

1 Yhteenveto Tenossa sijaitsevaa Jouluvuonon väylää koskevista raporteista

1.1 Laaditut raportit

Hankkeen yhteydessä on laadittu paljon raportteja, joita on käytetty vaikutusten arvioinnin ja muiden toimenpiteiden vaikutuksia eri osa-alueisiin koskevien arviointien perustana. Raportit muodostavat tietoperustan lupahakemusten käsittelylle ja toimenpidealueen valvonnalle. Tässä yhteenvedossa on koottu yhteen eri raporttien tiivistelmät, ja yhteenveto toimii myös käänköspohjana suomeen ja pohjoissaameen.

Raportit luetellaan alla aihekohtaisesti. Tilanne huhtikuu 2020.

Saasteet

- Johnsen, I. (2013) *Leirpollen Tana miljøundersøkelse og videoopptak* (Jouluvuonon ja Tenon ympäristötutkimus ja videomateriaali). Multiconsult. Raportti 711856-RIGm-Rap-001_rev02. Sedimenttitutkimukset sekä videomateriaali väylän saastuneisuuden selvittämiseksi.
Tiivistelmä:
Kystverket on käyttänyt Jouluvuonon väylää Tenossa, Tenon kunnassa, Finnmarkissa, koskevien toimenpiteiden suunnittelun yhteydessä hankkeen ympäristögeologian ja geotekniikan alaan liittyvissä kysymyksissä neuvonantajanaan Multiconsult Norge AS -yritystä.
Multiconsult on toteuttanut ympäristögeologisia tutkimuksia keräämällä pintasedimenttiä (0–10 cm) kolmesta näytteenottopisteestä syvennettävältä alueelta. Kaikki kolme pintasedimenttinäytettä analysoitiin raskasmetalli-, PAH₁₆-, PCB₇-, TBT- ja TOC-pitoisuuksien selvittämiseksi. Myös näytteiden hienoainepitoisuudet analysoitiin. Lisäksi samojen näytteenottopisteiden ympäristöstä kuvattiin videoaineistoa.
Analyysitulosten mukaan merenpohjan pintasedimenttiin perustuva ympäristön tila on luokan I–II mukainen (hyvän ympäristön tilan perustaso). Videoissa näkyy hiekkasärkkiä ja hiekkaa, joka siirtyilee vuorovesivirtausten mukana.
Päivitetty raportti 01:
Laboratoriossa tapahtuneen virheen vuoksi kaikista näytteenottopisteistä kerätystä sedimentistä analysoitiin kuparipitoisuudet uudelleen. Kuparipitoisuus osoittautui huomattavasti pienemmäksi kuin alun perin oli ilmoitettu. Minkään analysoidun aineen pitoisuus ei ylittänyt tilaluokan II (hyvä) raja-arvoja.
Päivitetty raportti 02:
Raporttiin päivitettiin Miljødirektoratet (ympäristöhallitus) ohjeen M-608 mukaiset sekä Kystverketin uusien raportointivaatimusten mukaiset tilaluokat. Koordinaatit muunnettiin UTM-kaistalta 33 kaistalle 35.
- Vaardal-Lunde, J. (2017) *Sedimentprøver, deponiområdet Stangnes* (Sedimenttinäytteet Stangnesin läjitysalueelta). Multiconsult. Raportti 713364-RIGm-RAP-001
Tiivistelmä:
Kystverket suunnittelee väylän syventämistä Tenon kunnassa Stangnesin ja Austertanassa sijaitsevan Jouluvuonon välillä. Hankkeen yhteydessä Kystverket on käyttänyt neuvonantajanaan kaavoitukseen, fyysiseen ympäristöön, ympäristögeologiaan ja geotekniikkaan liittyvissä asioissa Multiconsult ASA -yritystä. Tämän raportin kohteena ovat ympäristögeologiset ja biologiset tutkimukset, joita tehtiin vuonna 2016 suunnitellulla läjitysalueella Stangnesin edustalla Tenonvuonossa. Läjitysalue sijaitsee Tenojoen suulta luoteeseen 60–120 metrin syvyydessä loivasti viettävällä merenpohjan alueella. Kemiallista analyysia ja pohjaeläintutkimuksia varten suunniteltiin otettavaksi näytteitä kuudesta pisteestä. Kahdessa näytteenottopisteessä noutimeen päätyi hieman sedimenttiä (1–3 cm), mutta

neljässä muussa pisteessä noudin jäi tyhjäksi. Missään noutimella saaduista näytteistä ei ollut tarpeeksi massaa analyysien tekemistä varten.

Luonnon monimuotoisuuden kartoittamiseksi tehdyissä ROV-kuvauksissa Stangnesin edustalla 55–75 metrin syvyydessä havaittiin sekapohjaa, joka koostui kivistä, kuorisorasta ja hienosta hiekasta / siltistä. Merenpohja 75–120 metrin syvyydessä oli hienosedimentin peitossa, mutta seassa oli myös hieman kuoriainesta. Sedimenttikerros on todennäköisesti vain muutaman senttimetrin paksuinen, sillä noudin nousi kuudesta näytteenottopisteestä ylös joko tyhjänä tai vain parin senttimetrin sedimenttisaaliin kanssa.

Tämän vuoksi läjitysalueesta Stangnesin edustalta ei voitu tehdä kemiallisia analyyseja tai pohjaeläintutkimuksia. Havainnot viittaavat siihen, että irtoaineksen määrä merenpohjassa läjitysalueella on luultavasti erittäin vähäinen.

Geotekniikka

- Menessier, T. (2014) *Innseiling Leirpollen. Grunnundersøkelser – orienterende geotekniske vurderinger* (Jouluvuonon väylä. Pohjatutkimuksia – alustavia geoteknisiä arvioita). Multiconsult. Raportti 711856-RIG-RAP-001_rev00. Väylän geotekniset tutkimukset. Tiivistelmä:
Kystverket suunnittelee Tenon kunnassa sijaitsevan Jouluvuonon väylän syventämistä. Uoman syvyys vaihtelee –8:n ja –15:n välillä; yleisin syvyys on alle –10. Suurimassa osassa pohjaa on kerrostuma, jonka vastus kaikuluotauksessa lisääntyy syvyyden kasvaessa. Hiekkainen irtoaines on helposti ruopattavissa useimmilla asianmukaisilla ruoppauskalustotyypeillä.
- Lorås, S. (2016). *Innseiling Leirpollen. Datarapport med orienterende geoteknisk vurdering* (Jouluvuonon väylä. Tutkimusraportti ja alustavia geoteknisiä arvioita). Multiconsult. Raportti 713364-RIG-RAP-001_rev00. Merimerkkien perustusten geotekniset tutkimukset. Tiivistelmä:
Kystverket suunnittelee Tenon kunnassa sijaitsevan Jouluvuonon väylän syventämistä –9 metrin syvyyteen sekä seitsemän merimerkin perustamista. Suunnitellulla ruoppausalueella väylän meriveden korkeus vaihtelee –5:n ja –15:n välillä, ja yleisesti se on –10. Pohja on enimmäkseen hiekkakerroksen peitossa, ja sen vastus kaikuluotauksessa lisääntyy syvyyden kasvaessa. Paikoissa, joissa kallio tuli kairattaessa vastaan, irtoainespeitteen paksuus oli 22–30 metriä. Paikoin irtoainespeitettä kairattiin 50 metrin syvyyteen ilman, että kallioperä tuli vastaan. Kahden merimerkin kohdalla osuttiin kallioon. Massojen oletetaan olevan helposti ruopattavissa kauhakalustolla, tuetulle lautalle sijoitetulla kaivinkoneella tai imuruoppauskalustolla.

