

Gang- og sykkelbru ved Ravnkloa. Stormflo og båt- trafikkanalyse

Sammendrag/konklusjon

Ravnkloa AS planlegger å fornye fiskehallen ved Munkegata 64A. I den forbindelse er det også planlagt en ny gang- og sykkelbru over kanalen fra Ravnkloa til Vestre Kanalkai.

1. Brua må sikres slik at den tåler salt sjøvann og neddykking opp til et vann-nivå på 3.03 m NN2000. For denne stormflohøyden antas det at brua vil være midlertidig ikke-operativ.
2. Stormflohøyder fra 2.60 m NN2000 vil føre til at brua stenges for alminnelig ferdsel for publikum. En slik situasjon kan inntreffe med 10 års returperiode ca. i 2100 (Tabell 2 og Tabell 3)
3. Skansenbrua har i dag en (offisiell) friseilingshøyde på 1.3 m (ved HAT). Tilsvarende friseilingshøyde ved den nye brua blir 1.38 m (ved HAT). Båter som tidligere kunne gå under Skansenbrua ved aktuelt vann-nivå kan også gå under den nye brua.
4. I lukket tilstand vil de aller fleste båter øst for brua kunne gå under brua ved et vann-nivå opp til ca. 1/3 av middel høyvann. Båter som er høyere må be om bruåpning (ref. også punkt 9 nedenfor).
5. Rutegående fartøyer (Munkholmbåten, autonome ferger) kommer ikke i konflikt med den nye brua.
6. Konflikter *kan* oppstå dersom en av de større veteran-båtene ved Fosen-kaia mister kontroll eller manøvreringsevne under avgang og snuing ved kai. Verste tilfelle er her at båten driver ned mot brua, enten sideveis eller i sin egen fartsretning. Drivfarten for alminnelig strøm kan være opp til 1 – 2 knop. Dette er likevel ikke forskjellig fra den ulykkeslasten som brua uansett må dimensjoneres for, nemlig skipspåkjørsel av skip i fart.
7. Det legges til rette for dykdalber på hver side av brufundamentene i sjø, totalt 4 stk. Det kan vurderes om et avbøtende tiltak for skipstrafikk kan være å øke antall dykdalber på østsiden fra 2 til 4. Dette vil være frittstående pelegrupper som beskytter brufundamentene fra direkte påkjørsel av båter og som kan hjelpe til å styre båter inn i seil-løpet. Dykdalber er tradisjonelt laget av trepeler og er noe fleksible og ettergivende. Andre typer med tilsvarende egenskaper kan vurderes.
8. For et passivt drivende skip ansees det som positivt at skipet stoppes kontrollert av brukonstruksjonen eller dykdalber *før* det driver videre lenger vest i kanalen der farvannet er trangere.
9. Åpningstiden for den nye brua må samordnes med begge bruene ved Skansen slik at fartøyene unngår å bli liggende mellom bruene og vente på åpning. I tillegg må den nye brua ved Ravnkloa kunne åpnes uavhengig av de to andre bruene for å tillate intern-trafikk i kanalen.

Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
01	20-10-2025	Til kommentar fra Oppdragsgiver	Arun Kamath	Arne Erling Lothe	Arun Kamath
02	02-02-2026	Til bruk	Arun Kamath	Arne Erling Lothe	Arun Kamath
03	23-06-2026	Til bruk	AK	AEL	AK

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

► Innhold

1	Innledning	3
2	Lovverk for sikkerhet	5
2.1	Tilpasninger for bru	5
3	Stormflo og bølger	7
3.1	Scenarier fram mot 2100	7
4	Båttrafikk i brutraséen	9
5	Strømforhold	18
5.1	Generelt og datakilder	18
5.2	Oppsummering, strøm	21
6	Referanser	22

1 Innledning

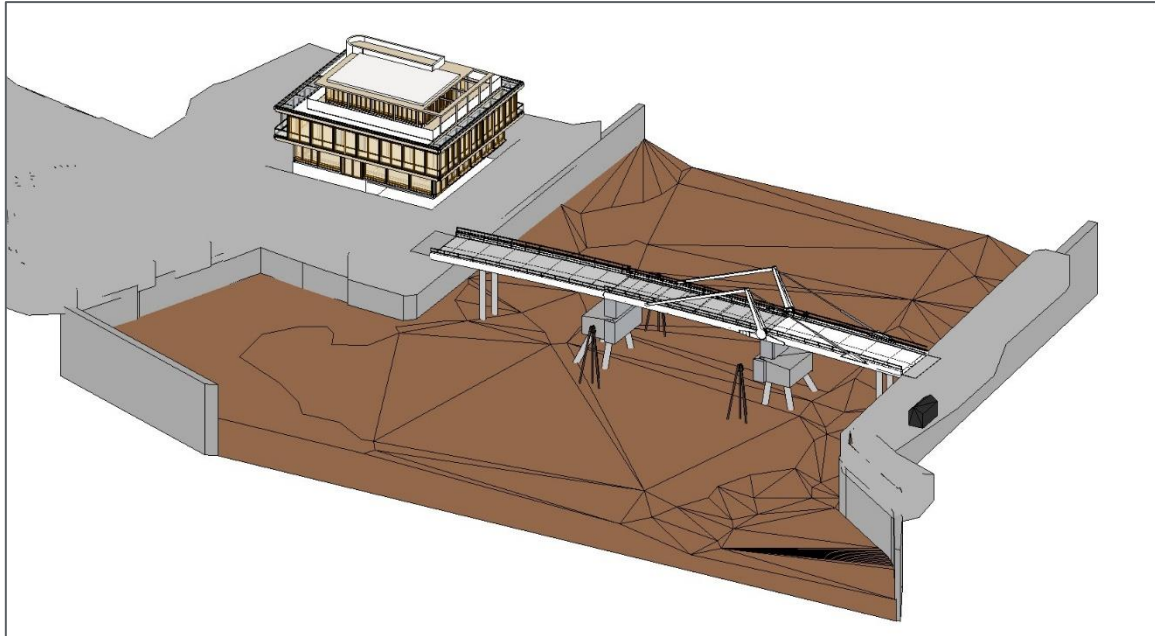
Ravnkloa AS planlegger å fornye fiskehallen i Munkegata 70. I den forbindelse er det også planlagt en ny gang- og sykkelbru over kanalen fra Ravnkloa til Vestre Kanalkai.

Figur 1 viser planområdet med flyfoto som viser dagens situasjon. Planlagt utforming av den nye fiskehallen og gang- og sykkelbrua er vist i. Gang- og sykkelbrua er planlagt med søndre landkar på Frostakaia i nord-østre hjørne av fiskehallen. Landkar på nordsiden er planlagt ved kai 19 vest for Ravnkløløpet som vist i bildet til høyre i Figur 1

