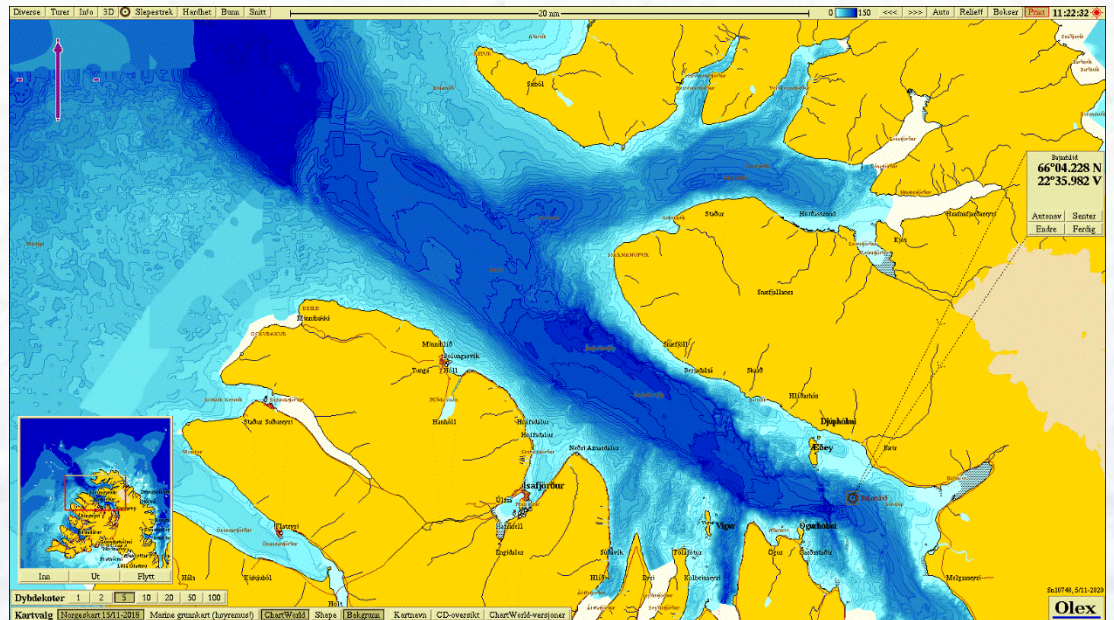


Háafell ehf

Lokalitetsrapport og havbølgeomodelleringer
Bæjarhlíð, Ísafjarðardjúp 2020



This page is intentionally left blank

Akvaplan-niva AS

Rådgivning og forskning innen miljø og akvakultur

Org.nr: NO 937 375 158 MVA

Framsenteret

9296 Tromsø

Tlf: 77 75 03 00, Fax: 77 75 03 01

www.akvaplan.niva.no

**Rapporttittel / Report title**

Háafell ehf. Lokalitetsrapport og havsjømodellering for Bæjarhlíð, 2020

Forfatter(e) / Author(s)

Stine Hermansen

Akvaplan-niva rapport nr / report no

62388.01

Dato / Date

26.11.2020

Antall sider / No. of pages

23 + Vedlegg

Distribusjon / Distribution

Gjennom Háafell ehf.

Oppdragsgiver / Client

Háafell ehf.

Oppdragsg. referanse / Client's reference

Gauti Geirsson

Sammendrag / Summary

Akvaplan-niva har gjennomført en lokalitetsundersøkelse av lokaliteten Bæjarhlíð iht. de krav som stilles i NS 9415:2009 – Krav til lokalitetsundersøkelse, risikoanalyse, utforming, dimensjonering, utførelse, montering og drift.

50 års returperiode	Størrelse	Retning (grader)	Peakperiode (s)
Maks strøm, 5 meter	66 cm/s	300	-
Maks strøm, 15 meter	44 cm/s	120	-
Signifikant bølgehøyde (Hs) vindbølger	2,81 m	165	5,5 s
Signifikant bølgehøyde (Hs) havbølger	0,75 m	300	12,5 s
Signifikant bølgehøyde (Hs) kombinert hav- og vindbølge	2,34 m	300	9,1 s

Bølger kommer fra angitt retning, mens strøm går mot angitt retning.

Prosjektleder / Project manager

Arnthor Gustavsson

Kvalitetskontroll / Quality control

Thomas Heggem

© 2020 Akvaplan-niva AS. Rapporten kan kun kopieres i sin helhet. Kopiering av deler av rapporten (tekstutsnitt, figurer, tabeller, konklusjoner, osv.) eller gjengivelse på annen måte, er kun tillatt etter skriftlig samtykke fra Akvaplan-niva AS.

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	2
1 INNLEDNING	3
2 METODE	4
2.1 Strømmålinger	4
2.1.1 Strømmåling	4
2.1.2 Tidevann	4
2.1.3 Temperatur og vannmasser	4
2.2 Havsjømodellering	4
2.2.1 Modelloppsett	5
2.2.2 Inngangsdata til modellen CMS-Wave	7
2.3 Ising	8
2.4 Bunndata	9
3 RESULTATER	10
3.1 Strømmålinger	10
3.2 Tidevannsstrøm	10
3.3 Vindgenerert strøm	11
3.4 Temperatur og vannmasser	13
3.5 Vårflom og snø- og ismelting	13
3.6 Bølgemodellering	14
3.6.1 Havsjø	14
3.7 Bunntype	17
3.8 Skipsgenererte bølger	17
4 ISLAST	19
5 INSTRUMENTBESKRIVELSE	22
6 LITTERATURLISTE	23
7 VEDLEGG	24
7.1 Strømmålinger	24
7.1.1 Strømmåling	24
7.1.2 Tidevann	24
7.1.3 Oppbygging strømmålerrigg	25
7.1.4 5m dyp	26
7.1.5 15m dyp	31
7.2 Anleggstegning og bunnkartlegging	36
7.3 CMS-wave	37
7.3.1 Energispekter	37
7.4 Beregning istabell	39
7.5 Ekstremverdianalyse	41

Forord

Foreliggende undersøkelser er gjennomført av Akvaplan-niva AS etter oppdrag fra Háafell ehf. I forbindelse med utlegging av nytt anlegg på lokalitet Bæjarhlíð i Ísafjarðardjúp, ønsket bedriften å få gjennomført en lokalitetsundersøkelse.

Undersøkelsen er gjennomført i henhold til NS 9415:2009 – Krav til lokalitetsundersøkelse, risikoanalyse, utforming, dimensjonering, utførelse, montering og drift

Undersøkelsene er gjennomført og rapportert av Stine Hermansen, Akvaplan-niva AS.

Akkreditert virksomhet: Akvaplan-niva AS er akkreditert gjennom ISO/IEC 17020:2012. Følgende standarder, forskrifter og prosedyrebeskrivelser er benyttet: NS 9415, NYTEK-forskriften og Akvaplan-niva AS sine interne prosedyrer for prosjektgjennomføring og kvalitetssikring.

Reykjavik den 26.11.2020



Arnthor Gustavsson

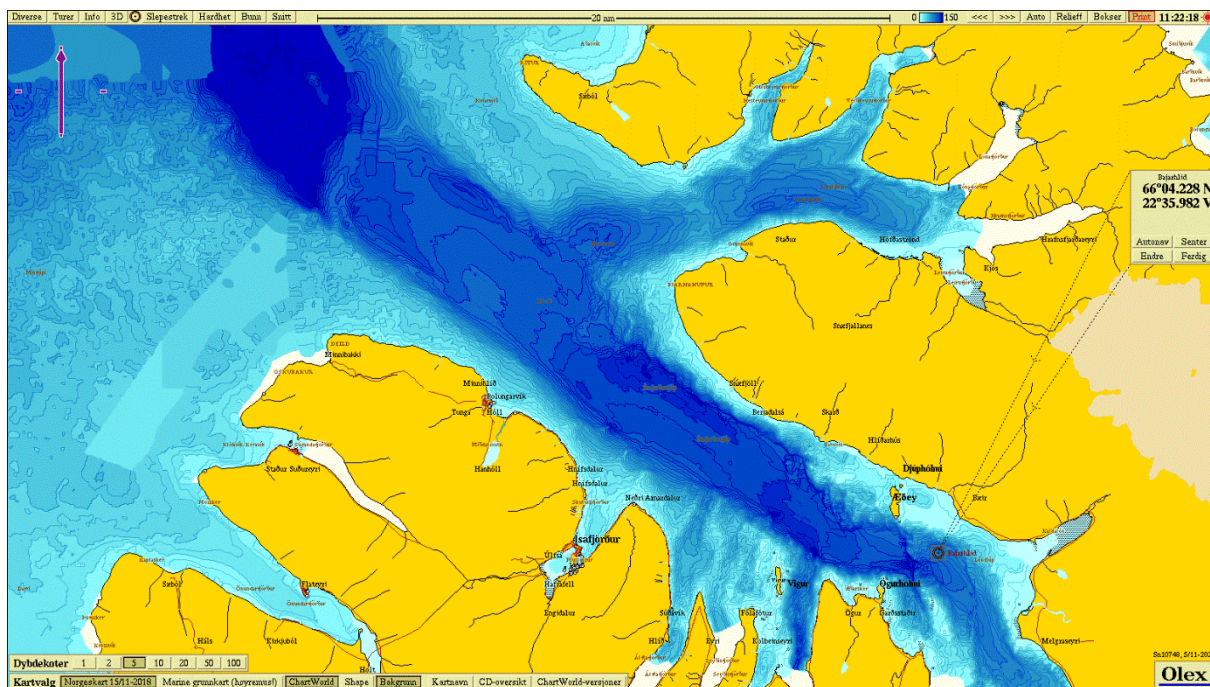
Prosjektleder

1 Innledning

Akvaplan-niva AS har på oppdrag fra Háafell ehf. foretatt en lokalitetsundersøkelse på lokaliteten Bæjarhlíð. Undersøkelsen er utført i henhold til NS 9415:2009 "Krav til lokalitetsundersøkelse, risikoanalyse, utforming, dimensjonering, utførelse, montering og drift". Lokaliteten Bæjarhlíð ligger i indre deler av Ísafjarðardjúp i Ísafjarðarsýsla (Figur 1). Posisjonen til lokaliteten er 66°04,228N og 22°35,982V.

Ut av Ísafjarðardjúp har lokaliteten en åpen sektor mot Danmarkstredet i retningene 290-310 grader. Kriterium 1 angående havsjø i prosedyren for lokalitetsundersøkelse sier at det skal gjennomføres en havsjømodellering dersom lokaliteten har tilknytning til åpent hav eller en større fjord med tilknytning til hav.

Siden lokaliteten har sektor til åpent hav vurderes det til at det vil være mulighet for at havdønninger kan propagere helt inn til anlegget og det har blitt gjennomført en havsjømodellering.



Figur 1: Plassering av lokalitet Bæjarhlíð på sjøkart fra Olex.

2 Metode

2.1 Strømmålinger

2.1.1 Strømmåling

Strømmålingene ble foretatt med målere fra Akvaplan-niva AS i perioden 17.08.20-02.10.20 på 5 og 15 meters dyp. Resultatene som er presentert i denne rapporten er fra en 30 dagers periode den den 17.08.20-16.09.20. Det har blitt plukket ut et 30 dagers intervall (30.08.20-29.09.20) som er presentert i denne rapporten. Målerne var innstilt på registrering av strømhastighet- og retning med 10 minutters intervall (se Instrumentbeskrivelse for ytterligere informasjon og vedlegg 7.1.1 for riggskisse). Målingene ble utført i posisjon 66°04,257N og 22°36,356V, som vurderes representativt for hele lokaliteten. Kvalitetssikring av data og framstilling av grafikk ble foretatt av Akvaplan-niva AS. Begge strømmålingene er utført i samme fortøyningsrigg. Det var ingen installasjoner på lokaliteten som kunne påvirke målingene.

2.1.2 Tidevann

Det varierer sterkt hvor store de sykliske endringene er innenfor gitt tidsperiode (en tidevannsperiode eller en månefase). Tidevannsestimatet og variansen til tidevann sammenlignet med variansen til totalstrømmen er beregnet fra perioden 17.08.20-21.09.20.

2.1.3 Temperatur og vannmasser

Områdene rundt Island er påvirket av flere typer vannmasser. I vest mellom Grønland og Island strømmer den sørgående kalde og tunge Øst-Grønlandsstrømmen. Ved siden av denne strømmer det Atlantisk vann i den nordgående Nord Islandske Irminger Strømmen, som tar med seg varmt og salt atlantisk vann nordover langs den Islandske kontinentalsokkelen. De østlige delene av Island blir påvirket av den sørovergående kalde og tunge Øst-Island strømmen.

Den Islandske kystrømmen går med klokka rundt Island og påvirker forholdene langs den Islandske sokkelen. Denne strømmen blir delvis drevet av ferskvann, men er også påvirket av vind og tidevann. Ekstreme værforhold med sterke vinder kan påvirke strømmene i fjordene og føre til en økt vannutskifting.

2.2 Havsjømodellering

CMS-Wave (Coastal Modeling System Wave Model) er benyttet til å modellere eksponeringsgraden av vindbølger, havdønninger og kombinasjon av disse for lokaliteten Bæjarhlíð. Dette er en todimensjonal bølgemodell som benytter rektangulære kartesiske gitter. Inngangsdata til modellen er bunntopografi, innkommende bølger (høyde, retning og energispekter), vindstyrke og vindretning. For mer detaljert beskrivelse av modellen se vedlegg 7.3.

2.2.1 Modelloppsett

Lokaliteten ligger i Ísafjarðardjúp nordvest på Island og har direkte lysåpning ut av fjorden mot vest-nordvest (290-310 grader). Det er lite skjerming for havbølger som propagerer inn i fjorden og det er muligheter for relativt høye bølgehøyder ved lokaliteten, Figur 1. Strøklengden ut av fjorden er også lang, som kan medføre at det også vil kunne bygge seg opp høye vinddrevne bølger fra vestlig til nordvestlig retning. Innover i fjorden er det en strøklengde på ca. 21 km. Dette medfører at det vil kunne bli høye bølger fra østlig til sørlig retning.

Modellen har blitt dermed blitt kjørt for vestlige til nordvestlige retninger med havdønninger, vind og en kombinasjon av disse.

Dette dekker til sammen fem forskjellige retningssektorer mellom 270 og 330 grader. For andre retninger har modellen blitt kjørt med kun vind. Der griddene overlapper har de høyeste bølgehøydene blitt brukt som en konservativ tilnærming. Modellkjøringene er oppdelt i retningssektorer med 15 grader per sektor.