Hiekan kulkeutuminen

- Palomares, G D-L/Knut-Ola Lunde, K O (2017) *Sandvandring Leirpollen, kvalitativ vurdering* (Hiekan kulkeutuminen Jouluvuonossa, laadullinen arviointi). Dr tech Olav Olsen. Raportti 12382-33-OO-R-001 versio B. Väylän mahdollisen hiekan kulkeutumissystematiikan laadullinen kuvaus. Tiivistelmä:
Finnmarkissa Tenon kunnassa sijaitsevan Jouluvuonon väylän suunnitellun ruoppausalueen (256 000 m³) yhteydessä Kystverket pyysi Dr. techn. Olav Olsen AS:ää tutkimaan hankkeen vaikutuksia hiekan kulkeutumiseen Jouluvuonossa ja Tenonvuonossa. Raportissa on koottu yhteen aiempia tietoja, kuvattu järjestelmän toimintaa ja arvioitu laadullisesti väylän tulevaa kehitystä. Tavoitteena on välttää liialliset ympäristövaikutukset ja ennakoita tulevia ruoppaustarpeita. Raportti perustuu seuraaviin Kystverketin hankkimiin tietoihin:
 1. Pohjatutkimus monikeilauksen avulla vuonna 2011 sekä 19.7.2016. Molempien tutkimusten kohteena oli väylän alue alle –1,0 metrin syvyyksissä (LAT).
 2. Ruoppausalueen piirustus
 3. Multiconsultin toteuttama ympäristötutkimus (7.5.2015–18.8.2015 ja 25.3.2015–5.5.2015)
 4. Multiconsultin toteuttama geotekninen tutkimus (viikot 48–49 vuonna 2013)

5. Multiconsultin (23.3.2015–18.8.2015) ja Akvaplan-NIVAn (2.4.2014–12.5.2014 ja 28.3.2014–11.5.2014) toteuttamat virtausmittaukset
6. Tenon vesistön ja Joulujoen sedimentti- ja virtaustiedot Multiconsultin raportista sekä NVE:ltä.

Lisäksi OO:n käytettävissä oli kaksi hankealuetta kuvaavaa Kartverketin ortokuvaa vuosilta 1970 ja 2008.

Jouluvuonon vuorovesialue voidaan jakaa viiteen vyöhykkeeseen:

1. Tenojoki, jota hallitsevat joen virtaukset.
2. Vuorovesialue (sisältää poisvirtauskohdan väylän keskellä), joka vuoroin paljastuu ja vuoroin jää veden peittoon tavanomaisen vuorovesisyklin aikana; pääosin voimakkuudeltaan vähäisiä vuorovesivirtauksia.
3. Vuorovesivirta (väylä), jota hallitsee voimakkuudeltaan vähäinen vuorovesivirtaus.
4. Leirpollenbukta, jossa virtausnopeus on erittäin pieni; hallitsevaa hiekan kerrostuminen.
5. Vuorovesialueen rajalinja, jota hallitsevat Tenonvuonon olosuhteet (tuuli ja tuulen nostattamat aallot).

Raportissa keskitytään vuorovesivirran eli väylän tapahtumiin, mutta kaikkia järjestelmään vaikuttavia osatekijöitä on kuvattava, koska ne ovat toisistaan riippuvaisia.

Vuosina 1970 ja 2008 otettujen kahden ortokuvan analyysistä havaitaan seuraavaa:

- Tenonvuonon puoleinen Tenojoen suun alue on muuttunut merkittävästi, ja poisvirtaussuunta on siirtynyt kohti länttä. Alue on epästabili ja dynaaminen, ja vuotuisten muutosten oletetaan olevan suuria.
- Vuoroveden poisvirtauskohta ei ole siirtynyt merkittävästi mutta kuitenkin noin 180 metriä edemmäs väylällä.
- Vuorovesialueen pinta-ala on kenties suurentunut hieman.
- Uoman suulla oleva hiekkasärkkä on samalla paikalla kuin vuonna 1970. Se merkitsee, että uoman nykyinen topografia on melko vakiintunut.

Käytettävissä olevien pohjatutkimusten analysoinnissa on keskitytty vuorovesivirrassa sijaitsevaan kahteen pääasialliseen ruoppausalueeseen, joista toinen sijaitsee aivan väylän suulla ja toinen ennen vuoroveden poisvirtauskohtaa väylän keskellä.

- Pohjatutkimusten vertailu osoittaa, että väylän suulla oleva, suuaukon sulkeva hiekkasärkkä ei ole muuttunut paljon. Se näyttää jopa erodoituneen vuosina 2011–2016. Särkän hiekan tilavuus oli kaikkiaan 186 443 m³ vuonna 2011 ja 44 983 m³ vuonna 2016, joten tilavuus on pienentynyt 141 460 m³ viidessä vuodessa.
- Kohdassa, jossa vuorovesi virtaa pois uomaan, erodoituneen hiekan tilavuus oli 89 299 m³, ja vuoden mittaan hiekkaan läjitettiin 44 118 m³, joten erodoitunut nettotilavuus oli 45 181 m³ viiden vuoden aikana.

Näin ollen molempien alueiden voidaan katsoa olleen mittausten perusteella stabiileja viiden viime vuoden ajan. Tulokset osoittavat hidasta eroosiotaipumusta. Tätä ei kuitenkaan voida päätellä kovin suurella todennäköisyydellä, koska tilavuudet ovat pieniä ja tutkimusten väliset vähäiset erot voivat selittyä virtausten kausivaihtelulla (esimerkiksi jäiden sulamisen aikaan), vuoroveden vaikutuksella tai mittausjärjestelmien epätarkkuudella. Pohjatutkimuksia tarvitaan lisää, jotta järjestelmää voidaan valvoa ja havaita pitkän aikavälin kehityskulkuja.

Virtamittausten analyysissä havaittiin, että veden virtausta (ja hiekan kulkeutumista) vuorovesikanavassa hallitsee voimakkaasti vuorovesi, jonka pääsuunta on sama kuin uoman suunta. Virtaustiedot osoittavat, että uoman suuntaan tapahtuu nettovirtausta. Epäsymmetria on suurempi jokisuussa (virtausmittari LP1) kuin pidemmällä uomassa (virtausmittari LP2). Näin ollen vettä ja sedimenttejä poistuu uomasta kyseiseltä puolen koko vuorovesijakson ajan. Pääasiassa pois kulkeutuva aines on pohjahiukkasia (hiekkaa, joka pyörii ja ponnahtelee pohjaa pitkin), sillä uoman pohjassa oleva, raekooltaan keskisuuri ($d_{50} = 0,41$ mm) hiekka voi liikkua veden mukana. Tämä sopii yhteen alueen pohjanmuotojen ja olemassa olevien hiekkasärkkien kanssa.

Oletettavasti pidemmällä uomassa sedimentin nettokulkeuma liikkuu Leirpollenbuktan suuntaan.

Päätelmä perustuu pohjanmuotojen analyysiin, koska mittaustietoja kyseiseltä puolelta ei ole saatavilla. Malli osoittaa, että vuoroveden poisvirtausreittinä toimivaan uomaan päätyvät sedimentit jakautuvat kahteen suuntaan: uoman alku- ja loppupäätä kohti.

Uoman kokonaiskapasiteetti sedimentin kuljettamiseen mukaan lukien pohjahiukkaset ja suspendoituneet hiukkaset on alueella 1 arviolta 15 700–22 500 kg ja alueella 2 arviolta 42 700–61 000 kg keskimääräistä vuorovesisykliä uoman loppupään suuntaan. Jakamalla ruoppaustilavuus alueiden kesken (150 000 m³ hiekkasärkän tienoilla ja 100 000 m³ uomassa) voidaan arvioida, kauanko ruopatun tilavuuden korvautuminen kestää. Tulokseksi saadaan 11–14 vuotta uomassa sijaitsevalla väylän osalla (ennen vuoroveden poistauskohtaa) ja 6–8 vuotta hiekkasärkän kohdalla uoman alkupäässä. Luvut ovat hyvin epätarkkoja, koska sedimentin kulkeutuminen on luonteeltaan satunnaista ja analyysimallit perustuvat voimakkaisiin oletuksiin.