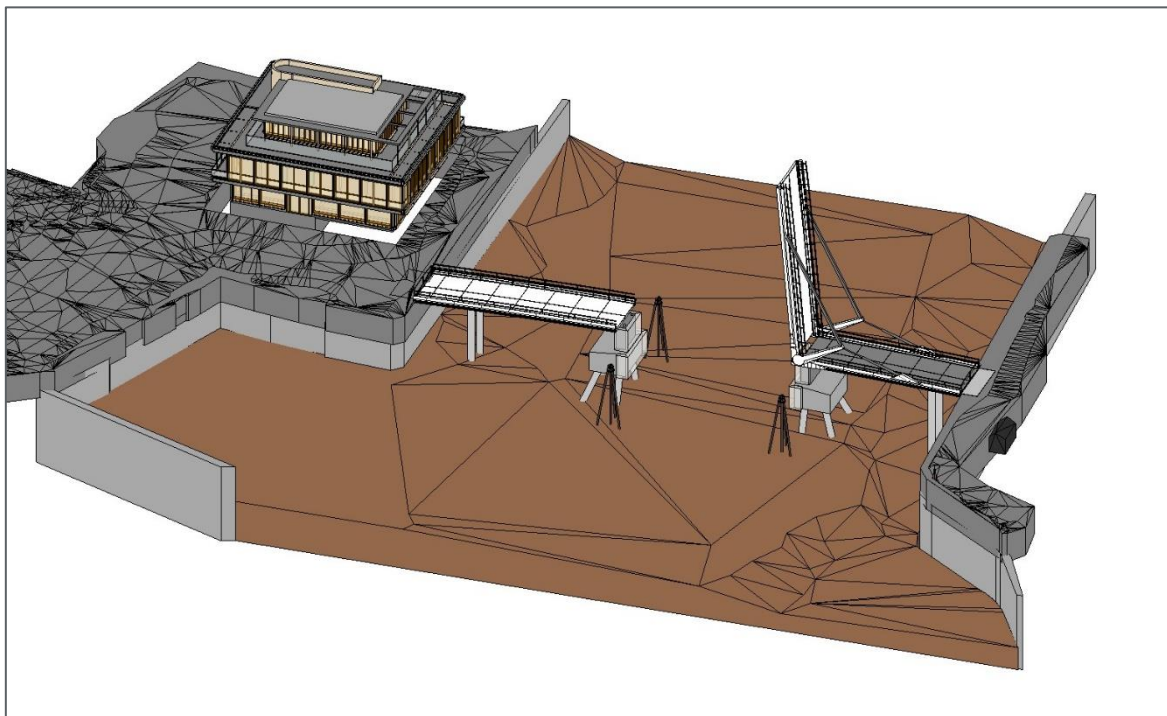
Dette notatet handler om stormflo-effekter på brua og bruas virkning på båt-trafikk i kanalen. Stormflo-effekter på bygget er behandlet i et separat notat.



Figur 1 Oversikt over planområdet, flyfoto viser dagens fiskehall med rød polygon. Omtrentlig plassering av ny bru er vist med rød linje



Figur 2 3-D plan av planlagt bru i lukket stilling sett mot SV. Ny fiskehall er vist i bakgrunnen



Figur 3 3-D plan av planlagt bru i åpen stilling. Dykdalber (pelegruppe), i svart) foran hvert brufundament beskytter fundamentene mot skipsstøt og beskytter båter mot skader ved sammenstøt.

2 Lovverk for sikkerhet

Byggeteknisk forskrift (TEK17) [1] fastsetter tekniske krav til byggverk, og brukes for vurdering av tiltak som må iverksettes ved konstruksjon av nye bygg. TEK17 §7 omhandler naturpåkjenninger på bygninger, hvor TEK17 §7-2 er den styrende referansen for stormfluvurdering. Det er tre ulike sikkerhetsklasser definert for stormflo som vist i Tabell 1.

Tabell 1 Sikkerhetsklasser for flom

Sikkerhetsklasse	Konsekvens	Største nominelle årlig sannsynlighet
F1	Liten	1/20
F2	Middels	1/200
F3	Stor	1/1000

Sikkerhetsklassene i Tabell 1 forteller noe om konsekvensen ved en oversvømmelse, hvor personskade og økonomiske skadekostnader er en del av denne konsekvensvurderingen. Den samfunnsmessige funksjonen til bygget er også vurdert.

Sikkerhetsklasse F1 omfatter konstruksjoner som garasjer og lagerbygninger hvor det er lite personopphold. Her er økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser ved skade liten. Fare for personskade eller tap av liv skal være fraværende eller minimal, eller skal kunne unngås.

Sikkerhetsklasse F2 inkluderer de fleste konstruksjoner, som boliger, kontorbygg, skoler og industribygg. Her der det økt personopphold i forhold til F1, og økonomiske konsekvenser ved skader er betydelige. Samfunnskritiske funksjoner er ikke i fare for konstruksjoner i denne klassen.

Sikkerhetsklasse F3 tar utgangspunkt i konstruksjoner som sykehjem, sykehus, brannstasjoner og politistasjoner. Denne klassen av byggverk har en sentral samfunnsrolle i en beredskapssituasjon, og det er viktig at disse ikke blir satt ut av spill på grunn av naturpåkjenninger fra flom.

Sikkerhetsklasse F2 innebærer at flomfare skal beregnes med returperiode 200 år for en flomsituasjon med estimert netto havnivå-stigning i 2100. Netto hav-nivåstigninger er hevingen av middelvannstand i havet (Trondheimsfjorden) der også landheving er inkludert.

Mulig flombidrag fra bølger skal inkluderes i flomberegningen, og der hvor det er sannsynlig at ekstreme bølger og ekstremt høyvann kan inntreffe samtidig, skal det benyttes 200-års verdi av begge fenomener.

2.1 Tilpasninger for bru

Veiledningsteksten til TEK17 inneholder retningslinjer for hvordan byggverk kan tilpasses de lokale flombetingelsene. I veiledning til annet ledd står det (kursiv-tekst og understrekninger er markert av oss):

«Sikkerhetskravene i annet ledd kan oppnås enten ved å plassere byggverket utenfor området der sannsynligheten for flom er mindre enn minstekravet i forskriften, eller ved å sikre det mot oversvømmelse, eller ved å dimensjonere og konstruere bygget slik at det tåler belastningene og skader unngås. Der det er praktisk mulig bør en velge det første alternativet, det vil si å plassere byggverket utenfor området som oversvømmes ved flom med det aktuelle gjentaksintervallet.

Forutsetningen for å plassere byggverket i område der sannsynligheten for flom er større enn minstekravet i forskriften, er at det gjennomføres risikoreduserende tiltak slik at sikkerhetskravene oppfylles. Dette kan gjøres ved å sikre byggverket mot oversvømmelse ved sikringstiltak i området, eller ved å dimensjonere og

konstruere byggverket slik at det tåler belastningene og skader unngås. De risikoreduserende tiltakene må redusere sannsynligheten for, eller konsekvensen av, flom mot bebyggelsen til det nivået som er angitt i forskriften.

Eksempler på sikringstiltak vil være å heve byggegrunnen til flomsikkert nivå, bygge uten kjeller, eller bygge flomvoller eller andre konstruksjoner som holder vannet unna bebyggelsen.

Der det ikke er praktisk mulig å plassere eller sikre byggverk mot flom, kan en utforme og dimensjonere byggverket slik at det tåler oversvømmelse, og dermed ikke fører til fare for mennesker eller større materielle skader. Ved gjennomføring av sikringstiltak må en være oppmerksom på restrisikoen.

Byggverk som i kraft av sin funksjon plasseres i flomutsatte områder, slik som kaier, bruer, pumpehus og lignende, konstrueres og oppføres slik at de er i stand til å tåle belastningene under flom»

For tilfellet gang- og sykkelbru i Ravnkloa antas at siste avsnitt i sitatet fra TEK17 over må være gjeldende.

I tillegg har Statens Vegvesen retningslinjer for utforming av bruer som er del av alminnelige veier (for biltrafikk). Retningslinjene finnes i Statens Vegvesens håndbok N400 [2]. I forbindelse med vertikal klaring over sjøområder sier N400 § 4.2.7:

Vertikal klaring skal velges slik at overbygningen unngår direkte kontakt med sjøen med god klaring. I områder med moderat bølgehøyde (ca..0,5 m) skal minste klaring være den største av høyeste astronomiske tidevann (HAT) +2,5 m og middelvann (MV) +3,5 m. I områder med større bølgehøyder skal vertikal klaring vurderes spesielt. Videre i § 4.2.7.2 for klaring over farled og farbart sjøområde står det: det skal legges inn tilstrekkelige marginer i bruas vertikalkurvatur som sikrer at kravet til vertikal klaring er oppfylt gjennom hele bruas dimensjonerende brukstid.

