

Notat

Utfylling på Buøy

Stømningsmessige konsekvenser – revidert utgave

SAKSBEHANDLER / FORFATTER
Grim Eidnes

	BEHANDLING	UTTALELSE	ORIENTERING	ETTER AVTALE
GÅR TIL				
Dimensjon Rådgivning AS v/Finn Olav Estensen				X

PROSJEKTNR / SAK NR
804052.29

DATO
2012-08-28

GRADERING
Fortrolig

1 Bakgrunn

Flere tunnelprosjekter i Rogaland har gitt overskudd av sprengsteinsmasse som vurderes brukt til utfylling i Bangavågen på vestsida av Buøy rett ovenfor Stavanger (Figur 1). Omfanget av den planlagte utfyllingen er i dag som skissert i Figur 2. Den utgjør et overflateareal på om lag 80 000 m². Vanddypet i det planlagte utfyllingsområdet er 23 m på det dypeste. Selve fyllingskanten strekker seg ned til 31 m dyp. Den planlagte fyllingen skal etableres med kaifront i sør mens resten skal steinlegges (plastres).

I forbindelse med høring av planprogrammet er det framsatt ønske om å få vurdert de stømningsmessige konsekvensene som kan forventes lokalt i sundet nord for fyllingen (Bangavågen) ved en realisering av den planlagte utbyggingen. Dimensjon Rådgivning AS har i den forbindelse henvendt seg til SINTEF og bedt om en slik vurdering. Det foreliggende notatet beskriver disse stømningsmessige endringene.

2 Områdebeskrivelse

Mellom Buøy og Stavanger ligger Byfjorden, som her snevrer inn til 300 m bredde og med ei grunne på om lag 40 m nordvest av Tjuvholmen. I sørst smalner sundet enda mer og i Straumsteinsundet under Bybrua er bredden 140 m og med et terskeldyp på om lag 10 m. Denne komplekse topografien med flere trange og grunne sund mellom holmer og små øyer begrenser vanngjennomstrømmingen og tvinger i stor grad hovedstrømmen utenom gjennom Åmøyfjorden nord for Hundvåg.

3 Generelle strømforhold

3.1 Tidevannsstrøm

På grunn av den komplekse topografien vil strømforholdene rimelig nok være noe sammensatt. Den periodiske tidevannsstrømmen vil alltid være til stede med en forventet retning innover (mot SSØ) på fløende sjø og utover på fallende sjø. Tidevannsamplituden er liten i dette området av landet, og den rene tidevannsstrømmen i Byfjorden forventes ikke å være sterk (av størrelsesorden 5 cm/s). Men den er altså permanent til stede.

3.2 Vindstrøm

Den direkte, lokale vindstrømmen får ikke nok uforstyrret strøklengde til å klare å bygge seg nevneverdig opp i den aktuelle delen av Byfjorden. Lenger ut i Byfjorden vil nok vindstrømmen i perioder både være framtreddende og dominerende. Hovedstrømmen forventes imidlertid i vesentlig grad å dreie inn Åmøyfjorden og dermed passere utenom området mellom Buøy og Stavanger.

3.3 Oppstuvningsstrøm

Et indirekte vindfenomen er den såkalte oppstuvningsstrømmen. Når kraftig og vedvarende sterk vind blåser innover en fjord, bygger det seg opp en høyere vannstand inne i fjorden. Dersom vinden plutselig spakner eller forandrer retning vil oppstuvningen slippe løs og det skapes en sterk, men kortvarig utoverrettet strøm i overflatelaget. Selv om den opprinnelige oppstuvningen er liten (av størrelsesorden noen få cm), kan oppstuvningsstrømmen bli betydelig. De sterkeste strømmene i overflatelaget i Høgsfjorden, for eksempel, er slik oppstuvningsstrøm.

3.4 Kyststrøm

Kyststrømmen runder vest- og nordover etter at den har passert Sørlandet. Normalt passerer den godt utenfor innløpet til Boknafjorden og vil ikke være merkbar i de innenforliggende fjordarmene. Strømmen kan typisk ha en hastighet på om lag 20 cm/s. Strømmålinger i området har imidlertid avdekket sporadiske pulser av kraftige nordgående strømmer med en varighet på typisk ½ - 1 døgn. Disse utbruddene i Kyststrømmen er egentlig en storskala variant av den ovenfor nevnte oppstuvningsstrømmen. Vedvarende sørvestlig vind over Skagerrak stuver opp vann innover mot Oslofjorden. Når vinden løyer eller skifter retning slippes det løs store mengder oppstuvet vann. Kyststrømmen ut fra Skagerrak kan under slike forhold ti-doble sin volumtransport i løpet av få dager. Strømhastighetene i de øvre vannlag vest av Randaberg går typisk opp i 70 cm/s eller mer. Det er målt strømhastigheter i dette området under slike utbrudd på over 120 cm/s (2½ knop).