- Palomares, G D-L/Knut-Ola Lunde, K O (2017) *Sandvandring Leirpollen, kvalitativ vurdering* (Hiekan kulkeutuminen Jouluvuonossa, laadullinen arviointi). Dr tech Olav Olsen. Raportti 12382-33-OO-R-002 versio B. Väylän mahdollisen hiekankulkeutumissystematiikan määrällinen kuvaus.

Tiivistelmä:

Olav Olsen arvioi laadullisesti sedimentin kulkeutumista Tenon kunnan Jouluvuonon väylällä Finnmarkissa (viite /12/). Ruopattujen alueiden täyttymisaikaa koskevien laskelmien suuren epätarkkuuden vuoksi Kystverket pyysi Dr. techn. Olav Olsen AS:ää laatimaan jatkoselvityksenä numeerisen analyysin epätarkkuuden pienentämiseksi.

Raportin kohteena ovat numeerisen mallin avulla tehdyt laskelmat, joilla pyrittiin ennustamaan uoman tulevaa kehitystä. Tavoitteena on välttää liialliset ympäristövaikutukset ja ennakoida tulevia ruoppaustarpeita.

Raportin versiossa B laskelmia on päivitetty vastaamaan uusia ruoppausmassatilavuuksia Kystverketin antamien tietojen mukaisesti.

Raportti perustuu seuraaviin Kystverketin hankkimiin tietoihin:

1. Kolme pohjatutkimusta monikeilauksen avulla (toteutettu vuosina 2011 ja 2014 sekä 19.7.2016). Kaikkien tutkimusten kohteena oli väylän alue alle –1,0 metrin syvyyksissä (LAT).
2. Vuorovesialueen ja Tenojoen suun topografia digitalisoidussa muodossa vuoden 1993 kartan perusteella. Syvyydet perustuvat vuoden 1954 normaalinolla (NN1954).
3. Ruoppausalueen piirustus
4. Multiconsultin toteuttama ympäristötutkimus (7.5.2015–18.8.2015 ja 25.3.2015–5.5.2015)
5. Multiconsultin toteuttama geotekninen tutkimus (viikot 48–49 vuonna 2013)
6. Multiconsultin (23.3.2015–18.8.2015) ja Akvaplan-NIVAn (2.4.2014–12.5.2014 ja 28.3.2014–11.5.2014) toteuttamat virtausmittaukset
7. Tenon vesistön ja Joulujoen sedimentti- ja virtaustiedot Multiconsultin raportista sekä NVE:ltä.

Lisäksi osatoimeksiannon A raporttia käytettiin perustana mallin laatimisessa.

Raportissa keskitytään vuorovesivirran eli väylän tapahtumiin, Malli kattaa vuorovesialueen ja koko suistoalueen, mutta niiltä ei ole käytettävissä tarkkoja syvyyksimittaus- ja sedimenttitietoja. Sitä vastoin sedimentin kulkeutuminen ja virtausten määrällisiä tietoja uoman varrelta pidetään riittävinä. Virtausmalli validoitiin NIVAlta saatujen, 29.3.–1.4.2014 tehtyjä mittauksia koskevien tietojen perusteella (viite /4/). Veden korkeuden ja virtausnopeuden simulaatiot ovat hyvin yhteneväisiä mittaustietojen kanssa.

Pahinta skenaariota koskevat (varovaisimmat) laskelmat, joissa arvioitiin sedimentin kokonaiskulkeutumista, osoittavat, että ruoppausalueen suuntaan kulkeutuvan sedimentin tilavuus voi olla 7 200 m³ vuodessa. Tällöin ruoppausalue täytyisi uudelleen kymmenessä vuodessa.

Ruoppausalueella 2 vastaava tilavuus on 4 200 m³ vuodessa, jolloin täyttymisaika olisi 32 vuotta.

Paras skenaario saadaan laskettua arvioimalla pelkän pohjasedimentin kulkeutumista.

Ruoppausalueella 1 sedimenttitilavuus olisi 2 400 m³ vuodessa ja täyttymisaika 31 vuotta.

Ruoppausalueella 2 sedimenttitilavuus olisi 1 500 m³ vuodessa ja täyttymisaika noin 89 vuotta.

Todennäköisesti täyttymisaika sijoittuu kahden ääripään (pahimman ja parhaan skenaarion) väliin eli 10–32 vuotta ruoppausalueella 1 ja 31–89 vuotta ruoppausalueella 2.

Luvut perustuvat siihen, että ruoppausalueelle 1 jakautuu ainesta 74 325 m³ ja ruoppausalueelle 2 puolestaan 132 925 m³.

Raportissa käytetty laskennallinen hiekan tilavuus on paljon pienempi kuin laadullisessa arviointiraportissa. Numeeriseen analyysiin perustuvat luvut ovat vähemmän epävarmoja kuin laadullisen arvioinnin tuloksena saadut. Laadullisen arvioinnin pääolettama, jonka mukaan uoman

suorakulmion muotoisen poikkileikkauksen halki kulkisi jatkuva virtaus, vaikuttaa virheelliseltä, joten sedimenttiä kulkeutuu oletettua vähemmän varsinkin hiekkasärkän kohdalla. Numeerisiin laskelmiin liittyy kuitenkin epävarmuutta sedimentin kulkeutumisen satunnaisen luonteen vuoksi. Epävarmuuskertoimen voidaan olettaa olevan 2.

Kystverket esitti toukokuussa 2019 uuden ruoppausvaihtoehdon, jossa ruoppaussyvyys olisi metrin aiempaa suurempi (eli –10,3 LAT). Raportin versiossa B on käsitelty ruopatun alueen täyttymistä uuden vaihtoehdon pohjalta sekä pyritty vastaamaan Kystverketin esittämiin kysymyksiin, jotka koskivat hiekan epätasaista kerrostumista uomaan.

Uuden, –10,3 m LAT -syvyyteen ulottuvassa ruoppausvaihtoehdossa ruoppausalueen 1 täyttymisajaksi ruopatun hiekan tilavuutta vastaavalla ainesmäärällä arvioitiin 19–65 vuotta ja ruoppausalueen 2 taas 57–182 vuotta.

Täyttymisaika-arviot perustuvat yleiseen sedimentin kulkeutumistahtiin ja siihen, että kahdelle alueelle kertyvän aineksen tilavuus on sama kuin ruopattava tilavuus. Uoman olosuhteiden vaihtelua pituus- ja poikittaissuunnassa ei ole otettu huomioon, ja niiden vaikutuksesta sedimentit kerrostuvat uomaan epätasaisesti.

Virtaus- ja sameusmittaukset. Sedimentin leviäminen

- Børve, E. (2014) *Del 1: Resultater fra strømmålinger ved Leirpollen i Finnmark, mars – mai 2014* (Osa 1: Finnmarkin Jouluvuonossa maaliskuu–toukokuussa 2014 tehtyjen virtausmittausten tulokset). Akvaplan-NIVA. Raportti nro 6969.01. Väylän virtausmittaukset.

Tiivistelmä:

Raportissa esitetään Finnmarkin Jouluvuonossa tehtyjen virtausmittausten tulokset. Mittaukset tehtiin maaliskuu–toukokuussa 2014. Mittauspiste oli noin 25 metrin syvyydessä, ja virtausta mitattiin koko vesimassassa profiloivalla virtausmittarilla.