Den planlagte brua er ikke underlagt Statens Vegvesens regelverk, og kravene i håndbok N400 ansees som veiledende.

I dette tilfelle er det planlagt en klaffebru slik at den kan åpnes for gjennomgående skipstrafikk.

3 Stormflo og bølger

Stormflo og bølger er tidligere utredet i Kapittel 3 i notat om fiskehallen-bygget.

Det er funnet at dimensjonerende flomnivå (inkludert havnivåstigning) for tiltaksområdet som tilfredsstiller kravet til Flomklasse F2 er +3,03 m NN2000. Flomklasse F2 er ikke et formelt krav til denne konstruksjonen, jfr. diskusjonen i avsnitt 2.1, men klassen brukes som et utgangspunkt for videre analyse og utredning.

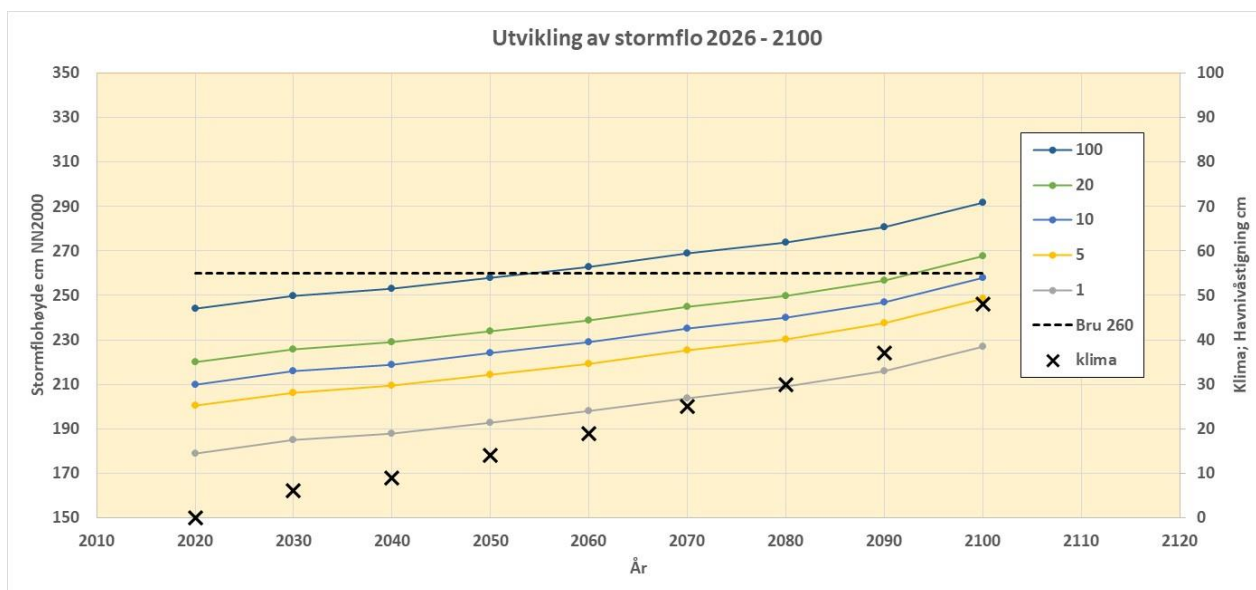
Bølger er diskutert i samme notat, der det er konkludert at bølger som kan oppstå er så små at de ikke utgjør en flomfare for bygget. For ei bru må en likevel anta at bølger kan ha en viss effekt på brua ved at undersida av brua kan bli utsatt for fuktighet og vannsprut.

3.1 Scenarier fram mot 2100

På basis av kjent statistikk og forventet økning av middelvannstand i havet (Trondheimsfjorden), er det mulig å estimere antall årlige hendelser, spesifikt overskridelse av gitte nivåer. Datagrunnlaget er gitt eller referert til i Kapittel 3 i notat om fiskehallen-bygget.

Figur 4 viser hvordan ekstremverdier av stormflo vil øke i takt med estimert heving av middelvannstand fram til 2100. I grafen er returperiodene markert 1 – 100 år. Returperiode 1 år forstås som én gang pr år, returperiode 5 år som én gang pr 5. år, osv.

Tallgrunnlaget for Figur 4 er vist i Tabell 2. Her er hendelser som overstiger *terrenget* (dvs adkomsten) på 260 cm NN2000 markert med gult. Eksempelvis ser vi at terrenget eller kaikanten på 260 cm NN2000 (258 cm i tabellen) blir oversvømt en gang pr 10. år i 2100. Tabell 3 gir en oversikt over hvor ofte man kan forvente en overskridelse av nivået for gangbanen på brua i søndre ende (260 cm NN2000). Man forventer at brua må stenges hvis vannstanden overstiger 260 cm NN2000. Merk at frekvensen er gitt som f.eks. en gang pr 20 år. Det kan også uttrykkes som 0.05 hendelser pr år som vil oppfattes som lite intuitivt.



Figur 4 Utvikling av ekstremverdier for stormflo i Trondheim. Nivå for adkomst til bru ved Frostakaia (sør) på 260 cm NN2000 er markert

Tabell 2 Utvikling av ekstremverdier for stormflo i Trondheim (tallgrunnlaget for Figur 4). Hendelser over terreng på 260 cm NN2000 markert med gult.

ÅR	Klimatillegg cm	Returperiode år					
		1	5	10	20	100	200
2020	0	179	200	210	220	244	255
2030	6	185	206	216	226	250	261
2040	9	188	209	219	229	253	264
2050	14	193	214	224	234	258	269
2060	19	198	219	229	239	263	274
2070	25	204	225	235	245	269	280
2080	30	209	230	240	250	274	285
2090	37	216	237	247	257	281	292
2100	48	227	248	258	268	292	303

Tabell 3 Illustrasjon av forventet hyppighet av stenging av brua grunnet flom på gangbanen ved søndre brukar.

Årstall (ca.)	Overskridelse av nivå 260 cm NN2000 (søndre landfeste for bru)
2020 - 2030	mindre enn 1 x pr 200. år
2030	1 x pr 200. år
2060	1 x pr 100. år
2100	1 x pr 10. år

4 Båttrafikk i brutraséen

Båttrafikk i Kanalen er innledningsvis analysert basert på data fra AIS-registrerte fartøy tilgjengelig fra Kystdatahuset [3]. Skipsbevegelser som er registrert i databasen omfatter bare en liten del av total skips-/båt-trafikk fordi mindre båter og fritidsbåter under 15 m lengde ikke er pålagt å ha eller bruke AIS. Foreslått snitt av brua er vist i Figur 5.

