FOSENBRUA

Workshop

Idéverksted for etableringa av:

- *Flytebruløsning*
- *Bevegelig seilingsled / -sluse*

Lysaker 15. desember 2022

DR. TECHN. OLAV OLSEN ARTELIA GROUP

© DR.TECHN. OLAV OLSEN AS

FOSENBRUA WORKSHOP

- Heldags workshop avholdt hos *Dr.techn. Olav Olsen* (Lysaker) den 15. des. 2022
- Formålet for ideverkstedet:
  1) Utvikle konsept for en flytebruløsning
  2) Studere mulige løsninger for bevegelig seilingsled/-sluse

- Agenda og deltagere:

09:30	09:45	Velkommen	OO
09:45	10:00	Kort orientering om Fosenbrua	OE
10:00	10:15	Forutsetninger og grunnlag	OO
10:15	**10:30**	**Pause**	
10:30	12:00	Krysningsvarianter - Idémyldring del I	Alle
12:00	**12:30**	**Lunch**	
12:30	14:45	Seilingsled/-sluse - Idémyldring del II	Alle
14:45	15:00	Oppsummering	OO

Fosenbrua	*Olav Ellevset* *Walther Gifstad*
Dr.techn. **Olav Olsen**	*Stein Atle Haugerud* *Vegard Berge Kristensen* *Hannes Ludescher* *Tomas Einstabland*
Todalsfjordprosjektet AS	*Trond Skogseth*

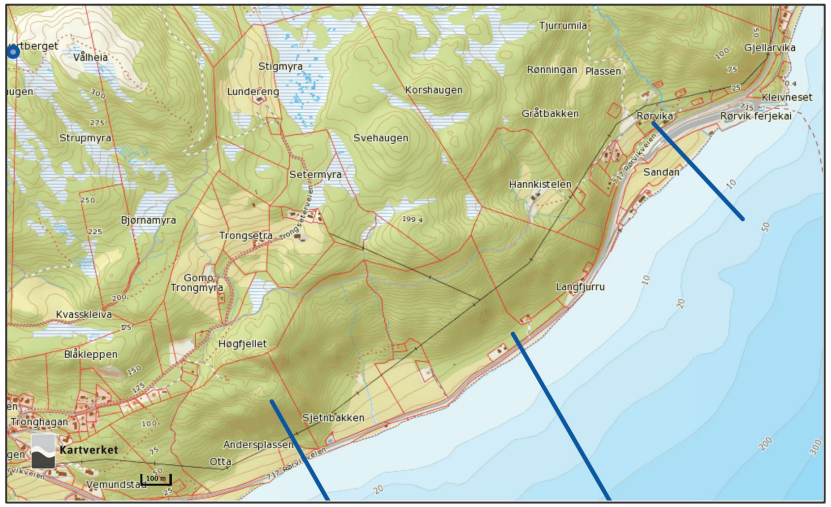
FORUTSETNINGER OG GRUNNLAG

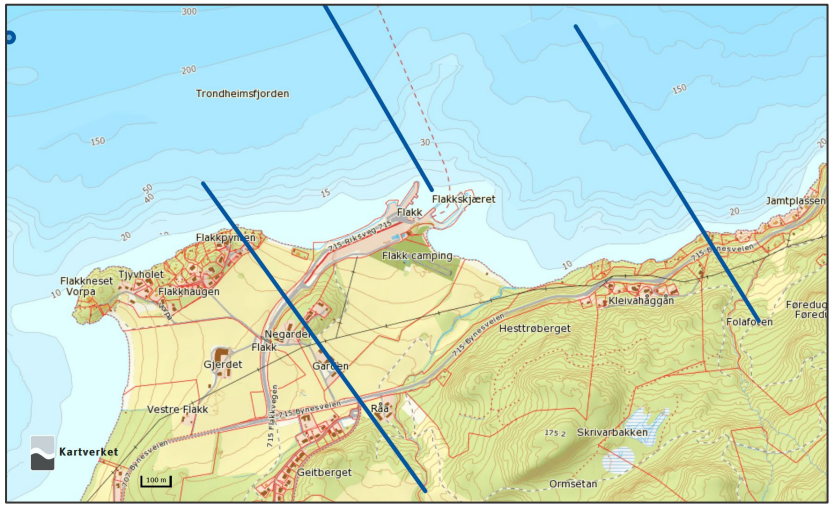
- Tilknytninger
- Stedlige forhold
  - Grunnforhold
  - Batymetri
  - Fornminner
- Miljølaster
  - Vind
  - Vindsjø
  - Strøm
- Skipstrafikk

TILKNYTNINGER

- Landing ved eksisterende fergeleie på Flakk og Rørvik naturlig utgangspunkt (~7’080 m)
- Korteste trasé mellom Flakk fergekai og Sjetnbakken (~6’680 m)
- Landing nær bebyggelse på Flekkneset/-pynten bør unngås
- Mulige landingspunkter identifisert av **Fosen**brua:

Rørvik





Flakk

STEDLIGE FORHOLD

DR. TECHN. OLAV OLSEN ARTELIA GROUP

FOSENBRUA

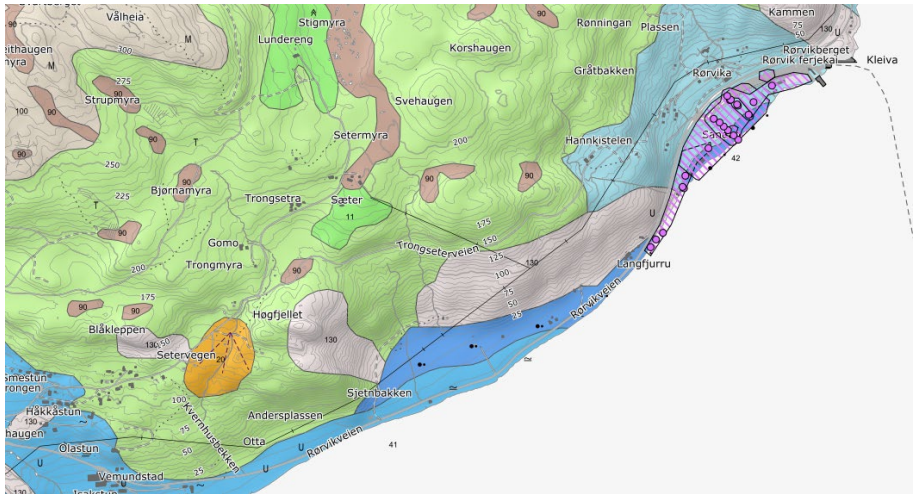
STEDLIGE FORHOLD

DR. TECHN. OLAV OLSEN ARTELIA GROUP

FOSENBRUA

GRUNNFORHOLD

Morene | Marin strandavsetning | Hav- og fjordavsetninger | Bart berg | Kvikkleire

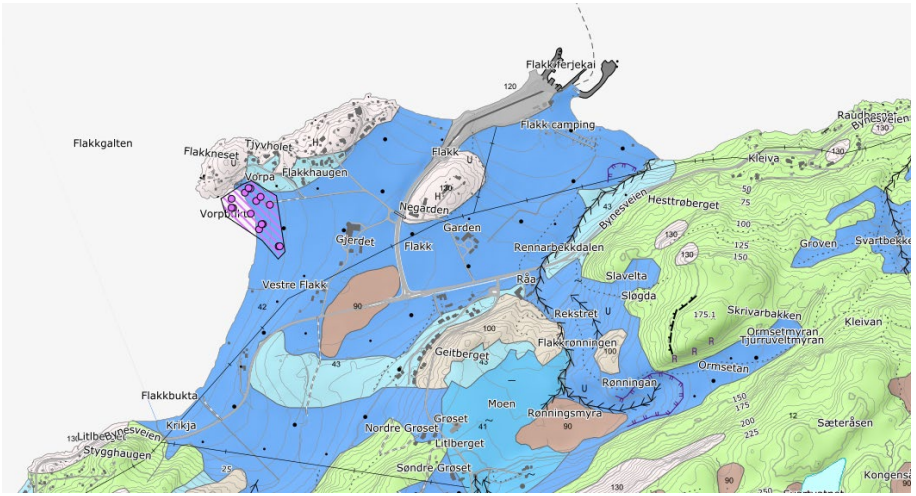


← Rørvik

- Tynt løsmassedekke av hav-, fjord- og strandavsetninger i strandsonen
- Løsmasser av fast lagret silt eller leire
- Berg i dagen i foten av åslandskapet langs Fv 715 i hele området
- Kvikkleire registrert i hele Rørvika over en lengde å ~750 m

Flakk →

- Marine strandavsetninger, sammenhengende dekke av siltig, sandig morene
- Moderat løsmassemektighet 5 – 15 m
- Berg i dagen ved fergeleie og langs Flakkhaugen/-neset
- Forekomst av kvikkleire registrert i Vorpbukta