Niin suurin virtauksen keskinopeus (12,7 cm/s) kuin suurimmat vaihtelut ja voimakkain virtauskin mitattiin pinnan läheisyydessä, 6 metrin syvyydessä. Mittauksissa 90 prosentissa virtausnopeus oli 30,4–3,1 cm/s. Virtaus heikkeni vähitellen hieman syvyyden lisääntyessä, ja 24 metrin syvyydessä vastaava keskimääräinen virtausnopeus oli 6,4 cm/s. Virtauksen vaihtelut vähenivät vastaavasti syvyyden myötä, ja 90 prosentissa mittauksista vaihteluväli oli 2,2–21,9 cm/s.

Vuorovesivirtaukset olivat hallitsevia itä–länsi-suunnassa, joka on myös virtauksen pääsuunta.

Kyseisessä suunnassa vuoroveden vaikutuksella voidaan selittää peräti 84 prosenttia virtausnopeuden vaihtelusta. Pohjois–etelä-suunnassa virtaus oli verrattain vähäistä, ja siinä havaittiin vain hieman vuoroveden vaikutusta (se selittää vain 13 prosenttia kokonaisvaihtelusta tässä virtaussuunnassa).

- Børve, E. (2014) *Del 2: Resultater fra strømmålinger ved Leirpollen i Finnmark, april – mai 2014* (Osa 2: Finnmarkin Jouluvuonossa huhti–toukokuussa 2014 tehtyjen virtausmittausten tulokset). Akvaplan-NIVA. Raportti nro 6969.01. Väylän virtausmittaukset.

Tiivistelmä:

Raportissa esitetään Finnmarkin Jouluvuonossa tehtyjen virtausmittausten tulokset. Mittaukset tehtiin huhti–toukokuussa 2014. Mittauspiste oli noin 10 metrin syvyydessä, ja virtausta mitattiin profiloivalla virtausmittarilla.

Alueen päävirtaussuunta oli pohjoinen/pohjoisluode ja nettovirtausnopeus 9,1 cm/s.

Virtausmittauksista 50 prosentissa virtausnopeus oli 7,2–31,8 cm/s. Virtausnopeuden mediaani oli 16,7 cm/s. Virtausnopeuksien vaihteluväli alueella oli suuri, sillä 90 prosenttia mittauksista sijoittui virtausnopeuksiin 2,5–52,7 cm/s.

Virtausnopeuden suuri vaihtelu voi suurelta osin selittyä vuoroveden voimakkaalla vaikutuksella pohjoisen ja pohjoisluoteen sekä etelän ja eteläkaakon suunnissa. Vuoroveden vaikutuksella voidaan selittää arviolta jopa 54 prosenttia mittauspisteen virtausnopeuksista. Dekomponoidussa muodossa vuoroveden osuudella voitaisiin selittää 87 prosenttia vaihtelusta pohjois–etelä-suunnassa ja 72 prosenttia itä–länsi-suunnassa.

- Borge, J. (2015) *Strømrapport, Stangnes, Tana* (Virtausraportti, Stangnes, Teno). Multiconsult. Raportti 712828-1-RIMT-RAP-001_Strømrapport_Stangnes. Virtausmittaukset ja hydrografiset mittaukset läjitysalueella Stangnesin edustalla.

Tiivistelmä:

Tenon Stangnesin alueella suoritettiin virtausmittauksia ja hydrografisia mittauksia 25.3.–5.5.2015.

Keskimääräinen ja suurin virtausnopeus ja nollamittausten osuus olivat seuraavat: Syvyys [m]	Keskimääräinen virtausnopeus [cm/s]	Suurin virtausnopeus [cm/s]	Suurimman virtauksen suunta [°]	Mittaukset <= 1 cm/s [%]
7 m	7	28	7	1,2
21 m	5	29	10	5,2
41 m	5	19	348	5,7
62 m	4	16	312	4,4
71 m	4	18	301	6,6

Hydrografia: Tulosten perusteella kaikkien seitsemän tutkitun mittauspisteen pintavesikerroksen suolapitoisuus oli vähentynyt maalisi- ja toukokuun välissä vuonna 2015. Kerroksen paksuus oli 5–20 metriä. Lämpötila oli kohonnut koko vesimassassa. Veden sameus oli lisääntynyt hieman, noin arvosta 0,2 arvoon 0,3 NTU.

Horisontaalinen virtaus: Virtauksen keskimääräiseksi nopeudeksi koko vesimassassa mitattiin 4–7 cm/s. Virtauksen pääsuunta oli pohjoiseen ja jokseenkin yhteneväinen koko massan korkeudella.

Suolaisuus 76 metrin syvyydessä oli keskimäärin 34,7.

Sameus 46 metrin syvyydessä oli keskimäärin 0,47 NTU.

Vuorovedellä on Jouluvuonon virtausten kokonaiskuvuissa suuri merkitys. Muita mahdollisia virtauksiin vaikuttavia prosesseja ovat säätölaajalla alueella (esim. ilmanpaine, lämpötila ja tuuli), rannikkovirtausten vaihtelut ja makean veden virtausmäärä mereen, joka vaikuttaa kerrostumiseen kesäpuoliskolla.

- Borge, J. (2015). *Sedimentspredning ved Stangneset, Tana kommune* (Sedimentin leviäminen Stangnesin edustalla Tenon kunnassa). Multiconsult. Raportti 712828-1-RIMT-RAP-002_Sedimentspredning_Stangnes.

Tiivistelmä:

Sedimentin leviämistä Jouluvuonosta Stangnesin kohdalla Tenon kunnassa on tutkittu yksinkertaistetun mallin avulla. Kulkeutumista on mallinnettu advektion ja turbulenssin yhteydessä kuutena ajanjaksona. Havaintojen mukaan suurin osa hiukkasista päätyy enintään 100 metrin etäisyydelle päästökohdastaan. Pienimmät hiukkaset voivat kulkeutua jopa kilometrin päähän päästökohdasta. Suurin osa sedimentoitumisesta tapahtuu päästökohdan pohjoispuolella. Tulokset perustuvat maalisi–toukokuussa 2015 tehtyjen virtausmittausten arvoihin. Virtausten odotetaan vaihtelevan vuoden mittaan, ja muina vuodenaikoina erilaiset virtausolosuhteet voivat muuttaa sedimentin jakautumista.

- Falck, H. M. (2015). *Strømrapport med hydrografi, Leirpollen, Tana kommune* (Virtausraportti hydrografisin tiedoin, Jouluvuono, Tenon kunta). Multiconsult. Raportti 712828-1-RIMT-RAP-003_Strømrapport_Leirpollen_med_turbiditet. Väylän virtaukset, hydrografia ja veden sameus

Tiivistelmä:

Virtausmittauksia tehtiin kolmessa pisteessä (LP1, LP2, LP3) Tenon kunnan Jouluvuonossa 7.5.–18.8.2015 sekä hydrografisia mittauksia CTD-sondilla seitsemässä pisteessä kolmeen otteeseen kesällä 2015.

Keskimääräinen ja suurin virtausnopeus ja nollamittausten osuus olivat seuraavat: Nimi	Syvyys [m]	Keskimääräinen virtausnopeus [cm/s]	Suurin virtausnopeus [cm/s]	Suurimman virtauksen suunta [°]	Mittaukset ≤ 1 cm/s [%]
LP1	9 m	44	131	153	0,3
LP2	11 m	7	72	267	4,1
LP3	21 m	3	36	19	10,0

Hydrografia: Kussakin seitsemässä mittauspisteessä laadittiin kolme CTD-profiilia sameusarvoineen 1.6., 13.7. ja 18.8.2015. Aiemmin oli raportoitu samoissa seitsemässä pisteessä 23.3.2015 ja 6.5.2015 tehtyjen hydrografisten mittausten tuloksista (Multiconsult, 2015). Mittausten perusteella pintakerroksen suolapitoisuus väheni maaliskuussa tehdyistä mittauksista lähtien koko mittausjakson ajan aina 18.8.2015 asti. Kerroksen paksuus oli 5–20 metriä. Maaliskuusta toukokuuhun veden sameus lisääntyi hieman, 0,2:sta 0,3 NTU:hun. Kesäkuusta heinäkuuhun sameus lisääntyi edelleen, lähes 1,0 NTU:hun, ja väheni jälleen elokuussa 0,2–0,5 NTU:hun.

