

NOTAT

Projektnavn **Hurum Brygge - Etablering av sandstrand**
Projektnr. **1350020191**
Version **1**

Udarbejdet av **Jørgen Quvang Harck Nørgaard**
Godkendt av **Gunnar Tørnqvist**

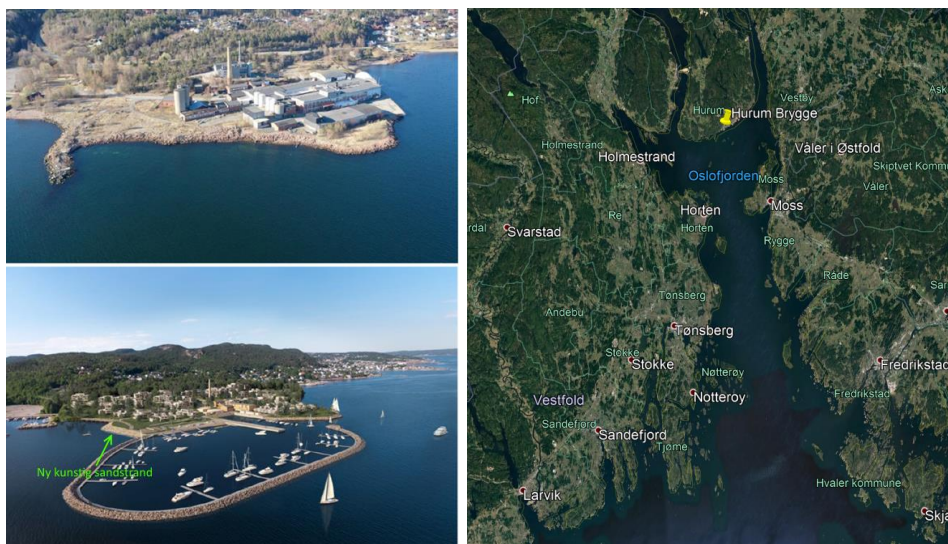
1 Bakgrunn

Dette notatet omfatter en overordnet beskrivelse samt vurdering av konsekvens for etablering av ny sandstrand ved Hurum Brygge, Sagene. Vurderingene i dette notat innebærer følgende:

- **Avsnitt 2:** Innledende beskrivelse av strandens plassering samt bølgeførhold
- **Avsnitt 3:** Innledende beskrivelse av strandens oppbygning (sandfraksjon)
- **Avsnitt 4:** Innledende vurdering av sandtransport samt omfang for vedlikehold
- **Avsnitt 5:** Innledende vurdering av strandens løpende morfologiske utvikling
- **Avsnitt 6:** Forslag til tiltak for reduksjon av årlige vedlikeholdelseskostnader

2 Innledende beskrivelse av strandens plassering samt bølgeførhold

I forbindelse med etableringen av Hurum Brygge er det planlagt etableringen av en kunstig sandstrand på vestsiden av den nye moloen, se Figur 1.



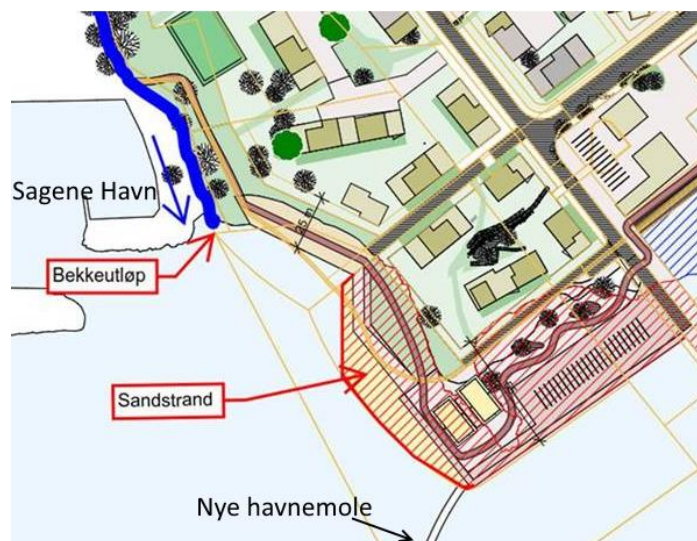
Figur 1: Eksisterende forhold (venstre, øverst) samt etablering av Hurum Brygge (venstre, nedst), beliggenhet av Hurum Brygge i Oslo Fjorden (høyre).

