

R A P P O R T

Bølgjeberekning for Solvik på Malmøya i Oslo.



Rådgivende Biologer AS

1525



Rådgivende Biologer AS

RAPPORT TITTEL:

Bølgjeberekning for Solvik på Malmøya i Oslo

FORFATTAR:

Erling Brekke

OPPDRAKGIVAR:

Oslo kommune, bymiljøetaten v/Ingrid Beate Opdal

OPPDRAGET GITT:

27. februar 2012

ARBEIDET UTFØRT:

mars 2012

RAPPORT DATO:

20. mars 2012

RAPPORT NR:

1525

ANTAL SIDER:

14

ISBN NR:

Ikkje nummerert

EMNEORD:

- Bølgjeberekning
- Oslo
- Dimensjonerande bølgjehøgde

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen
Foretaksnummer 843667082-mva

Internett : www.radvende-biologer.no E-post: post@radgivende-biologer.no
Telefon: 55 31 02 78 Telefax: 55 31 62 75

FØREORD

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag frå Oslo kommune føreteke ei bølgjeberekning for lokaliteten Solvik på Malmøya.

Hensikta med berekningane er å skaffe bakgrunnskunnskap for å tilrettelegge ei badebryggje/flytebryggje som skal kunne nåast av alle frå landsida. Anlegget skal vere universelt tilrettelagt. Det vart i 2010 anlagt eit anlegg som ikkje fungerte tilfredsstillande, fordi det var for spinkelt dimensjonert for påkjenningane på staden. Bølgjeberekningane skal danne grunnlaget for rett dimensjonering av nytt anlegg.

Rådgivende Biologer AS takkar Oslo kommune, bymiljøetaten v/Ingrid Beate Opdal for oppdraget.

Bergen, 20. mars 2012

INNHOLD

Føreord.....	2
Innhald	2
Samandrag	3
Område og lokalitet	4
Metodar	7
Resultat og vurderingar	9
Referansar	13
Vedleggstabell.....	14

SAMANDRAG

Brekke, E. 2012

*Bølgjeberekning for Solvik på Malmøya i Oslo.
Rådgivende Biologer AS, rapport 1525, 14 sider.*

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag frå Oslo kommune føreteke ei bølgjeberekning for lokaliteten Solvik på Malmøya. Lokaliteten ligg eksponert til mot Bunnefjorden i sør til sørvest, men er godt skjerma frå andre vindretningar.

Bølgjeberekningane er utført basert på NS 9415:2009, med bruk av vinndata (frå NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009) og strøklengder målt på sjøkart. Effektiv strøklengde er berekna ut frå forholdet mellom lengde og breidde av strøket.

Tabell 1. Dimensjonerande bølgjer for lokaliteten Solvik på Malmøya i Oslo kommune, basert på 10-årsbølgja og 50-årsbølgja (NS 9415:2009).

Tilhøve	Eining	Returperiode 10 år	Returperiode 50 år	Retning
H_s : signifikant bølgjehøgde	m	1,11	1,26	frå SSV
H_{max} : maksimal bølgjehøgde	m	2,12	2,40	frå SSV
Tp : bølgjeperiode	s	3,22	3,36	frå SSV

Det er nokre grunner og holmar eit stykke sørvest og sør-sørvest for Malmøya, som kan ha ein viss innverknad på bølgjedanninga inn mot Solvik, men desse er i liten grad teke omsyn til i bølgjeberekningane.

Det vil truleg vere ein god del tidevasstraum i det smale sundet mellom Malmøya og Malmøykalven, men ved badeanlegget i Solvik vil det truleg vere vesentleg mindre straum, og her vil bølgjene sannsynlegvis utgjere den viktigaste påverknaden.