Horisontaalinen virtaus pohjassa: Kolmesta kohdasta pohjassa virtauksen keskinopeudeksi mitattiin 3–34 cm sekunnissa. Päävirtaussuunta vaihteli mittauspisteessä LP1 luoteen ja kaakon sekä mittauspisteessä LP2 lännen ja idän välillä. Mittauspisteessä LP3 virtaukset olivat vaihtelevampia. Virtausnopeudeksi mitattiin vain harvoissa mittauksissa alle 1 cm/s.

Sameuden aikasarja pohjassa: Sameusarvo oli heinäkuun puolellavälissä noin 1 kaikissa kolmessa mittauspisteessä. Heinäkuun lopusta 18.8. tehtyyn mittaukseen sameus lisääntyi lähes 100 NTU:n tasolle. Syitä tähän voivat olla esimerkiksi planktonin kertyminen mittalaitteisiin ja alueen biologinen tuotanto.

Vuorovesi: Vuorovedellä on Jouluvuonon virtausten kokonaiskuvassa suuri merkitys. Muita mahdollisia virtauksiin vaikuttavia prosesseja ovat Tenojoesta tulevat virtaukset, säätila laajalla alueella (esim. ilmanpaine, lämpötila ja tuuli), rannikkovirtausten vaihtelut ja makean veden virtausmäärä mereen, joka vaikuttaa kerrostumiseen kesäpuoliskolla.

- Falck, H. M. (2015). *Sammendrag av strøm- og turbiditetsmålinger ved Leirpollen og Stangnes, Tana kommune* (Yhteenvedo virtaus- ja sameusmittauksista Jouluvuonossa ja Stangnesissä Tenon kunnassa). Multiconsult. Raportti 712828-1-RIMT-RAP-004_Leirpollen_Stangnes_Tanavassdraget. Yhteenvedo toimenpidealueen virtauksista, hydrografiasta ja veden sameudesta.

Tiivistelmä:

Raportti on yhteenvedo Multiconsultin aiemmista, 23.3.–18.8.2015 Jouluvuonossa ja Stangnesissä, Tenon kunnassa, tekemistä ympäristötutkimuksista. Niissä mitattiin virtauksia ja sameuden aikasarja sekä hydrografia- ja sameusprofiileja. Lisäksi raporttiin on sisällytetty Tenon vesistöä koskevia historiallisia vesi- ja sedimenttitietoja.

Mittausjaksona tehdyissä virtausmittauksissa havaittiin Jouluvuonon ja Tenonvuonon välisessä uomassa voimakas virtaus, jonka nopeus oli enimmillään 131 cm/s 153°:n suuntaan. Keskimääräiseksi virtausnopeudeksi mitattiin 44 cm/s. Stangnesin eteläpuolella mitattu keskimääräinen virtausnopeus oli 7 cm/s ja enimmäisvirtaus 72 cm/s 267°:n suuntaan. Stangnesin pohjoispuolella mittauksia tehtiin useissa syvyyksissä, ja keskimääräinen virtausnopeus oli 4–7 cm/s ja enimmäisvirtaus 29 cm/s 21 metrin syvyydessä. Jouluvuonon ja Stangnesin välisessä uomassa vuoroveden havaittiin vaikuttavan virtauksiin voimakkaasti. Suurin mitattu vuorovesivirtauksen nopeus oli 87 cm/s.

Sameuden aikasarjasta havaittiin, että ajanjaksona alkaen 23.3.2015 kesäkuun alkuun asti sameus oli 0–1,5 NTU. Heinäkuun lopusta mittausjakson loppuun (elokuun puoleenväliin) mitatut sameusarvot kohosivat kaikissa kolmessa mittauspisteessä merkittävästi 10₀–10₁:n tasolle ja jopa 10₂:een. Ilmiö liittyy luultavasti biologiseen tuotantoon, joka lisää veden sameutta ja voi aiheuttaa myös planktonin kertymistä mittalaitteisiin ja vaikuttaa siten mittaustuloksiin. Kohonneiden arvojen mittausjaksoja lukuun ottamatta veden sameus oli 1,0 NTU:n luokkaa.

Pulmangista, noin 50 km Tenoa ylävirtaan, kerätystä sedimenttiaineistosta sekä NVE:n aiemmin julkaisemasta materiaalista ilmenee, että sedimentin kulkeutuminen lisääntyy silloin, kun virtaukset ovat suurimmillaan (esimerkiksi kevättulvien ja Tenojoen jäiden lähden yhteydessä). Ajankohta

vaihtelee vuosittain paljon. Tenojoen sedimenttitietoja ei ollut käytettävissä vertailuaineistona samalta ajanjaksolta, jolloin virtauksia ja sameuta mitattiin.

- Zhou, Q, Gaardsted, F, Leikvin, Ø. (2017) *Modellsimuleringer av sedimenttransport ved mudring i kanal ved Leirpollen, Tana kommune, Finnmark* (Simulointimallit sedimentin kulkeutumisesta väylän ruoppauksen yhteydessä Finnmarkin Tenon kunnan Jouluvuonossa). Akvaplan-NIVA. Raportti 8443.01.

Tiivistelmä:

Jouluvuonon väylän parannushankkeen yhteydessä Finnmarkissa suunnitellaan Tenonvuonon ja Jouluvuonon välisen uoman ruoppaamista. Kaikkiaan alueelta vietäisiin ainesta pois noin 256 000 m³. Osan ruoppausmassasta (noin 2–5 %) odotetaan ruoppaustyön yhteydessä valuvan takaisin vesimassaan ja leviävän virtausten mukana. Raportissa käsitellään ainoastaan ruoppauksen yhteydessä veteen pääsevän aineksen leviämistä ja kerrostumista. Loppujen 95–97 prosentin käyttäytymistä eli suurinta osaa ruoppausmassasta ei ole arvioitu.

Ruoppauksen yhteydessä veteen pääsevän aineksen leviämistä ja kerrostumista arvioitiin numeerisen mallintamisen avulla kahdella ruoppausmenetelmällä:

1. kauharuoppaus (hävikki 5 % ruopatusta kokonaismassasta)

2. imuruoppaus (hävikki 2 % ruopatusta kokonaismassasta).

Simulaatioiden mukaan suuri osa hävikkiaineksesta laskeutuu pohjaan noin 10–25 metrin syvyyteen heti Stangnesin etelä- tai luoteispuolelle. Sedimenttikerroksen enimmäispaksuudeksi arvioitiin noin 108 mm kauharuoppauksessa ja noin 39 mm imuruoppauksessa. Sen alueen suuruus, jolla sedimenttikerros olisi yli 25 mm paksu, olisi kauharuoppauksessa noin 152 000 m² ja imuruoppauksessa noin 23 000 m².