Dato 090919

Rambøll
Prinsensgade 11
DK-9000 Aalborg

T +45 5161 1000
F +45 5161 1001
<https://dk.ramboll.com>

Sandstrand ligger mellom den nye moloen og et bekkeutløp umiddelbart øst for Sagene Havn, se Figur 2.



Figur 2: Illustrasjon av strandens beliggenhet mellom bekkeutløp samt den nye havnemoloen.

Som det fremgår av vindrosen i Figur 3 fra Gullholmen vindmåler, i Oslo Fjorden, er den mest frekvente vindretningen fra syd, herfra opptrer også de høyeste vindhastighetene.

Vindrose, frekvensfordeling av vind

Vindretning deles i sektorer på 45°

Frekvensfordeling av vindhastighet i prosent %

Vindstyrke (Beaufort)

- > 8
- 7-8
- 5-6
- 3-4
- 1-2

Stille (%)

2

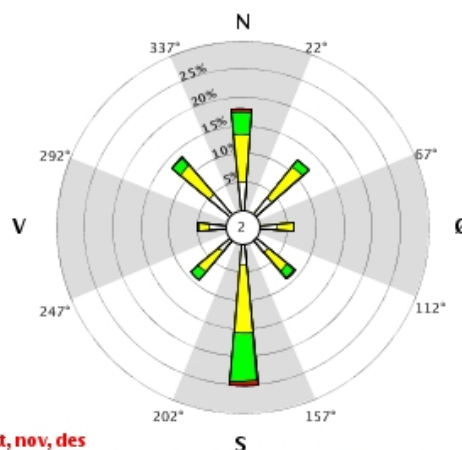


År: 2000 - 2013

jan, feb, mar, apr, mai, jun, jul, aug, sep, okt, nov, des

Tidspunkt: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 (NMT)

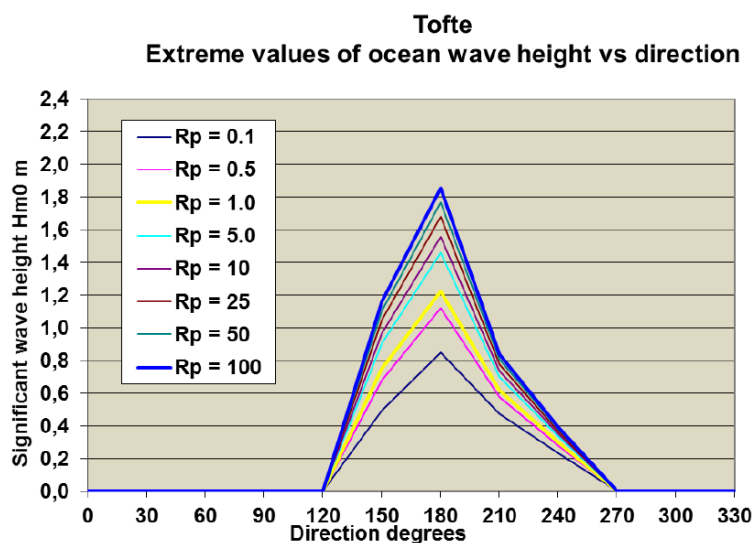
17280 GULLHOLMEN



Figur 3: Vindrose for målt vindstyrke og -retning ved værstasjon på Gullholmen for år 2000-2013 (Kilde: Meteorologisk institutt/eklima.no)

De høye forekomstene av vind fra syd, samt de høye vindhastighetene fra denne retningen, kombinert med den lange strøklengden fra syd ved Hurum Brygge til nærmeste kyst, fører til at det forekommer relativt høye bølger på lokaliteten fra sydlige retninger. Dette vises på Figur 4, som viser bølgehøyde med forskjellige returperioder, R_p , fra forskjellige retninger. Det fremgår, at en 1-års storm (dvs. en storm som i gjennomsnitt forekommer med en 1-års returperiode) kan medføre en bølgehøyde

på opp mot ca. 1,2 m. Av figuren fremgår det videre, at det kan forventes bølgehøyde på opp mot 0,8 m med en gjennomsnittlig hyppighet på ca. 12 ganger om året.