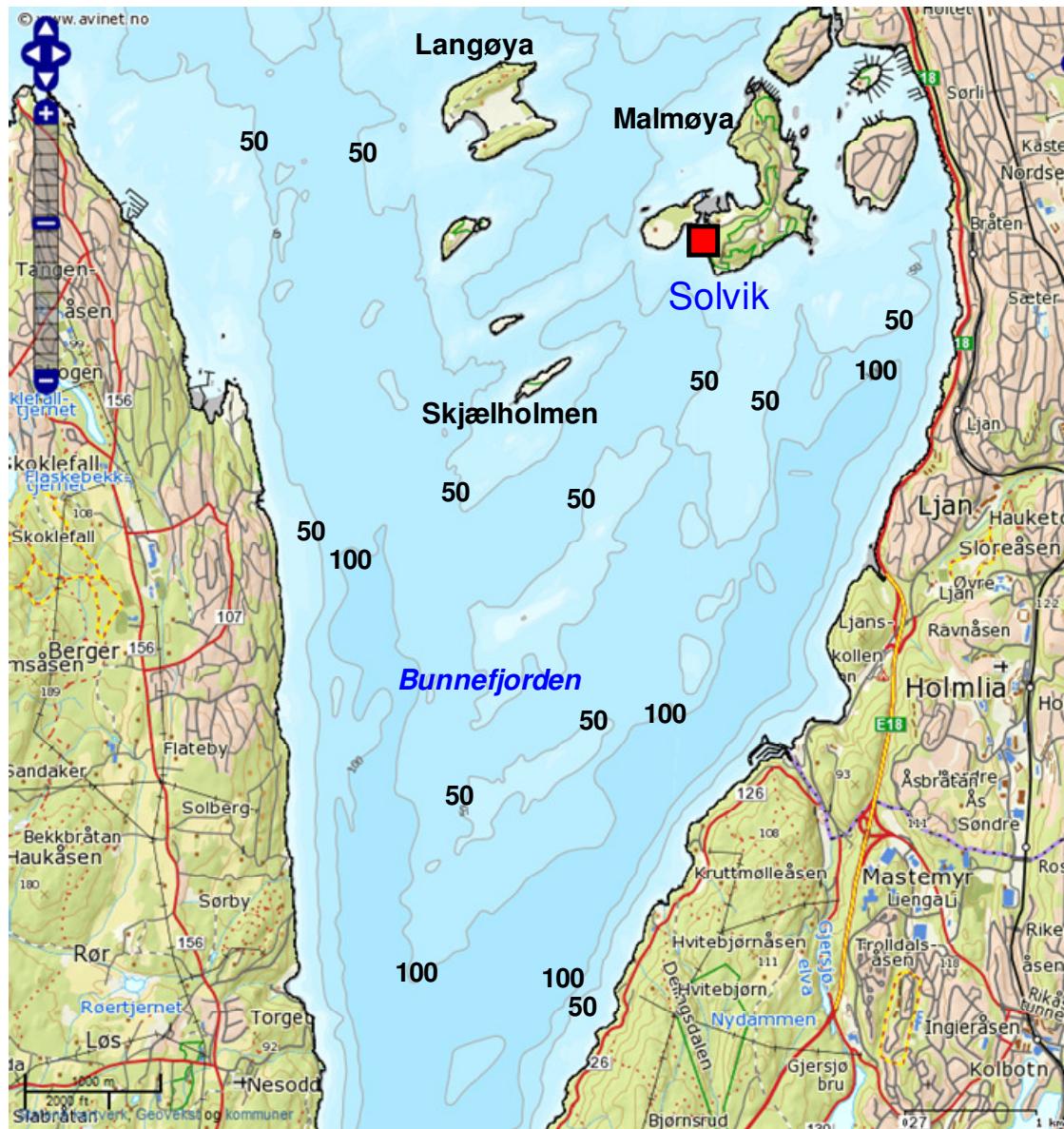
OMRÅDE OG LOKALITET

Bølgjeberekninga er utført ved lokaliteten Solvik på Malmøya, innerst i Oslofjorden. Lokaliteten ligg eksponert til mot Bunnefjorden i sør til sørvest, men er godt skjerma frå andre vindretningar. Frå lokaliteten til innerst i Bunnefjorden er det ca 16 km. På høgde med lokaliteten er Bunnefjorden nesten 6 km brei, men smalnar fort av sørover, og frå ca 10 km sør for lokaliteten er fjorden mindre enn 1 km brei (**figur 1**). Nordvestover smalnar fjorden inn forbi Nesoddtangen.



Figur 1. Plassering av lokaliteten Solvik på Malmøya i Bunnefjorden med oversikt over fjordsystemet rundt. Kartgrunnlaget er henta frå Kystverket sine nettsider.