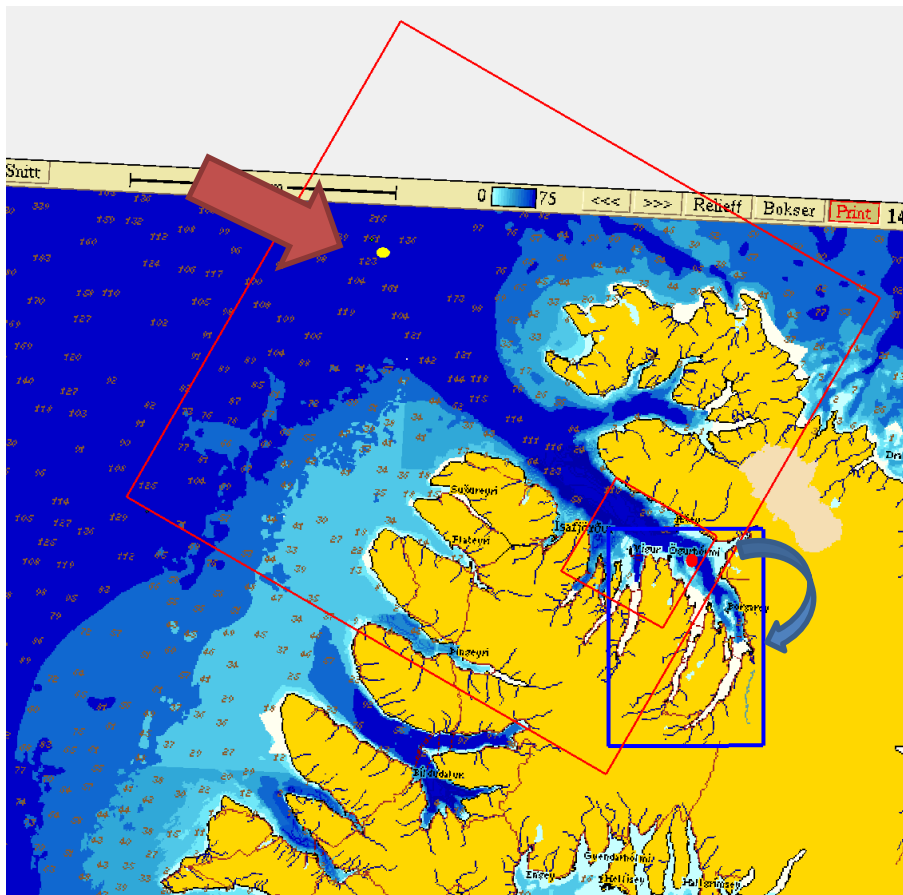
For å dekke alle retningssektorer har det blitt benyttet to ulike gitter av beregningsceller for bølgemodellering i dette oppsettet (Tabell 1 og Figur 2). Store gitter med grov oppløsning ble benyttet for simuleringer på regional skala, og resultater herifra er nøstet inn i finere høyoppløste gitter, som dekker et mindre område i umiddelbar nærhet til lokaliteten (Figur 2). Bunntopografien i modellen kan sees sammen med det fin oppløste gitteret i Figur 3. For presentasjon av resultater for bølgemodellering ble det plukket ut fire kontrollpunkter som omtrentlig tilsvarer de fire hjørnepunktene til anleggets område ved lokaliteten Bæjarhlíð. Disse er vist i Tabell 2 og Figur 3.

Havstrømmer ved lokaliteten er målt fra 17. august–02. oktober 2020, med resulterende maksimalverdier på 36 cm/s og 24 cm/s på henholdsvis 5 og 15 m dyp. Dette tilsvarer 66 og 44 cm/s for 50 års returperiode. Da disse er under 1 m/s har ikke havstrømmer blitt inkludert i modellen, se vedlegg 7.3.

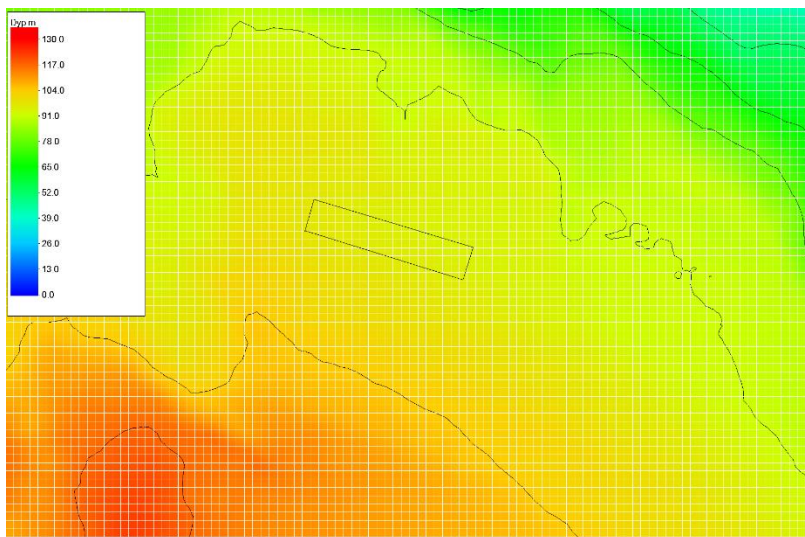
Refleksjon er inkludert i modellsimuleringene for det finere gitteret i nærområdet til lokaliteten.

Tabell 1: Dekningsområde og størrelse til de kartesiske gitterene.

Gitter	Grader	Dekningsområde			
		Cellestørrelse (m)	Antall celler X & Y	Antall beregningsceller totalt	Areal til gitteret (km ²)
Vest-nordvest	270° - 330°	70 x 70	1381 x 1371	1893351	95 x 96
		20 x 20	1019 x 949	735718	18 x 20
Resterende	345° - 270°	25 x 25	1087 x 1516	1647892	27 x 37



Figur 2. Modellområde for CMS-Wave-simuleringene rammet inn i rødt (nordvestre gitter) og blått (resterende retninger) med piler som viser hvilken side av gitteret inngangsdata (vind og bølger) kommer inn. Nøstede modellområder nær lokaliteten er illustrert i tilsvarende farger. Lokaliteten er indikert med et rødt punkt (kartkilde: www.fiskeridirektoratet.no).



Figur 3: Illustrasjon av det kartesiske 25 m x 25 m gitteret (i hvite ruter) brukt i CMS-Wave-modelleringene. Fargene viser bunntopografien. (kartkilde: www.fiskeridirektoratet.no). Anleggets er markert med sort rektangel.

Tabell 2. Koordinater til de fire hjørnepunktene til anlegget ved lokaliteten Bæjarhlíð i Ísafjarðardjúp.

Hjørne til lokaliteten	Geografiske koordinater		UTM, sone 33	
	N	Ø	X	Y
Nordvest	66°04,290	22°36,291	336855	624122
Nordøst	66°04,227	22°35,645	337335	623978
Sørøst	66°04,175	22°35,676	337306	623883
Sørvest	66°04,238	22°36,324	336824	624027
Flåte	66°04,301	22°35,946	337116	624128

2.2.2 Inngangsdata til modellen CMS-Wave

Bunntopografidata er hentet fra den hydrografiske avdelingen til den Islandske kystvakten (<http://www.lhg.is>) og fra EMODnet Bathymetry portal (<http://www.emodnet-hydrography.eu>). Sistnevnte er benyttet i områder som ikke dekkes av den Islandske kystvakten. Det er valgt å legge til grunn et dyp på 3 meter over sjøkartnull. Dette for å tilsvare situasjoner med springflo.

Innkommende bølger hentes fra Meteorologisk institutt sin bølgemodell, NORA10 (Reistad m.fl., 2011). Denne modellen dekker Nordsjøen, Norskehavet (inkludert Island) og Barentshavet. Met.no har beregnet verdier med 50 års returperiode fra dette regionale nøstede modelloppsettet fra WAM (The Global ocean Wave prediction Model). Modellen har en oppløsning på ca. 10 km og en retningsoppløsning på 30°.

Vindhastigheten i modellområdet er beregnet ut fra modellsimuleringer. Modellen Harmonie (Nawri m.f., 2017) med oppløsning 2,5 km og tilgjengelige resultater for 36 år har blitt brukt. Modellresultatene er levert av det Islandske Meteorologiske Instituttet (www.vedur.is). Inngangsdata for vind brukt i modellen er gitt i Tabell 3 og Tabell 4. Se vedlegg 7.5 for beskrivelse av ekstremverdianalyse.

Resultater er hentet fra ett modellpunkt i NORA10-modellen (Tabell 5 og Tabell 6) og brukes som grensebetingelse til CMS-Wave-simuleringene. Gitterpunktene i met.no's modell har koordinater 66°31,200N og 23°53,400V (innkomne bølger fra vest til nordvest) og er vist i Figur 2. Bølgespekteret her antas som representativt for bølger som kommer inn fra dypområdet fra Grønlandshavet mot vest.

Tabell 3. Statistiske ekstremverdier for vind. Vindfeltet er satt i henhold til data vest for Isafjörðurdjup.

Vindhastighet, 50 års returperiode (m/s)	Vindretning											
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°
Vind utenfor kysten av Island	38,4	38,4	38,4	38,4	38,4	35,4	31,9	30,2	30,3	30,3	30,3	30,3
	180°	195°	215	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°
	30,3	29,6	32,1	32,1	32,1	32,1	32,1	30,8	28,7	25,3	29,1	32,0

Tabell 4. Statistiske ekstremverdier for vind. Vindfeltet er satt i henhold til data for Isafjörðurdjup.

Vindhastighet, 50 års returperiode (m/s)	Vindretning											
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°
Vind for Isafjörðurdjup	32,8	33,2	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	30,9	26,9	25,0	25,0	28,3
	180°	195°	215	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°
	28,3	28,3	28,3	28,3	27,8	28,2	28,2	28,2	28,2	28,2	29,7	32,8

Tabell 5. Statistiske ekstremverdier for signifikant bølgehøyde (m) fra met.no's hindcast bølgemodell NORA10. Posisjonene hvor verdiene er hentet fra er et punkt i det åpne hav, se Figur 2.

Returperiode 50 år	Bølgeretning for vestlig-nordvestlig gitter		
	255°-285°	285°-315°	315°-345°
Signifikant bølgehøyde [m]	7,4	7,5	7,4

Tabell 6. Som i Tabell 5, men med interpolerte verdier for signifikant bølgehøyde (m). Disse retningene samsvarer med retningene for returperioder for vind i kapittel 2.3.1. Tabellen inkluderer også peak-periode, funnet ved typisk relasjon mellom bølgehøyde og –periode i området (se kapittel 7.3.1).

Returperiode 50 år	Bølgeretning				
	270°	285°	300°	315°	330°
Signifikant bølgehøyde [m]	7.4	7.5	7.5	7.5	7.4
Peak-periode [s]	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7

2.3 Ising

Det er benyttet metodikk utarbeidet av Dr. Peter Guest (Guest et al., 2005). Denne benytter vindhastighet og lufttemperatur til å predikere ispåslag, ved en angitt vanntemperatur. Fra det Islandske meteorologiske instituttet kan det hentes ut langtidsstatistikk over lufttemperatur og vindhastighet 10 meter over bakken ved en stor andel målestasjoner. Dette er en fordel over Mertins metode, som bruker lufttemperatur mot sjøtemperatur ved en angitt vindhastighet¹.

Ved å benytte observasjoner av temperatur/vindkombinasjoner, kan dette settes inn i en frekvenstabell der det er angitt predikasjon av ising i fargekoding. På bakgrunn av dette kan mulighetene for ising estimeres på lokaliteten. Resultatene av dette er presentert i kapittel 2.3 og metodikken er mer forklart i Vedlegg 7.4.

¹ Mertins, H. O. (1968). Icing on fishing vessels due to spray. *Marine Observer*, 38(221), 128-130.

2.4 Bunndata

Bunndata er levert av det Islandske Havforsknings Instituttet. Oppmålingene er gjort med multistråle ekkolodd (WASSP) og OLEX med bunnhardhetsmodul. Tegning av anlegget er utført i OLEX.

Kvalitetssikring av data er gjort av Akvaplan-niva AS. Registrering av bunndata er gjort iht. krav i NS 9415:2009. Oppløsningen på data er på 10 x 10 meter.

3 Resultater

Resultatene fra modellering av bølger og strøm er presentert i Tabell 11. Strømresultatene er justerte iht. NS 9415:2009 kapittel 5.2.3 og presentert med hensyn til kjøring av lastkombinasjoner (NS 9415:2009 kapittel 6.7).

3.1 Strømmålinger

Resultatene fra strømmåling på 5 meters dyp viser at hovedstrømretning og massetransport av vann er definert mot nordlig retning (330 og 15 grader), med en svak returstrøm mot sørøst (135 grader). Gjennomsnittlig strømhastighet er 10,1 cm/s. 45,9 % av målingene er > 10 cm/s, 46,8 % av målingene er mellom 10 og 3 cm/s, 6,4 % av målingene er mellom 3 og 1 cm/s og 0,8 % av målingene er < 1cm/s.

Resultatene fra strømmåling på 15 meters dyp viser at hovedstrømretning og massetransport av vann er definert mot sør-sørøst (150 grader) med en returstrøm mot nordvest (315-330 grader). Gjennomsnittlig strømhastighet er 8,1 cm/s. 31,3 % av målingene er > 10 cm/s, 57,7 % av målingene er mellom 10 og 3 cm/s, 9,8 % av målingene er mellom 3 og 1 cm/s og 1,2 % av målingene er < 1cm/s.

Maksimal strømhastighet i den målte perioden på 5 og 15 m var henholdsvis 35,8 og 23,7 cm/s, noe som tilsvarer 66 og 44 cm/s for 50 års returperiode for de respektive dyp. Strømmålingene er vurdert sammen med lokalkjente og det konkluderes med at de er representative med hensyn til årstidsvariasjon.

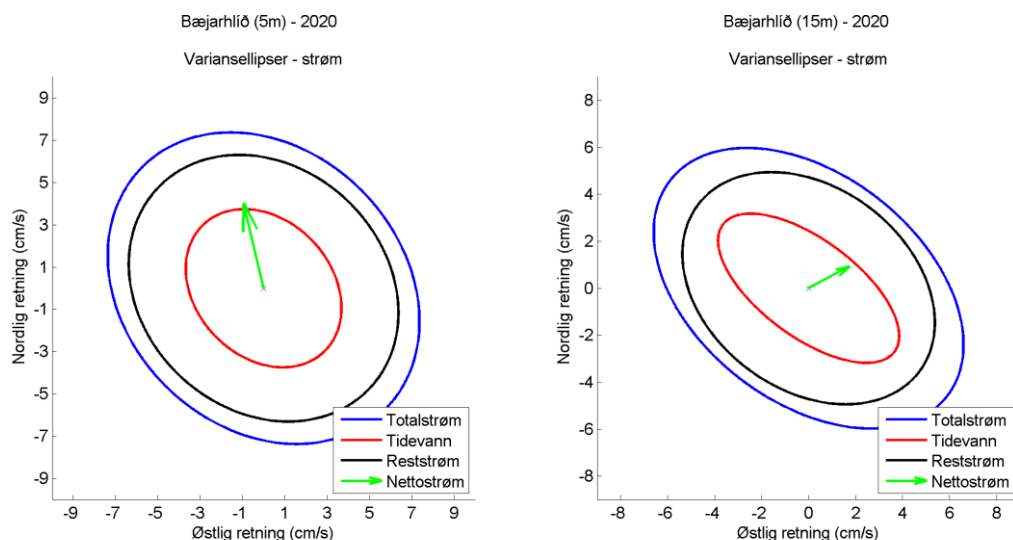
3.2 Tidevannsstrøm

Strømmålingene som er utført på lokaliteten viser at tidevannskomponenten er liten til moderat i forhold til reststrømmen. Tabell 7 viser resultater fra variansanalysen for 5 og 15 m dyp. Variansforklart for tidevann er et statistisk tall på hvor mye av den totale variansen i vannet som kan forklares ut fra tidevannet.

Tallene i Tabell 7 er forholdsvis små til moderate, for 5 m og 15 m dyp kan det estimerte tidevannet forklare henholdsvis 25,2 % og 33,6 % i Ø-V-retning, og 26,7 % og 31,6 % i N-S-retning av variabiliteten i strømmen på denne lokaliteten. Dette gjenspeiles i Figur 4, hvor man ser at ellipsen til tidevannet er forholdsvis liten sammenlignet med variansellipsen til totalstrømmen på 5 meters dyp, mens den er relativt moderat på 15 meters dyp. Dette viser at tidevannet bidrar til det totale strømbildet, spesielt på 15 meters dyp, men er ikke en dominerende faktor.