Det er derfor innhentet data fra brukere av kanalhavna. Kystlaget og Trondheim Båtforening har levert detaljerte og omfattende lister over båter som de disponerer eller gir kaiplasser til i hele kanalområdet fra Skansenbrua i vest til Brattørbrua i øst. Dette omfatter totalt 308 fartøyer fra minste til største. Munkholmbåten MS Nidaros er ikke representert i de oppgitte data, men denne utgjør kun ett fartøy som likevel er tatt med i vurderingen. Data fra de to bidragsyterne er gitt i følgende dokumenter:

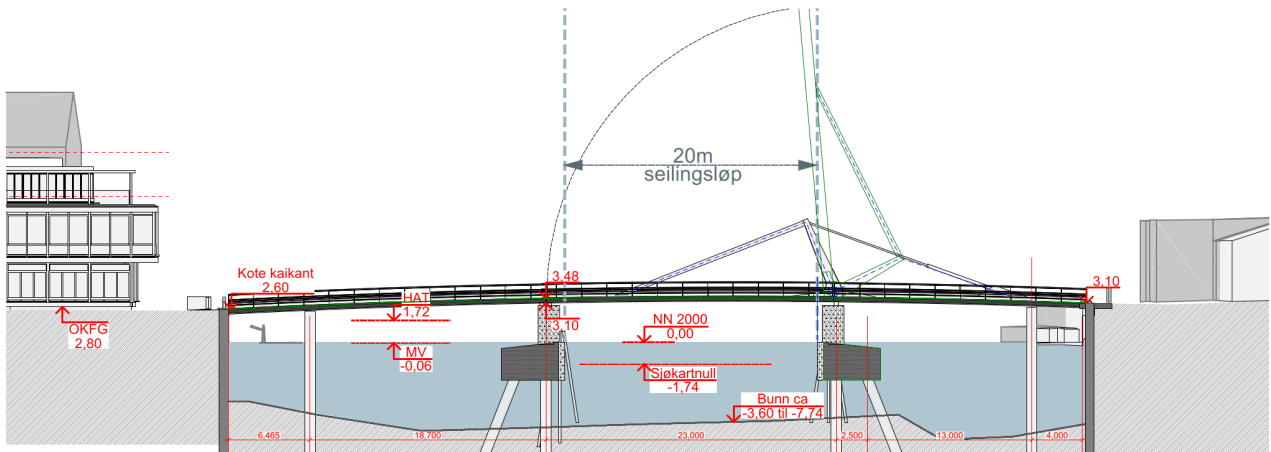
- 05-06-2026: Trondheim båtforening-Fritidsbåter i Kanalen
- 08-06-2026: Kystlaget-Fakta om fartøy i Kanalen.

Av de 281 båtene tilhørende Trondheim Båtforening er ca 116 over 2.2 m høye, og samtlige av Kystlagets 27 fartøyer er over 2.2 m. Høyde 2.2 m er her relevant fordi det er høydebegrensningen i Ravnkløpet (målt ved HAT Høyeste Astronomiske Tidevann). Av Båtforeningens 116 «høye» fartøyer er 25 klassifisert som «seilbåt», som vil ha så høy mast at de uansett vil måtte passere ut via Skansenløpet, og av disse igjen er det 10 som vil komme til å ligge «innenfor» den nye brua. Av de resterende 91 båtene vil noen fortsatt kunne komme ut via Ravnkløpet ved gunstig tidevann fordi middelvann er 1.78 m lavere enn HAT (Høyeste Astronomiske Tidevann).

Med en foreslått brunøyde i det nye seilingsløpet på 3.10 m ved NN2000 (tilsvarende tilnærmet middelvann), får vi seilingshøyder som vist i Tabell 4.

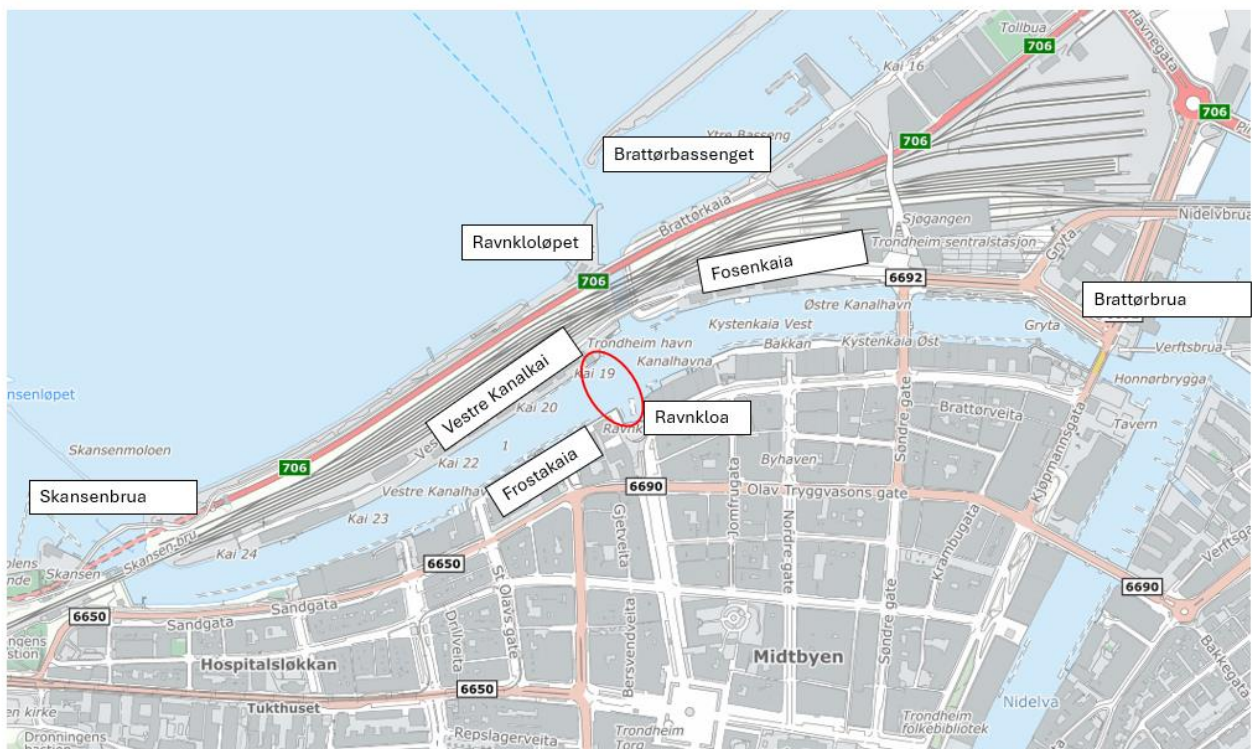
Tabell 4 Friseilingshøyder ved ulike vannstander. For offisielt bruk (sjøkart) skal friseilingshøyden merket ved HAT (sjøkartnull) benyttes

Tilstand/vann-nivå	Fri seilingshøyde m
Høyeste registrerte vann-nivå	0.50
Høyeste Astronomiske Tidevann HAT	1.38
NN2000 (≈ middelvann)	3.10
Laveste Astronomiske Tidevann LAT	4.84



LANGSNITT A
 HØYDEREFERANSE NN 2000
 M 1:250

Figur 5 Foreslått snitt av gang og sykkelbro (PIR2). Høydereferanse NN2000.



Figur 6 Ravnkloa-området med stedsbegreper brukt i teksten

Innslaget av båter i den aktuelle sonen kan grovt inndeles i tre grupper:

1. Mindre båter og fritidsbåter i størrelse mindre enn 15 m. Disse domineres av motorbåter i størrelse opp til 10 m, og antas å utgjøre den største delen av trafikken, men frekvens av bruk er ukjent. Det er rimelig å anta at trafikken er konsentrert om sommerhalvåret. Under gunstige forhold vil en stor andel av disse kunne passere under brua i lukket tilstand, ref. Tabell 4. Seilbåter med høy mast synes å være konsentrert vest for Ravnkloa og den planlagte brutraséen.
2. Større og mellomstore (veteran-) båter tilknyttet Kystlaget. Den største av disse er MF Holger Stjern med lengde 38.5 m. Dette er veteranbåter med sporadisk trafikk. De fleste er motoriserte med varierende grad av utrustning til manøvrering.
3. Rutegående trafikk: Det faste innslaget er MS Nidarholm som trafikkerer Ravnkloa – Munkholmen i sommerhalvåret. Båten er en tradisjonell en-veis-båt, og foretar snumanøver etter avgang fra Ravnkloa. Nidarholm har ikke baugthruster (sidepropell), men har gode manøvreringsegenskaper. Figur 8 viser at MS Nidarholm holder god klaring til brutraséen ved snumanøveren. Det er også noe trafikk av eksperimentelle autonome båter (NTNU) i skytteltrafikk over kanalen.

