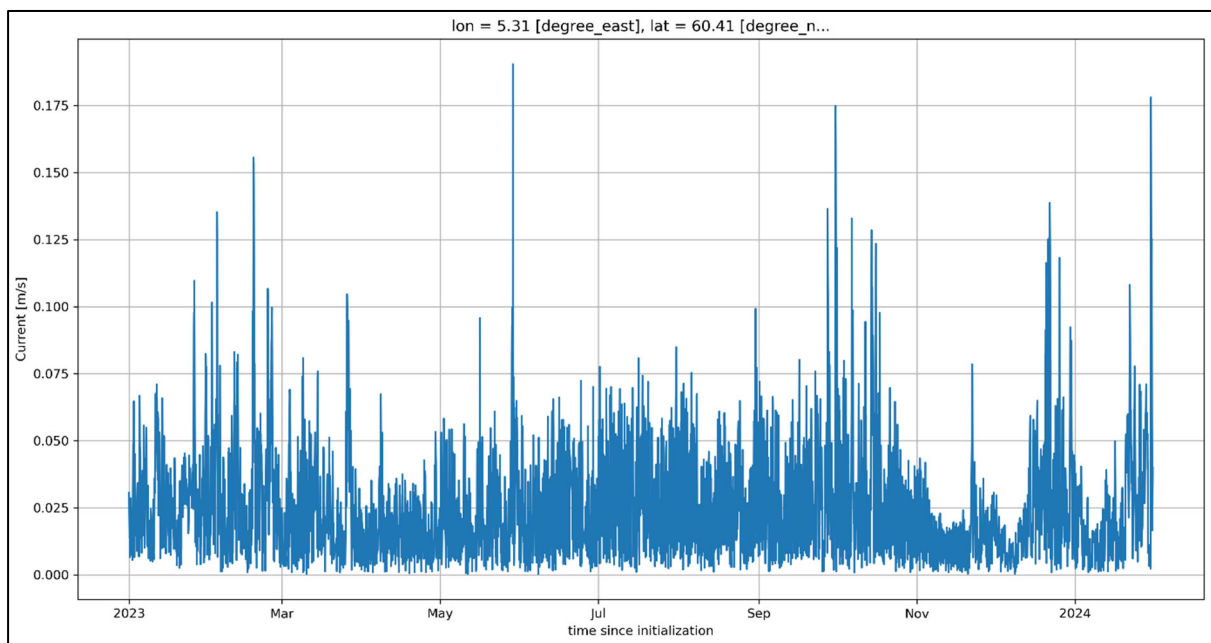
Figur 8: Forventa nivå for 200-årsstormflo i 2100. Kart henta frå sehavniva.no

Simpson mfl. (2024) har presentert framskrivingar om havnivå for ulike scenario av global oppvarming som følge av klimagassutslepp. Framskrivingane mot år 2100 viser at ein i Bergen kan forvente eit auka havnivå på mellom 0,3 m (SSP1-1,9) for eit lavt utsleppsscenario og 1,85 m (SS5-8,5) for eit høgt utsleppsscenario.