Djupnetilhøva i den aktuelle delen av Bunnefjorden er noko variable, men ligg for det meste mellom 50 og 100 meters djup (**figur 2**). Det er nokre grunner og holmar eit stykke sørvest og sør-sørvest for Malmøya, som kan ha ein viss innverknad på bølgjedanninga inn mot Solvik, men desse er i liten grad teke omsyn til i bølgjeberekningane. Langs aust- og vestsida av Bunnefjorden er det over 100 m djupt, og det blir djupare mot sør til det djupaste punktet i Bunnefjorden på ca 157 m djup.



Figur 2. Utsnitt av djupnetilhøva i ytre delar av Bunnefjorden, med 50 m djupnekoter og lokalitetet Solvik markert. Kartgrunnlaget er henta frå Kystverket sine nettsider (<http://kart.kystverket.no>).



Figur 3. Lokalisering av Solvik badeanlegg på Malmøya (nede) og mogeleg badestad i Skinnerbukta (opp til høgre). Kalvsundet mellom Malmøya og Malmøykalven passerer rett vest for Solvik.

METODAR

BEREKNING AV BØLGJER

Ved berekning av bølgjer er det brukt metodikk som fyller krava i høve til dimensjonering av flytande opprettsanlegg, gitt i norsk standard NS 9415:2009, "Flytende oppdrettsanlegg. Krav til lokalitetsundersøkelse, risikoanalyse, utforming, dimensjonering, utførelse, montering og drift". Standarden gir generelle retningslinjer for berekning av bølgjer på ein lokalitet, og kan nyttast uavhengig av type installasjon som finst på lokaliteten. I følgje NS 9415:2009 skal vindgenererte bølgjer finnast ved bølgjemålingar eller ved berekning ut frå effektiv strøklengde. Me har valt å bruke sistnemnde metode, som innbefattar bruk av vinddata og strøklengder målt på sjøkart.

Berekning av vindhastigkeit

10- og 50-årsbølgja skal bestemmast ut frå tilhøyrande verdiar for lokaliteten sin 10- og 50-årvind. Lokaliteten sin 50-årvind (50-års basisvindfart) er fastsett ved bruk av referansevindhastigkeit ($v_{b,o}$) for Oslo kommune henta frå NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009 (Nasjonalt tillegg NA). For å få basisvindhastigheita blir det lagt til 17 % til referansevindhastigheita for omrekning til terrenkgategori I, sidan strøket vil gå over open sjø. Windfarten er også justert for retningsfaktoren (C_{dir}) i høve til region: Østlandet, øst.

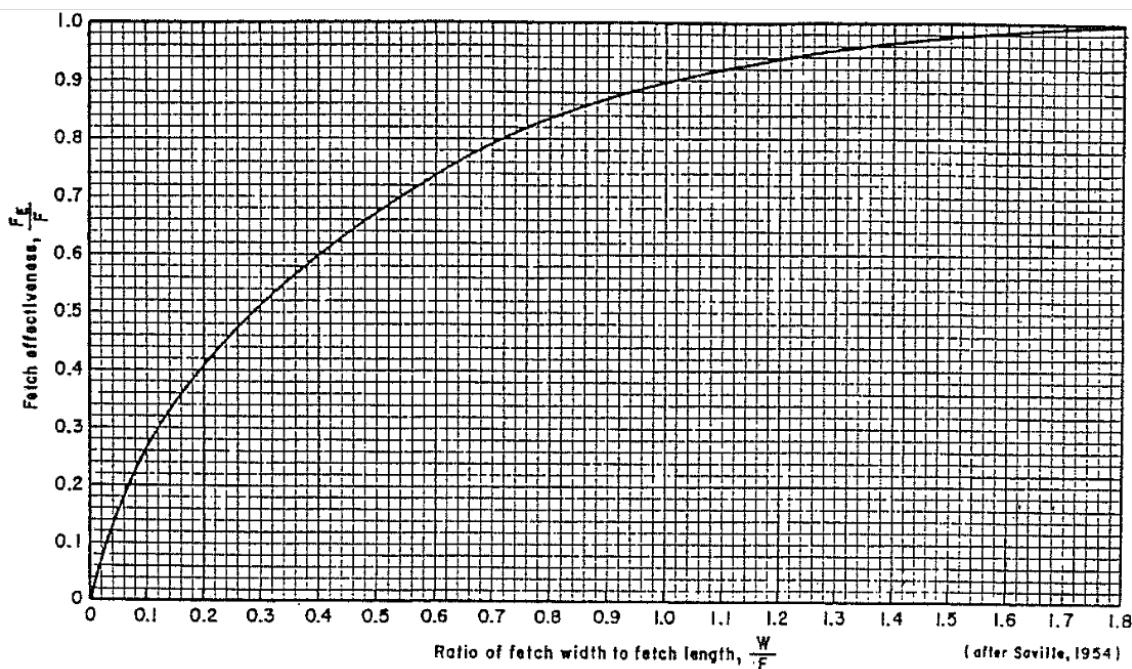
Lokaliteten sin 10-årvind (10-års basisvindfart) er fastsett ved at referansevindhastigheita ($v_{b,o}$) er multiplisert med sannsynlegheitsfaktoren (C_{prob}) for 10 års returperiode ($C_{prob,10år} = 0,902480$ ved $K=0,2$ og $n=0,5$), og deretter oppjustert til terrenkgategori I og justert for retningsfaktoren (C_{dir}).