Periodevis kan det være trangt om plassen i bassenget mellom Ravnkloa og Ravnkløløpet, spesielt på fine sommerdager da det kan være en blanding av små og store båter, og blanding av båter som er på gjennomfart (eksempelvis MS Nidarholm) og båter som er mer eller mindre stasjonære for å nyte folkelivet. I slike perioder kan det også være et problem at mindre farkoster (eks kajaker) opererer blant større fartøyer som har liten evne til å vike. Det er også nevnt at det kan være et problem med båtførere som har liten erfaring med manøvrering i trange og trafikkerte farvann. Hvis det oppstår kødannelse i påvente av åpning av den nye brua, kan det øke problemene, men det problemet finnes allerede i dag.



Figur 7 Øyeblikksbilde av samling av båter ved Fosenkaia (Kystlaget) på nordsiden av kanalen juni 2025. Fartøyene her er i dominerende grad eldre veteran-båter. Den største av disse er veteran-ferga MF Holger Stjern med lengde 38.5 m



Figur 8 MS Nidarholm ved avgang fra Ravnkloa. Bildet viser båten i det den er ferdig med akterovermanøveren og er klar til å sette fart forover for å gå ut Ravnkloløpet i bakgrunnen. Dette fartøyet har ikke baugthruster. Brua vil starte ca. 3 m til venstre for den gule pullerten og følge retningen til den gule kaiskinna.

En stor andel av fritidsbåtene som er stasjonert på østsiden av brutaséen vil kunne passere under brua ved middelvann eller lavere (Tabell 4), men ved HAT vil bare mindre båter (joller uten dekk, kajaker, kanoer, etc) kunne passere. PIANC (Standards for the use of Inland Waterways by recreational Craft, 2000), anbefaler verdier for nødvendig høyde under bruer som vist i Tabell 5.

Tabell 5 Høyder under lukket bru

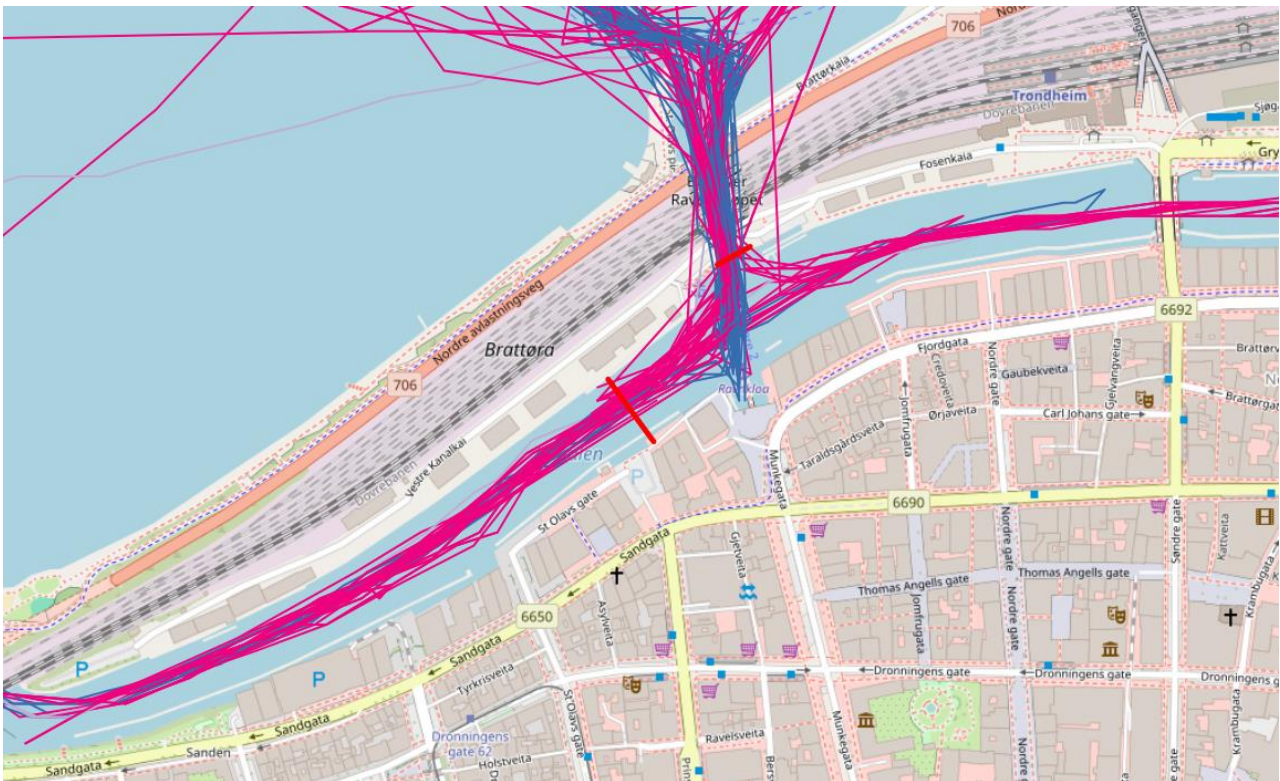
Båt-type	Lengde m	Anbefalt friseilingshøyde ved ingen bølger, m	Ny bru er farbar ved
RA Åpne båter uten dekk, robåter	5.5	2.00 (antar stående person)	Opp til middel spring høyvann
RB Day cruisere, seilbåter u/mast (nedfellbar)	9.5	2.75	opp til ca. 1/3 av middel høyvann
RC Cabin cruisere, større day cruisere	15.0	4.00	Middel lavvann og lavere

For offisielt bruk (sjøkart) vil friseilingshøyden bli angitt ved HAT, dvs 1.38 m.

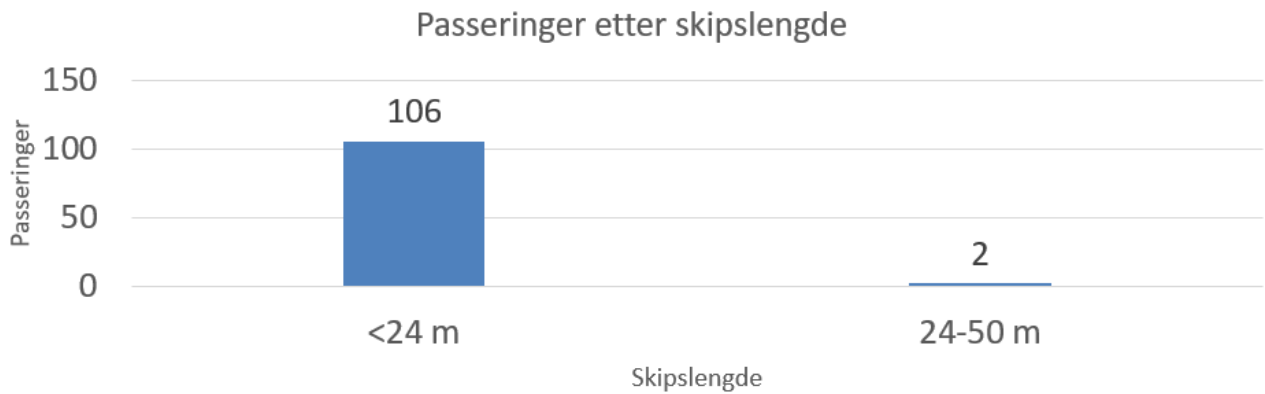
Figur 9 viser en grafisk oversikt over passeringer ved Ravnkloa i perioden 01.01.2024- 31.12.2024. Den røde linja over kanalen er en *passeringslinje* der registreringene i de etterfølgende figurer er tatt.