Vedessä leijuvan hävikkiaineksen määrä määräytyy pitkälti alueen virtausvoimakkuuden mukaan. Voimakkaiden vuorovesivirtausten aikana aiemmin pohjaan laskeutunutta ruoppausainesta voi lähteä liikkeelle, ja se voi lisätä veden sameutta. Vaikutus on suurin lähimpänä pohjaa ja heikkenee pintaa kohden. Simulaatioiden mukaan suurimmat ruoppausmassapitoisuudet (> 1 000 mg/l) keskittyvät välittömälle ruoppausalueelle. Läheisessä vuorovesisuistossa pitoisuus voi paikoin kohota 600 mg:aan/l kauharuoppauksessa ja 400 mg:aan/l imuruoppauksessa. Tällaiset pitoisuudet ovat lyhytkestoisia, koska virtaukset ovat vain harvoin niin voimakkaita, että ne saisivat hiukkaset liikkeelle.

Merenkulun riskianalyysit

- Oltedal, S. (2014) *Innseilingen til Leirpollen i Tana – Kvalitativ risikoanalyse* (Jouluvuonon väylä Tenossa – laadullinen riskianalyysi). Safetec. Raportti nro ST-10380-1. Laadullinen merenkulun riskianalyysi.

Tiivistelmä:

Safetec Nordic AS sai Kystverketiltä toimeksiannon Jouluvuonon väylällä Tenossa toteutettavien vaihtoehtoisten parannustoimenpiteiden arvioimiseksi. Kystverket on tunnistanut useita mahdollisia toimenpiteitä, ja se on pystyttävä asettamaan ne keskinäiseen paremmuusjärjestykseen. Arviointi perustuu ensisijaisesti siihen, missä määrin eri toimenpiteet vähentävät pohjakosketusten vaaraa ja parantavat väylän purjehduskelpoisuutta operatiivisesta näkökulmasta. Seikkoja tarkastellaan summittaista kustannusarviota vasten. Hurtigruten-aluksella pidettiin 13.–16.10.2014 työkokous, johon osallistui Kystverketin, Kystverket-varustamon, Hurtigrutenin, Bukser & Bergingin ja Safetecin edustajia.

Safetec asetti toimenpide-ehdotukset järjestykseen laadullisen kustannus-hyötyanalyysin perusteella. Toimenpiteiden erottelamiseen toisistaan käytettiin semikvantitatiivista luokittelua. Sen jälkeen toimenpiteet koottiin kolmeen ryhmään pienimmän, kohtalaisen ja suurimman kustannus-hyötyvaikutuksen mukaan.

- Madsen, C. S. Fjørtoft, H. Hassel, M. (2016). *Risikoanalyse Innseiling Leirpollen* (Riskianalyysi Jouluvuonon väylästä). Safetec. Raportti nro ST-11683-2. Väylän laadullinen riskianalyysi.

Tiivistelmä:

Safetec Nordic AS analysoi riskianalyysissaan laivaliikennettä Jouluvuonon väylällä Kystverketin Tromssan ja Finnmarkin yksikön toimeksiannosta. Väylä on nykyisellään kapea ja osin matala, ja kurssia on

muutettava usein. Väylää halutaan parantaa leventämällä ja syventämällä sitä sekä parantamalla merkintöjä. Väylän parannustoimenpiteiden jälkeen Elkem Tanan kaivokselle liikennöivien alusten määrän odotetaan pienenevän mutta koon kasvavan.

Safetec määritteli vesiliikenneonnettomuuksien riskin sekä ennen suunniteltuja väylän parannustoimia että niiden jälkeen voidakseen mitata toimenpiteiden vaikutusta tapaturmien esiintyvyyteen. Tässä

yhteydessä käsiteltyjä tapahtumia ovat törmäykset ja pohjakosketukset.

Tulosten mukaan vesiliikenneonnettomuuden todennäköisyys vähenee analysoidulla alueella kokonaisuudessaan

noin 50 prosenttia suunniteltujen väylänparannustoimien toteuttamisen jälkeen. Öljypäästöjen todennäköisyys

vesiliikenneonnettomuuksien seurauksena vähenee kaikissa suuruusluokissa, ja prosentuaalisesti väheneminen on suurinta suurimmissa päästöissä. Öljypäästöjen esiintymistiheyden arvioidaan vähenevän 48 prosenttia toimenpiteiden seurauksena.

Jouluvuonon väylän suunniteltu ruoppaaminen vaikuttaa Tenojoen suun luonnonpuistoon.

Jouluvuonoa ympäröivä alueella on ympärivuotisesti korkea toimintavalmius, mutta vahinkojen vaara on tunnettuja ja tärkeitä kosteikkolintulajeja, lohta, meritaimenta ja nieriiä ajatellen suurin kesäaikana sekä marras–helmikuussa, jolloin tuulen kala (luvussa 7.2 kuvattu pikkukala).

Yhteiskuntataloudelliset analyysit

- Grünfeld, L.A ja Løge, T.H. (2016). *UTBEDRING AV INNSEILINGEN TIL LEIRPOLLEN I TANA – en samfunnsøkonomisk analyse* (Jouluvuonon väylän parantaminen Tenossa – yhteiskuntataloudellinen analyysi). MENON. Raportti nro 29/2016.

Tiivistelmä:

Pohjakosketusten riskin sekä niistä herkälle luonnolle aiheutuvien ympäristöhaittojen vähentämiseksi Kystverket suunnittelee Tenonvuonosta Jouluvuonoon johtavan väylän parantamista. Raportissa tehdään ehdotetuista parannustoimenpiteistä yhteiskuntataloudellinen analyysi, joka perustuu laskelmiin mahdollisista kustannuksista ja yhteiskunnallisista hyödyistä 40 vuoden ajanjaksolla. Analyysin tarkoituksena on arvioida toimenpiteiden toteuttamisen kannattavuutta yhteiskunnan kannalta.

Väylä ja ehdotetut toimenpiteet on kuvattu karttaluonnoksessa yllä. Väylälle ovat nyky muodossaan leimallisia hiekkasärkät ja syvyys- ja leveysvaihtelut, jotka tekevät navigoinnista haastavaa. Lisäksi väylän merimerkit ovat huonokuntoisia ja vaativat paljon kunnossapitoa. Parannukset aiotaan toteuttaa ruoppaamalla väylää siten, että se olisi kaikkialla vähintään 120 m leveä ja –9 m syvä. Toimenpiteillä saataisiin suoritettua väylä ja korvattua merimerkit nykyistä paremmilla ja kestävämmillä. Investointikustannuksiksi arvioidaan 85 miljoonaa kruunua (vuoden 2016 kurssilla). Uusista merimerkeistä koituisi Kystverketille 40 vuoden ajanjaksolla säästöä noin 46 miljoonaa kruunua, mikä olisi merkittävä hyötyvaikutus.

Väylällä on nykyisin vähän liikennettä, mutta se on tärkeä kulmakiviyrittys Elkemille, joka laivaa väylää pitkin kvartsiittia kaivoksestaan vuonon pohjukassa. Elkem Tanan toimittaa kvartsiittia Norjan ja Islannin metalliteollisuudelle. Maailman toiseksi suurimman kvartsiittikaivoksen vuosituotanto on noin miljoona tonnia. Nykyisestä kaivoksesta kvartsiittia saadaan vielä 20 vuoden ajan, ja nyt Elkem on käynnistänyt kaavoitustyön voidakseen laajentaa toimintaansa uuteen kaivokseen, jonka ansiosta käyttöaika pitenee vähintään 50 vuodelle.

Toimenpiteet voivat vaikuttaa myös muihin keskeisiin tahoihin, kuten paikalliseen poronhoitoon, kalastukseen, maatalouteen ja matkailuun, vaikka ne eivät olekaan väylän suoranaisia käyttäjiä. Toimenpiteet eivät vaikuta niihin välittömästi, mutta niihin kohdistuu väliaikaista meluhaittaa ja muita häiriöitä toimenpidevaiheessa. Laskelmat

osoittavat, että ehdotetuista toimenpiteistä kertyy rahassa määritetty 500 miljoonan kruunun nettohyöty. Ottamatta huomioon rahassa määrittämättömiä vaikutuksia sekä epävarmuustekijöitä ja jakovaikutuksia ei ole syytä epäillä toimenpiteiden yhteiskuntataloudellista kannattavuutta.