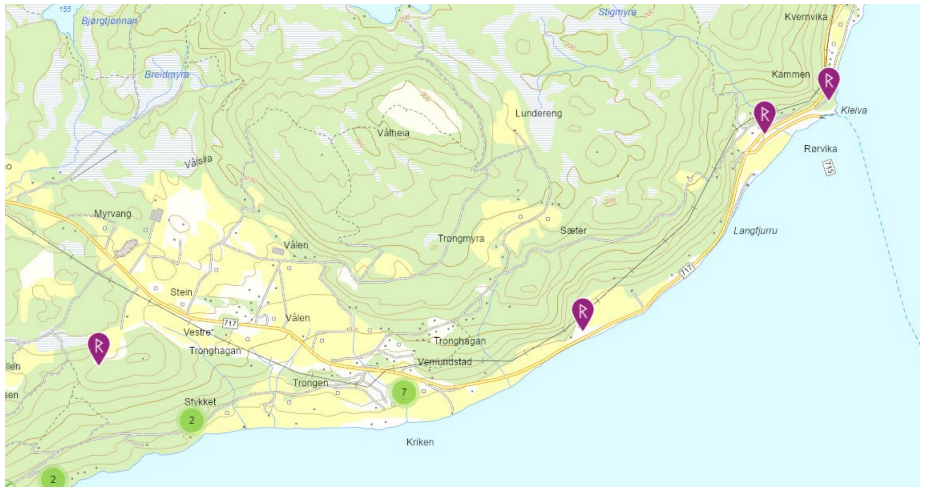


DR. TECHN. OLAV OLSEN ARTELIA GROUP

FOSENBRUA

FORNMINNER

Vernestatus: 1) Automatisk fredet 2) Uavklart 3) Kommunalt verneverdig



← Rørvik

>	Rørvikberget[1]	: Gravminne	(bronse-/jernalder)
>	Rørvik[2]	: Funnsted	(bronsealder)
>	Vemundstad[2]	: Røysfelt	(uviss tid)
>	Storbjørnåshaugen[1]	: Tjærebrenning	(etterreformatorisk tid)

Flakk →

>	Flakkgalten[1]	: Skipsfunn	(1800)
>	Vorpnesset[1]	: Gravminne	(vikingtid)
>	Flak[1]	: Gravfelt	(vikingtid)
>	Vorpbukta[1]	: Gravminne	(jernalder)
>	Flakk Vestre[3]	: Ukjent	(etterreformatorisk tid)
>	Gammel Vorpa[1]	: Gravfelt	(bronse-/jernalder)
>	Råbekken[1]	: Gravminne	(bronse-/jernalder)