Justert vindhastigkeit (U_A), signifikant bølgjehøgde (H_s) og pikperiode (T_p) vert deretter utrekna etter formlar i NS 9415:2009 for både 10-årvinden og 50-årvinden. Maksimal bølgjehøgd ved regulær sjø er gitt ved $H_{max} = 1,9 \cdot H_s$.

Berekning av effektiv strøklengde

Strøklengda kan ikkje alltid nyttast direkte i bølgjeberekningar, og i fjordstrøk vil breidda av strøket influere på bølgjedanninga mellom anna på grunn av friksjon mot land. Dette tek ein omsyn til ved å innføre ei såkalla effektiv strøklengde, F_e . For smale fjordarmar vil den effektive strøklengda kunne bli betydeleg mindre enn den målte strøklengda.

For å beregne effektiv strøklengde nyttar me ein metode presentert av MARINTEK (Lien m.fl. 1996). Her vert den effektive strøklengda berekna ut frå forholdet mellom breidda (W) og den målte strøklengda (F) på strøket. Effekten som breidde/lengde-forholdet (W/F) for strøket har på effektiv strøklengde vert her presentert i ei kurve av Saville (1954) (figur 4). Kurva viser reduksjonen i effektiv strøklengde som funksjon av breidde/lengde forholdet (W/F) av strøket.



Figur 4. Kurve etter Saville (1954) som viser korleis effektiv strøklengde endrar seg i høve til forholdet mellom breidde og lengde på strøket.

SINTEF (Jensen & Lien 2005) presenterer ein formel for denne kurva, oppgitt som eit fjerde ordens polynom:

$$\frac{F_e}{F} = -0,2577(W/F)^4 + 1,2434(W/F)^3 - 2,3316(W/F)^2 + 2,205(W/F) + 0,0307$$

Av denne formelen finn ein den effektive strøklengda for eit gitt sett av breidde og lengde på strøket. Ut frå avgrensingar i formelen vil F_e bli sett lik F dersom strøkbreidda er ein del større enn strøklengda, dvs når $W/F > 1,7$. Dersom strøklengda er betydeleg lengre enn strøkbreidda (t.d. inne i ein smal fjord), er det ikkje heilt samsvar mellom den effektive strøklengda utrekna ved hjelp av formelen, og den effektive strøklengda lest av frå figuren til Saville. Det viser seg at i slike høve vil breidde/lengdeforholdet lest av frå figuren gje ei noko meir konservativ (større) effektiv strøklengde, og me vil difor bruke figuren framfor likninga som utgangspunkt for berekning av effektiv strøklengde der strøklengda er meir enn fire gonger så stor som strøkbreidda ($W/F < 0,25$).