Når Kyststrømmen har slike utbrudd, passerer den ikke forbi innløpet til Boknafjorden, men presser seg innover i fjordsystemet gjerne litt under overflata, typisk i 10 – 20 m dyp. SINTEF har dokumentert et slikt utbrudd i Kyststrømmen – beregnet til 280 000 m³/s – som ble registrert i Håsteinfjorden én dag, som et klart hastighetsmaksimum ved Kårstø én til to dager deretter og som en kraftig intermediær innstrømning i 20 m dyp inne i Høgsfjorden enda en dag senere. Det kan nevnes at det sterkeste utbruddet året før ble beregnet til hele 400 000 m³/s, men da var det ikke utplassert strømmålere som kunne fange opp innstrømningen som trolig fant sted i store deler av Boknafjordsystemet. Utbruddene i Kyststrømmen bidrar på denne måten i betydelig grad til den generelle vannutskiftningen i området.

De registrerte hastighetsmaksimumene nevnt ovenfor, ble også fanget opp i ytre del av Byfjorden (ved Mekjarvik) som et lokalt maksimum i 20 m dyp. Kyststrømmen trenger seg altså også sørover i Byfjorden når den har sine utbrudd, men hastighetene her er vesentlig lavere (typisk en tredel av hastigheten vest av Randaberg). Nå også gjelder det at utbruddet i hovedsak tar minste motstands vei og forventes å dreie østover Åmøyfjorden og i mindre grad sørover forbi Buøy.

3.5 Estuarin sirkulasjon

Boknafjordsystemet har tilrenning fra en rekke elver, både regulerte og ikke. Dette skaper en såkalt estuarin sirkulasjon med utstrømning i overflatelaget og en innoverrettet kompensasjonsstrøm under denne. Det er rimelig å anta at dette generelle strømmønsteret også er gjeldende i Byfjorden. Det kan følgelig antas at det også mellom Buøy og Stavanger er en (trolig svak) overvekt av utoverrettet strøm over sprangsjiktet og en innoverrettet strøm under denne. Sprangsjiktet her ligger gjerne et sted mellom 5 og 10 m.

3.6 Oppsummering

Som nevnt vil nok strømforholdene mellom Buøy og Stavanger være noe sammensatt på grunn av den komplekse topografien og de mange skiftende drivkreftene for strøm i området. Den periodisk skiftende tidevannsstrømmen forventes ikke å bidra vesentlig til de sterkeste strømmene i sundet, men den er alltid til stede. I tillegg har vi oppstuvningsstrømmene og utbruddene i Kyststrømmen. De kommer med ujevne mellomrom men kan bidra til relativt sett sterke strømmer. Vårflom og stor elvetilrenning kan også bidra til å øke strømhastigheten. Felles for disse strømmene er at de alle er drevet av trykkgradienter. Rent matematisk kan derfor de strømningsmessige endringene i fjorden som følge av en utfylling, kunne framstilles ut fra samme teoretiske tilnærming.

4 Strømningsmessige endringer

4.1 Byfjorden

Som vist ovenfor, vil alle de drivende, ytre kreftene som flo og fjære, vindoppstuvning, utbrudd i Kyststrømmen og ferskvannstilrenning skape en vannstandsforskjell gjennom Byfjorden. Siden utfyllingen ikke påvirker selve drivkreftene for strømmen - det er like høyt tidevann og samme vårflom og vind før som etter utfyllingen - vil også vannstandsforskjellen gjennom Byfjorden være den samme før og etter utfylling,

Siden utfyllingen (inkludert fyllingskanten) i sin helhet vil ligge innenfor Bangavågen og ikke i selve Byfjorden, vil verken bredden eller dybden av Byfjorden – der gjennomstrømningen foregår – endre seg. Når drivkreftene er de samme og batymetrien ikke endrer seg vil også strømmens fart og retning være den samme. Den planlagte utfyllingen har med andre ord ingen betydning for strømbildet i selve Byfjorden.

4.2 Bangavågen

Bangavågen ligger som en liten fjordarm til Byfjorden. Vannutvekslingen mellom vågen og fjorden skjer langs en ca. 790 m lang grenseflate mellom Ulsneset og Kattaskjeret (se Figur 2). Ved en realisering av den planlagte utfyllingen, vil overflatearealet i Bangavågen avta fra om lag 380 000 m² til 300 000 m². Det utgjør en reduksjon på 21 %.

Tidevannet fyller og tapper Bangavågen for vann. Midlere tidevannshøyde i Stavanger er 32 cm, midlere spring tidevannshøyde er 46 cm. Siden overflatearealet som skal fylles og tappes, blir redusert med 21 %, vil vannvolumet som transporteres inn og ut av vågen også reduseres med 21 %. Den rene tidevannsstrømmen i Bangavågen avtar følgelig med 21 %.