Toimenpiteiden julkisen rahoituksen tarve on negatiivinen, sillä säästöt ylläpitokustannuksissa ja Elkem Tanan maksamien verojen lisääntyminen ylittävät investointikustannukset. Samasta syystä

nettohyöty budjetoitua kruunua kohden -indikaattori (NNB) on negatiivinen (jaettava positiivinen, jakaja negatiivinen), ja talouden ohjausvirasto DFØ:n yhteiskuntataloudellisia analyysseja koskevan ohjeen mukaan tällaisille hankkeille on annettava etusija muihin hankkeisiin verrattuna.

Suurin hyöty syntyy Elkem Tanan kuljetuskustannusten pienenemisestä. Elkem ei nykyisin voi kuormata suurimpia rahtialuksia täyteen väylän mittasuhteiden vuoksi eikä sen vuoksi voi hyödyntää täysimääräisesti mittakaavaetua tuotteensa laivauksessa. Rahdin kuljettamiseen voidaan lisäksi käyttää enintään 8 000 tonnin aluksia, mikä ei yritystoiminnan kannalta ole optimaalista. Laskelmien mukaan toimenpiteistä aiheutuisi Elkemille ja kvartsiitin ostajille vuosittain noin 30 miljoonan kruunun kustannussäästöt sen seurauksena, että nykyistä suuremmat rahtialukset voitaisiin kuormata täyteen ja vähentää siten kuljetusten lukumääriä. Koko tarkastelujaksolla se vastaa yhteensä noin 485 miljoonan kruunun kustannussäästöä, mikä on merkittävä määrä.

Toinen suuri säästömahdollisuus liittyy edellä mainittuun merimerkkien ylläpitotarpeen vähenemiseen (46 miljoonan kruunun säästö tarkastelujaksolla). Toimenpiteet vähentävät myös pohjakosketusten riskiä ja sitä kautta alusten odotettavissa olevia korjauskustannuksia ja alusten poissa liikkeestä olemisen aiheuttamia tulonmenetyksiä sekä öljyvuotojen puhdistamiskustannuksia. Näin säästöä syntyy arviolta 2,3 miljoonaa kruunua. Polttoainevuotojen todennäköisyyden pieneneminen ja sen myötä herkkään ympäristöön kohdistuvien vaurioiden väheneminen aiheuttavat laskelmien mukaan kotitalouksille 3,6 miljoonan kruunun arvoisen hyödyn.

Analyysien yhteydessä otettiin huomioon useita epävarmuustekijöitä. Jotkin tahot ovat ilmaisseet huolensa siitä, että kalakannat voisivat pienentyä pysyvästi sen seurauksena, että merkittävä määrä ravinteita häviää merenpohjasta ruoppauksen ja/tai jokisuun virtausten muuttumisen vuoksi. Toistaiseksi ei juuri ole olemassa dokumentaatiota siitä, että näin dramaattiset vaikutukset olisivat todennäköisiä. Jotta mainitut muutokset voitaisiin kuitenkin mahdollisimman pitkälle ottaa huomioon, epävarmuusanalyysissa on laadittu pahimman ajateltavissa olevan tilanteen skenaario, jossa tapahtuu ympäristökatastrofi (M-skenaario). Siinä on määritetty arvo sille, että kaikki virkistyskalastus loppuu Tenon vesistöissä, sekä kymmenkertainen arvo kotitalouksien hyvinvoinnin menetykselle verrattuna toimenpiteiden aiheuttaman ympäristöriskin vähenemisen tuomaan hyvinvointihyötyyn. Mahdolliset merkittävät muutokset joen virtauksessa ja meriympäristössä toimenpiteiden seurauksena merkitsisivät yhteiskunnalle kaikkiaan 178 miljoonan kruunun potentiaalista tappiota tarkastelujaksolla.

Tutkimus sisältää myös epävarmuusanalyysit, joissa on arvioitu seuraavien tilanteiden vaikutuksia: (i) Elkem saa toiminnalleen jatkoluvan 70 vuodeksi (E-skenaario) ja (ii) investointikustannukset kasvavat 20 prosenttia (K-skenaario). Pahimassa ajateltavissa olevassakaan skenaariossa, jossa Elkem ei voisi jatkaa toimintaansa pidempään kuin 20 vuotta eteenpäin, investointikustannukset kasvavat 20 prosenttia ja toimenpiteet johtavat merkittäviin muutoksiin joen virtauksessa ja meriympäristössä ("ympäristökatastrofi"), parannustoimista saadaan 237 miljoonan kruunun nettohyöty. Näin ollen toimenpiteiden toteuttaminen on yhteiskuntataloudellisesti kannattavaa myös pahimassa ajateltavissa olevassa skenaariossa. Kannattavuuteen vaikuttavat eniten suuret tuottavuusvaikutukset, joita Elkem Tanan kuljetuskustannusten laskusta aiheutuu, sekä Kystverketille merimerkkien kunnossapidosta aiheutuvien menojen pieneneminen. Luonnonpuiston ja Ramsar-alueen aseman myötä Tenojoen suulla on korkein mahdollinen luonnonsuojelustatus, mikä itsessään tekee hankkeen toteuttamisesta ongelmallista. Laskelmat osoittavat, että ehdotetuista toimenpiteistä kertyy rahassa määritetty 500 miljoonan kruunun nettohyöty. Ottamatta huomioon rahassa määrittämättömiä vaikutuksia sekä epävarmuustekijöitä ja jakovaikutuksia ei ole syytä epäillä toimenpiteiden yhteiskuntataloudellista kannattavuutta. Toimenpiteiden julkisen rahoituksen tarve on negatiivinen, sillä säästöt ylläpitokustannuksissa ja Elkem Tanan maksamien verojen lisääntyminen ylittävät investointikustannukset. Samasta syystä nettohyöty budjetoitua kruunua kohden -indikaattori (NNB) on negatiivinen (jaettava positiivinen, jakaja negatiivinen), ja talouden ohjausvirasto DFØ:n yhteiskuntataloudellisia analyysseja koskevan ohjeen mukaan tällaisille hankkeille on annettava etusija muihin hankkeisiin verrattuna.

Suurin hyöty syntyy Elkem Tanan kuljetuskustannusten pienenemisestä. Elkem ei nykyisin voi kuormata suurimpia rahtialuksia täyteen väylän mittasuhteiden vuoksi eikä sen vuoksi voi hyödyntää täysimääräisesti mittakaavaetua tuotteensa laivauksessa. Rahdin kuljettamiseen voidaan lisäksi käyttää enintään 8 000 tonnin aluksia, mikä ei yritystoiminnan kannalta ole optimaalista. Laskelmien mukaan toimenpiteistä aiheutuisi Elkemille ja kvartsiitin ostajille vuosittain noin 30 miljoonan kruunun kustannussäästöt sen seurauksena, että nykyistä suuremmat rahtialukset voitaisiin kuormata täyteen

ja vähentää siten kuljetusten lukumääriä. Koko tarkastelujaksolla se vastaa yhteensä noin 485 miljoonan kruunun kustannussäästöä, mikä on merkittävä määrä.

Toinen suuri säästömahdollisuus liittyy edellä mainittuun merimerkkien ylläpitotarpeen vähenemiseen (46 miljoonan kruunun säästö tarkastelujaksolla). Toimenpiteet vähentävät myös pohjakosketusten riskiä ja sitä kautta alusten odotettavissa olevia korjauskustannuksia ja alusten poissa liikkeestä olemisen aiheuttamia tulonmenetyksiä sekä öljyvuotojen puhdistamiskustannuksia. Näin säästöä syntyy arviolta 2,3 miljoonaa kruunua. Polttoainevuotojen todennäköisyyden pieneneminen ja sen myötä herkkään ympäristöön kohdistuvien vaurioiden väheneminen aiheuttavat laskelmien mukaan kotitalouksille 3,6 miljoonan kruunun arvoisen hyödyn.