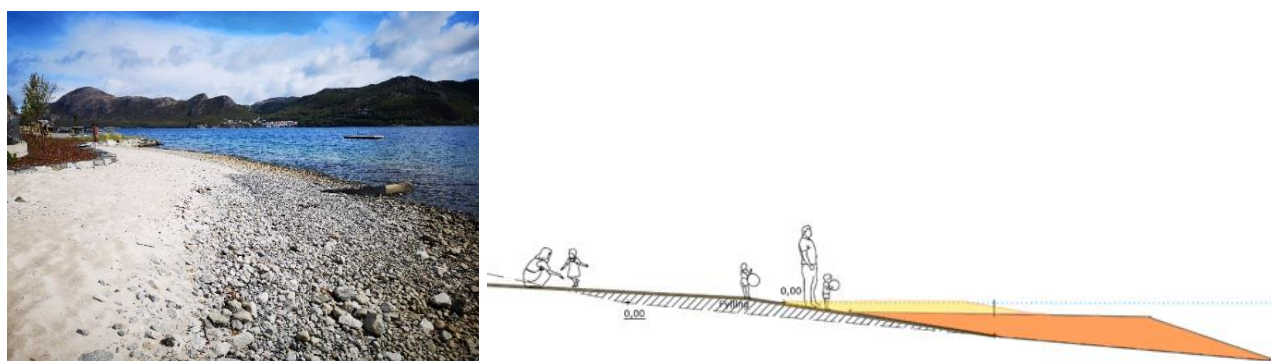


Figur 4: Ekstremverdier og returperiodet av signifikant bølgehøyde ved Sagene. (Kilde: Notat, Norconsult, 2016)

3 Innledende beskrivelse av strandens oppbygning

Stranden forventes oppbygget med et underliggende erosjonsbestandig lag bestående av grus og mindre stein ($10\text{ mm} < d_{50} < 100\text{ mm}$) og med et overliggende sandlag ($0,3\text{ mm} < d_{50} < 0,5\text{ mm}$) med en lagtykkelse på 1 – 1,5 m. Det underliggende gruslaget fungerer som barriere mot den potensielle erosjonen (beskrevet i avsnitt 4), slik at det ved en storm maksimalt kan forekomme erosjon av sandlaget og ned til det erosjonsbestandige laget.

Prinsippet for oppbygningen, benyttet ved et tilsvarende anlegg, er illustrert i Figur 5.



Figur 5: Illustrasjon av prinsipp for oppbygning av sandstrand ved Hurum Brygge.

Sandfraksjonen samt strandhelningen, vil ved detaljprosjekteringen bli optimert slik at det oppnås optimal stabilitet av stranden samt minimale vedlikeholdelskostander.

Som utgangspunkt søkes følgende momenter oppfylt ved valg av sand til stranden:

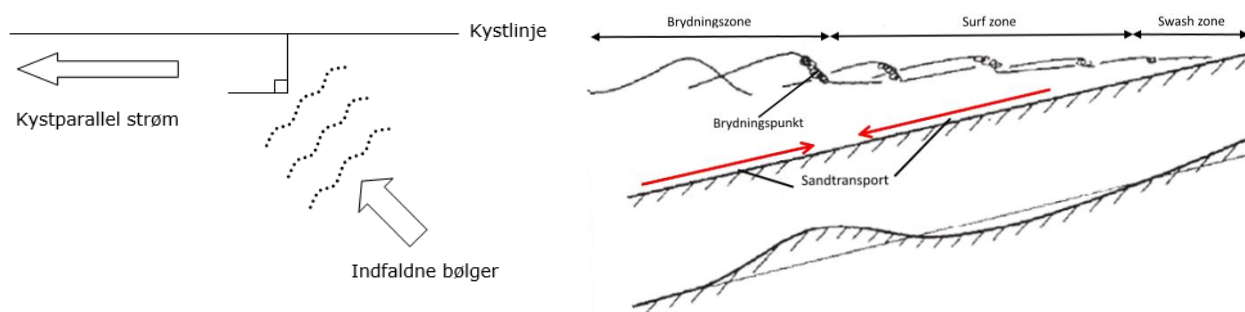
- Den tilførte sanden på den kunstige sandstranden vil være av marin forekomst.
- Den tilførte sanden vil være av samme karakter som de naturlige sandforekomster i området, dvs. samme geologiske komposisjon, samme farge, samt samme sedimentstørrelses-karakteristik.
- Den tilførte sanden vil være velsgradert ($1,5 < u < 2,2$, hvor u er uensformighetstallet definert ved $u=d_{60}/d_{10}$), og det vil være et minimalt innhold av silt på undet 1 -2 %, samt et minimalt innhold av grus og skjell (under 3 % innhold av sedimentkornstørrelse på over 3 %).
- Det vil ikke være forekomst av organisk materiale i den tilførte sanden på stranden.