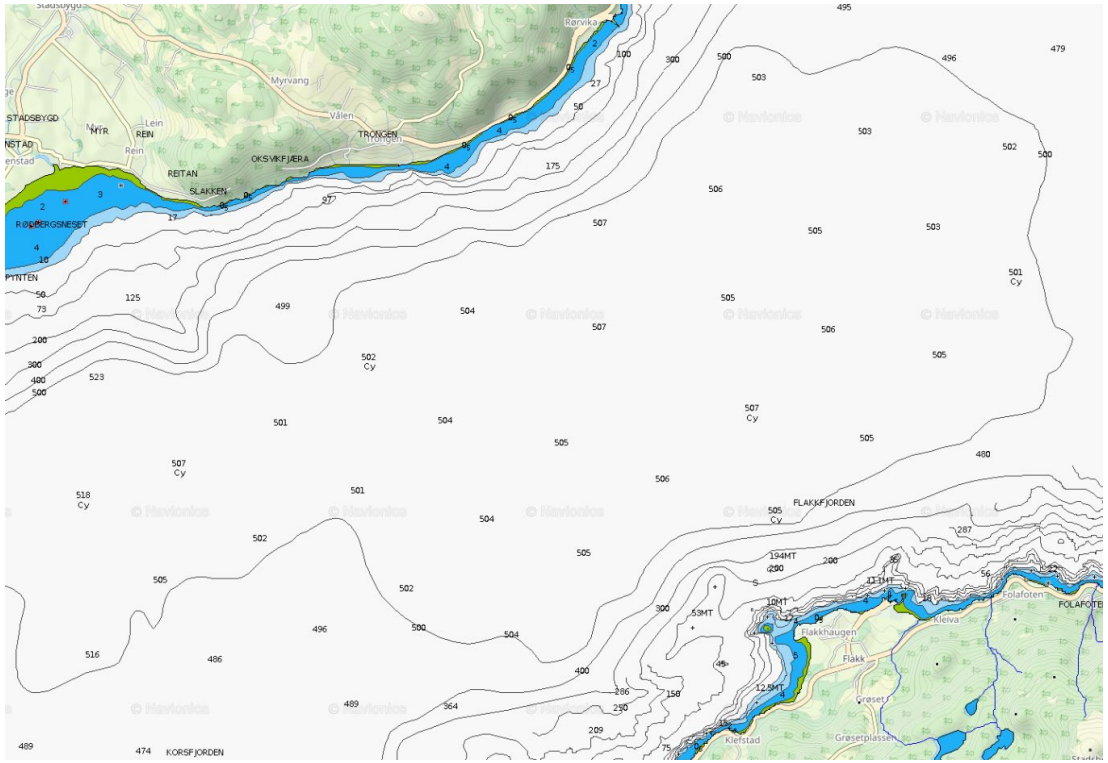
DR. TECHN. OLAV OLSEN ARTELIA GROUP

FOSENBRUA

BATYMETRI

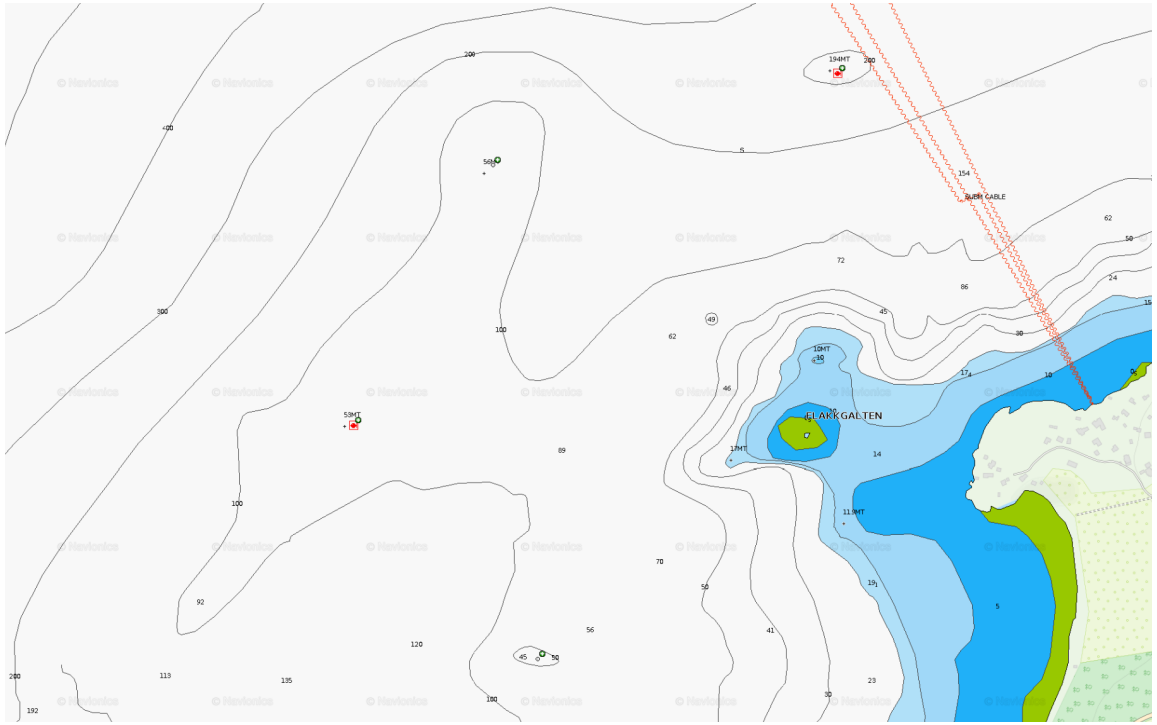
Flakkfjorden

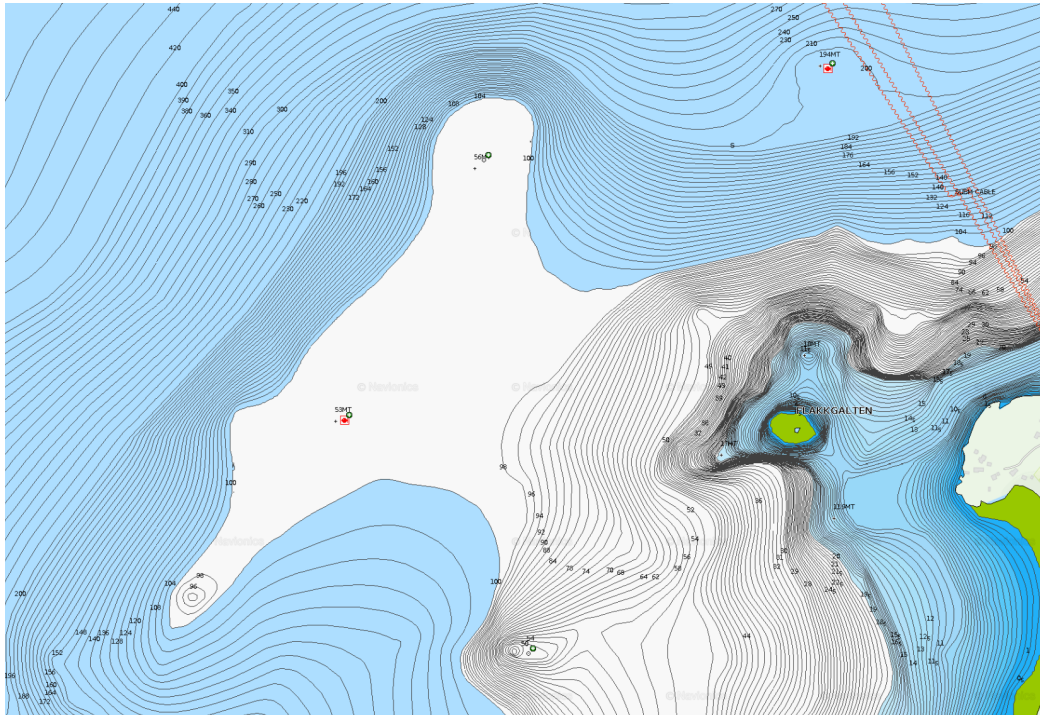
- Flatt fjordgulv på dybde ~500 m
- Helninger på fjordskråninger
  - Rørvik : 25 – 30°
  - Flakk : 25 – 35°
- Grunnforholdene i Trondheimsfjordbassenget godt kjent fra maringeologiske kartlegginger
- Bunnsedimentene domineres av holocen leire > 40 m mektighet over glasimarine sedimenter
- Lokalt innslag av sand- og siltlag
- Undersjøisk bergryggen (600 m lang/kt. -55 m) ca. 700 m utenfor Flakkgalten vurderes egnet for dypvannsfundamentering