Tabell 7. Varians forklart for tidevannskomponenten av varians i totalstrømmen (tall i prosent)

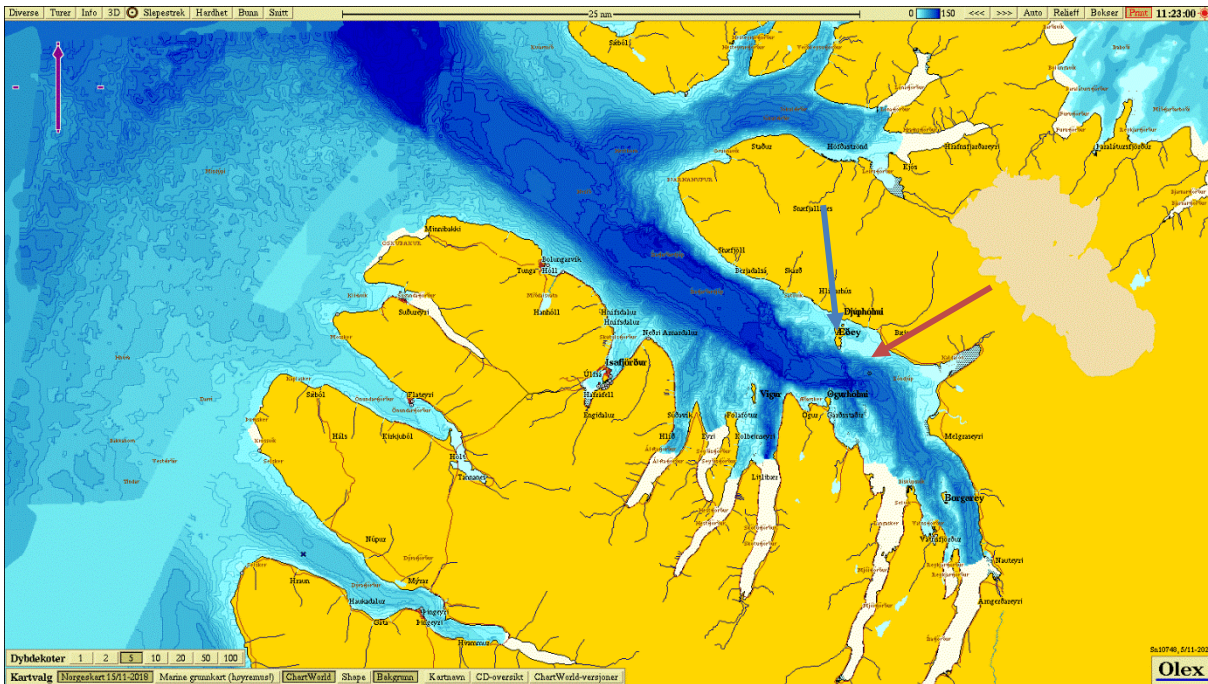
Retning på strømkomponent	Dyp	
	5 m	15 m
Øst-Vest	25,2 %	33,6 %
Nord-Sør	26,7 %	31,6 %



Figur 4. Variansellipse for totalstrøm (blå), tidevannsstrøm (rød) og reststrøm (sort) på 5 og 15 m. Variansellipsen viser størrelsen av ett standardavvik av variansen, både i retning og størrelse. Den blå kurven viser variansellipsen til totalstrømmen og den røde kurven viser variansellipsen til tidevannskomponenten av strømmen. Den sorte variansellipsen viser reststrømmen, dvs. den strømmen som ikke kan forklares av tidevannet. Resultatene er estimert fra strømdata i perioden 25.08.20 – 29.09.20. Den grønne pilen viser nettostrøm i samme perioden.

3.3 Vindgenerert strøm

Vindgenerert strøm vil i hovedsak gjøre seg gjeldende for resultater fra målinger på 5 meter da vindpåvirkning i vannsøylen avtar med dyp. For at strøm på 15 meter skal påvirkes nevneverdig er det nødvendig med sterk vind fra samme retning over lengre perioder. Dette ser man sjeldent inne i fjorder og kystnære strøk hvor anlegg er lokalisert. Det er hentet ut vinddata fra det Islandske Meteorologiske Instituttet for Ædey (Figur 5 og Figur 6). Målestasjon ligger ca. 3 km nord av lokaliteten.

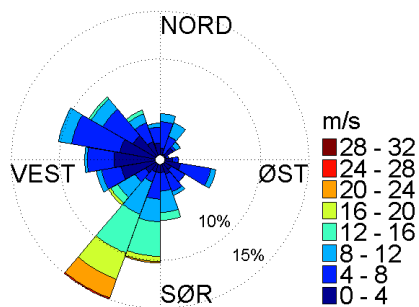


Figur 5. Målestasjonens plassering i forhold til lokaliteten. Lokaliteten er vist med rød pil og målestasjonen er vist med blå pil.

Det er veldig kort avstand mellom lokaliteten og målestasjonen og eksponeringsgraden er tilnærmet lik. De er begge eksponert for vind som er rettet i fjordens retning (nordvestlig og østlig til sørøstlig retning). Vindrosen viser at høyeste vindhastighet er registrert mot sør.

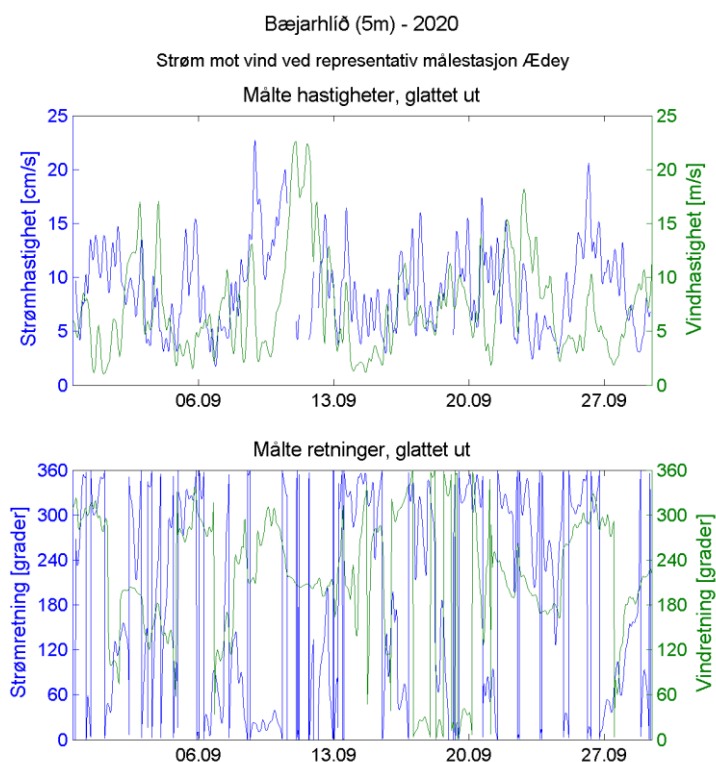
Ædey målestasjon - 2020

Vindrose fra representativ målestasjon
Maksimal vindhast. 24,6 m/s - 207 grader



Figur 6. Vindrose for observasjoner gjort ved målestasjon (stasjonsnavn) i hele måleperioden. Figuren viser hastighet og hvilken retning vinden går mot. Total lengden på sektorene indikerer andel målinger (%) i respektive retninger i løpet av måleperioden. Lengden på hvert fargesegment i hver sektor bestemmer videre den relative andelen av målinger med korresponderende vindstyrke innenfor hver enkelt sektor.

Det var mye vind i området i september, og flere perioder med vind på over 20 m/s (Figur 7).



Figur 7. Normaliserte hastigheter og retninger for strøm/vind i måleperioden. Figuren er normalisert (glattet ut) for å øke lesbarheten. Vind og strømretninger er satt opp slik at de leses i samme retning. Vind og strøm går mot gitt retning.

Høy strømhastighet på lokaliteten sammenfaller periodevis med høy vindhastighet på målestasjonen. Vinden var i store deler rettet fra nord og nordøst, mens strømmen ofte var rettet mot nordvest og nordøst. Resultatene indikerer at når vinden var rettet fra sørøst var det en økning i strøm ved lokaliteten. Samlet bilde av resultatene og vurdering av stasjonens plassering i forhold til lokalitet tilser at vind har hatt betydning for strøm i området i måleperioden.

3.4 Temperatur og vannmasser

Målingen på 5 meters dyp viste en synkende temperaturkurve gjennom måleperioden. Maksimumstemperaturen ble registrert i starten av måleperioden og var på 10,5 °C, mens minimumstemperaturen ble registrert i slutten av perioden og var på 7,0 °C. Målingen på 15 meters dyp viser den samme trenden som målingen på 5 meters dyp. Maksimumstemperaturen ble registrert i starten av september og var på 10,0 °C, og minimumstemperaturen ble målt helt i slutten av perioden og var på 7,2 °C. Det er ingen store variasjoner gjennom måleserien og temperaturreduksjonen er naturlig med tanke på årstidsvariasjoner.

3.5 Vårflom og snø- og issmelting

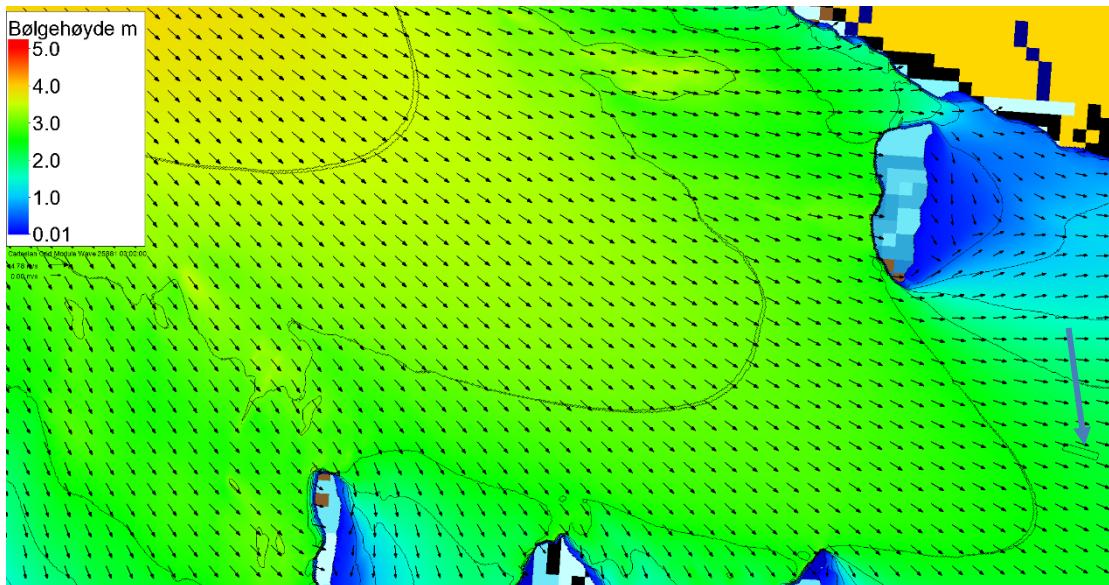
Strømmålingene ble gjennomført i perioden august-september, en periode hvor det ikke forekommer store snø- og issmeltinger. Det renner elver ut fra fjellpartiene nord for lokaliteten som kan påvirke strømmønstre i området i perioder med stor vannføring.

3.6 Bølgemodellering

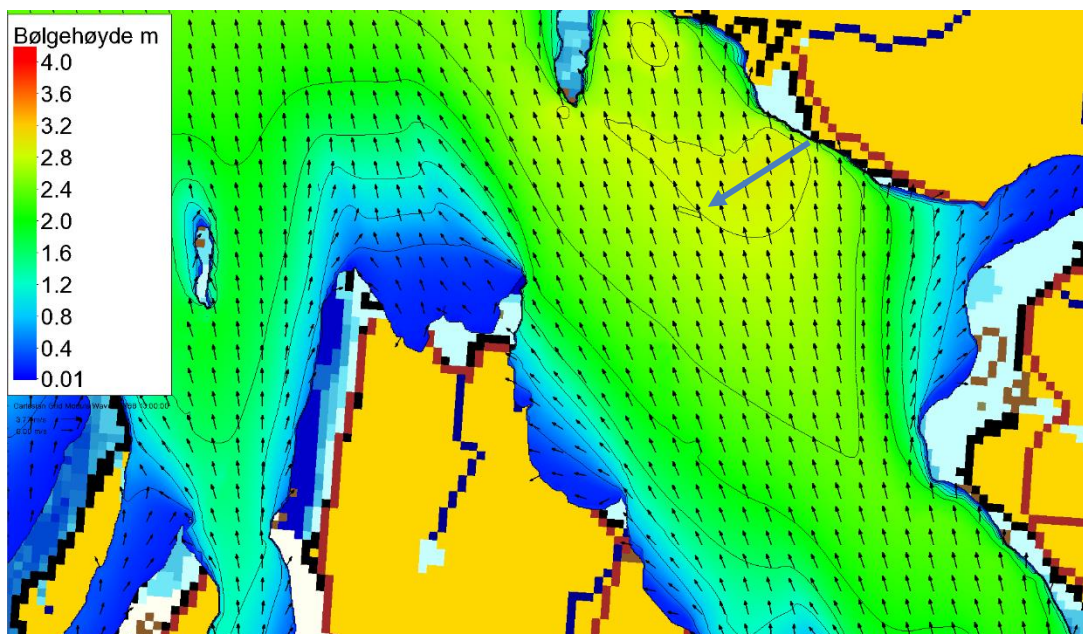
3.6.1 Havsjø

Bølgehøyde og periode i anleggets hjørnepunkter og for flåten for simuleringene med kun havdønninger er gitt i Tabell 8, kun vind i Tabell 9, samt kombinasjon av havdønninger og vind i Tabell 10.

Figur 8 illustrerer hvordan bølgehøyden (bølgetog og vind fra 300 grader, nordvest) blir effektivt redusert når bølgen kommer inn på grunnere vann i fjorden. Figur 9 viser hvordan bølgehøyden bygger seg opp mot lokaliteten ved vindgenererte bølger fra sør-sørøst.



Figur 8. CMS-Wave-modellering ved lokaliteten Bæjarhlíð (posisjon indikert med blå pil), med kombinasjon av havdønninger og lokalt vindgenererte bølger fra nordvest (300 grader). Det er fra denne retningen at største kombinerte bølge inntreffer ved anlegget (2,36 m), også ved kun innkommende havdønninger (0.75 m). Bølgeretning er indikert med de små sorte pilenes retning. Signifikant bølgehøyde (H_s) er gitt med fargekonturer. Fargenes omriss tilsvarer det grove gitteret og det fine gitteret er vist som liten sort firkant (kartkilde: www.olex.no)



Figur 9. CMS-Wave-modellering ved lokaliteten Bæjarhlíð (posisjon indikert med blå pil), med vindbølger fra sør-sørøst (165 grader). Det er fra denne retningen de største vindbølgerne inntreffer med lokaliteten (2,81 meter) med det 25 x 25 m store gitteret (se Figur 2). Anlegget er markert med sørt rektangel (kartkilde: www.olex.no).

3.6.1.1 Havdønninger

Det har blitt modellert for retningene 270 til 330 da man forventer at det fra disse retningene havbølgene vil komme fra. De største havdønningene har en bølgehøyde 0,75 meter og kommer fra nordvestlig retning (300 grader) og har bølgeperiode på 12,5 s. Fra mer vestlig og nordlig sektor ser man at bølgene reduseres. Generelt er havdønningene lave ved lokaliteten.