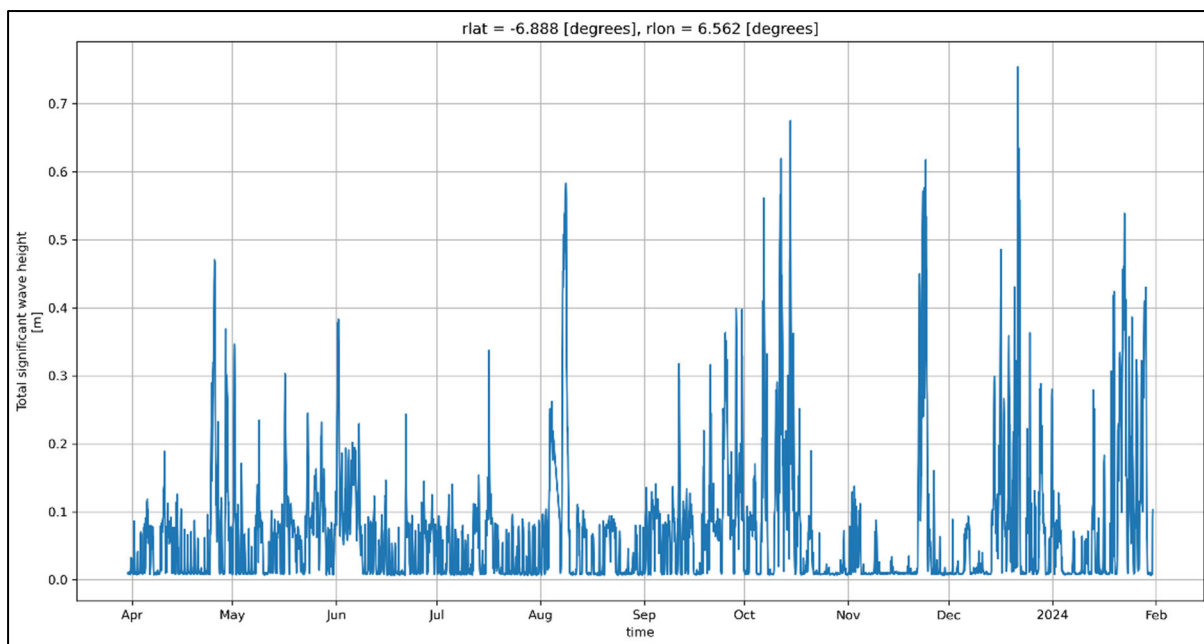
2.3 Straum og bølger

Det er opplyst frå Bergen kommune at området ved Bergen Kystkultursenter er svært utsett for bølger, og at dette har førd til omfattande erosjon på området. Sunnfjord Geo Center si eiga synfaring stadfesta dette. I tillegg til bølger frå Byfjorden vil bølger skapt av båttrafikk truleg òg føre til erosjon.

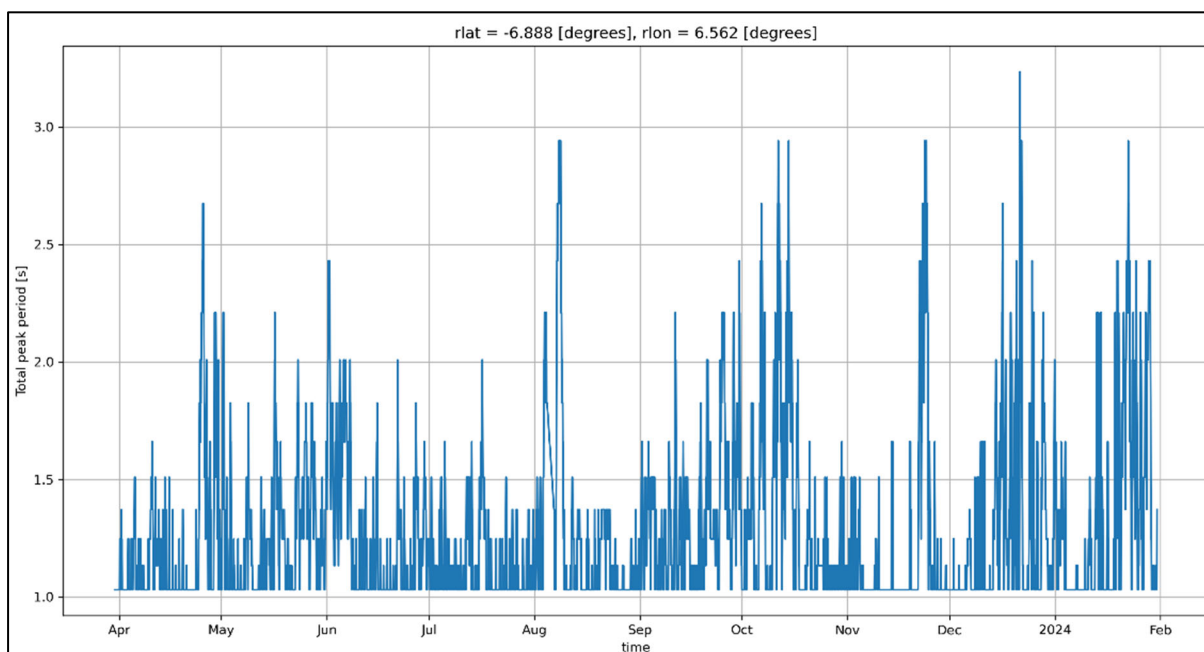
I denne undersøkinga er det gjort ei enkel modellering av straumstyrke, bølgehøgder og bølgelengder ved hjelp av data frå Meteorologisk institutt ved Universitetet i Bergen. Modellen er henta frå ocean-met.no. Tidsperioden strekk seg over eit år, og ved ei grundigare vurdering av erosjonsgraden i undersøkingsområdet bør det nyttast datasett over ein lengre periode. Modellen er også betre tilpassa opent hav og det er generelt ei utfordring å få gode modelleringar i område innaskjers der det ikkje har vore kontinuerleg bølgemåling over tid, eller målingar under ekstreme vêrforhold. For ei innleiande vurdering er datagrunnlaget likevel vurdert til å gje eit tilstrekkeleg bilete av strøymingsforholda i Byfjorden.