Denne endringen er relativt sett betydningsfull. Men ser vi på tidevannsstrømmens absolutte hastighet, blir endringen verken merkbar eller målbar. Ved midlere tidevann skal 380 000 m² · 0,32 m = 121 600 m³ fraktes inn Bangavågen. Det skjer i løpet av en halv tidevannsperiode (6 timer 12,5 min). Deretter tappes den samme vannmengden ut av vågen i løpet av den neste halve tidevannsperioden. Det gir en midlere tidevannsfluks på 121 600 m³ / (6 timer 12,5 min) = 5,44 m³/s. Med planimeter har vi beregnet at innløpet til Bangavågen mellom Ulsneset og Kattaskjeret har et tverrsnittsareal på om lag 18 600 m². Midlere tidevannsstrøm på grenseflata mellom Byfjorden og Bangavågen blir dermed 5,44 m³/s / 18 600 m² = 0,3 mm/s. Om vi antar at tidevannsstrømmen inn og ut bare skjer i den øverste meteren av vannet, blir likevel strømhastigheten på grenseflata under 1 cm/s, og den avtar innover i vågen. Den rene tidevannsstrømmen i Bangavågen er med andre neglisjerbar. At den vil avta med 21 % etter en eventuell utfylling, blir dermed uinteressant.

Vannet som strømmer gjennom Byfjorden, vil rive med seg vann fra de omkringliggende bukter og vikene. Siden strømmen normalt er sterkest i overflatelaget, vil medrivningen i hovedsak foregå i dette laget. Vannet som på denne måten trekkes med av hovedstrømmen i Byfjorden, erstattes av en underliggende strøm inn i buktene. Medrivningsstrømmen har en typisk strømhastighet på 10 % av hovedstrømmen. Nå har vi ikke strømdata fra dette området av Byfjorden, men antar vi at det typisk strømmer 10 - 20 cm/s mellom Buøy og Stavanger, vil altså overflatestrømmen ut av Bangavågen være typisk på 1 - 2 cm/s. Lenger inn hvor vågen er smalere, vil hastigheten være sterkere. Uansett er dette på alle måter svake strømhastigheter, men de bidrar likevel til å opprettholde en vannutskiftning i vågen. Medrivningsstrømmen vil kunne flytte en vannpakke fra innerst i Bangavågen og ut i Byfjorden i løpet av typisk et halvt døgn.

Medrivningsstrømmen beskrevet ovenfor skjer over grenseflata mellom Ulsneset og Kattaskjeret. Denne grenseflata er i dag om lag 790 m lang og vil forbli det også etter en eventuell utfylling. Den turbulente utvekslingen over grenseflata vil derfor opprettholdes også etter en utfylling. Utfyllingen vil imidlertid gjøre innløpet til vågen noe smalere slik at strømmen som er rettet ut av vågen i dette området, kan øke litt i forhold til i dag. Volummessig vil det derimot ikke bli endringer i utvekslingen med Byfjorden.

Endringene i strømforholdene i sundet nord for fyllingen er altså i beskjeden grad knyttet til strømhastigheter og vannutskiftning. Men endringene vil til en viss grad kunne merkes på strømmens retning, først og fremst ved at strømmen naturlig nok i større grad vil følge den nye fyllingsfronten (kaikant og plastring).

Ved sterk strøm ut Byfjorden (mot nordvest) kan det i dag dannes en med-klokka virvel nord for Katteskeret. Denne vil ha vanskeligere for å etablere seg etter en utfylling, noe på grunn av den glatte kaikanten, men mest på grunn av endret retning på land/sjø linja i forhold til tidligere. Der det før oppstod en virvelavløsning nedstrøms Katteskeret vil strømmen i større grad følge kaikanten nordover. Strømmen må trolig øke en god del for at en virvel skal kunne bygge seg opp.

Tilsvarende ved sterk strøm inn Byfjorden (mot sørøst). Tidligere har nok ytterkanten av den tidvis truffet Katteskeret og en mindre grein har blitt presset tilbake nordover langs industriområdet. Med en rett, glatt kaikant som den planlagte utfyllingen vil medføre i sør, vil den delen av strømmen som eventuelt skulle treffe kaia, bli tvunget sørover igjen.

5 Konklusjon

1. Strømmen i selve Byfjorden vil ikke påvirkes av den planlagte utfyllingen verken når det gjelder strømmens fart eller retning.
2. Endringene i strømhastigheter i Bangavågen vil være beskjeden. Det kan forventes en økning i den svake utoverrettede overflatestrømmen i ytre del av vågen fordi sundet her blir smalere. Endringen vil neppe være merkbar. Typiske strømhastigheter på 3 cm/s vil øke til 4-5 cm/s. Vannutvekslingen med Byfjorden opprettholdes som før.
3. Ved sterke strømmer mot nordvest i Byfjorden kan det i dag trolig oppstå virvelavløsninger nedstrøms Katteskeret. Tilsvarende vil det ved sterke strømmer mot sørøst i Byfjorden kunne oppstå en tilbakestrøm nordover langs dagens industriområde. Den nye kaia og kaikantens lengderetning gjør at strømmen i større grad vil følge kaikanten og ikke dele seg eller skape virveldannelser. Disse endringene er lokale og knyttet til den planlagte etableringen av nytt kaiområde i sørenden av fyllingen. Ellers i Bangavågen kan det ikke forventes endringer av betydning i strømmens retning.