Figur 10 viser antall passeringer etter skipslengde ved Ravnkloa i perioden 01.01.2024 – 31.12.2024. Observasjonene er tatt ved den røde passeringslinjen litt SV for Ravnkloa i Figur 9, Figuren viser at fleste registrerte passeringer er for båter i lengdegruppe <24 m.

Det understrekes at båter under 15 m lengde ikke er pålagt å ha eller å bruke AIS, og derfor ikke vil bli fanget opp av statistikken. I tillegg må en AIS-sender manuelt skrues på for å være aktiv, og det finnes tilfeller der man er noe sein med å skru på AIS, slik at første (evt siste) del av seilassen ikke nødvendigvis fanges opp.

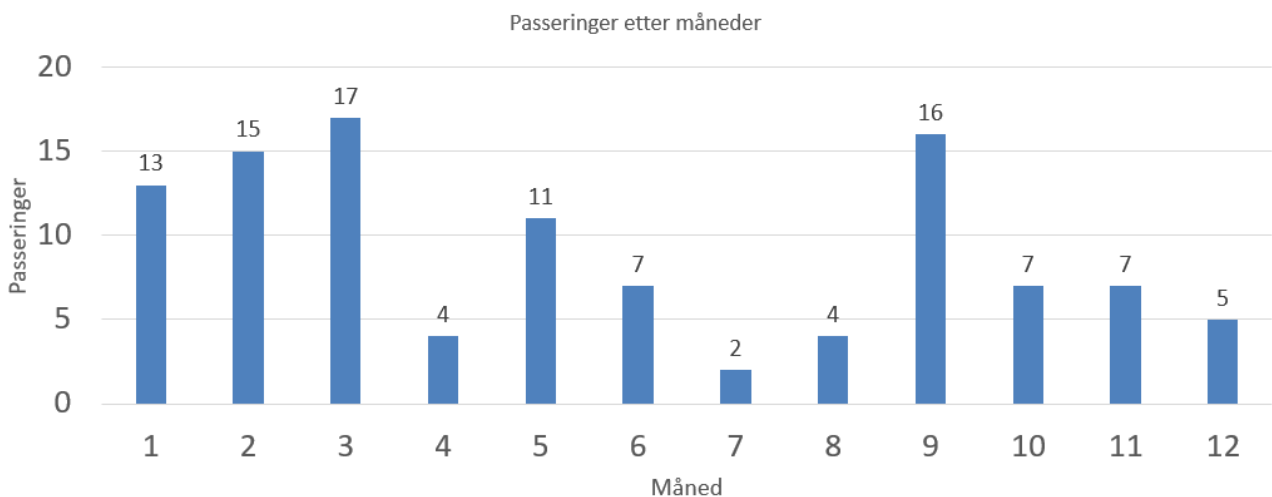


Figur 9 Oversikt over AIS-registrerte passeringer ved Ravnkløpet i hele 2024. Røde linjer på tvers av kanalen og på tvers av Ravnkløpet er passeringslinjer der observasjoner er tatt.

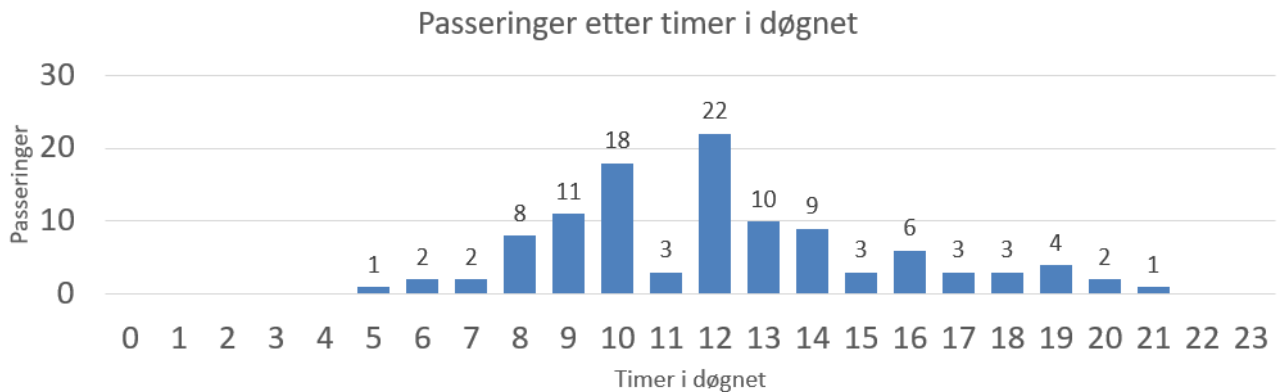


Figur 10 Antall passeringer etter lengde på fartøy i perioden 01.01.2024- 31.12.2024.

Figur 11 og Figur 12 viser hhv. registrerte passeringer etter måneder i året og timer i døgnet. Som nevnt over, er disse preget av at det er kun et lite antall fartøyer i området som er pålagt AIS-plikt, og registreringene bør ikke tas som representative for trafikken i området.



Figur 11 Passeringer etter måneder i året i perioden 01.01.2024- 31.12.2024



Figur 12 Passeringer i perioden 01.01.2024- 31.12.2024 etter timer i døgnet

Skipshaler for tre større fartøy – *Harry Borthen I*, *SDS Hansteen* og *Holger Stjern* som seiler ved området er hentet fra databasen og vist nedenfor hhv. i Figur 13, Figur 14 og Figur 15.

Andre eldre skip som *Kaptein Dyre*, *M/K Hermes*, *Sørhavn*, *Gamle Stoksundferja* og *Tampen I* er ikke registrert i AIS-database.

Av disse figurene framgår det at *Harry Borthen* og *Hansteen* snur ved kai. Et enkelt tilfelle som er registrert i AIS i året 2024 er ikke nok til å bevise at dette alltid skjer, men det indikerer at trafikken med disse skipene er liten, og manøveren virker sannsynlig og realistisk. En naturlig metode for fartøy som ligger til kai med baugen mot øst (se Figur 7) er å holde akterenden fast i kaia og la en vestgående strøm svinge båten rundt inntil den er kommet på en tilnærmet vestgående kurs, og deretter slippe festet i kaia. For *Hansteen*, som er et eldre og tungt manøvrerbart fartøy må man anta at all manøvrering i kanalen uansett må skje med assistanse av slepefartøy.

Det finnes ikke nok data til å slå fast at *Holger Stjern* utfører samme manøver. Figur 14 viser at AIS bare tidvis har vært aktiv.