Figur 9: Modell av straum i Sandviken gjennom eit år. Ein ser at dei høgaste verdiane ligg i underkant av 0,2 m/sek.



Figur 10: Modell av signifikante bølgehøgder i Sandviken gjennom eit år. Den høgaste toppen ligg i overkant av 0,7 m.



Figur 11: Modell av bølgelengder i Sandviken gjennom eit år. Dei høgaste verdiane ligg rundt 3 sekund.

Modelleringa ovanfor viser at ein kan forvente straumar på ca. 0,2 m/sek. i undersøkingssområdet. Maksimum bølgehøgder ligg på 0,7 m og maksimum bølgelengde på ca. 3 sekund. Bergen sentrum og Sandviken er skjerma av Sotra, Øygarden og Askøy slik at havbølgene gjennomgår endringar, styrt av diffraksjon, refraksjon, demping og botneffektar, før dei når desse områda.

Meteorologisk institutt har utarbeidd rapporten *Bølger og vannstand i Bergen kommune* (Kvamme og Reistad, 2006). Denne vart mellom anna lagt til grunn under utgreiing av

bybanetraseen (Nøttveit, 2012). Rapporten viser 100-årsintervall og i Sandviken er høgaste signifikante bølgehøgde her mellom 1,5 og 1,9 m.

Simpson mfl. (2024) sine framskrivingar av klima fram mot år 2100 viser at middelvinden langs kysten kan avta, medan variansen kan bli større. Dette indikerer at dei mest ekstreme bølge og stormfloendingane kan bli meir alvorlege i framtida.

NVE si generelle tilråding er at ein må forvente meir ekstremvêr og auka risiko for naturskade knytt til dette.

3. Vurdering av sikringstiltak

NVE sin klimatilpassingsstrategi seier at tiltak/avgjersler med lang levetid kan enten byggast for å tole forventa klimaendringar i løpet av levetida eller utformast ut frå dagens klima, men klargjort for forsterkingar/endringar. I denne vurderinga er forventa klima og ekstreme hydrodynamiske forhold fram mot år 2100 lagt til grunn.

Vindanalysen viser at dominerande vindretning ved Kristianholm er gunstig med omsyn til danning av bølger som kan erodere langs strandlinja. Modellane av straum og bølger viser også relativt moderate maksimale verdiar. Dei er likevel berre køyrd over eit år, og er ikkje tilpassa lukka fjordsystem og lokale forhold i Sandviken. Desse kan derfor ikkje åleine leggast til grunn for vurdering av sikringstiltak mot erosjon ved Bergen Kystkultursenter. Det har blitt gjort observasjonar av erosjon og skade på bygningsmasse i det undersøkte området, og med ei forventning om auka havnivå og meir ekstremvêr bør ein legge til grunn at risikoen for dette også vil auke i framtida.