BATYMETRI

Flakk

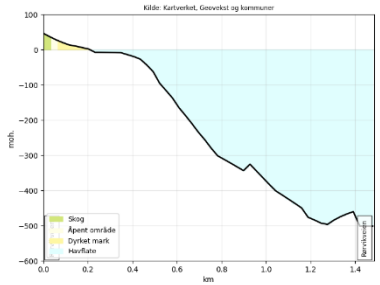




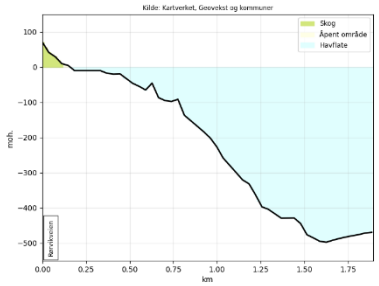
BATYMETRI

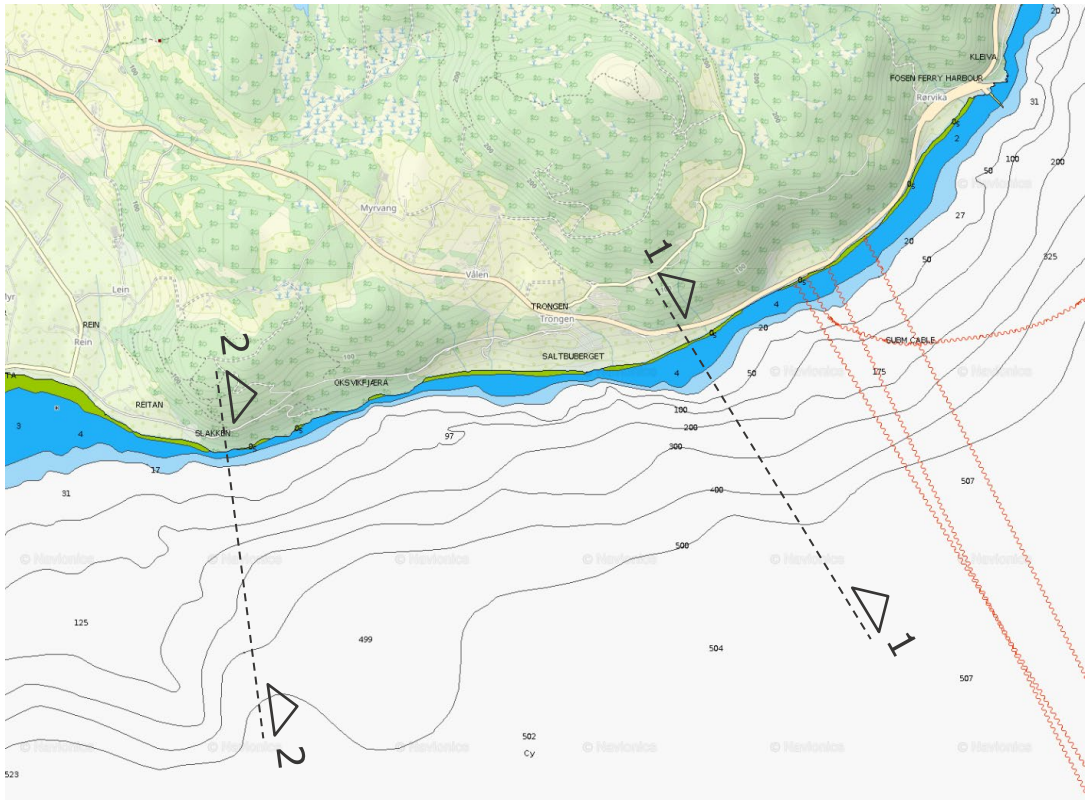
Rørvik

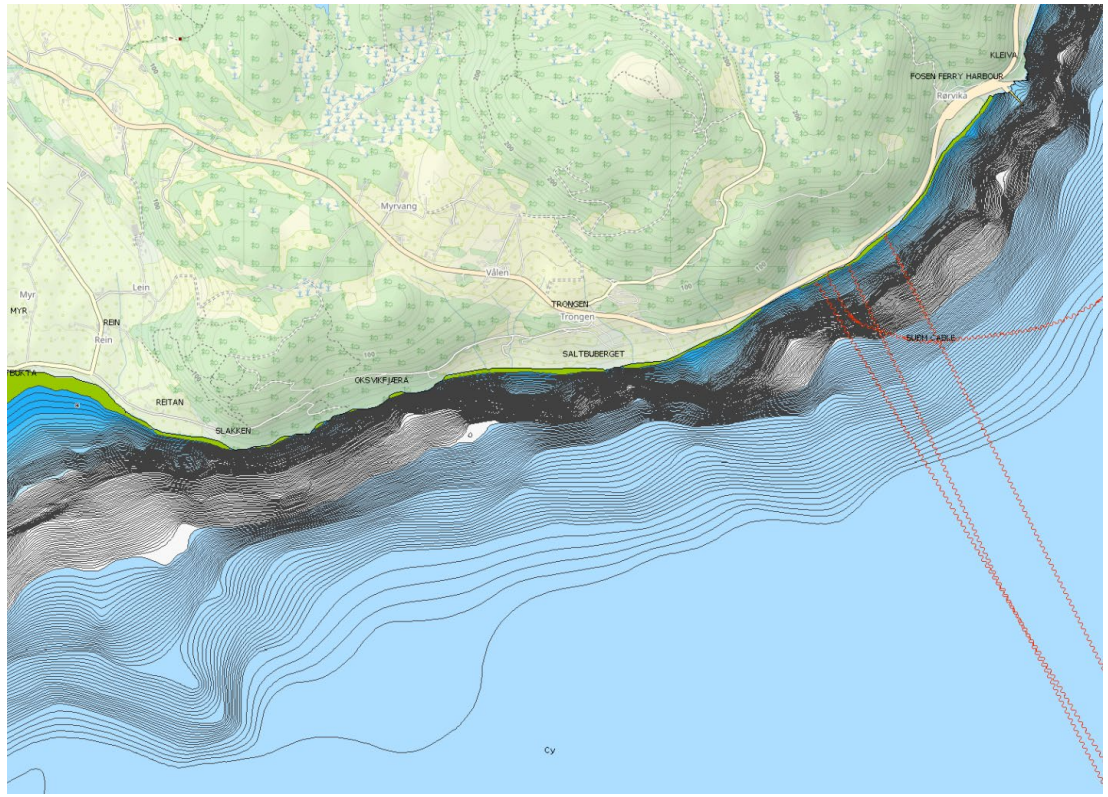
1-1



2-2





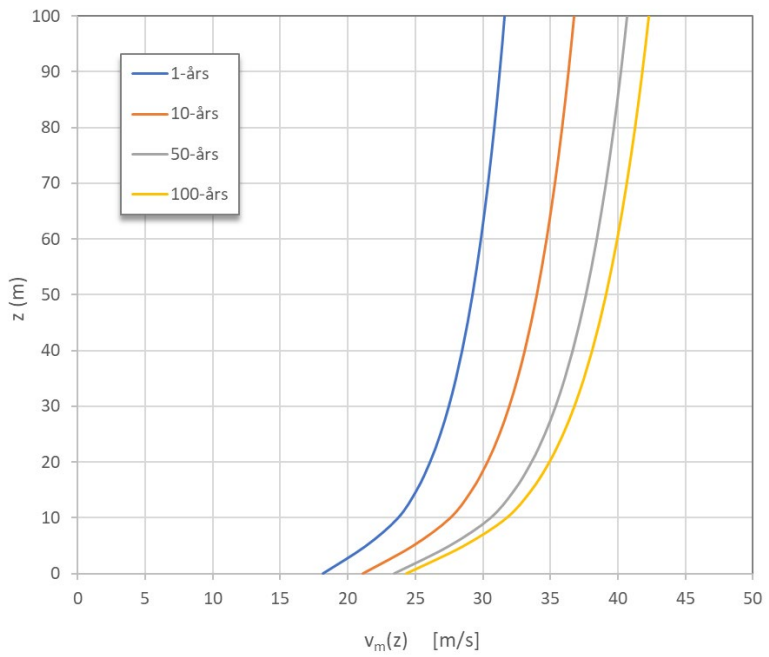


MILJØLASTER

Vind

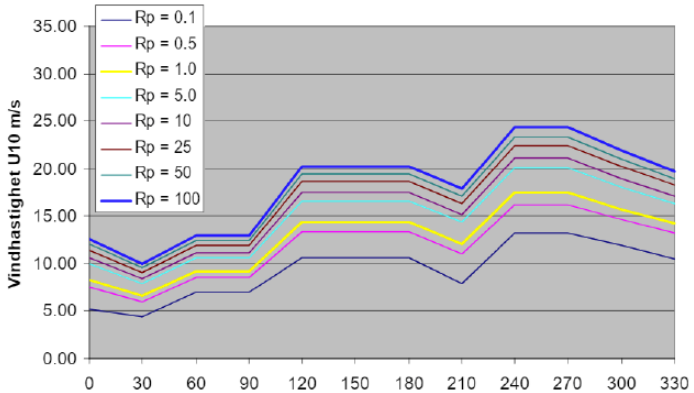
Ekstremvind U_{10} [m/s] basert på NS-EN 1991

Returperiode	1 år	10 år	50 år	100 år
V_m (10 m)	23.7	27.6	30.5	31.7

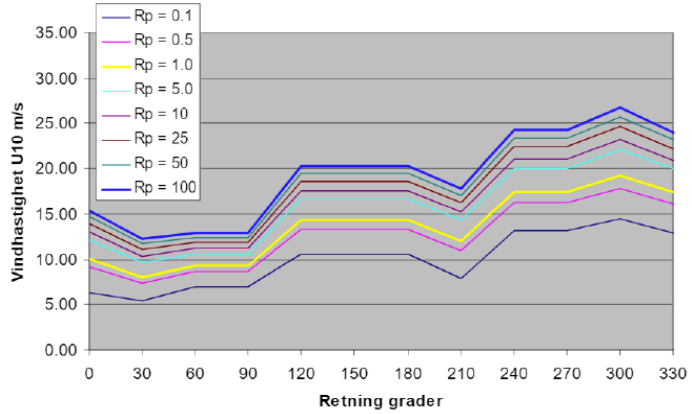


Ekstremvind U_{10} [m/s] basert på måledata (Værnes målestasjon 1995-2004)[1]

Rørvik



Flakk



[1] SINTEF: *Ferjesamband Flakk – Rørvik – Trondheimsfjorden – Vind, strøm og bølgeforhold.* 07.07.2009

MILJØLASTER

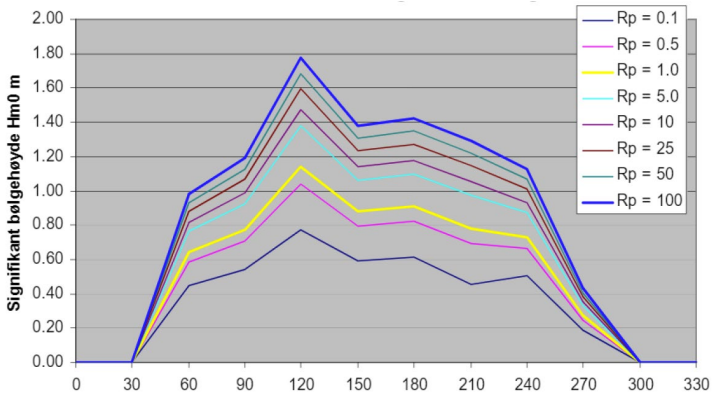
Vindsjø

Beregnet bølgetilstand for aktuelle strøk (50 års returperiode)

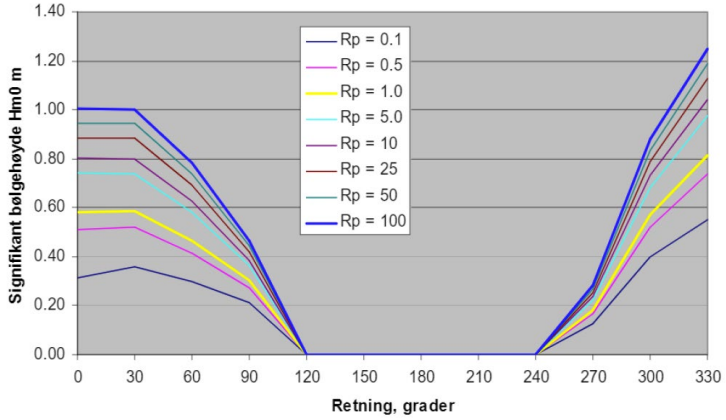
i	Strøklengde	$V_{b,0}$	V_m	H_s	T_p
	m	m/s	m/s	m	s
①	51 000	26	30.5	5.5	8.4
②	18 000	26	30.5	3.3	5.9

Ekstremverdier av bølgehøyder H_s [m] basert på måledata[1]

Rørvik



Flakk

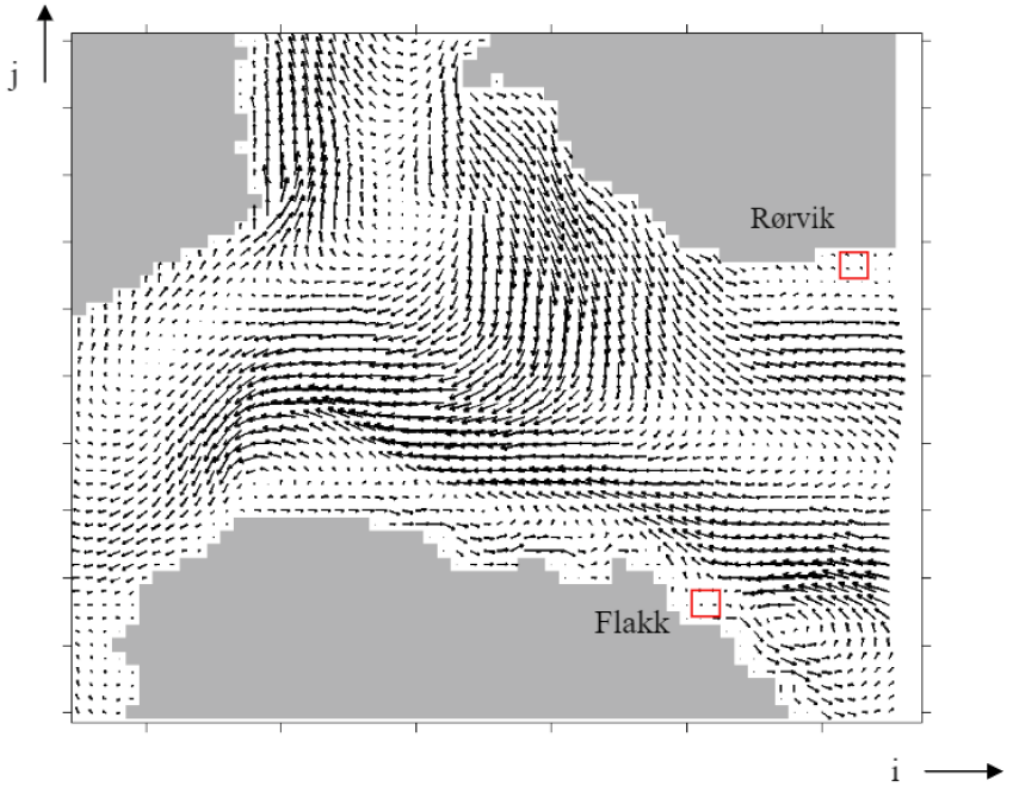


[1] SINTEF: *Ferjesamband Flakk – Rørvik – Trondheimsfjorden – Vind, strøm og bølgeforhold.* 07.07.2009