Tabell 8. CMS-Wave modellresultater for signifikant bølgehøyde (H_s) fra hjørnepunktene til anlegget og flåten og bølgeperioden (T_p) ved lokaliteten Bæjarhlíð. Det er her kjørt med kun innkommende havbølger.

Hjørnepunkt	Retning på innkommende havbølger				
	270°	285°	300°	315°	330°
Bølgehøyde, NV (H_s) [m]	0,66	0,71	0,74	0,73	0,68
Bølgehøyde, NØ (H_s) [m]	0,63	0,67	0,71	0,7	0,65
Bølgehøyde, SØ (H_s) [m]	0,64	0,68	0,71	0,71	0,65
Bølgehøyde, SV (H_s) [m]	0,67	0,72	0,75	0,74	0,69
Bølgehøyde, flåte (H_s) [m]	0,64	0,68	0,71	0,71	0,65
Lengste bølgeperiode ved anlegg (T_p) [s]	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5

3.6.1.2 Vindbølger

Vindbølger har blitt modellert for alle retninger. De største bølgehøydene er på 2,81 meter og kommer fra sørøstlig retning (165 grader). Tilhørende bølgeperiode er på 5,5 s. Flåten opplever også de største bølgerne fra denne retningen; med bølgehøyder på 2,79 meter og -periode på 4,8 s.

Tabell 9. CMS-Wave modellresultater for signifikant bølgehøyde (H_s) fra hjørnepunktene til anlegget og bølgeperioden (T_p) ved lokaliteten Bæjarhlíð. Det er her kjørt med kun vind.

Hjørnepunkt	Retning på lokalgenererte vindbølger											
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°
Bølgehøyde, NV (H_s) [m]	1,46	1,37	1,41	1,25	0,69	1,86	2,23	1,99	1,88	1,91	2,45	2,77
Bølgehøyde, NØ (H_s) [m]	1,44	1,30	1,28	1,21	0,75	1,83	2,15	1,90	1,78	1,82	2,44	2,80
Bølgehøyde, SØ (H_s) [m]	1,40	1,27	1,25	1,15	0,67	1,77	2,13	1,90	1,78	1,81	2,45	2,81
Bølgehøyde, SV (H_s) [m]	1,50	1,40	1,44	1,30	0,74	1,92	2,25	2,00	1,89	1,92	2,45	2,76
Bølgehøyde, flåte (H_s) [m]	1,43	1,32	1,33	1,20	0,68	1,81	2,17	1,94	1,82	1,86	2,45	2,79
Lengste bølgeperiode ved anlegg (T_p) [s]	3,3	3,3	3,4	3,0	3,4	3,7	4,2	3,7	4,2	4,2	4,8	5,5
	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°
Bølgehøyde, NV (H_s) [m]	2,51	1,78	1,79	1,16	1,57	2,28	2,55	2,10	2,46	2,06	1,55	1,57
Bølgehøyde, NØ (H_s) [m]	2,56	2,02	1,83	1,39	1,45	2,26	2,56	2,07	2,4	1,99	1,48	1,58
Bølgehøyde, SØ (H_s) [m]	2,57	2,02	1,85	1,38	1,55	2,30	2,58	2,07	2,42	2,02	1,49	1,54
Bølgehøyde, SV (H_s) [m]	2,49	1,75	1,77	1,16	1,49	2,25	2,54	2,10	2,48	2,09	1,57	1,59
Bølgehøyde, flåte (H_s) [m]	2,54	1,93	1,82	1,29	1,56	2,29	2,57	2,08	2,4	2,00	1,5	1,55
Lengste bølgeperiode ved anlegg (T_p) [s]	4,8	4,2	3,7	3,4	4,3	5,0	5,0	8,3	9,1	8,3	7,7	3,3

3.6.1.3 Kombinasjonsbølge av havdønninger og vindbølge

Kombinasjonsbølgene har blitt modellert for de samme retningene som havbølgene (270 til 330 grader). De største bølgehøydene er 2,34 m og kommer fra nordvestlig retning (300 grader) og har en bølgeperiode på 9,1 s.

Tabell 10. CMS-Wave modellresultater for signifikant bølgehøyde (H_s) fra hjørnepunktene til anlegget og bølgeperioden (T_p) ved lokaliteten Bæjarhlíð. Det er her kjørt med kombinasjon av havdønninger og vind.

Hjørnepunkt	Retning på innkommende kombinasjonsbølger av havdønninger og vind				
	270°	285°	300°	315°	330°
Bølgehøyde, NV (H_s) [m]	1,25	1,95	2,32	1,99	1,61
Bølgehøyde, NØ (H_s) [m]	1,23	1,93	2,26	1,92	1,54
Bølgehøyde, SØ (H_s) [m]	1,23	1,93	2,29	1,95	1,56
Bølgehøyde, SV (H_s) [m]	1,25	1,96	2,34	2,02	1,63
Bølgehøyde, flåte (H_s) [m]	1,24	1,93	2,27	1,93	1,56
Lengste bølgeperiode ved anlegg (T_p) [s]	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1

3.6.1.4 Oppsummering bølgemodellering

Bølgemodellingene av signifikant bølgehøyde med 50 års returperiode for Bæjarhlíð har vist at det er størst eksponering ved lokaliteten med kun lokalt vindgenererte bølger fra sør-sørøst (165 grader). Det er lange strøklengder inn i fjorden som fører til at det kan bygge seg opp høye vinddrevne bølger fra denne retningen. Største signifikante bølgehøyde (H_s) er da 2,81 m i anlegget med en periode på 5.5 s. Det er lange bølgehøyder ut av fjorden i nordvestlig retning som medfører høye bølger også fra disse retningene, hvor bølgehøyden er på 2,48 meter (300 grader). De lokalt vindgenererte ekstrembølgene for de simulerte retningene har typisk bølgelengde mellom 3,0 og 9,1 s. Høyeste bølgetilstand ved de forskjellige drivkreftene er presentert i Tabell 11.

Havbølgene er relativt beskjedne ved anlegget, med en maksimum bølgehøyde på 0,75 meter (300 grader). Dette skyldes at fjorden blir smalere før den når inn til lokaliteten (Figur 1), og bølgetoget beveger seg innover grunnere områder som fører til tap av energi. Det ligger en øy like nord for lokaliteten som også ser ut til å ha en begrensende effekt på havbølgene.

For kombinerte vind- og havbølger finner vi de største bølgehøydene fra samme retning som havbølgene. De kombinerte bølgene har da en bølgehøyde på 2,34 meter, som er noe lavere enn vindbølgene, men vesentlig større enn havbølgene. Dette skyldes at selv om havbølgene mister energi så bevarer de kombinerte bølgene mer av energien sin grunnet vindpåvirkningen. De største bølgene for flåten med kombinerte hav- og vindbølger er 2,27 m fra samme retning.

Modellingene har vist at innsnevringen av fjorden, og grunnere områder reduserer påvirkningen av havbølger inn mot interesseområdet.

3.7 Bunntype

Ifølge bentiske studier, Botndýrarannsóknir í Ísafjarðardjúpi 2011 (Eiríksson, Gallo og Þórisson, 2011) består bunnen i anleggsområdet av skallfragmenter, gjørme, slam, småstein, kalksteinalger og berg. Det er relativt flatt under sammen og dypet varierer mellom 95 og 100 meter. Det skrår mot grunnere området mot land på nordlig side av anlegget. Det er noen forhøyninger inn mot land som det bør tas hensyn til med fare for gnag på fortøyningslinjer.

3.8 Skipsgenererte bølger

Lokaliteten ligger i et område relativt lite med begrenset skipstrafikk (Geirsson pers.med). Det er hovedsakelig fiskefartøy som mindre reketralere og linebåter som seiler i nærområdene til lokaliteten. Det foregår cruisetrafikk i Ísafjarðardjúp, men dette foregår hovedsakelig et stykke unna lokaliteten. Det er foretatt en vurdering av bølgehøyde i forhold til avstand og størrelse på passerende skip, og det forventes ikke bølger som overskrider lokalgenerert vindsjø.

Tabell 11. Resultater fra bølgemodellering. Retning for vind og bølger er angitt slik at de kan avleses sammen med strøm.

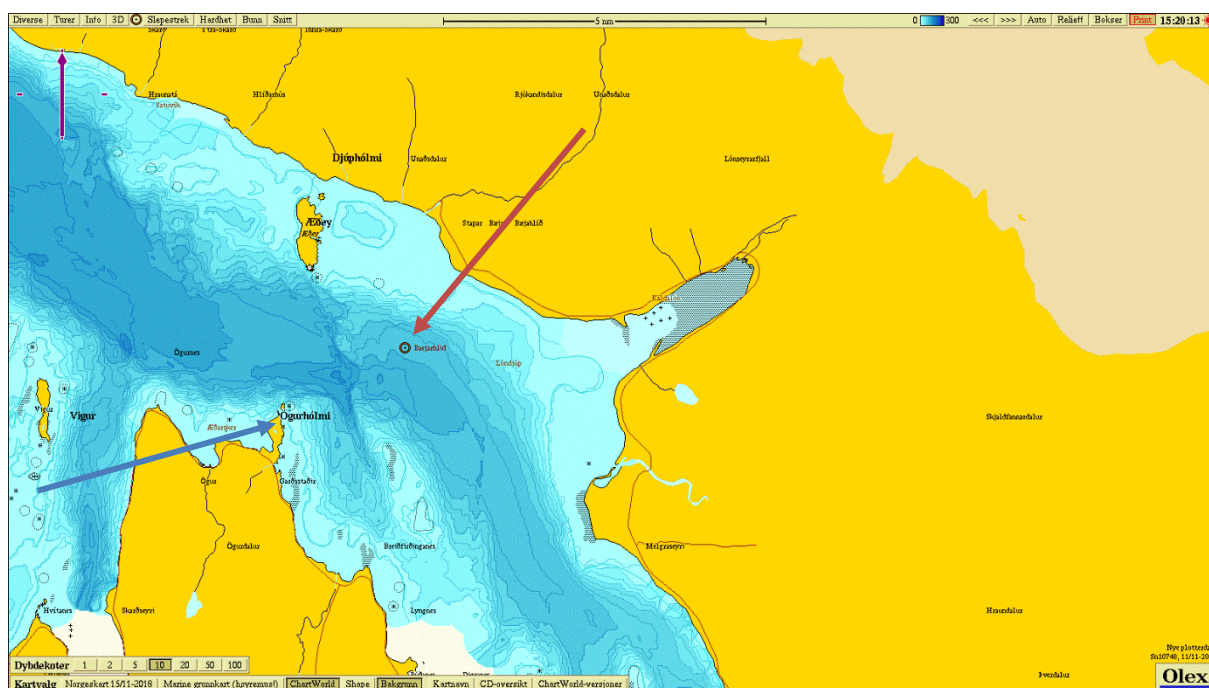
Lokalitet:	Bæjarhlöð						Lokalitet:	Bæjarhlöð				Vindbølger				Havbølger (CMS)				Havdønning og vind (CMS)			
	Strøm (5 m)			Strøm (15 m)				Retning vind, bølger (grader)	Vind		10 års retur		50 års retur		10 års retur		50 års retur		10 års retur		50 års retur		
	Retning (grader)	Maks (cm/s)	10 års retur	50 års retur	Maks (cm/s)	10 års retur			50 års retur	10 års retur	50 års retur	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)
0	23.8	39	44	16.1	27	30	180	25	28	2.31	4.3	2.57	4.8										
15	26	43	48	17.6	29	33	195	25	28	1.82	3.8	2.02	4.2										
30	26.7	44	49	17.8	29	33	210	25	28	1.62	3.3	1.80	3.7										
45	20.9	34	39	17.3	29	32	225	25	28	1.28	3.1	1.42	3.4										
60	17.1	28	32	17.9	30	33	240	25	28	1.41	3.9	1.57	4.3										
75	18.9	31	35	22.1	36	41	255	25	28	2.07	4.5	2.30	5.0										
90	18.5	31	34	22.1	36	41	270	25	28	2.32	4.5	2.58	5.0	0.60	11.3	0.67	12.50	1.13	8.2	1.25	9.1		
105	20.9	34	39	22.7	37	42	285	25	28	1.89	7.5	2.10	8.3	0.65	11.3	0.72	12.50	1.76	8.2	1.96	9.1		
120	22.1	36	41	23.7	39	44	300	25	28	2.23	8.2	2.48	9.1	0.68	11.3	0.75	12.5	2.11	8.2	2.34	9.1		
135	24.2	40	45	19.4	32	36	315	25	28	1.88	7.5	2.09	8.3	0.67	11.3	0.74	12.5	1.82	8.2	2.02	9.1		
150	28.3	47	52	21.2	35	39	330	27	30	1.41	6.9	1.57	7.7	0.62	11.3	0.69	12.5	1.47	8.2	1.63	9.1		
165	20.3	33	38	19.3	32	36	345	30	33	1.49	3.3	1.65	3.7										
180	18.5	31	34	15.1	25	28	0	30	33	1.36	3.0	1.51	3.3										
195	15.9	26	29	11.6	19	21	15	30	33	1.29	3.0	1.43	3.3										
210	17.5	29	32	10.7	18	20	30	36	40	1.34	3.1	1.49	3.4										
225	21.3	35	39	8.3	14	15	45	36	40	1.16	2.7	1.29	3.0										
240	17.9	30	33	10.9	18	20	60	36	40	0.72	3.1	0.80	3.4										
255	16.9	28	31	12.3	20	23	75	36	40	1.72	3.3	1.91	3.7										
270	17.3	29	32	13	21	24	90	36	40	2.03	3.8	2.25	4.2										
285	24.9	41	46	17.4	29	32	105	28	31	1.80	3.3	2.00	3.7										
300	35.8	59	66	15.1	25	28	120	24	27	1.70	3.8	1.89	4.2										
315	28.9	48	53	19.3	32	36	135	23	25	1.74	3.8	1.93	4.2										
330	26.6	44	49	19.1	32	35	150	23	25	2.21	4.3	2.46	4.8										
345	25.6	42	47	17.4	29	32	165	25	28	2.53	4.3	2.81	4.8										
Maks	36	59	66	24	39	44	Maks	36	40	2.53	8.2	2.81	9.1	0.68	11.3	0.75	12.5	2.11	8.2	2.34	9.1		

4 Islast

Under gjennomføring av undersøkelse har Bæjarhlíð blitt vurdert med tanke på eksponering for snø og is. I henhold til personer med kjennskap rundt lokale forhold har ikke snø og is vært av større betydning for fiske eller oppdrett i området. Det blir opplyst at oppdretter har internkontrollprosedyrer for hvordan de skal håndtere eventuell ispåslag (Geirsson, pers. med).

Som ledd i vurdering av ising har det blitt gjennomført beregninger for ispåslag. Ved bruk av langtidsstatistikk for vind og lufttemperatur har det blitt satt opp en frekvenstabell (Tabell 12) basert på ispredikatortabell (Tabell 13).

Statistikk for vind og temperatur fra Ögur værstasjon, har blitt hentet fra Det Islandske Meteorologiske Instituttet. Værstasjonen ligger ca. 4,5 km rett sør for lokaliteten. Det ble benyttet data fra denne for å presentere isingsstatistikk da værstasjonen har en lenger tidsserie enn Ædey, som ble brukt til å beskrive overflatestrøm. Eksponeringsgraden for værstasjonen og lokaliteten er tilnærmet lik grunnet den korte geografiske avstanden og Ögur vurderes til å være en god representant for isingsforholdene i fjorden. Data er tilgjengelig fra 16.09.1997 til 06.10.2020.



Figur 10. Plassering av værstasjon i forhold til lokalitet. Ögur værstasjoner vist med blå pil og lokaliteten er vist med rød pil.