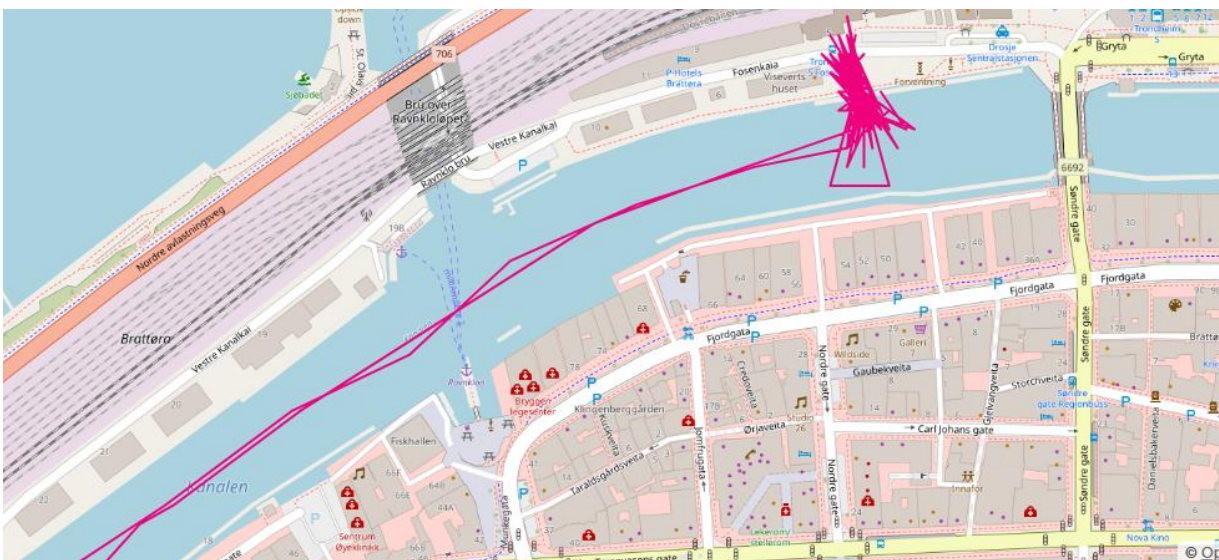
Holger Stjern er registrert med bare 1 passering i den tilgjengelige perioden, og AIS har vært aktiv bare fra en posisjon ved Ravnkloa og videre vestover. Det er opplyst at *Holger Stjern* normalt ikke snur ved kai (som beskrevet for andre fartøyer i Figur 13 og Figur 14), men legger ut fra kai med baugen mot øst og går eller lar seg drive med strømmen ned til Ravnklobassenget, der snumanøveren utføres. Figur 14. Figur 16 viser *Holger Stjern* i en posisjon der det er opplyst at en slik snumanøver foretas. Det er videre opplyst at *Holger Stjern* fra denne snumanøveren bruker noe tid og avstand for å få opp styrefart, slik at sikker manøvrering gjennom de vestre kanalen kan utføres.

En snumanøver ved kai som beskrevet for *Harry Borthen* skal være mulig og bør vurderes også for *Holger Stjern*. Avstanden tvers over kanalen fra Fosenkaia til nærmeste fortøyde småbåt på bysida er ca. 49 m, og *Holger Stjern* er målt til 39 m lengde. Dette gir en klaring på ca. 10 m forutsatt at *Holger Stjern* roterer om et fastpunkt på Fosenkaia (og ikke om en leker eller flytebrygge). Dypgang er oppgitt til 2.8 m, sannsynligvis i lastet tilstand, men maksimal dypgang oppnås ca. 7.5 m aktenfor baugen, hvilket gjør at den banken som kan sees på bysida ved flytebryggene heller ikke kommer i konflikt med en slik snumanøver. Hvis en slik manøver kan gjennomføres, vil god styrefart for ferd videre gjennom brua og i vestre kanal kunne oppnås.

Dersom det er korrekt at de større skipene (Figur 13, Figur 14) snur ved kai slik som beskrevet gir det en viss økt sikkerhet mot uønskede sammenstøt med kaier, andre båter eller brua. Man kan da anta at båten ikke slipper festet i kaia før det er konstatert at hovedmotoren er i god gang og andre manøvreringsinnretninger er funksjonelle. På dette stedet vil det uansett aldri være nok tid til å tilkalle hjelp fra andre fartøyer dersom manøvreringsevnen skulle svikte, og det gjelder uavhengig av om gang- og sykkelbrua blir bygget.



Figur 13 Skipshaler for "Harry Borthen I" IMSI: 257202800



Figur 14 Skipshaler for "SDS Hansteen" IMSI: 257465900



Figur 15 Skipshale for "Holger Stjern" IMSI: 259000450

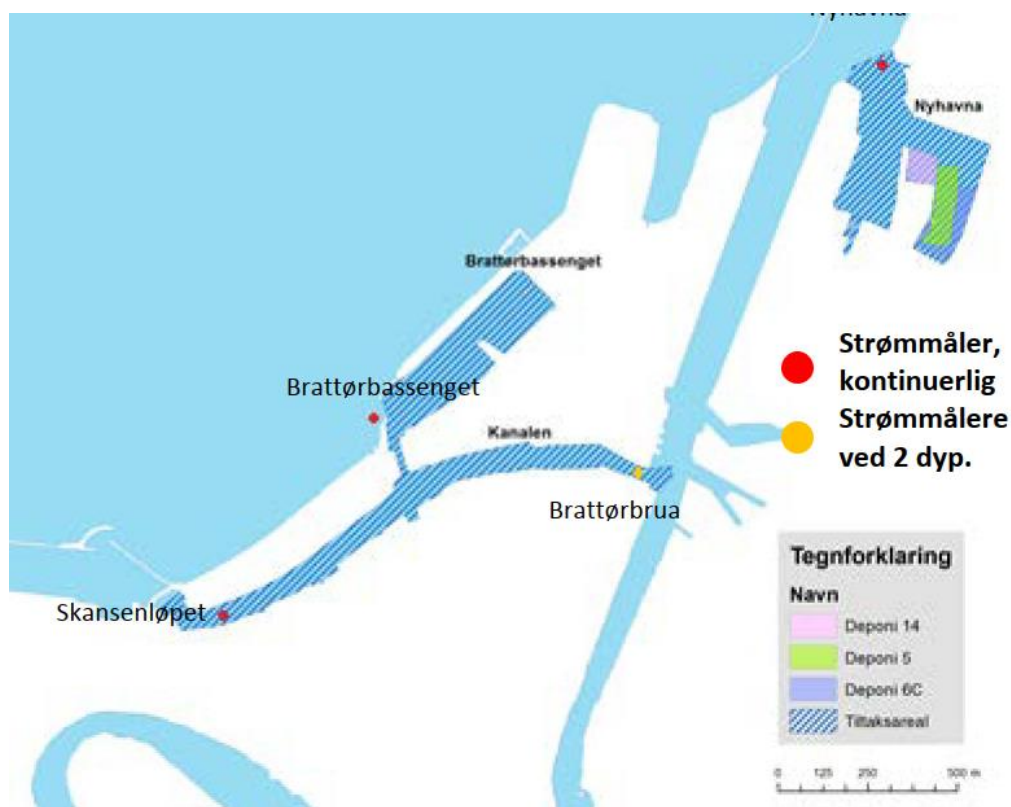


Figur 16 MF Holger Stjern i posisjon for snuing omtrent i forlengelsen av Ravnkloeløpet

5 Strømforhold

5.1 Generelt og datakilder

Det er ikke funnet noen detaljerte studier av strømforholdene i kanalen. I forbindelse med prosjektet Renere Havn ble det i 2014 utført målinger av strøm ved alle kanalens utløp, men ikke i kanalen. Figur 17 viser måleposisjonene hentet fra rapporten. Resultatene fra målingene viser et relativt komplekst strømbilde i kanalen.

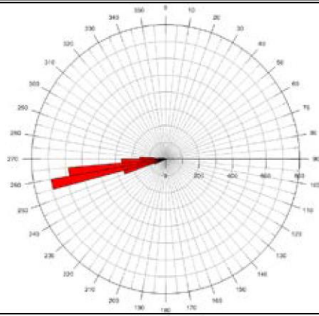
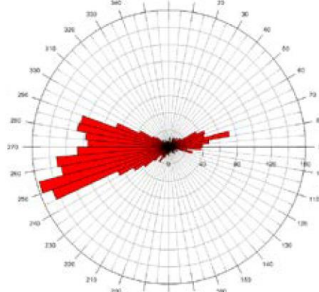


Figur 17 Måleposisjoner fra NGI-rapport

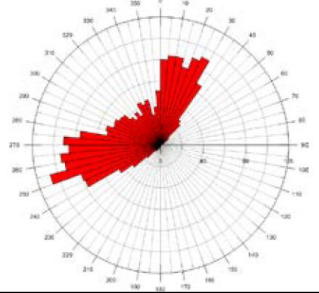
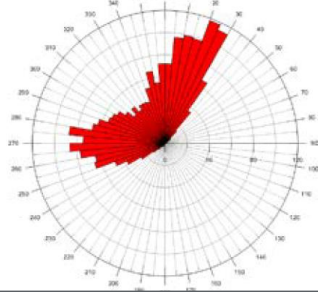
Ved Brattørbrua er strømmen dominert av strømmen i Nidelva i overflaten, og det er innslag av dypereliggende saltvann nær bunnen. Saltvannet vil følge tidevannsvariasjonene og strømme inn og ut ved bunnen. Figur 18 viser måleresultater fra NGI-rapporten for Brattørbrua. I overflaten strømmer elvevannet uniformt inn i kanalen med en snitthastighet på 45 cm/s, tilsvarende en knop. (Retningen på observasjonene avviker en del fra det som er forventet, men i følge rapporten kan det skyldes lokal virveldannelse eller et undervanns objekt.)