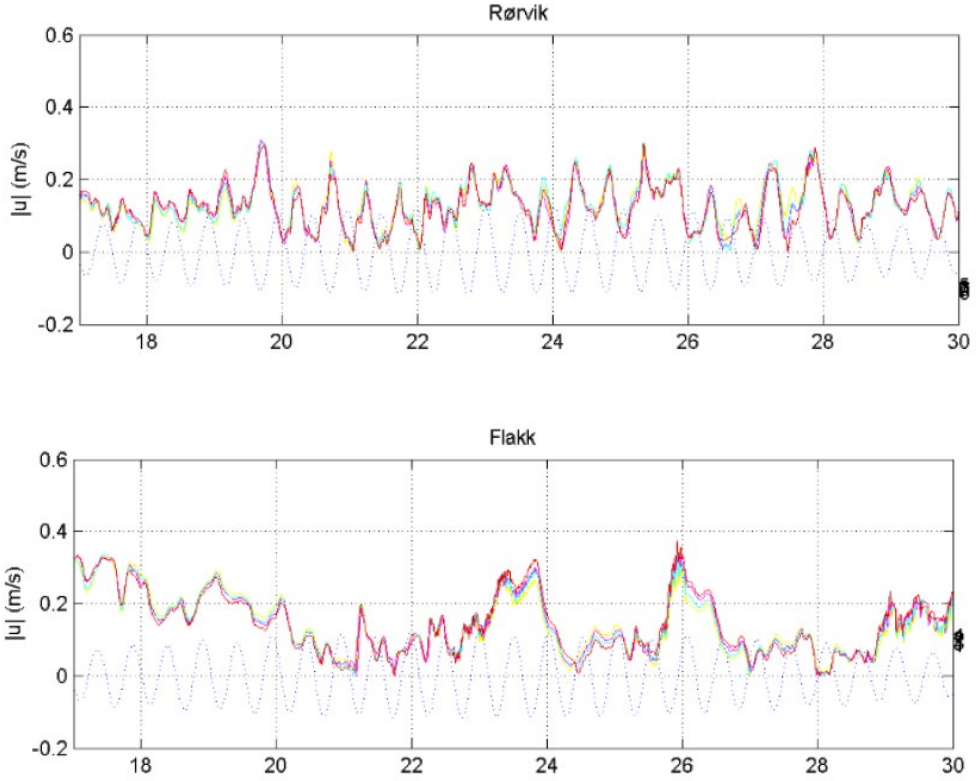
MILJØLASTER

Strøm

Strøm nær overflaten simulert med SINMOD[1]

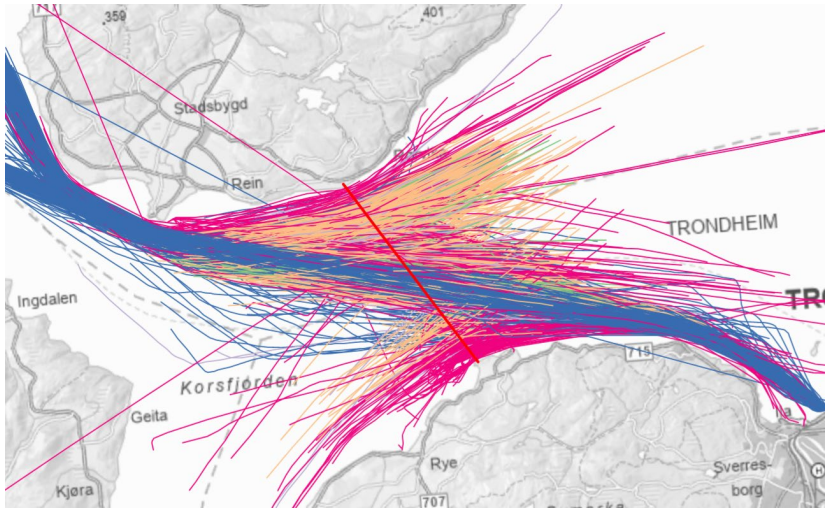


Tidsserier av strømhastighet[1]



[1] SINTEF: *Ferjesamband Flakk – Rørvik – Trondheimsfjorden – Vind, strøm og bølgeforhold.* 07.07.2009