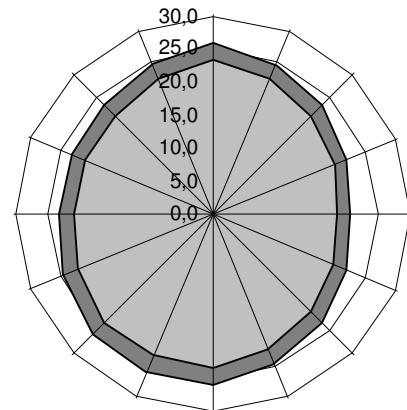
Ved praktisk bruk av metoden legg me vekt på å finne den kombinasjonen av W/F som gjev den høgaste effektive strøklengda for kvar retning, eller rettare sagt innanfor kvar sektor på $22,5^\circ$ ($\pm 11,25^\circ$). For eksempel vil ei strøklengde på 20 000 m med ei tilhøyrande breidde på 1000 m gi ein F_e på 2705 m, medan ei strøklengde på 15 000 m og ei breidde på 1200 m faktisk vil gje høgare F_e , med 2892 m. Dersom det er ei innsnevring av topografien til fjorden rett før anlegget vil me som regel "oversjå" denne ved berekningane og rekne full effekt av breidda heilt fram til anlegget. Også små holmar og skjer vil me i nokon grad "oversjå" for å ha ei meir konservativ tilnærming til bølgjeberekningane. Kva som blir justert eller oversett vil i nokon grad vere ei subjektiv vurdering i kvart enkelt tilfelle, men desse justeringane vil som regel gå i konservativ retning for å ikkje underestimere berekningane.

RESULTAT OG VURDERINGAR

DIMENSJONERANDE BØLGJEHØGDE

Den sterkeste forventa 10- og 50-årvinden (U , m/s) for lokaliteten er høvesvis liten storm (**23,2** cm/s) og full storm (**25,7** m/s), jf. **vedleggstabell 1** fra retningsområdet sør til sørvest og nord. Lokaliteten sin teoretiske 10- og 50-årvind for alle himmelretninga er vist i **figur 5**.

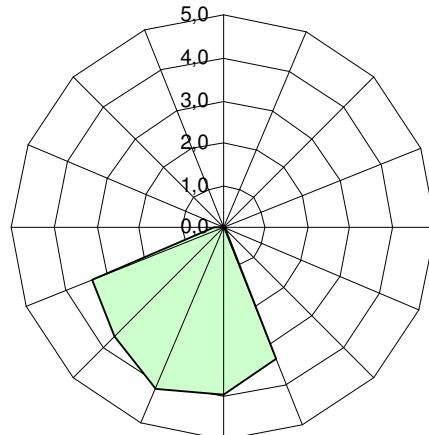
10- og 50-årvind (m/s)