Tabell 12 viser antall observasjoner av kombinasjon av gitte vindstyrker og temperaturer i måleperioden. Tabell 13 viser forklaring av de ulike fargesonene i Tabell 12. For beskrivelse av metode for å beregne islaster se vedlegg kap. 7.3.

Tabell 12. viser antall observasjoner av gitt vindhastighet og temperatur ved målestasjon på Ögur i perioden 16.09.1997 til 06.10.2020.

Sjøvanntemp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Vind (m/sek)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Lufttemperatur	0	498	835	1171	1219	1284	1136	921	826	707	638	585	450	367	307	244	175	117	97	80	60	31	28	24	14	8	7	2	1	6	2
	-1	378	713	938	1047	964	836	702	608	542	539	447	345	313	262	213	126	116	85	42	32	24	26	13	10	2	4	2	4		1
	-2	274	540	784	855	769	614	552	447	410	382	314	304	268	212	170	101	100	57	55	34	26	11	10	16	3	7	2	2	3	1
	-3	188	434	576	581	550	474	396	309	335	353	254	207	200	166	119	86	76	41	30	30	15	12	14	11	4	5				
	-4	140	323	426	443	448	358	344	262	234	225	189	180	137	123	89	63	45	13	26	12	8	7	8	10	1	2	2			
	-5	87	229	297	284	284	207	177	149	133	132	94	80	69	74	34	29	24	9	6	4	6	7	1							
	-6	49	104	233	181	151	131	101	83	68	86	70	66	35	25	24	18	18	12	6	4										
	-7	14	80	125	131	87	80	59	57	55	33	36	29	31	23	18	13	13	7	3	1			2		2					
	-8	8	59	100	75	58	53	34	32	32	25	31	32	24	19	13	13	3	3	1	1		2	3		1					
	-9	3	24	44	43	31	22	30	25	25	42	30	28	22	7	2	3		1	1	2										
	-10	1	10	18	18	22	18	13	12	10	10	9	12	9	4	3	3														
	-11	1	10	19	11	6	6	6	12	6	7	4	1	1	1	4															
	-12	9	15	3	5	2	1	1	1	3	1	1	1	2	1	1															
	-13	2	4	4				1	1	2	2	3	1	1	1																
	-14		1		1						2	2	5	3	1	1															
	-15																														
	-16																														
	-17																														
	-18																														
	-19																														
	-20																														
	-21																														
	-22																														
	-23																														
	-24																														
	-25																														
	-26																														
	-27																														
	-28																														
	-29																														
	-30																														
	-31																														
	-32																														
	-33																														
	-34																														
	-35																														
Ant. av tot. obs. (%)	3,7	7,6	10,7	11,1	10,5	8,9	7,5	6,4	5,8	5,6	4,7	3,9	3,4	2,8	2,1	1,4	1,2	0,7	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabell 13. Påslag av is for de ulike sonene. Fargekodene er basert på formelen for ispedikator (Guest et al., 2005).

Ispredikator (PPR) m/fargekode	<0	0-22,4	22,4-53,3	53,3-83,0	>83,0
Isklasse	Ingen	Noe	Moderat	Kraftig	Ekstrem
Israte (cm/time)	0	<0,7	0,7-2,0	2,0-4,0	>4,0
Israte (kg/m ² /time)	0	0,8-6,0	6-17	17-34	>34

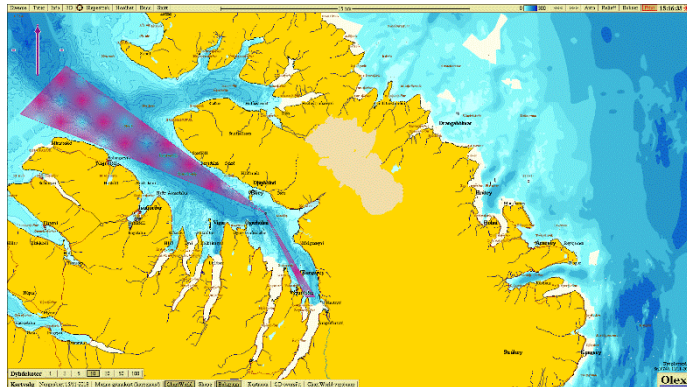
Tabell 12 viser at det har vært observert en vind/temperaturkombinasjoner som kan medføre kraftig ising. Ved kraftig ising vil estimert ispåslag være 2,0-4,0 cm/s noe som tilsvarer en isvekt mellom 17 og 34 kg/m²/time. Videre viser tabellen at det i løpet av perioden på 23 år har blitt gjort 338 observasjoner som tilsier fare for moderat ising. Ved moderat ising vil estimert ispåslag være 0,7-2,0 cm/t, noe som tilsvarer en isvekt mellom 6 og 17 kg/m²/time.

Lokaliteten er eksponert for vind og bølger fra nordvest og sørøst (Figur 11 og Tabell 11), og dermed mest utsatt for ising ved kulde og sterk vind fra samme retning. Bryting av vindgenererte bølger som sammenfaller med sterk vind og lave temperaturer fra samme retning kan medføre at det dannes sjøsprøyting. Hovedstrømretningen på Bæjarhlíð er mot nordvest og nord (Figur 12) og det er derfor mulig at slike forhold kan inntreffe.

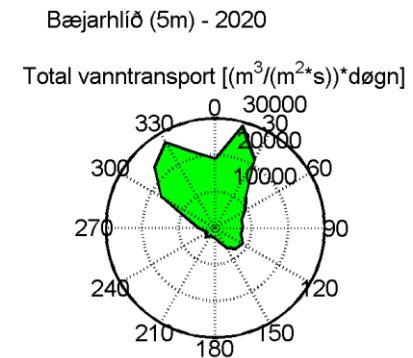
Resultater fra beregningene viser at det er fare for at det kan oppstå ising på anlegget som vil påføre anlegget skade. Dermed bør visse forholdsregler tas. Dersom det oppstår temperatur/vindkombinasjoner i henhold til Tabell 12 som tilsier moderat eller kraftig ising må oppdretter iverksette tiltak for overvåkning og eventuell avising.

For at det skal kunne skje en innfrysing i fjorden må det være tilgang på ferskvann i fjordområdet for å danne en sjiktning i vannsøylen. Det renner flere elver ut i området og det har vært innfrysing i indre deler av Ísafjarðardjúp. Det har sjeldent vært observert drivis lenger ut enn Borgarey som ligger 13 km sør for lokaliteten. Andre fordelaktige forhold for innfrysing er lave temperaturer i kombinasjon med lite vind. Fra Tabell 12 (nederst i første kolonne) ser man at 3,7 % av alle observasjonene har hatt slike forhold. Strømmålingene fra lokaliteten viser i tillegg at det er gode strømforhold som vil motvirke en innfrysing.

Det ble observert drivis i ytre deler av Ísafjarðardjúp i 2005, men det har ikke blitt observert drivis i indre deler av Ísafjarðardjúp de seneste 60 årene (Geirsson, pers. med).



Figur 11. Bølgeeksponering for lokalitet Bæjarhlíð.



Figur 12. Hovedstrømretning 5 meter.

5 Instrumentbeskrivelse

Strømmålingene er utført ved hjelp av punktdopplermålere fra Aanderaa og metodikk er i henhold til NS 9425 – 1.

Tabell 14. Instrumentbeskrivelse

Måledyp	5 meter	15 meter
Type måler	Aanderaa	Aanderaa
Modell	Seaguard 4420	Seaguard 4420
Målerprinsipp	Punktdoppler	Punktdoppler
Serienr	891	1455
Nøyaktighet	± 1 %	± 1 %
Oppløsning	0,1 mm/s	0,1 mm/s
Responsområde	0 – 3 m/s	0 – 3 m/s
Varighet midlingsperiode*	2,5 min	2,5 min
Modifikasjon	Ingen	Ingen
Kalibrering	APN-logg	APN-logg
Instrumentlogg	APN-logg	APN-logg

*Hvert 10 minutt måles strøm i 2,5 minutter som representerer 10 minutters målingen. Resultatet blir så midlet for å fjerne støy fra måleserien.

Resultatene fra strømmålingene analyseres i egen strømprogram, AdFontes. Gjennom AdFontes gjøres det først en grovrens hvor alle punkter som ligger utenfor faste kriterier anbefalt av produsent, samt at alle datapunkter der trykksensoren har registrert målinger over 2 m fra overflaten (instrument ikke vært i vann) fjernes fra dataserien. Data kvalitetssjekkes visuelt via AdFontes. Logg over rensset data blir lagret hos Akvaplan-niva AS.

Resultatene som presenteres er direkte overført fra rådata. Det utføres ingen reduksjon av støy eller datakompresjon. Tidevannet er filtrert med ½-times intervall.

Kalibrering av målere er gjennomført iht. leverandørs anbefaling. Historikk over kalibrering lagres internt hos Akvaplan-niva.

Bunnkartlegging er utført med multistrålelodd, og er levert av det Islandske Havforskningsinstituttet. Tegning av anlegget er utført ved hjelp av OLEX.

6 Litteraturliste

- Codiga, D.L. Unified Tidal Analysis and Prediction Using the UTide Matlab Functions (2011)
- Eiríksson, Gallo og Þórisson. Botndýrarannsóknir í Ísafjarðardjúpi 2011.
- Guest et al. 2005. Vessel Icing. Mariners Weather Log, Vol 49, No3. Desember 2005.
- Hasselmann K., T.P. Barnett, E. Bouws, H. Carlson, D.E. Cartwright, K. Enke, J.A. Ewing, H. Gienapp, D.E. Hasselmann, P. Kruseman, A. Meerburg, P. Müller, D.J. Olbers, K. Richter, W. Sell, and H. Walden, 1973. *Measurements of wind-wave growth and swell decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP)*. Ergänzungsheft zur Deutschen Hydrographischen Zeitschrift Reihe, A(8) (Nr. 12), p. 95.
- Jensen Ø. 2006 SINTEF rapport: Islaster-isvekst og forslag til tiltak.
- Nasjonalt tillegg, NA - Eurokode 1: *Laster på konstruksjoner - Del 1-4: Allmenne laster – Vindlaster*, 2009. NS-EN 1991-1-4:2005/NA:2009. ICS: 91.010.30, 91.080.01. 48 sider.
- NS 9415:2009. Flytende oppdrettsanlegg - Krav til lokalitetsundersøkelse, risikoanalyse, utforming, dimensjonering, utførelse, montering og drift. ICS: 65.150, 67.260. 108 sider.
- NS 9425-1. 1999. Oseanografi – Del 1. Strømmålinger i faste punkter.
- Nygaard, E. & Eik, K. J., 2004. Application of STWAVE in Norwegian coastal water. In: Proceedings, 8th International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting. 9 sider.
- Personlige meddelelser: Gauti Geirsson, Háafell ehf.
- Reistad, M., Breivik, Ø., Haakenstad, H., Aarnes, O.J., Furevik, B. and Bidlot, J.-R., 2011. A high-resolution hindcast of wind and waves for the North Sea, the Norwegian Sea and the Barents Sea. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 116, C05019, doi: 10.1029/2010JC006402.
- Sanchez, A., Lin, L., Demirbilek, Z., Beck, T., Brown, M., Li, H., Rosati, J.D., Wu, W. and Reed, C., 2012. Draft CMS User Manual, June 20, 2012. (No. ERDC/CHL-TR-11-X). Engineer Research and Development Center Vicksburg MS Coastal and Hydraulics Lab. pp 332.
- Smith, J. M., Militello, A., and Smith, S. J., 1998. "Modeling waves at Ponce de Leon Inlet, Florida." Proc. 5th International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting, Environment Canada, Downsview, Ontario, 201-214.
- Superstructure spray and ice accretion on a large U.S. Coast Guard cutter C.C. Ryerson, U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Hanover, New Hampshire, USA. Received 14 October 1993. Accepted 23 February 1994. Available online 16 March 2000.
- www.vedur.is Det Islandske Meteorologiske instituttet
- www.hafro.is Det Islandske Havforskningsinstituttet

7 Vedlegg

7.1 Strømmålinger

7.1.1 Strømmåling

Ifølge NS 9415:2009 skal man estimere forventede ekstremverdier for lokaliteten. Dette beregnes ved å multiplisere høyest registrerte strømhastighet i måleperioden med angitte multiplikasjonsfaktorer på 1,65 og 1,85 for henholdsvis 10 og 50 års returperiode. NS 9415:2009 sier: ” Hvis høyeste dimensjonerende strømhastighet med en returperiode på 50 år, basert på en måling i én måned blir lavere enn 50 cm/s, skal den dimensjonerende strømhastigheten (50 års returperiode) på lokaliteten uansett settes til 50 cm/s. De andre verdiene i strømrosen skal økes prosentvis tilsvarende”.

7.1.2 Tidevann

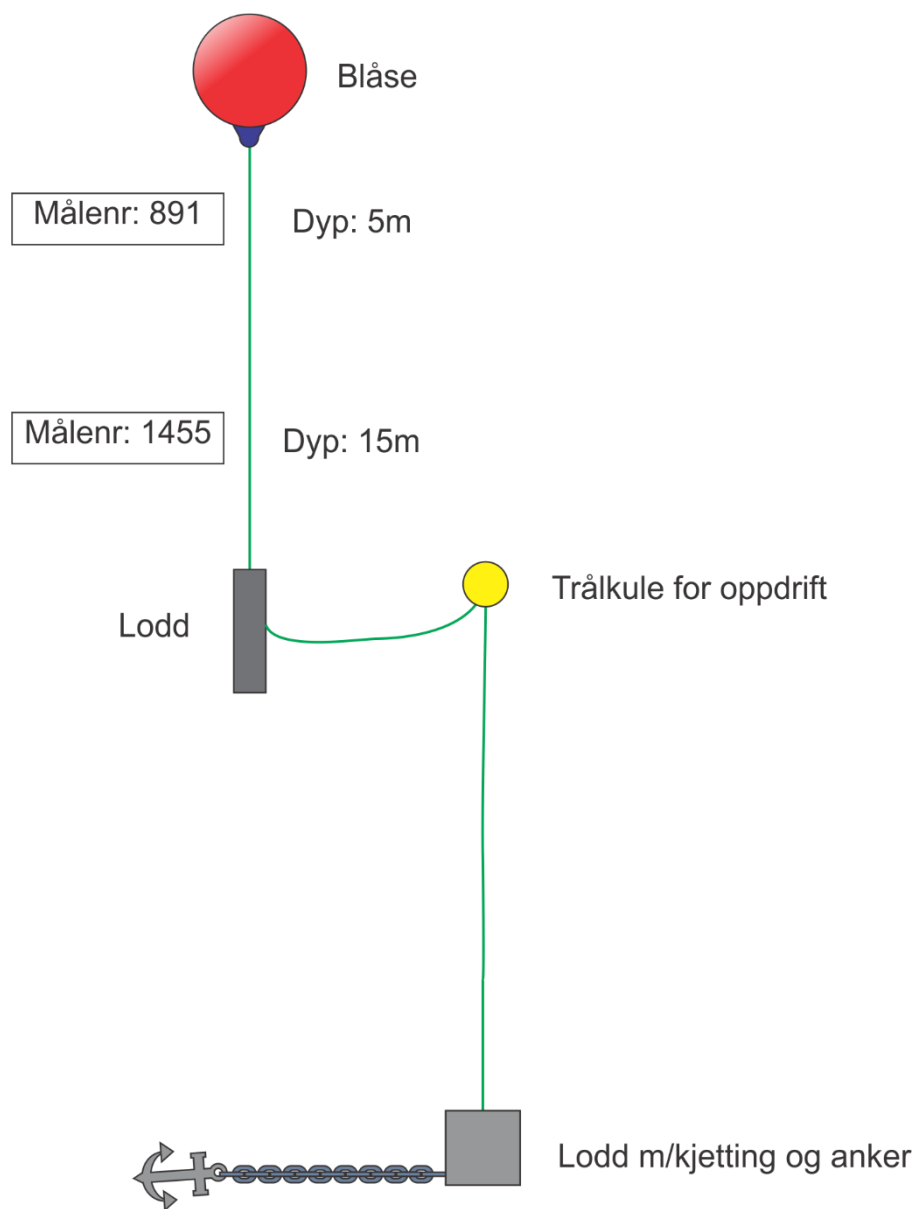
For å skille ut tidevannskomponenten av strømmen ble det foretatt en harmonisk analyse av strømmen. Strømhastigheten ble først midlet over ½-time for å fjerne målestøy fra tidsserien før analysen ble utført.