Utdrag av måledata i rapportens Tabell 4.2 for Skansen løpet er vist i Figur 19. Her er det vist data for bare 2.8 og 3.3 m dyp. Hovedstrømmen følger kanalretningen, men det er omtrent lik fordeling på øst- og vestgående strøm. I overflaten dominerer vest-gående strøm med hastigheter rundt 10 – 14 cm/s, mens østgående strøm dominerer ved bunnen med ca. 6 cm/s.

Tabell 4.3 Strømretning og –hastighet målt ved Brattørbrua

Brattørbrua	Beskrivelse	Ut av Kanalen	Inn i Kanalen	Rosegraf
1 m	% tid	1,6 %	98,4 %	
	Gjennomsnittshastighet	5,0 cm/s	45 cm/s	
	Mengde vann i døgnet	4 500 m ³	2 500 000 m ³	
	Turbiditet	1,1 FTU	2,7 FTU	
4,5 m	% tid	28 %	72 %	
	Gjennomsnittshastighet	1,7 cm/s	5,9 cm/s	
	Mengde vann i døgnet	27 000 m ³	250 000 m ³	

Figur 18 Tabell 4.3 fra NGI-rapporten. Data fra Brattørbrua

2,8 m	% tid	42 %	58 %	
	Gjennomsnittshastighet	8,9 cm/s	7,4 cm/s	
	Mengde vann i døgnet	80 000 m ³	94 000 m ³	
3,3 m	% tid	49 %	51 %	
	Gjennomsnittshastighet	8,9 cm/s	6,3 cm/s	
	Mengde vann i døgnet	95 000 m ³	69 000 m ³	

Figur 19 Utdrag fra Tabell 4.2 fra NGI-rapporten. Data fra Skansenløpet

Målingene antyder at strømmen har et «pustehull» utenfor i Brattørbassenget. Det er i følge rapporten ikke mulig å sette opp et kontinuitets-basert regnskap for vannet i kanalen.

For betraktninger knyttet til brua og forholdene for båt-trafikken kan vi imidlertid benytte målingene fra Brattørbrua isolert. Vannet som kommer inn her må nødvendigvis strømme under Jernbanebrua og videre mot Ravnkloa. I NGI-rapporten er tverrsnittsarealet under Brattørbrua anslått til $35 \text{ m} \times 4.6 \text{ m} \approx 160 \text{ m}^2$. På samme vis estimeres tverrsnittsarealet ved Fosenkaia (dvs før vestgående strøm kommer til Ravnkloløpet) til $68 \text{ m} \times 5.6 \text{ m} \approx 380 \text{ m}^2$. Normal kontinuitetsbetraktning over denne delen tilsier da at strømhastigheten ved Fosen kaia skal være ca. 45 % av strømhastigheten ved Brattørbrua før strømmen har begynt å fordele seg på Skansenløpet og Ravnkloløpet. Det tilsier i så fall en gjennomsnittshastighet på $0.45 \text{ cm/s} \times 0.45 = 0.20 \text{ cm/s}$ i kanalen i høyde med Fosenkaia.

Måleperioden for alle målingene synes å ha vært kort, typisk 2 – 3 uker. Dette er ikke nok til å få oversikt over en hel månesyklus, og vil heller ikke gjenspeile den viktigste variabelen som er vannføringen i Nidelva. Vi må derfor anta at alminnelig opptredende strømhastigheter kan være betydelig høyere enn den målte og den utledete gjennomsnittshastigheten. I tillegg skal det tas hensyn til at kanalen har en krumning som sannsynligvis vil gjøre at strømmen er sterkere på nordsiden (Fosenkaia) enn på sørsida.

Det er også innhentet verbale beskrivelser av strømmen ved Ravnkloa fra personer som opererer NTNUs autonome passasjerferge over kanalen. Figur 20 viser deres beskrivelse av strømmen. De mener å ha erfart hastigheter opp til ca. 2 knop (100 cm/s).



Figur 20 Illustrasjon av strømretning ved Ravnkloa; fra operatøren av NTNUs autonomferge. Pilene viser kun antatt retning og ikke strømhastighet

Fra MF Holger Stjernes kai plass (Figur 7) til den posisjonen som man kan anslå at ferga har i Figur 16 er avstanden i størrelse 190 m. Med en strømhastighet på 100 cm/s vil det ta ca. 3 minutter for ferga å drive passivt med strømmen ned til posisjonen i Figur 16, og ytterligere ett minutt for å treffe den planlagte brua.

Den nye brua er planlagt med to pelegrupper med støpte pelehoder og slanke peler, og i tillegg dykdalber med trepeler på hver side. Det er ikke antatt at disse konstruksjonene i merkbar grad vil påvirke strømningsbildet og hastighetene i noen del av kanalhavna. Ved sterk strøm vil det forekomme lokal oppstuvning foran pelehodene og rundt peler, men dette vil ikke påvirke det store strømningsmønsteret.

5.2 Oppsummering, strøm

1. Det finnes sannsynligvis en dominerende og tilnærmet konstant vestgående strøm i overflaten i hele kanalen mellom Brattørbrua og utløpet ved Skansen. Strømmen og hastigheten er dominert av vannføringen i Nidelva, og påvirkes sekundært av tidevannet.
2. Vestgående strømhastighet ved Fosenkaia er estimert til i gjennomsnitt ca. 0.25 m/s (0.5 knop), med vanlig maksimalverdi på rundt 0.5 m/s (1 knop), og kortvarige ekstremverdier rundt 1 m/s (2 knop).
3. Ved østgående strøm i kanalen forventes betydelig lavere hastigheter av kort varighet.
4. De planlagte brukonstruksjonene vil ikke påvirke det generelle strøm-mønsteret i kanalen og ikke påvirke strømhastigheter i merkbar grad.

6 Referanser

- [1] Direktoratet for byggkvalitet, «Veiledning om tekniske krav til byggverk,» 2017.
- [2] Statens Vegvesen, «Håndbok N400 Bruprosjektering,» Vegdirektoratet, Oslo, 2015.
- [3] Kystverket, «Kystdatahuset,» 2025. [Internett]. Available: <https://kystdatahuset.no/>.
- [4] Kystverket, «Farledsnormalen: Instruks for Kystverkets planlegging, prosjektering og vurdering av arealbehov for farleder».
- [5] Kartverket, «Se havnivå i kart - en karttjeneste for stormflo og havnivåstigning,» [Internett]. Available: <https://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva>.
- [6] M. J. Simpson, J. E. Nilsen, O. R. Ravndal, K. Breilli, H. Sande, H. P. Kierulf og O. Vestøl, Sea level change for Norway: past and present observations and projections to 2100, Norwegian Centre for Climate Services, 2015.
- [7] Kystverket, «Lashåndbok for kystverkets faste installasjoner KV-2006-01-REV4-03.03.08,» Kystverket, 2008.