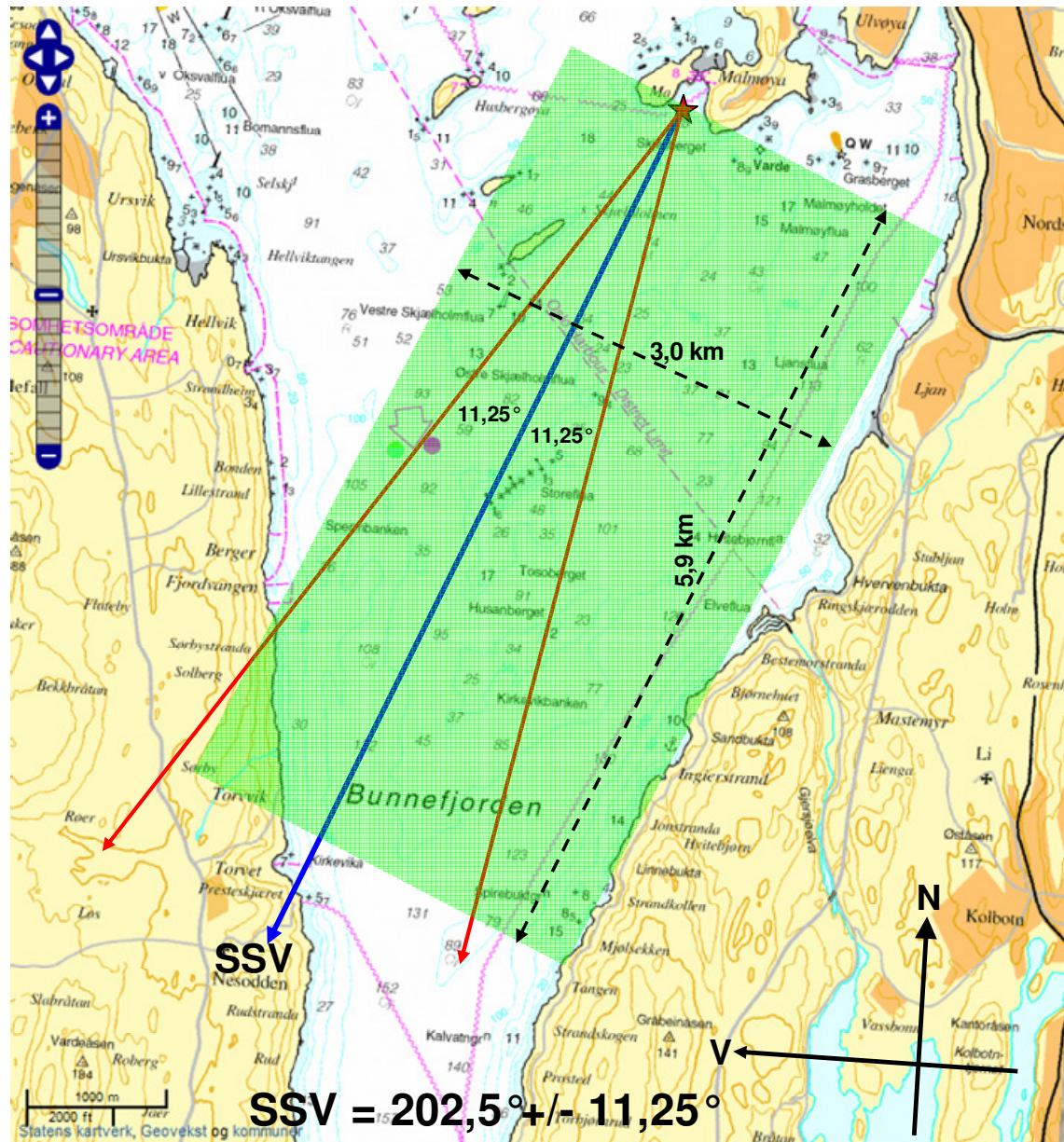
Figur 5. 10-årvind (lys grå) og 50-årvind (mørk grå) for lokaliteten Solvik vist som vindrose. Figuren syner fordelinga for kvar 22,5 grad.

Den effektive strøklengda på lokaliteten er størst med vind frå sør-sørvest (sektor $191,25 - 213,75^\circ$ målt på sjøkart) med 4,1 km (**vedleggstabell 1**). **Figur 6** syner effektiv strøklengde frå 16 himmelretninga for lokaliteten, medan **figur 7** viser strøkbreidde og -lengde for berekninga av den største effektive strøklengda frå sør-sørvest (ca 204°).

Effektiv strøklengde (km)



Figur 6. Effektiv strøklengde for lokaliteten Solvik på Malmøya vist som rose. Figuren syner effektiv strøklengde for kvar 22,5 grad.

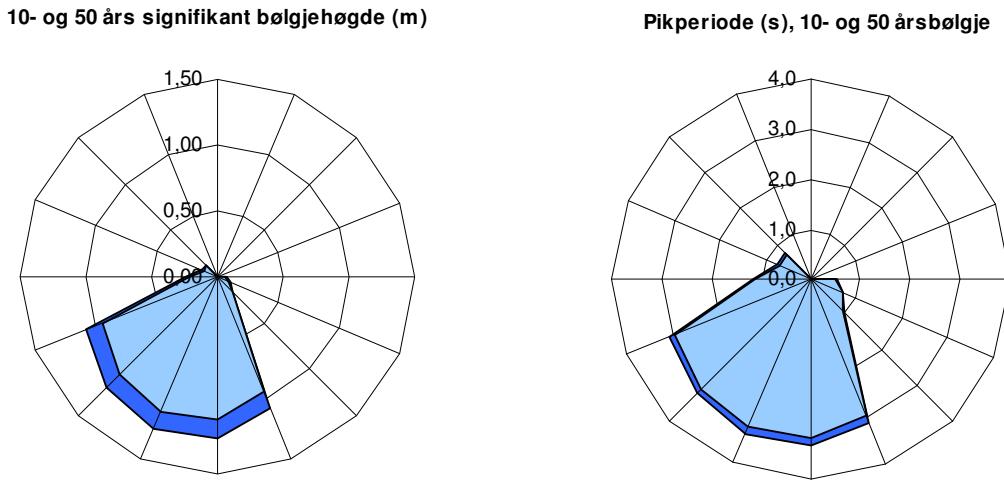


Figur 7. Strøkbredde og -lengde for berekning av den største effektive strøklengda frå sørsørvest (ca 204°), for lokaliteten Solvik på Malmøya. Posisjon for berekningane er markert med raud stjerne.