Resultatene fra den harmoniske analysen ble brukt til å reprodusere tidevannsbidraget i måleserien ved hjelp av en tidevannsmodell (Codiga, 2011). Totalstrømmen er midlet over ½-timer før variansellipsene estimeres, slik at variansen for de to komponentene er estimert på samme grunnlag. Variansellipsene viser ett standardavvik av variansen til a) alle målingene og b) den reproduserte tidevannskomponenten. Varians forklart kan estimeres fra korrelasjonen (r) mellom totalstrøm og tidevannsstrøm og regnes ut fra formelen:

$$\text{Varians forklart} = [\text{korrelasjonskoeffesient}(\text{fart_tidevann}, \text{fart_totalstrom})]^2.$$

Dette gir et mål på hvor mye av den totale variansen som kan forklares ved estimerte tidevannskomponenten. Det er viktig å notere seg at disse ellipsene ikke er en klassisk tidevannsellipse, men en variansellipse av tidevannskomponenten til strømmen, og videre at tidevannet er estimert fra en modell og ikke faktiske målinger.

7.1.3 Oppbygging strømmålerrigg



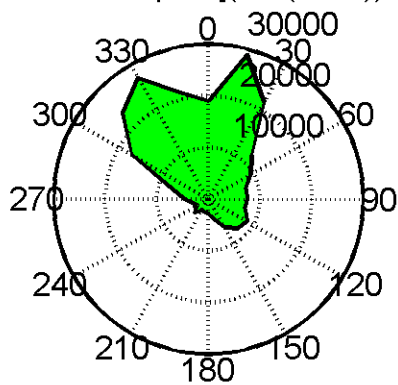
7.1.4 5m dyp

Oppsummering resultater Bæjarhlíð 5 meter

	Strøm (cm/s)	Temperatur (°C)
Max	35.8	10.5
Min	0.2	7
Gj.snitt	10.1	8.5
% av målinger > 60 cm/s	0	
% av målinger > 50 cm/s	0	
% av målinger > 40 cm/s	0	
% av målinger > 30 cm/s	0	
% av målinger > 20 cm/s	5.4	
% av målinger > 10 cm/s	45.9	
% av målinger < 10 > 3 cm/s	46.8	
% av målinger < 3 > 1 cm/s	6.4	
% av målinger < 1 cm/s	0.8	
95-prosentil (95 % av målingene er lavere enn denne verdien)	20.2	
Residual strøm	4.6	
Residual retning	347	
Varians	28.8	0.8
Standardavvik	5.4	0.9
Stabilitet (Neumanns parameter)	0.46	

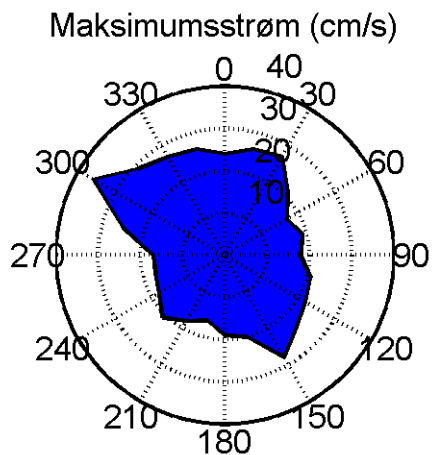
Bæjarhlíð (5m) - 2020

Total vanntransport $[(m^3/(m^2*s))*døgn]$



Total vanntransport

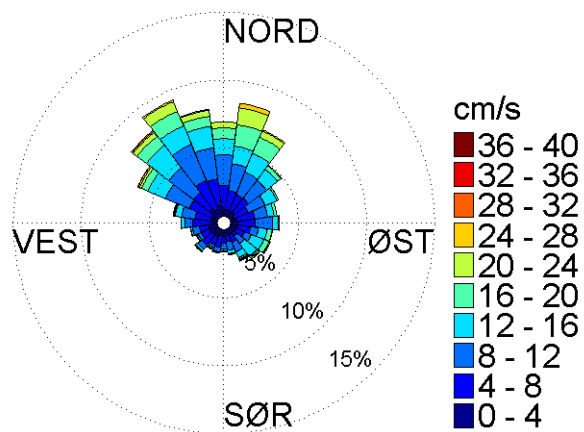
Bæjarhlíð (5m) - 2020



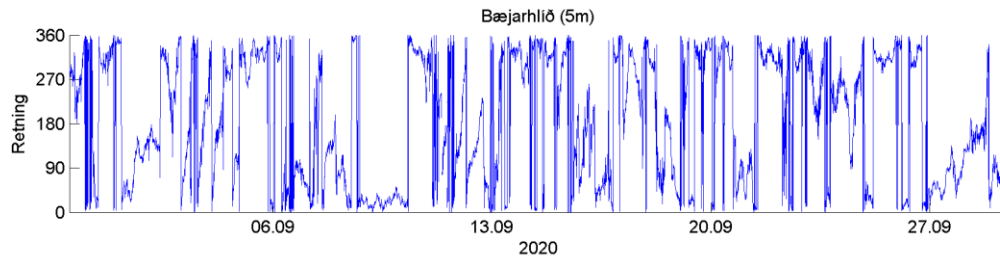
Maksimal hastighet

Bæjarhlíð (5m) - 2020

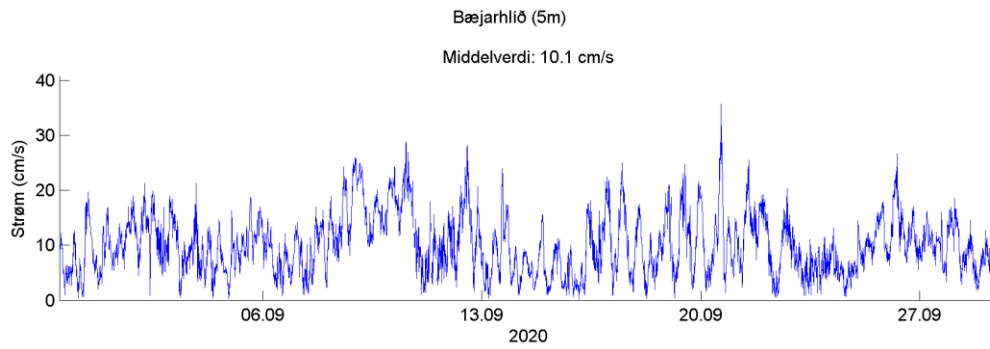
Strømrose



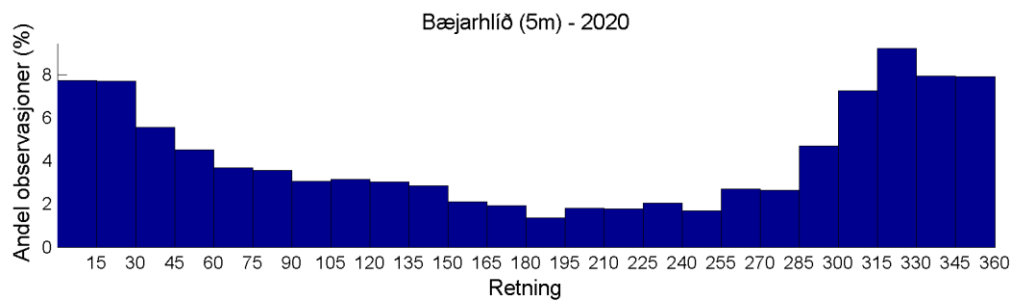
Strømstyrke og retningsfordeling. Totallengden på sektorene indikerer andel målinger (%) i respektive retninger i løpet av måleperioden. Lengden på hvert fargesegment i hver sektor bestemmer videre den relative andelen av målinger med korresponderende strømstyrke innenfor hver enkelt sektor.



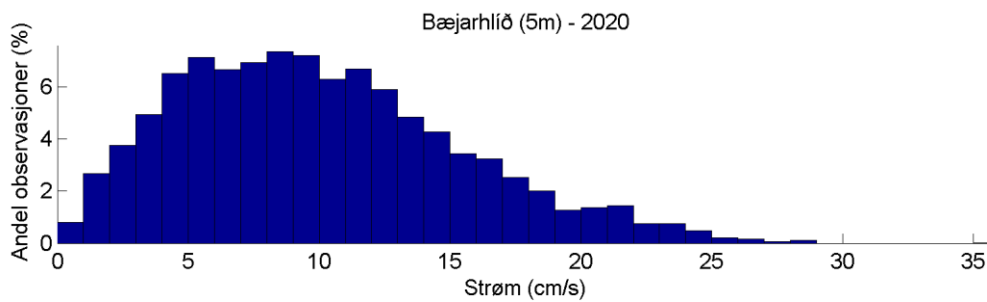
Strømretning (tidsserie)



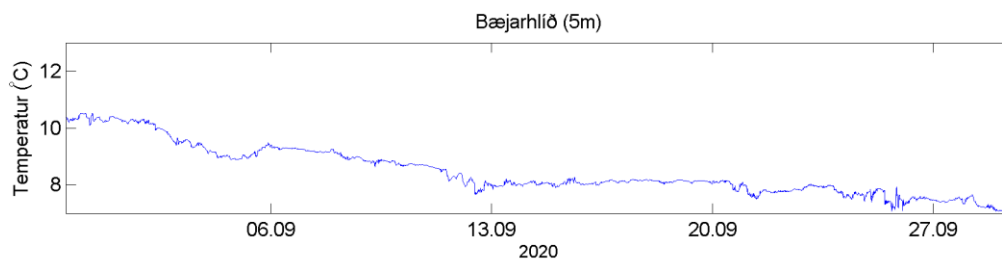
Strømhastighet (tidsserie)



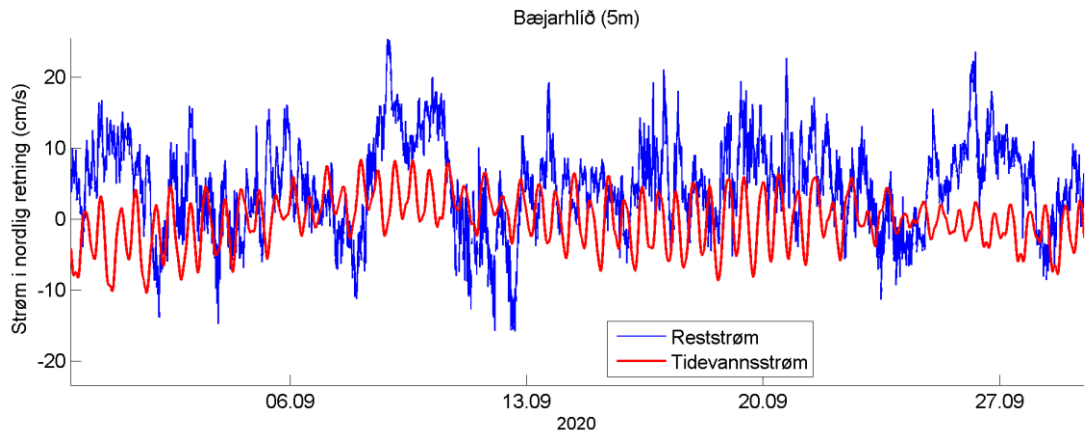
Retningshistogram



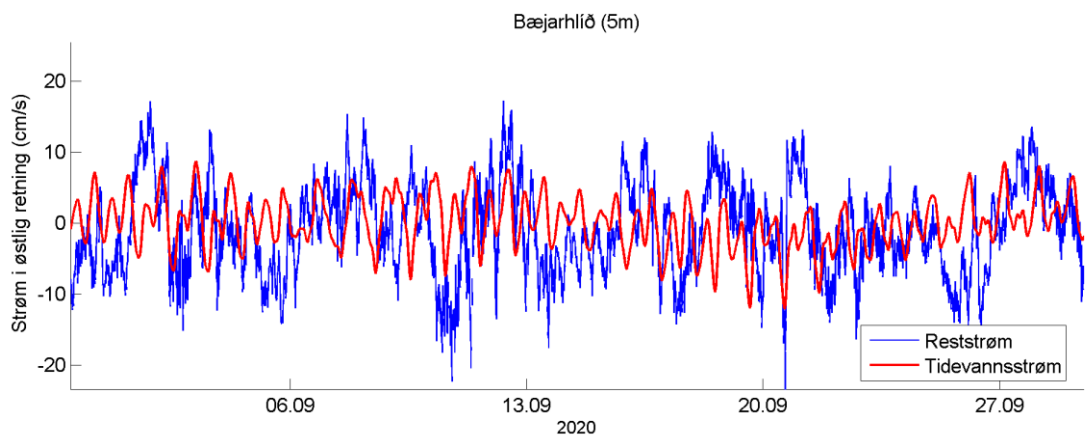
Strømstyrkehistogram



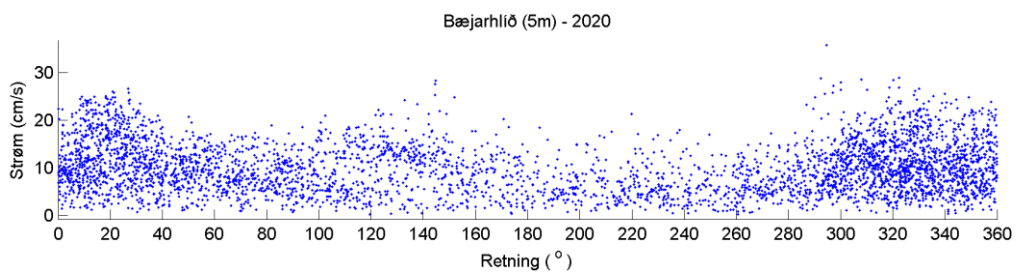
Temperatur tidsserie



Estimert tidevannsstrøm i nord/sør-retning på 5 m dyp. Negative verdier indikerer strøm mot sør. Rød kurve viser tidevannsstrøm og blå kurve viser reststrøm.



Estimert tidevannsstrøm i øst/vest-retning på 5 m dyp. Negative verdier indikerer strøm mot vest. Rød kurve viser tidevannsstrøm og blå kurve viser reststrøm.



Spredningsplott for registreringer hastighet vs. retning

Tabell som viser antall målinger, maks hastighet, total vanntransport og daglig vanntransport i de ulike sektorene.