4 Innledende vurdering av sandtransport samt omfang for vedlikehold

Det antas at den kunstige sandstranden umiddelbart vil ligge i le for tidevannsgenererte strømninger i området, pga. den nye moloens le-virkning, samt pga. le-virkningen fra moloene ved Sagene Havn. Sandtransport antas derfor å oppstå pga. bølger.

Den bølgegenererte sandtransporten på stranden vil bestå av to bidrag:

- **Langsgående sandtransport**, som oppstår når bølgene har en skrå innfallsvinkel på kysten, og dermed danner en langsgående strøm langs kysten når bølgerne bryter, se illustrasjon i Figur 6 (*venstre*). Den langsgående sandtransporten er ofte et uttrykk for den såkaldt *kroniske* transport/erosjon, som fører til at sanden konstant flyttes parallelt med kysten. I tilfellet hvor den langsgående transporten flytter mere sand vekk fra stranden sammenlignet med den tilførte sandmengden til stranden, vil det forekomme netto-stranderosjon.
- **Tverrgående sandtransport**, som oppstår pga. den vinkelrette strømkomponent på kysten når bølgerne bryter på kysten, dermed dannes en tverrgående strøm/sedimenttransport, se illustrasjon i Figur 6 (*høyre*). Den tverrgående sandtransporten er ofte et uttrykk for den såkalte *akutte* transport/erosjon, som fører til at sanden flyttes på tvers av kysten, og er mest dominerende ved forhold med høye bølger hvor sanden eroderes fra stranden og deponeres på større vanddybde.



Figur 6: Illustrasjon av langsgående sandtransport (*venstre*) samt tverrgående sandtransport (*høyre*), hvor de røde pilene illustrerer den tverrgående sandtransportretning på kysten.

Den kunstige stranden er som tidligere nevnt innrammet av bekkeutløpet, samt den nye moloen, og derfor kan det konkluderes, at det ikke umiddelbart vil være en naturlig tilførsel av sand til stranden, se illustrasjon i Figur 7. Dette betyr at dersom det forekommer sandtransport, forårsaket av bølger, vil dette bety en netto-reduksjon av sand bort fra stranden.



Figur 7: Illustrasjon av "sedimentcelle" (stiplet strek) som indikerer innramningen av planlagt kunstig strand ift. sedimenttransport.

En analyse av årlig vedlikeholdsvolum for sand på stranden krever detaljerte beregninger. En worst-case betraktning kan være, at det under storm forutsettes, at all sand forsvinner fra det øverste laget og ned til det erosjonsbestandige steinlaget. Denne forutsetningen vurderes ikke å være urealistisk, når de relativt høye bølgene på lokaliteten tas i betraktning.

Et estimert årlig vedlikeholdelsesvolum for sanden, basert på forutsetningen om at alt sand forsvinner under en storm, er $\approx 3.500 \text{ m}^3/\text{år}$. Dette kan imidlertid reduseres vesentlig ved etablering av kystbeskyttelseskonstruksjoner, noe som er nærmere beskrevet i avsnitt 6.

5 Innledende vurdering av strandens løpende morfologiske utvikling

Ved bruk av samme worst-case betraktning som i avsnitt 4, hvor det forutsettes at all sand eroderes under storm, kan det oppstå en sedimentasjon tilsvarende til kombinasjonen av langs- og tverrgående sandtransport, se illustrasjon i Figur 8. På grunn av den høye forekomsten av bølger fra syd forventes det dog, at den mest dominerende sedimenttransporten vil være som følge av langsgående transport mot nord, som illustrert i Figur 8 (venstre).