Det grøne, skraverte området i **figur 7** viser det området som ligg til grunn for berekninga av den største bølgjehøgda inn mot Solvik. Breidda på strøket har relativt stor betydning for berekningane i formelverket, og det skraverte arealet er vurdert å gi best mogeleg dekning for det opne sjøområdet som påverkar lokaliteten. Ein del av det skraverte arealet som går opp på land i vest vil såleis kompensere for ein manglande dekning av sjøområdet vidare sørover i Bunnefjorden.

Det er nokre grunner og holmar eit stykke sørvest og sør-sørvest for Malmøya, som kan ha ein viss innverknad på bølgjedannninga inn mot Solvik, men desse er i liten grad teke omsyn til i bølgjeberekningane.

Ein finn 10- og 50-årsbølgja (H_s , m) og bølgjeperiode (pikperiode, T_p , s) for lokaliteten ved å kombinere verdiar for lokaliteten sin 10- og 50-årvind med lokaliteten si effektive strøk lengde (**figur 8**). Den høgaste signifikante 10-årsbølgja (H_s) med tilhøyrande bølgjeperiode (T_p) for lokaliteten Solvik kjem frå sør-sørvest (sektor 191,25 – 213,75°), og er berekna til å bli **1,11 m** og **3,22 s** (**vedleggstabell 1**). Den høgaste 10-årsbølgja (H_{max}) er berekna til å bli **2,12 m**. Den høgaste signifikante 50-årsbølgja (H_s) med tilhøyrande bølgjeperiode (T_p) for lokaliteten er berekna til å bli **1,26 m** og **3,36 s** (**vedleggstabell 1**). Den høgaste 50-årsbølgja (H_{max}) er berekna til å bli **2,40 m**.



Figur 8. Signifikant bølgjehøgde (H_s , m) og bølgjeperiode (pikperiode, T_p , s) for ein returperiode på 10 år (lyseblå) og 50 år (mørkeblå) for lokaliteten Solvik vist som rose. Figuren syner fordelinga for kvar 22,5 grad.

Eksponeringa for bølgjer frå randsonene mot søraust og vest kan vere litt større eller mindre enn berekna, alt etter som korleis bølgjene dreiar inn eller blir reflektert i det litt skjerma området mellom Malmøya og Malmøykalven. Dette vil imidlertid ikkje ha noko betydning for den sterkeste eksponeringa og den største bølgjehøgda frå sør-sørvest.

KORT VURDERING AV STRAUMTILHØVE PÅ LOKALITETEN

Det vil truleg vere ein god del tidevasstraum i det smale sundet mellom Malmøya og Malmøykalven på grunn av ein ”flaskehalseeffekt”. Imidlertid vil denne straumen avta ganske raskt der sundet utvidar seg, og ved badeanlegget i Solvik rett utanfor (aust for) sundet, vil det truleg vere vesentleg mindre straum enn gjennom sundet. Ein del straum kan det likevel vere, men bølgjene vil sannsynlegvis utgjere den viktigaste påverknaden her.

Dersom ein får sterk vind frå sørleg retning saman med tidevasstraum frå nord, kan ein få ein viss bølgje-/strauminteraksjon inne i eller inn mot Kalvsundet, men det er mindre truleg at dette vil ha vesentleg betydning for anlegget ved Solvik.

TIDEVATN

Skildring av tidevatnvariasjon skal i samsvar med standarden inkludere ekstremverdiar, også stormflo. Følgjande verdiar er henta frå *Tidevannstabeller for den norske kyst 2009, 72 årgang* (**tabell 2**):

Tabell 2. Tidevatnvariasjon på lokaliteten ved Solvik.