Retning	Antall målinger (N)	Maks. strøm (cm/s)	Total vanntransport (m ³ /(s m ²))	Vanntransport per døgn (m ³ /(s m ²))
352.5 - 7.4	297	23.8	19022.1	634.2
7.5 - 22.4	361	26	28910.8	963.9
22.5 - 37.4	298	26.7	21575.5	719.4
37.5 - 52.4	207	20.9	11919.5	397.4
52.5 - 67.4	168	17.1	9435.6	314.6
67.5 - 82.4	147	18.9	7523.7	250.8
82.5 - 97.4	155	18.5	7600.9	253.4
97.5 - 112.4	133	20.9	7323.9	244.2
112.5 - 127.4	137	22.1	8614.5	287.2
127.5 - 142.4	123	24.2	8061.6	268.8
142.5 - 157.4	110	28.3	6342.7	211.5
157.5 - 172.4	81	20.3	4053.7	135.2
172.5 - 187.4	70	18.5	2915.1	97.2
187.5 - 202.4	75	15.9	2732.5	91.1
202.5 - 217.4	70	17.5	2661.6	88.7
217.5 - 232.4	93	21.3	3810.8	127.1
232.5 - 247.4	75	17.9	2700.7	90
247.5 - 262.4	86	16.9	3143.3	104.8
262.5 - 277.4	114	17.3	4716.5	157.3
277.5 - 292.4	141	24.9	7079.9	236.1
292.5 - 307.4	273	35.8	17218.2	574.1
307.5 - 322.4	349	28.9	23547.6	785.1
322.5 - 337.4	398	26.6	27156.6	905.4
337.5 - 352.4	341	25.6	21455.6	715.4

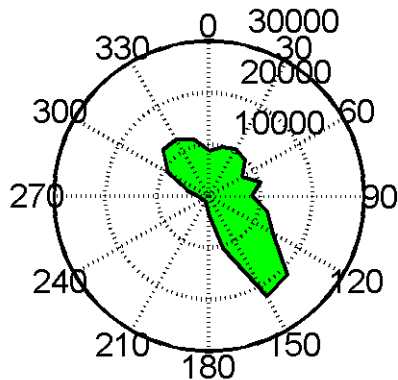
7.1.5 15m dyp

Oppsummering resultater Bæjarhlíð 15 meter

	Strøm (cm/s)	Temperatur (°C)
Max	23.7	10
Min	0.1	7.2
Gj.snitt	8.1	8.5
% av målinger > 60 cm/s	0	
% av målinger > 50 cm/s	0	
% av målinger > 40 cm/s	0	
% av målinger > 30 cm/s	0	
% av målinger > 20 cm/s	0.6	
% av målinger > 10 cm/s	31.3	
% av målinger < 10 > 3 cm/s	57.7	
% av målinger < 3 > 1 cm/s	9.8	
% av målinger < 1 cm/s	1.2	
95-prosentil (95 % av målingene er lavere enn denne verdien)	16	
Residual strøm	2.2	
Residual retning	62	
Varians	18.4	0.4
Standardavvik	4.3	0.7
Stabilitet (Neumanns parameter)	0.27	

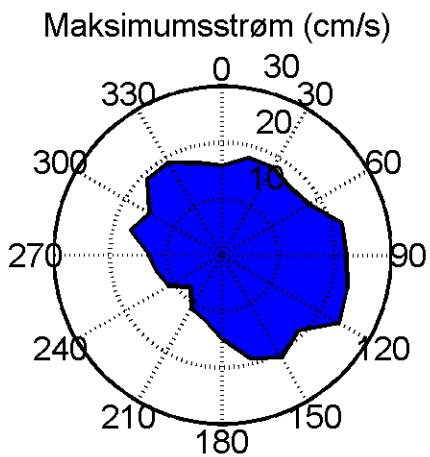
Bæjarhlíð (15m) - 2020

Total vanntransport $[(m^3/(m^2*s))*døgn]$



Total vanntransport

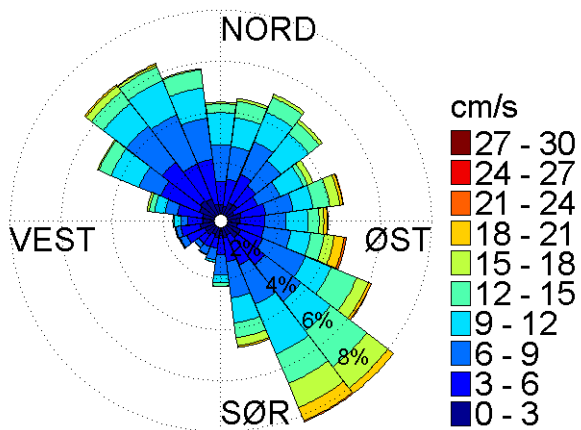
Bæjarhlíð (15m) - 2020



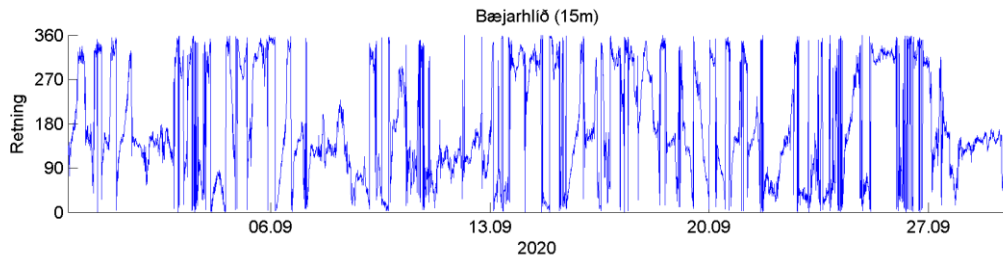
Maksimal hastighet

Bæjarhlíð (15m) - 2020

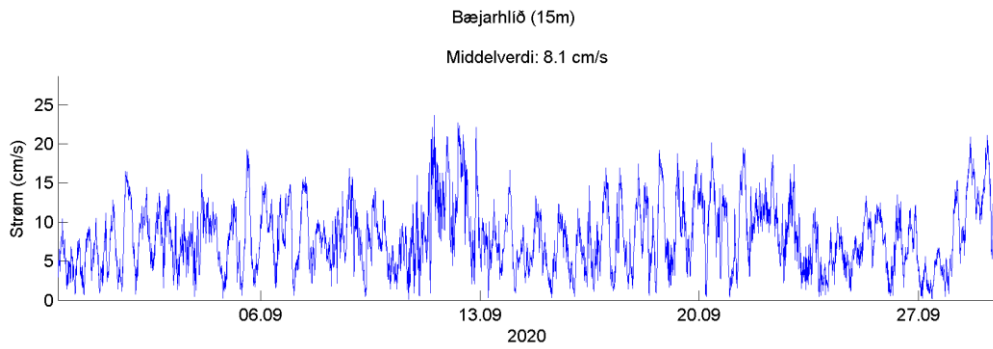
Strømrose



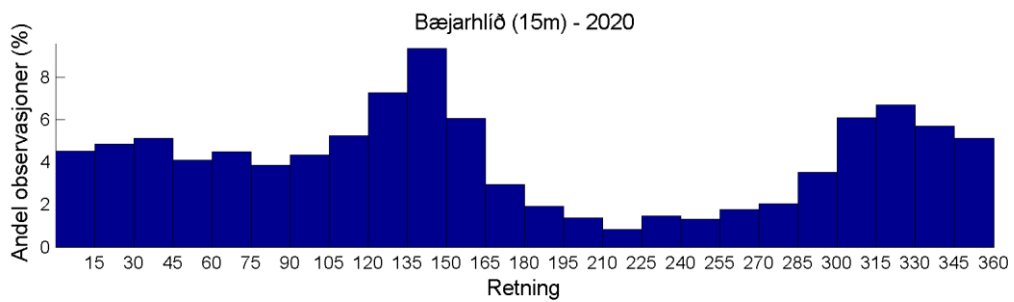
Strømstyrke og retningsfordeling. Totallengden på sektorene indikerer andel målinger (%) i respektive retninger i løpet av måleperioden. Lengden på hvert fargesegment i hver sektor bestemmer videre den relative andelen av målinger med korresponderende strømstyrke innenfor hver enkelt sektor.



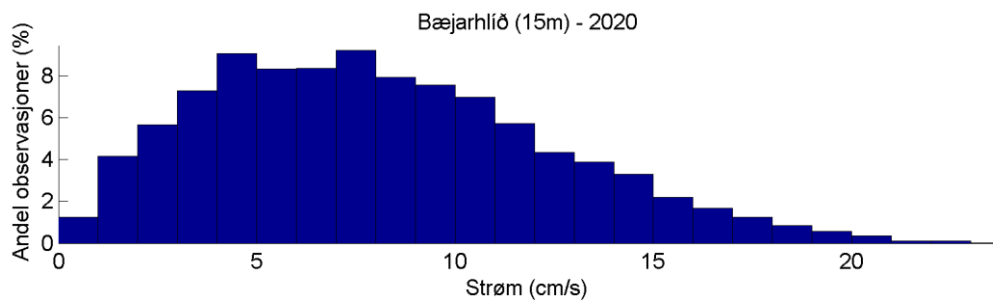
Strømretning (tidsserie)



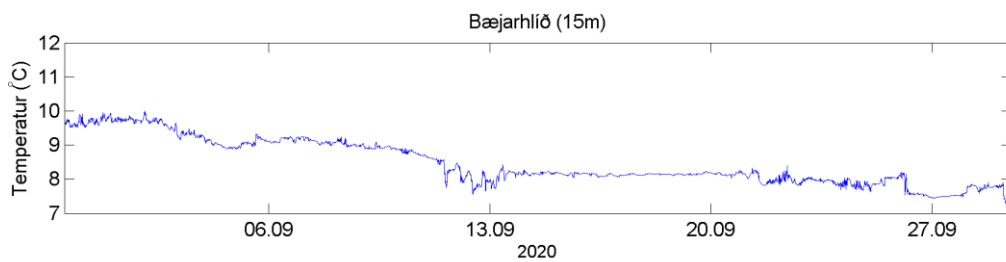
Strømhastighet (tidsserie)



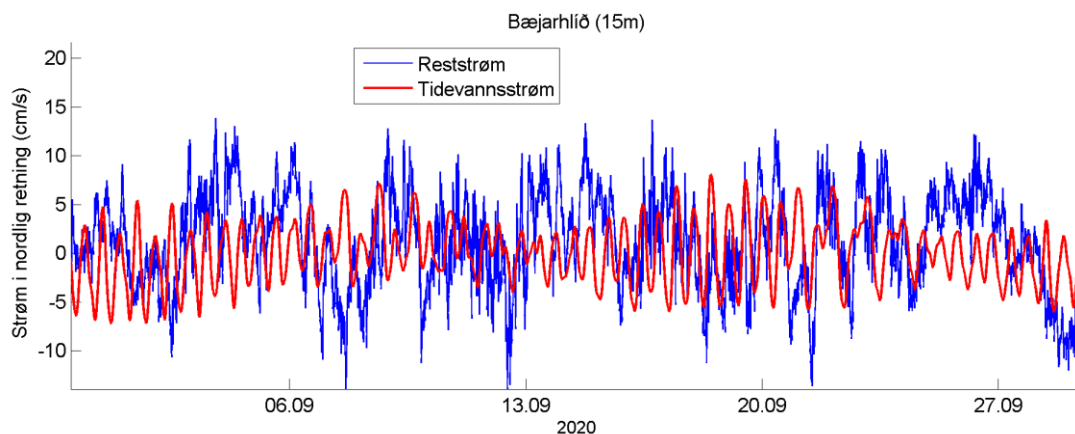
Retningshistogram



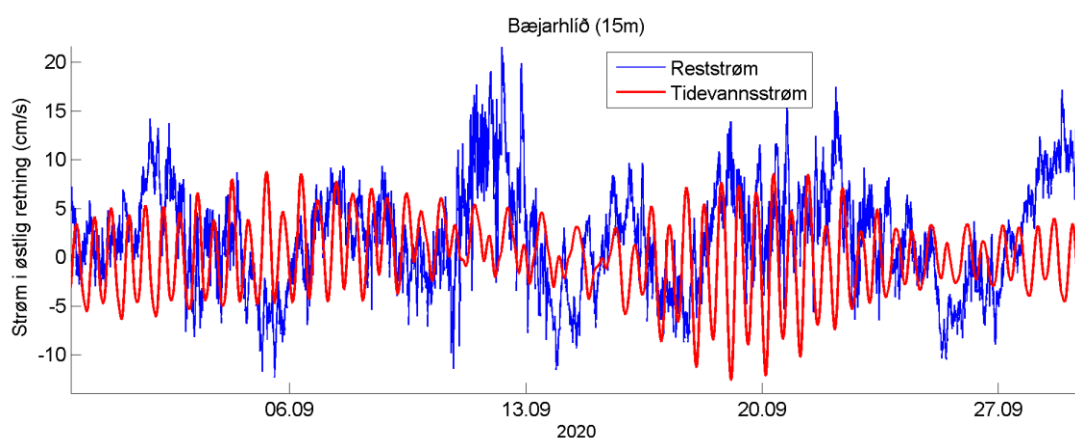
Strømstyrkehistogram



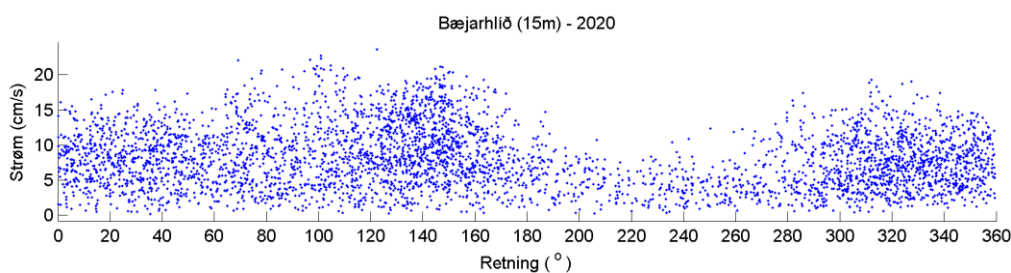
Temperatur tidsserie



Estimert tidevannsstrøm i nord/sør-retning på 15 m dyp. Negative verdier indikerer strøm mot sør. Rød kurve viser tidevannsstrøm og blå kurve viser reststrøm.



Estimert tidevannsstrøm i øst/vest-retning på 15 m dyp. Negative verdier indikerer strøm mot vest. Rød kurve viser tidevannsstrøm og blå kurve viser reststrøm.