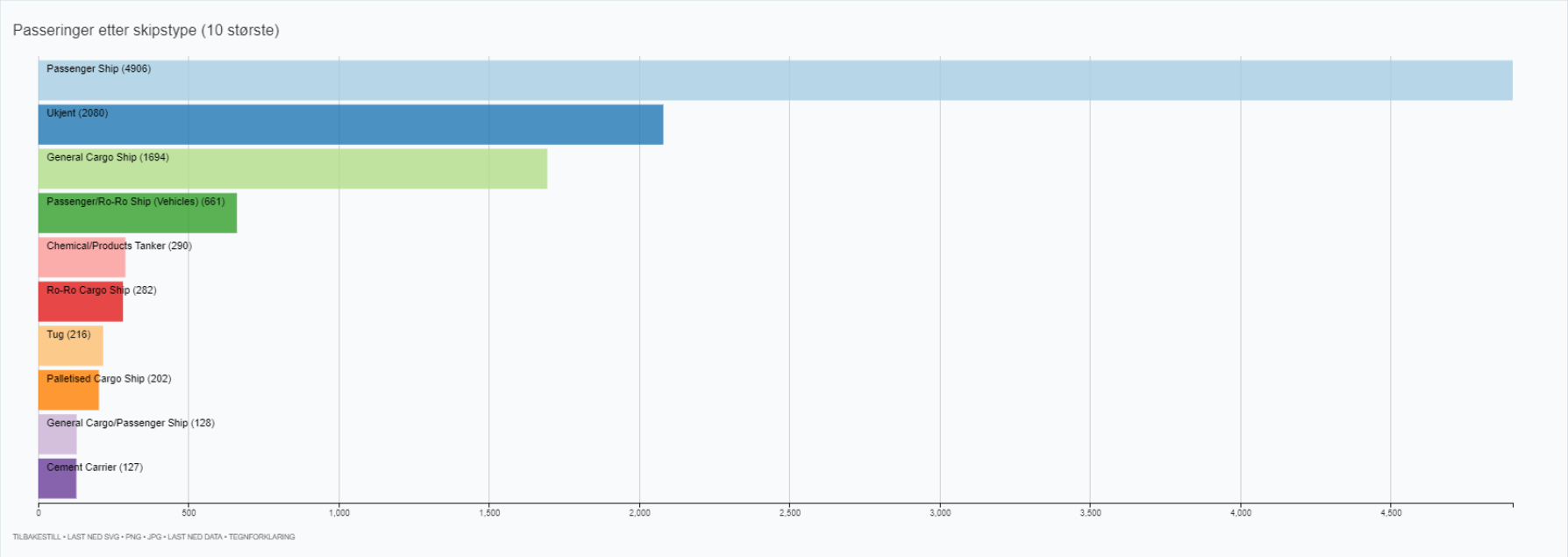
SKIPSTRAFIKK



Skipsstatistikk

Passeringer jan. 2021 – jan. 2022

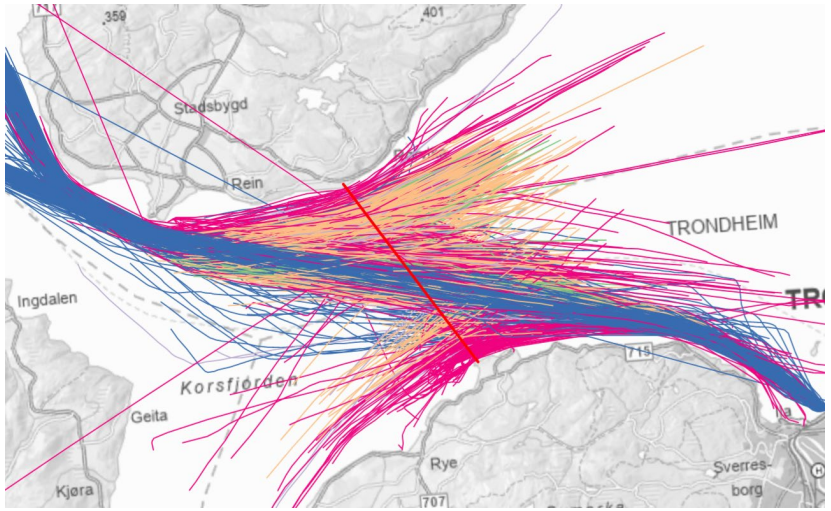
Antall passeringer: 11 339



DR. TECHN. OLAV OLSEN ARTELIA GROUP

FOSENBRUA

SKIPSTRAFIKK

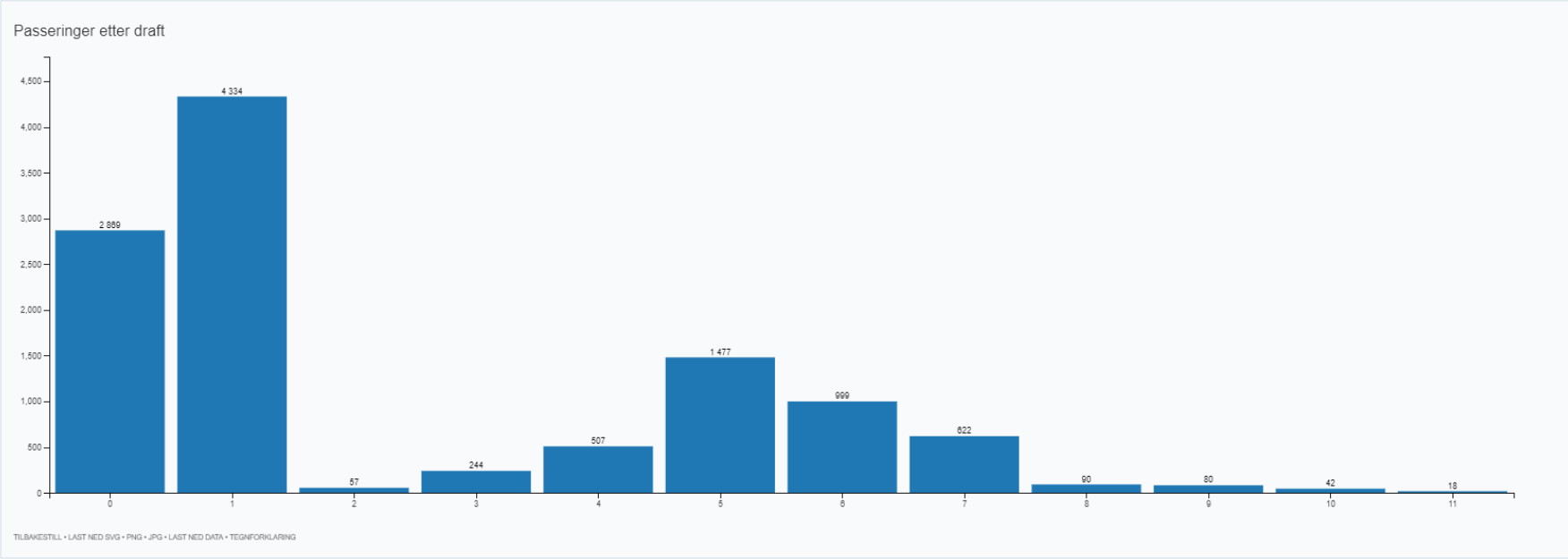


Skipsstatistikk

Passeringer jan. 2021 – jan. 2022

Største høyde : 55.7 m (4 fartøy > 50 m)

Største dypgang : 10.8 m



DR. TECHN. OLAV OLSEN ARTELIA GROUP

FOSENBRUA

GENERELLE FORUTSETNINGER

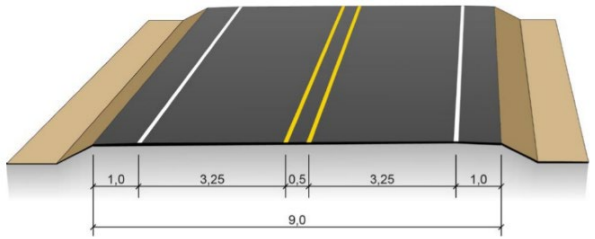
- Trafikkbelastning (ÅDT)

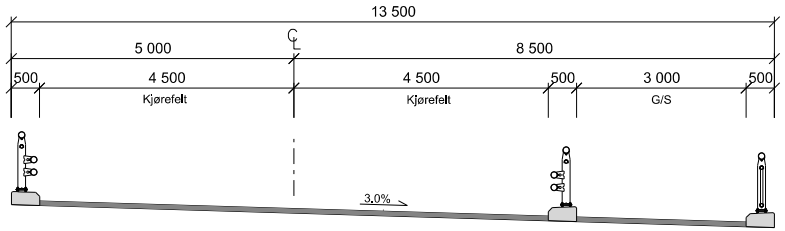
Fergesamband	:	2 090	(tungtrafikkandel 13 %)
Brusambandet	:	5’000 – 7’000	(avh. av utbyggingsomfang)

> Vegstandard

Dimensjoneringsklasse *H1 – Nasjonal hovedveg, ÅDT < 6000 med skiltet fartsgrense 80 km/t*

G/S-veg (adskilt min. bredde 3.0 m) inkluderes om ikke kostnadsdrivende





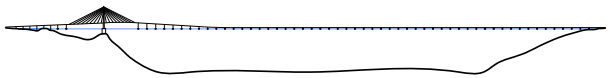
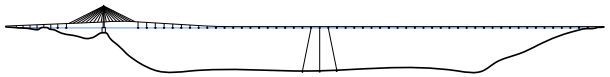
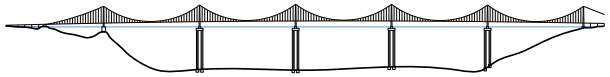
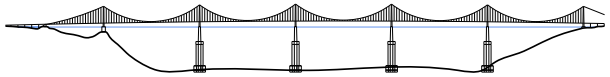
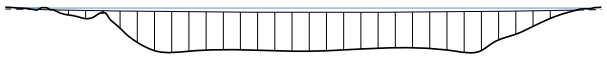
- Seilingsled

Seilingsåpning B × H	:	370 × 65 m	; Hovedled

IDÉMYLDRING DEL I

Krysningsvarianter

VURDERTE BRULØSNINGER

#	Alternativ	Prinsipp	Vurdering	Seilings-høyde	Seilings-dybde
1	Endeforankret flytebru		Rasjonell bruløsning uavhengig av sjøbunn, men krysningslengden for stor til at løsningen kan gjøres kostnads-effektiv. Løsningen vil kreve betydelig brutverrsnitt for å ta opp horisontale lastvirkninger.	15 – 65 m	500
2	Sideforankret flytebru		Rasjonell bruløsning, batymetri og grunnforhold godt egnet for sideforankring vha. sugeanker.	15 – 65 m	500
3	Flerspens hengebru med flytende tårn (TLP)		Tillater stor seilingshøyde over hele traséen. Unødvendig avansert og dyr teknologi i forhold til bruas funksjonskrav.	45 – 65 m	500
4	Flerspens hengebru med dypvannsfundamenter (GBS)		Tillater stor seilingshøyde over hele traséen. For stort vanndyp til at løsningen er kostnadseffektiv.	45 – 65 m	500
5	Neddykket rørbru		Fri seilingshøyde, men begrensninger for dypvannsslep. Unødvendig avansert og dyr teknologi i forhold til bruas funksjonskrav	∞	30 m

IDÉMYLDRING DEL II

Seilingsled/-sluse

Utfordring:

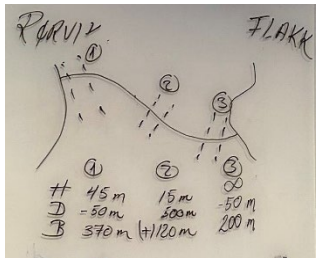
> Ønsket er å ha en skipspassasje uten begrensning i seilings høyde og med en fri dypgang ≥ 60 m

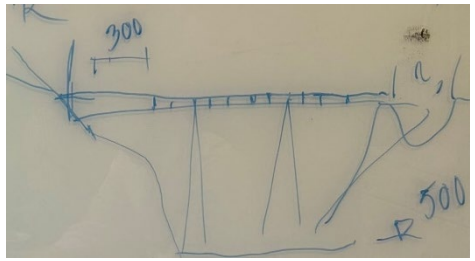
Seilingshøyde $H_s = \infty$
Dypgang $D_s > 60$ m

Ikke funnet realiserbart i én og samme løsning

Kombinert oppfyllelse med 3 passasjer mulig

Sluse midtfjords med D_s < ~20 m + seilled v/Flakk $H_s \leq 65$ m





EKSEMPLER – SKIPSSLUSE

Nordfjordbrua

- Lav endefrankret flytebru
- Utsprengt skipskanal med klaffebru fundamentert på berg
- Fri seilingshøyde, begrenset seildybde