Standardhamn: Oslo	Sekundærhamn:	Høgdekorreksjon: 1,00
Høgvatn:	Høgaste observerte vasstand	261 cm
	Høgaste astronomiske tidevatn (HAT)	102 cm
	Middel spring høgvatn (MHWS)	84 cm
Lågvatn:	Middel spring lågvatn (MLWS)	48 cm
	Lågaste astronomiske tidevatn (LAT)	30 cm
	Lågaste observerte vasstand	-47 cm

REFERANSAR

JENSEN, Ø. & E. LIEN 2005.

Miljøkriterier på lokalitet.

SINTEF rapport SFH80 A064058, 18 sider.

LIEN, E., H. RUDI & O. L. SLAATTELID 1996

Håndbok for design og dokumentasjon av åpne merdanlegg.

MARINTEK rapport MT40 A96-0282, rapportnr 401043.10.01, 86 sider.

NORSK STANDARD NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009

Eurokode 1: Laster på konstruksjoner. Del 1-4: Almenne laster - Vindlaster

Standard Norge, 131 sider + vedlegg.

NORSK STANDARD NS 9415:2009.

Flytende oppdrettsanlegg. Krav til lokalitetsundersøkelse, risikoanalyse, utforming, dimensjonering, utførelse, montering og drift. 2. utgave november 2009.

Standard Norge, 100 sider.

SAVILLE, T. JR. 1954.

The effect of fetch width on wave generation.

Technical Memorandum No. 70, U. S. Army, Corps of Engineers, Beach Erosion Board. 9 sider.

TIDEVANNSTABELLER FOR DEN NORSKE KYST. 72. ÅRGANG 2009.

Statens kartverk sjø, 88 sider.

VEDLEGGSTABELL

Vedleggstabell 1. Berekna effektiv strøklengde, 10- og 50-års vindfart, 10- og 50-års signifikant bølgjehøgde med tilhøyrande, pikperiode og maksimal bølgjehøgde i ulike retningar for lokaliteten Solvik på Malmøya.

Sektor nr	Hovud retning	Grader		Strøk- lengde		Effektiv strøklengd Fe (m)	Vindfart 10 år U (m/s)	10- års bølgje			50- års bølgje		
		frå	til	F (m)	W (m)			Signif. bølgjehøgde Hs	Pik- periode Tp	Bølgje- høgde Hmax	Signif. bølgjehøgde Hs	Pik- periode Tp	Bølgje- høgde Hmax
1	N	348,75	11,25	0	0	0	23,2	25,7	0	0	0	0	0
2	NNØ	11,25	33,75	0	0	0	22,1	24,5	0	0	0	0	0
3	NØ	33,75	56,25	0	0	0	20,9	23,2	0	0	0	0	0
4	ØNØ	56,25	78,75	0	0	0	19,7	21,9	0	0	0	0	0
5	Ø	78,75	101,25	20	5500	20	18,6	20,6	0,06	0,50	0,11	0,07	0,52
6	ØSØ	101,25	123,75	50	6700	50	19,7	21,9	0,10	0,69	0,19	0,11	0,72
7	SØ	123,75	146,25	100	4000	100	20,9	23,2	0,15	0,90	0,29	0,17	0,93
8	SSØ	146,25	168,75	3800	3800	3381	22,1	24,5	0,95	2,96	1,80	1,08	3,09
9	S	168,75	191,25	6000	2700	3921	23,2	25,7	1,09	3,17	2,07	1,23	3,31
10	SSV	191,25	213,75	5900	3000	4102	23,2	25,7	1,11	3,22	2,12	1,26	3,36
11	SV	213,75	236,25	5100	2700	3615	23,2	25,7	1,05	3,09	1,99	1,19	3,22
12	VSV	236,25	258,75	3750	3900	3372	22,1	24,5	0,95	2,96	1,80	1,08	3,08
13	V	258,75	281,25	200	4100	200	20,9	23,2	0,22	1,13	0,41	0,24	1,18
14	VNV	281,25	303,75	50	6600	50	20,9	23,2	0,11	0,71	0,21	0,12	0,74
15	NV	303,75	326,25	50	4500	50	20,9	23,2	0,11	0,71	0,21	0,12	0,74
16	NNV	326,25	348,75	0	0	0	22,1	24,5	0	0	0	0	0