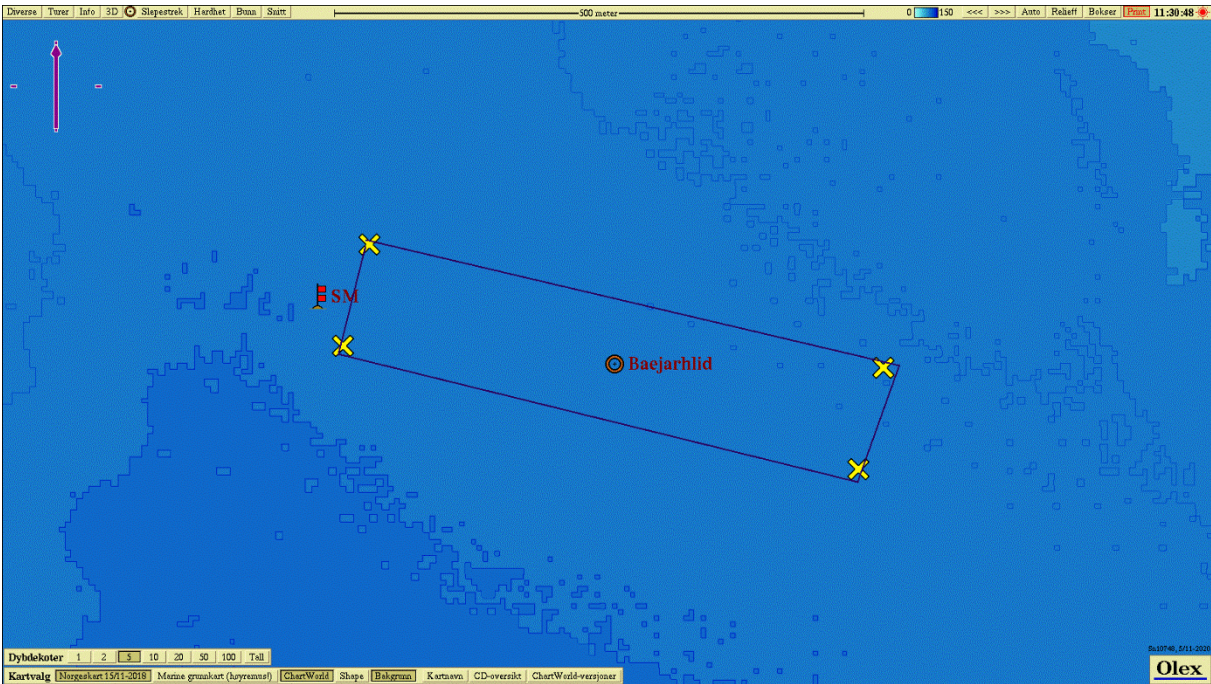


Spredningsplott for registreringer hastighet vs. retning

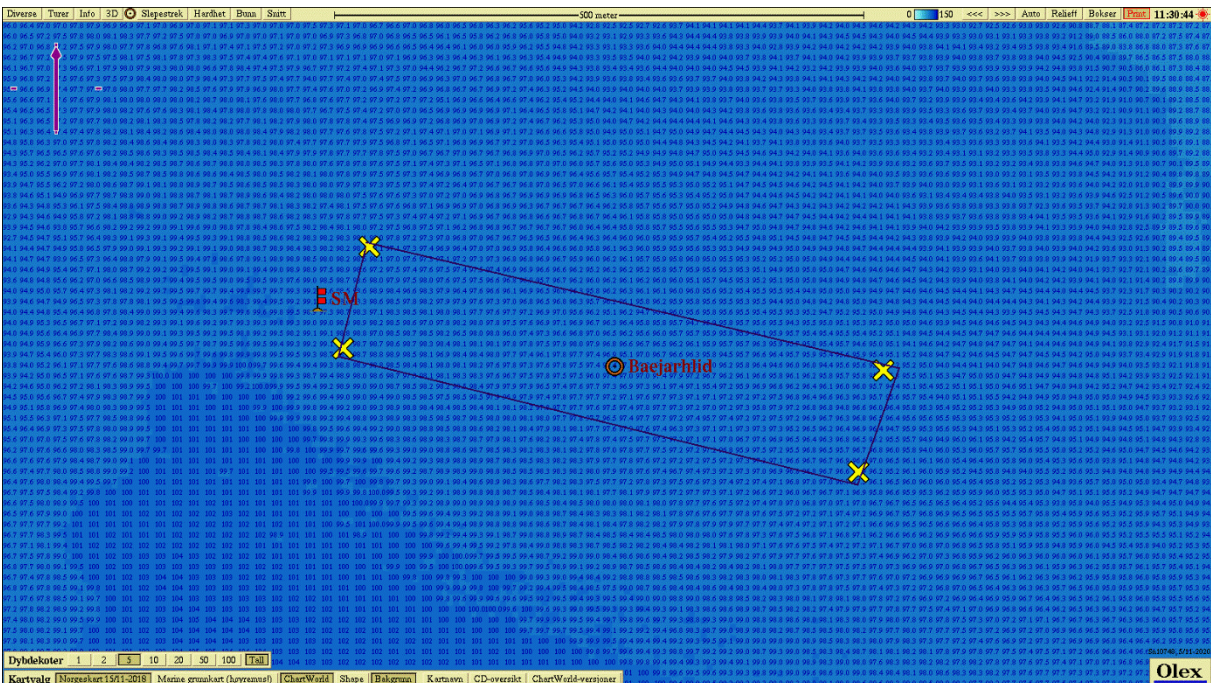
Tabell som viser antall målinger, maks hastighet, total vanntransport og daglig vanntransport i de ulike sektorene.

Retning	Antall målinger (N)	Maks. strøm (cm/s)	Total vanntransport (m ³ /(s m ²))	Vanntransport per døgn (m ³ /(s m ²))
352.5 - 7.4	188	16.1	8826.6	294.3
7.5 - 22.4	200	17.6	9870.5	329.1
22.5 - 37.4	221	17.8	10404	346.9
37.5 - 52.4	204	17.3	9880.5	329.4
52.5 - 67.4	159	17.9	7486.2	249.6
67.5 - 82.4	197	22.1	10403	346.8
82.5 - 97.4	169	22.1	8293.4	276.5
97.5 - 112.4	205	22.7	11776.9	392.7
112.5 - 127.4	264	23.7	14418.2	480.7
127.5 - 142.4	358	19.4	21508.9	717.1
142.5 - 157.4	357	21.2	22367.5	745.8
157.5 - 172.4	205	19.3	10423	347.5
172.5 - 187.4	100	15.1	3975.6	132.6
187.5 - 202.4	59	11.6	1794.3	59.8
202.5 - 217.4	51	10.7	1455.3	48.5
217.5 - 232.4	45	8.3	1104.6	36.8
232.5 - 247.4	65	10.9	1650.6	55
247.5 - 262.4	67	12.3	1658.8	55.3
262.5 - 277.4	70	13	2275.5	75.9
277.5 - 292.4	115	17.4	4480.7	149.4
292.5 - 307.4	215	15.1	9180.1	306.1
307.5 - 322.4	280	19.3	12633.6	421.2
322.5 - 337.4	275	19.1	12733.7	424.6
337.5 - 352.4	251	17.4	11422.5	380.8

7.2 Anleggstegetning og bunnkartlegging



Bunnkartlegging med anleggsplassering av lokalitet Bæjarhlíð. Ekvidistanse 5 m.



Bunnkartlegging med anleggsplassering av lokalitet Bæjarhlíð. Ekvidistanse 5m. Dybder i tall.

7.3 CMS-wave

CMS-Wave er en todimensjonal bølgemodell som kan simulere forplantning og demping av havdønninger inn mot kystnære strøk. Kildekoden til CMS-Wave er skrevet og vedlikeholdt av U.S. Army Corps of Engineers (Sanchez m.fl., 2012). Modellen bruker SMS (www.aquaveo.com) som grafisk brukergrensesnitt. Inngangsdata til modellen er bunntopografi, innkommende bølger (høyde, retning og energispekter), vindstyrke og vindretning. Modellen antar konstante grensebetingelser (vind, bølger, strøm) og beregner en statisk, konstant løsning (steady state). Inngående bølgespektrum på den ytre rand er gitt av en regional bølgemodell, NORA10 (Reistad m.fl., 2011). Dersom strøm inkluderes antas denne å være konstant med dypet.

Modellen bruker en endelig element-metode med et kartesisk gitter. En godt kartlagt batymetri (bunntopografi) er en forutsetning for å få gode simuleringer. Modellen beregner kvantitativt endring i bølgeparametere (bølgehøyde, retning og spektralfordeling) når bølgen beveger seg fra havet og inn mot grunt vann ved kysten (typisk < 40 m dyp).

Bølgeeffekter som inkluderes i modellsimuleringene er:

1. Refraksjon (dreining av bølger som følge av endret vanndybde og strøm)
2. Diffraksjon (bølgedreining som følge av obstruksjoner)
3. Grunningeffekter (økt bølgehøyde på grunn av redusert gruppehastighet/ bølgelengde; bølgedemping som følge av friksjon mot bunn)
4. Bølge mot bølge, interaksjon

I tillegg kan følgende effekter implementeres:

5. Bølgegenerering på grunn av vind
6. Refleksjon

Det modelleres med høyvann på 3 m, noe som også vurderes som en konservativ tilnærming. Med dypere vann vil mindre av energien i bølgene gå tapt, og bølgehøyden vil bli større. Modellering med høyvann kan imidlertid i noen få tilfeller ved langgrunne farvann gi lavere bølgehøyde, fordi bølgeenergien da kan fordeles over et større område.

Dersom havstrømmer i nærområdet til lokaliteten forventes å være betydelig mindre enn 1 m/s, vil de ifølge Smith m.fl. (1998) ikke bidra til betydelige endringer i transformasjonen av havbølger. Ut ifra maksimumsverdier til havstrømmene målt nær overflaten ved lokaliteten vurderes det om havstrømmer ikke skal inkluderes i simuleringene.

Randen til gitteret, hvor inngangsdata til bølger og vind kommer inn, plasseres der innkommende havdønninger kan forventes, minst 50 km unna lokaliteten, slik at vindbølgene får lang nok distanse til å bygge seg opp.

7.3.1 Energispekter

Resultatene fra den regionale NORA10-modellen (se kapittel 3.6.2) gir et estimat for den øvre grensen for bølgehøyde ved modellranden. Denne bølgehøyden brukes til å definere energispekteret på randen, dvs. en typisk fordeling av bølgeenergi som funksjon av periode.

Bølgeenergien som kommer inn i modellområdet vil som regel endre seg etter hvilken retning den kommer fra.

Formen til dette energispekteret på randen er beskrevet ved et JONSWAP energispekter². Spekteret forklarer bølgehøyder som funksjon av perioder.

Det innkommende bølgetoget beskrives med to parametere: spredningsfaktoren til frekvensen (γ), som er satt til 2.1, samt spredningsfaktoren for retningen (n), som er satt til 10. Disse tallene gir konservative verdier (mye energi, dvs. stor bølgehøyde og lang periode) med hensyn til typiske bølger langs norskekysten (Nygaard & Eik, 2004).

² *JONSWAP (Joint North Sea Wave Project) spektr*er er en empirisk sammenheng som definerer distribusjonen av energi over frekvens i havet. Se for øvrig Hasselmann m.fl. (1973).

7.4 Beregning istabell

Tabellen er basert på Guest Et al sin formel: $PPR = \frac{Va(Tf-Ta)}{1+0,3(Tw-Tf)}$

PPR	=	isprediktor
Va	=	vindfart (m/s)
Tf	=	frysepunkt til sjøvann (-1,7 °C)
Ta	=	lufttemperatur
Tw	=	sjøtemperatur

Ved å benytte formelen over for PPR og beregne hvilken kategori de ulike vind og temperaturkombinasjonene gir, så kan det settes opp en frekvensfordeling som angitt i Tabell 1. Her er det skrevet inn de ulike PPR-verdiene, og fargekodet for å angi hvilken isklasse disse havner innenfor. Ved å benytte frekvensfordeling av vind/temperatur fra eklime, så kan det legges inn hvor mange observasjoner som havner innenfor en angitt ispredikator (PPR) og dermed gi et estimat på hvor utsatt lokaliteten er for ising.

Formelen estimerer ising på skip, og er ikke direkte egnet til bruk på flytende anlegg. Erfaringsbasert kunnskap tilsier at akkumulert ising på flytende anlegg nært havflaten er ca. halvparten av det som beregnes på skip/kaikonstruksjoner. Vi har derfor halvert PPR fra denne formelen for å få en tilnærmet verdi for flytende konstruksjoner. Dette skyldes effekten av bølgene som skyller vekk isen fra konstruksjonen igjen.

Fargekodingen er basert på formelen for PPR. Ved å kombinere denne med temperatur- og vindstatistikk fra eklime.no, kan intervaller basert på PPR-indeksen utarbeides (Guest et al. 2005). Som utgangspunkt er det antatt en sjøtemperatur på 1,0 °C, som er en noe konservativ tilnærming. Resultatet av dette er framstilt i tabellene under.

Resultater som fremkommer ved bruk av overnevnte formel for kombinasjon av lufttemperatur, vindhastighet, sjøtemperatur og sjøtemperaturs frysepunkt.

7.5 Ekstremverdianalyse

Ekstremverdi-teorien er et kraftig og samtidig robust verktøy for å studere «hale»-oppførselen til en statistisk fordeling. Embrechts m.fl. (1997) er en god kilde til beskrivelsen av ekstremverdi-teorien i finans- og forsikringsverdenen. Reiss og Thomas (1997) og Berlaing m.fl. (1996) har også omfattende dekning av ekstremverdi-teorien. Ekstremverdi-analysen har funnet stor nytteverdi i klimatologi, meteorologi og nylig også i oseanografi.

Det finnes datasett fra fjernmålinger, faktiske målinger og atmosfæriske/ oseanografiske modeller. Både faktiske in-situ målinger og fjernmålinger har større eller mindre måleusikkerheter, lider ofte av begrenset representativitet og er sporadiske i rom og tid. På den annen side, så er de tilgjengelige modellene avhengig av observasjoner for å kunne bli validert og få kvantifisert usikkerheter. Selv om modeller kan skaffe lange datasett, er det altså likevel nødvendig med observasjoner for å kunne vurdere og heve kvaliteten for eksempel ved å redusere unøyaktigheten i modellene. Dessuten er observasjoner og operasjonelle modeller svært kostbare.

Argumentene ovenfor rettferdiggjør den brede anvendelsen til ekstremverdi-analysen i geofluid-dynamikk, spesielt når det er snakk om ekstremstusjoner, som for eksempel angående vær og vind. I denne forbindelse er muligheten til å estimere returperioder basert på relativt korte tidsserier en spesielt viktig rolle for blant annet kosteffektiv ingeniørvirksomhet.

Normalfordelingen er den viktigste fordelingskurven for en tilfeldig måleserie, oppsummert i det såkalte sentralgrenseteoremet.

Likeledes vil gruppen av ekstremverdi-fordelinger være de optimale å benytte seg av når man skal studere fordelingskurve av maksima til en måleserie. Denne gruppen kan bli presentert som en enkelt parametrisering kjent som generell ekstremverdi-fordeling (GEV). Teoremet til Fisher og Tippett (1928) står fremdeles sentralt i ekstremverdi-teorien. Teorien behandler konvergensten til maksimalverdiene.

Det antas at x_1, x_2, \dots, x_m er en rekke av uavhengige og identisk fordelte tilfeldige variabler fra en ukjent fordelingsfunksjon $F(x)$ hvor $x \sim (\mu, \sigma^2)$, m er størrelsen til dataserien, μ er gjennomsnittet og σ^2 er variansen. Maksimum av de første $n < m$ observasjoner av x er gitt ved $M_n = \max(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Gitt en rekke av $a_n > 0$ og b_n , slik at $(M_n - b_n)/a_n \leq x$, så vil rekken av normaliserte maksima konvergere i den følgende GEV fordeling:

$$H(x) = \begin{cases} e^{-(1+\xi\frac{x}{\beta})^{-1/\xi}} & \text{if } \xi \neq 0 \\ e^{-e^{-x/\beta}} & \text{if } \xi = 0, \end{cases} \quad (1)$$

Der $\beta > 0$, x er slik at $1 + \xi x > 0$ og ξ er en parameter til formen (haleindeksen er definert som $\alpha = \xi^{-1}$).

Når $\xi > 0$, er fordelingen kjent som en Frechet-fordeling, og har en tykk hale. Jo større formparameteren er, jo tykkere hale har fordelingen.

Dersom $\xi < 0$, er fordelingen kjent som en Weibull-fordeling.

Dersom $\xi = 0$, vil det være en Gumbel-fordeling.

Teoremet til Fisher-Tippett foreslår at den asymptotiske fordelingen av maksima tilhører en av de tre fordelingene ovenfor, uansett hvordan den opprinnelige fordelingen til de observerte data er. Derfor kan halefordelingen til dataserien bli estimert utfra en av de tre fordelingene.

I denne studien har en Gumbel-fordeling vist seg å være mest konservativ angående å finne ekstremverdier, og derfor er 50 års returperioder estimert utfra denne.