Rovdefjordbrua

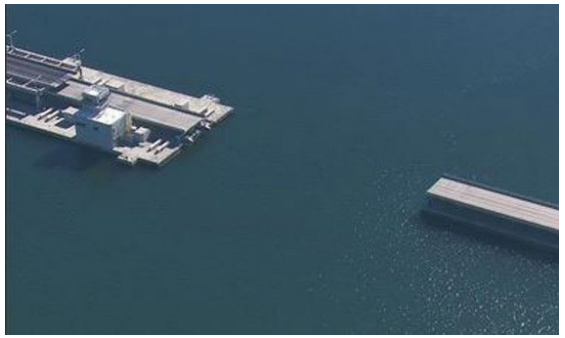
- Lav endefrankret flytebru
- Spriralformet kulvert på holme
- Dykket rørbru under 230 m seilingsløp
- Fri seilingshøyde, begrenset seildybde

EKSEMPLER – SKIPSSLUSE

Hood Canal Bridge

(Washington State, USA)

- 'Drawbridge'
- Flytebru (2'400 m) m/bevegelig bruspenn på 183 m

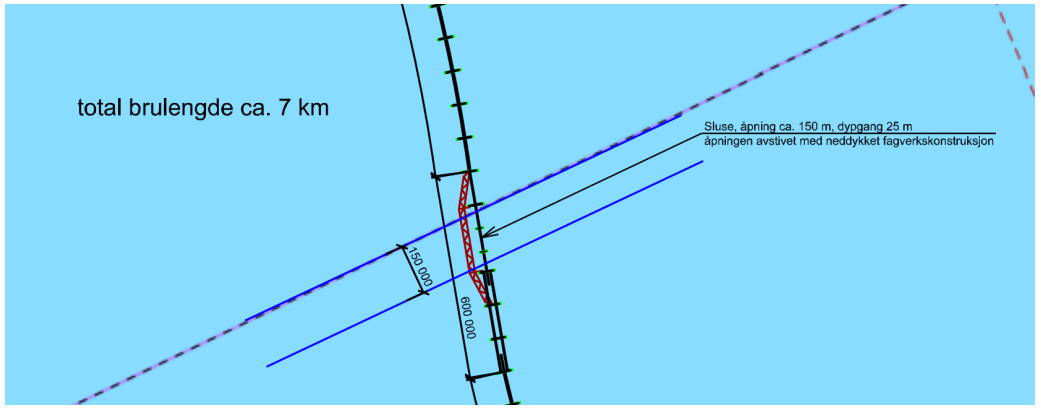


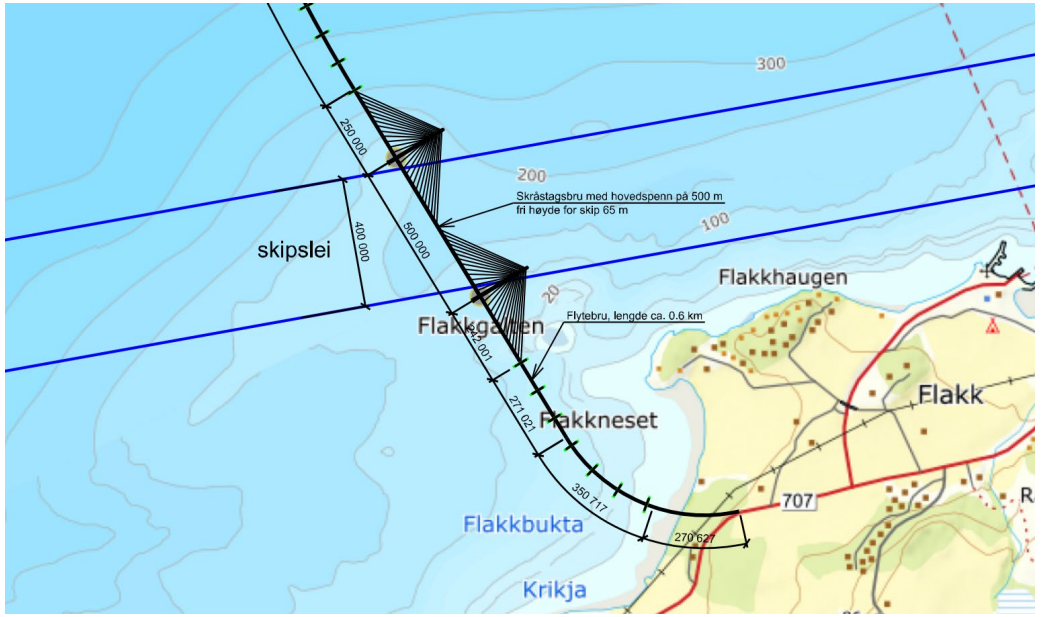
Admiral Clarey Bridge

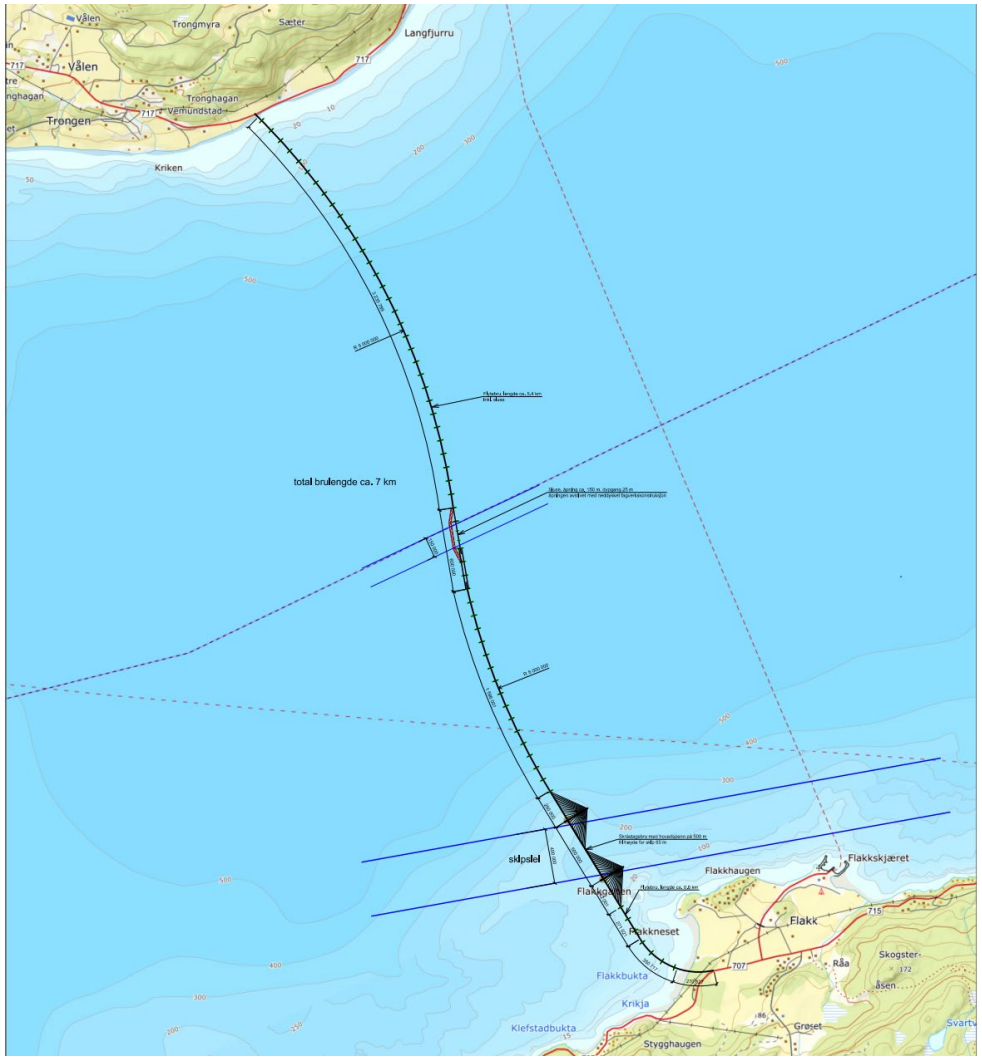
(Pearl harbor, Oahu, USA)

- 'Drawbridge'
- Flytebru (1'424 m) m/bevegelig bruspenn på 280 m
- Permanent seilled på 30 × 9 m for mindre båter