Ved Kristianholm er det planlagd å etablere ei sikring mot bølgeerosjon. Flytande bølgebrytarar er normalt nytta for småbåthamner og på stader der bølgene er relativt små (PIANC, 1994). Vidare fungerer flytande bølgebrytarar best når bølgene kjem frå ein dominerande retning og der djupna er mindre enn 15-20 meter. Ein flytande bølgebrytar kan derfor vere eit fungerande alternativ for det undersøkte området.

Alternative løysingar er ein skrånande molo (vanlegvis ei steinfylling), vertikal molo/senkekaske eller ein kombinasjon av desse. Ein vertikal molo eller ein kombinasjonsmolo er truleg ikkje aktuelt for dette området grunna den relativt avgrensa djupna og kostnadene knytte til senkekaske som må spesialtilpassast.

Ein steinfyllingsmolo er eit betre alternativ fordi han, i motsetnad til ein flytande bølgebrytar, også vernar mot undervasstraumar og tilhøyrande erosjon. Om ein vel å ikkje gjennomføre meir omfattande undersøkingar av bølge- og straumforholda ved Kristianholm vil ein steinfyllingsmolo vere den einaste løysinga som garantert gjev tilstrekkeleg vern mot den forventa framtidige auken i ekstremvêr. I tillegg er dette eit godt utprøvd prinsipp, og steinmassar er relativt lett tilgjengelege.

4. Konklusjon

Uavhengig av andre faktorar enn dei reint hydrodynamiske, som kostnad og landskapsarkitektur, vil ei steinfylling vere det alternativet som best vernar det undersøkte området ved Kristianholm mot erosjon frå bølger og undervasstraumar. Informasjonen som er lagt til grunn indikerer at ein flytande bølgebrytar kan vere godt nok under dagens vêrforhold, men med ei forventa auke i havnivå og ekstremvêr vil ei steinfylling vere eit betre alternativ for framtida.

Det understrekast likevel at denne innleiande vurderinga er basert på modellar over korte tidsperiodar og ingen lokale målingar er utført. Dersom ein vil auke kunnskapsgrunnlaget før ein tek ei endeleg avgjersle om val av erosjonssikring bør simulering av bølger og straum gjennomførast over eit lenger tidsrom, understøtta av faktiske målingar. Vidare bør ein vurdere å gjere ei fleirkriterieanalyse som inkluderer vurdering av funksjonell yting, praktisk gjennomførbarheit, kostnader, miljøpåverknad og landskapsarkitektur.

5. Referansar

Litteratur:

Kvamme, D. og Reistad, M 2006: Bølger og vannstand i Bergen Kommune. Meteorologisk Institutt. Bergen kommune

Nøttveit, O., 2012. Havnivåstigning og Bybanen over Torget, Bryggen og Sandviken. Norconsult-notat nr. 14, oppdragsnr. 5121731.

Permanent International Association of Navigation Congress (1994), "Floating Breakwater – A practical Guide for Design and Construction, MARCOM WG No. 13", PIANC, Brussels.

Simpson, M. J. R., Bonaduce, A., Borck, H. S., Breili, K., Breivik, Ø., Ravndal, O. R. og Richter, 2024. *Sea-Level Rise and Extremes in Norway – Observations and projections based on IPCC AR6*. NCCS report 1/2024.

Internett:

<https://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva>

<https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/hordaland>

<https://nve-av-klima.azurewebsites.net/>

<https://www.nve.no/vann-og-vassdrag/vannets-kretsloep/klima/>

<https://ocean.met.no/>

Personleg kommentar:

Bergen kommune

CoMarEng Advisory

Meteorologisk institutt ved Universitetet i Bergen

Pini Norge AS