Sedimentasjonen som følge av den langsgående sandtransport betyr, at det ikke kan utelukkes at det i en periode kan forekomme en lokal ekstremitet for flowet fra bekken, hvilket kan bety at det i perioder potensielt kan oppstå en økning av vannstanden i bekken.

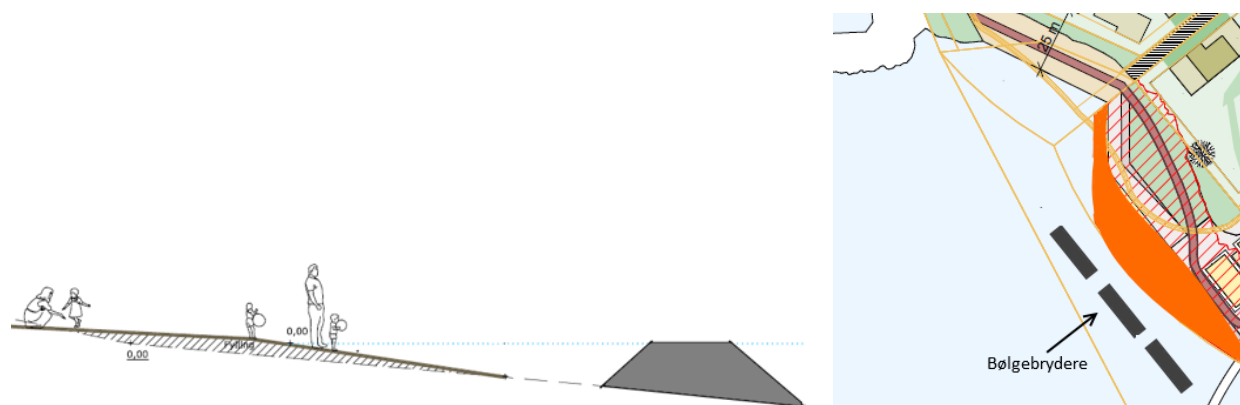


Figur 8: Illustrasjon av sedimentasjon som følge av langsgående transport (venstre) og tværgående transport (høyre).

6 Forslag til tiltak for reduksjon av årlige vedlikeholdskostnader

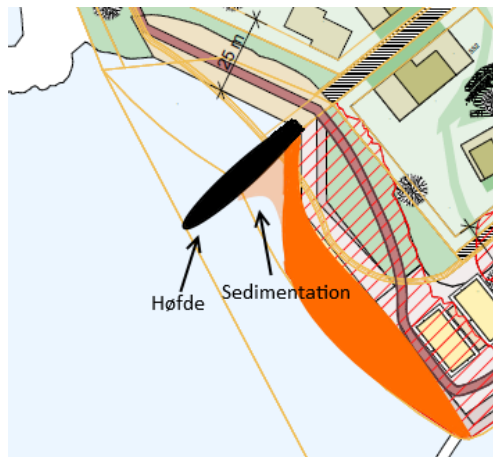
En analyse av sandtransporten, og dermed den morfologiske utvikling av sandstranden, kræver detaljerte beregninger. Detaljprosjekteringen vil bestå i å optimere designet av stranden med hensyn på bl.a. å minimere den langsgående- og tværgående nettotransporten, og dermed minimere vedlikeholdskostnadene. Reduksjonen av sandtransport vil dessuten redusere påvirkningen av det omkringliggende område.

Undet detaljprosjekteringen bør det bl.a. overveies eventuelle kyststabiliserende konstruksjoner, som f.eks. etablering av en bølgebryter, som kan redusere den tværgående sandtransporten markant (se illustrasjon i Figur 9).



Figur 9: Illustrasjon av nedsenket bølgebryter.

En annen type kystbeskyttelse som bør overveies, er en "høfde" (tværgående liten molo), som kan redusere langsgående netto-transport vekk fra stranden, og dermed redusere blokeringen av bekkeutløpet nordvest for stranden, se illustrasjon i Figur 10.



Figur 10: Illustrasjon av høfde ved ny kunstig strand.