MULIG BRULØSNING



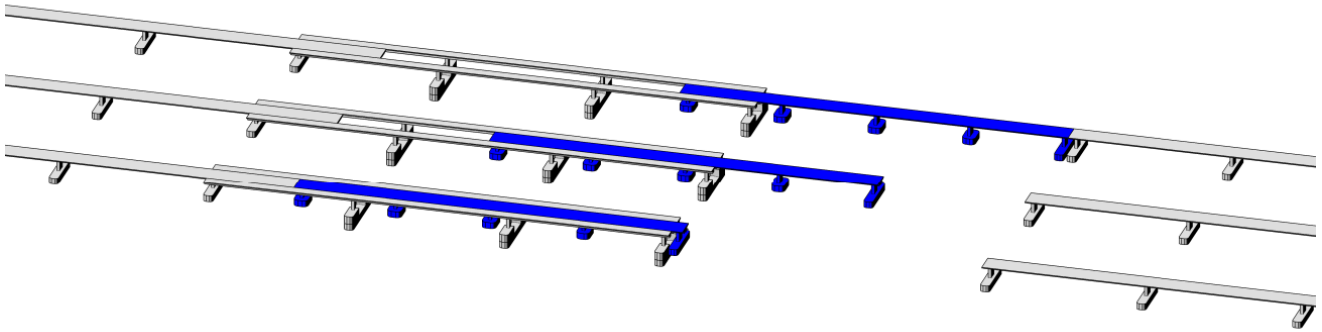


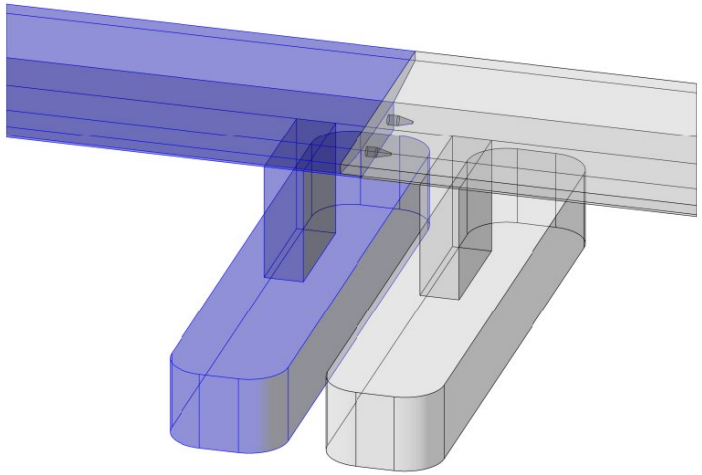


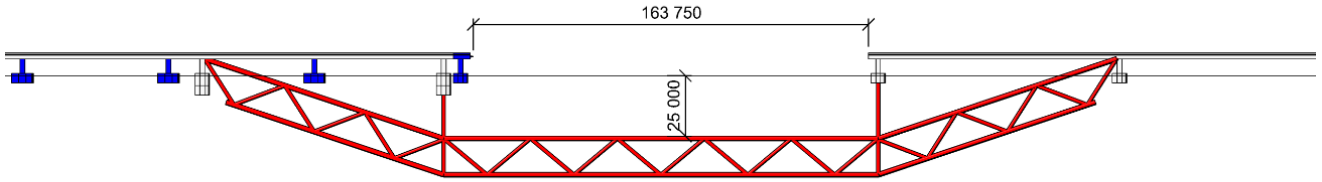
DR. TECHN. OLAV OLSEN ARTELIA GROUP

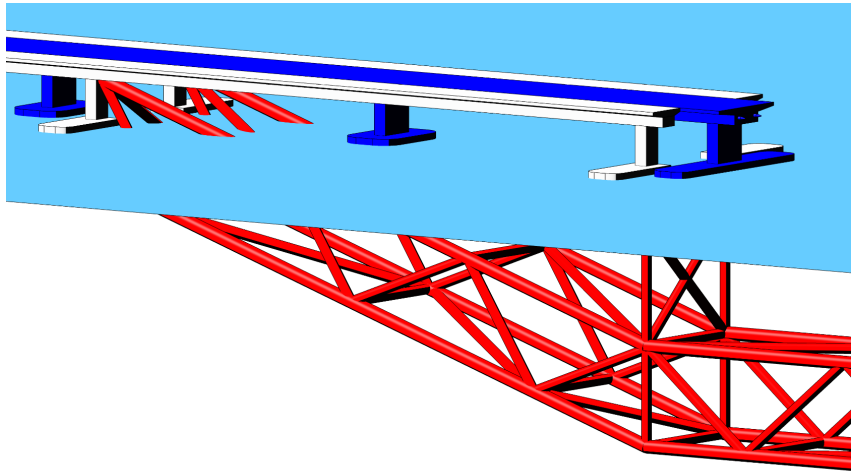
FOSENBRUA

SLUSELØSNING





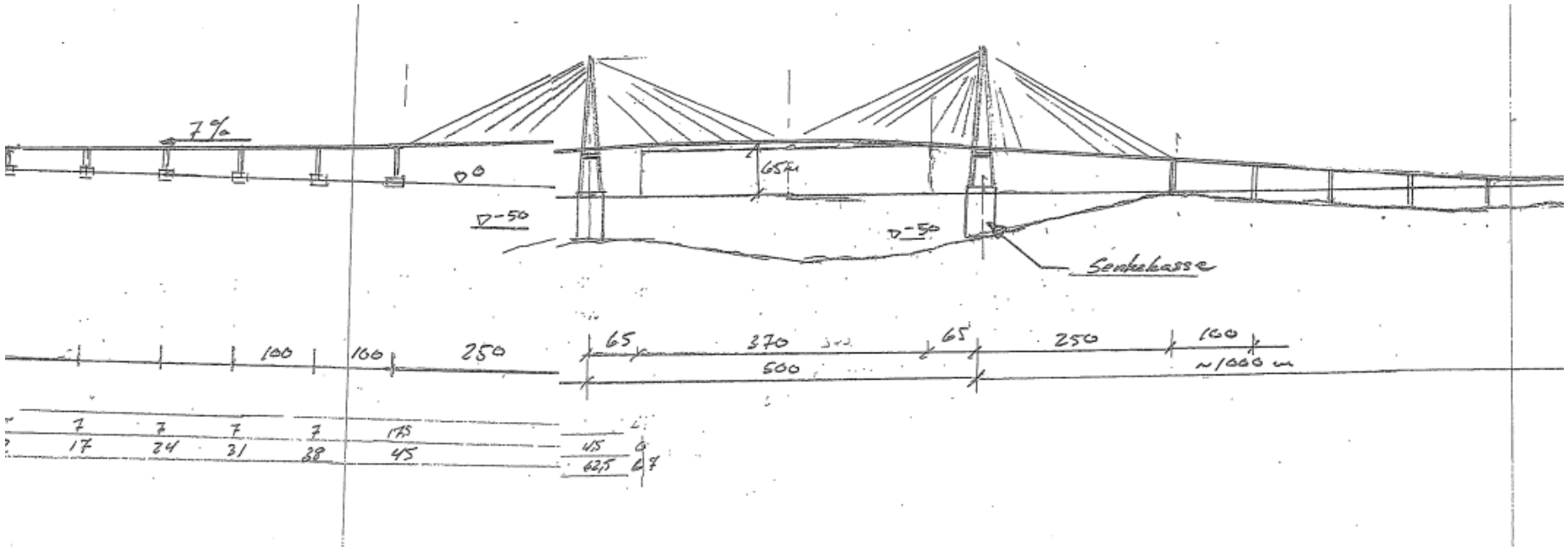




DR. TECHN. OLAV OLSEN ARTELIA GROUP

FOSENBRUA

HØYBRULØSNING



KOSTNADSANSLAG

Estimat av entreprisekostnad (prisnivå 2023)

Elementer	Pr. start	Pr. slutt	Lengde/stk	Enhetspris	Kostnad
Generelle kosnader			1	25 %	1 693 000 000.-
Veg Flakk	0	2 000	2 000	50 000.-	100 000 000.-
Landkar Flakk	2 000	2 030	30	400 000.-	12 000 000.-
Viadukt	2 030	2 650	620	450 000.-	279 000 000.-
Skråstagsbru	2 650	3 640	990	810 000.-	801 900 000.-
Flytebru	2 650	4 250	1 600	860 000.-	1 376 000 000.-
Flytebrusluse	3 640	4 240	600	1 900 000.-	1 140 000 000.-
Flytebru	4 240	7 480	3 240	860 000.-	2 786 400 000.-
Anker			12	13 000 000.-	156 000 000.-
Liner			12	4 000 000.-	48 000 000.-
Marine operasjoner			1	580 000 000.-	580 000 000.-
Landkar Rørvik	7 480	7 510	30	400 000.-	12 000 000.-
Veg Rørvik	7 510	8 510	1 000	50 000.-	50 000 000.-
Bomstasjon Rørvik			1	10 000 000.-	10 000 000.-
Uspesifisert				17 %	1 538 000 000.-
				Entreprisekost ekskl. MVA :	**10 582 300 000.-**