Analysien yhteydessä otettiin huomioon useita epävarmuustekijöitä. Jotkin tahot ovat ilmaisseet huolensa siitä, että kalakannat voisivat pienentyä pysyvästi sen seurauksena, että merkittävä määrä ravinteita häviää merenpohjasta ruoppauksen ja/tai jokisuun virtausten muuttumisen vuoksi. Toistaiseksi ei juuri ole olemassa dokumentaatiota siitä, että näin dramaattiset vaikutukset olisivat todennäköisiä. Jotta mainitut muutokset voitaisiin kuitenkin mahdollisimman pitkälle ottaa huomioon, epävarmuusanalyyysissa on laadittu pahimman ajateltavissa olevan tilanteen skenaario, jossa tapahtuu ympäristökatastrofi (M-skenaario). Siinä on määritetty arvo sille, että kaikki virkistyskalastus loppuu Tenon vesistöissä, sekä kymmenkertainen arvo kotitalouksien hyvinvoinnin menetykselle verrattuna toimenpiteiden aiheuttaman ympäristöriskin vähenemisen tuomaan hyvinvointihyötyyn. Mahdolliset merkittävät muutokset joen virtauksessa ja meriympäristössä toimenpiteiden seurauksena merkittävistä yhteiskunnalle kaikkiaan 178 miljoonan kruunun potentiaalista tappiota tarkastelujaksolla.

Tutkimus sisältää myös epävarmuusanalyyysit, joissa on arvioitu seuraavien tilanteiden vaikutuksia: (i) Elkem saa toiminnalleen jatkoluvan 70 vuodeksi (E-skenaario) ja (ii) investointikustannukset kasvavat 20 prosenttia (K-skenaario). Pahimmassa ajateltavissa olevassakaan skenaariossa, jossa Elkem ei voisi jatkaa toimintaansa pidempään kuin 20 vuotta eteenpäin, investointikustannukset kasvavat 20 prosenttia ja toimenpiteet johtavat merkittäviin muutoksiin joen virtauksessa ja meriympäristössä ("ympäristökatastrofi"), parannustoimista saadaan 237 miljoonan kruunun nettohyöty. Näin ollen toimenpiteiden toteuttaminen on yhteiskuntataloudellisesti kannattavaa myös pahimmassa ajateltavissa olevassa skenaariossa. Kannattavuuteen vaikuttavat eniten suuret tuottavuusvaikutukset, joita Elkem Tanan kuljetuskustannusten laskusta aiheutuu, sekä Kystverketille merimerkkien kunnossapidosta aiheutuvien menojen pieneneminen.

- Gulbrandsen, M. et al (2019). *SAMFUNNSØKONOMISK ANALYSE AV INNSEILING TIL LEIRPOLLEN I TANA* (Yhteiskuntataloudellinen analyysi Jouluvuonon väylästä Tenossa). MENON. Raportti nro 59/2019.
Tiivistelmä:

Yhteiskuntataloudellisen analyysin perusteella Jouluvuonon väylän parannustoimiin liittyy merkittäviä rahassa määritettäviä hyötyjä kaikissa toimenpidevaihtoehdoissa. Ensinnäkin arvioitu ylläpitokustannusten lasku toimenpiteiden seurauksena kattaa hankkeen investointikustannukset toimenpidevaihtoehdoissa 1 ja 3 ja jopa ylittää ne. Tällöin myös valtiolle koituisi positiivista verotulovaikutusta. Toimenpidevaihtoehdossa 2 investointikustannusten ja ylläpitokustannusten laskun summa olisi nykyarvossa mitattuna 5 miljoonaa kruunua. Suurimmat hyödyt odotetaan saatavana väylän kapasiteettirajoitusten muuttumisesta, sillä toimenpiteiden jälkeen suurimmat väylää nykyisin käyttävät alukset voisivat kulkea täydellä kuormalla ja väylällä voitaisiin liikennöidä myös nykyistä suuremmilla aluksilla. Todelliset vaikutukset toimenpiteiden jälkeen ovat vielä hieman epävarmoja ja riippuvaisia muun muassa Elkem Tanan, varustamojen ja Elkem Tanan asiakkaiden päätöksistä sekä muista kapasiteettirajoituksista reitillä ja kohdesatamissa. Varovaisessa arvioissa oletetaan ainoastaan, että suurimmat väylällä nykyisin käytettävät alukset voisivat toimenpiteiden jälkeen kulkea täydellä kuormalla, ja silloin tarkastelujaksolla saavutettaisiin arviolta yli 100 miljoonan kruunun nettosäästöt nykyarvossa päästöjen aiheuttamien sekä ajasta ja välimatkasta riippuvien kustannusten vähenemisen seurauksena. Jos oletetaan lisäksi, että toimenpiteiden jälkeen alusten koko suurenee, kyseisten vaikutusten odotetaan kohoavan arviolta yli 320 miljoonaan kruunuun. Kaiken kaikkiaan rahassa määritettäviksi yhteiskuntataloudellisiksi vaikutuksiksi arvioidaan toimenpidevaihtoehdossa 1 (–9 m) 140–356 miljoonaa kruunua, toimenpidevaihtoehdossa 2 (–10 m) 105–321 miljoonaa kruunua sekä toimenpidevaihtoehdossa 3 (yhdistelmä) 146–363 miljoonaa kruunua.

Toimenpiteet kohdistuvat Tenojoen suun luonnonpuiston alueelle, jolla esiintyy erittäin paljon kaloja ja lintuja sekä monia luontotyyppejä. Alue on myös Ramsar-alue eli merkittävä kosteikkoalue. Rahassa määritettyjen vaikutusten lisäksi toimenpiteillä odotetaan sen vuoksi olevan myös rahassa määrittämättömiä vaikutuksia ekosysteemipalveluihin eli luonnosta saataviin tuotteisiin ja palveluihin, jotka edistävät ihmisten hyvinvointia. Ympäristövaikutusten hyvinvointivaikutusten arvioinnin perustana on käytetty vaikutusten arviointia, jonka mukaan kaikista toimenpiteistä aiheutuvat vaikutukset rajoittuvat toimenpidevaiheeseen sekä käyttövaiheen alkuun tietyn edellytyksin. Vaikutus meriravintoon, luonnonperintöön ja virkistykseen on arvioitu suureksi väylän –9 ja –10 metriin syventämisen yhteydessä, ja kaikkien näiden ekosysteemipalveluiden perustan muodostavat alueet on arvioitu hyvin merkittäviksi. Näin ollen ekosysteemipalveluihin kohdistuvasta hyvinvointivaikutuksesta tulee negatiivinen (– –), jos toimenpidevaihtoehdot 1 (–9 m) tai 2 (–10 m) toteutetaan. Toimenpidevaihtoehdot 3 näyttävät hieman suotuisampana kuin vaihtoehdot 1 ja 2, ja sen vaikutukset arvioidaan kohtalaisiksi ja hyvinvointivaikutus negatiiviseksi (– –). Syynä on se, että ruoppausalue on toimenpidevaihtoehdossa 3 pienempi kuin vaihtoehdossa 2, ja sillä vältetään vaihtoehdossa 1 sisältyvä ylläpitoruoppaus 20 vuoden kuluttua.

Yhteiskuntataloudelliseen analyysiin liittyy monia epävarmuustekijöitä. Suurinta epävarmuustekijää on käsitelty pääanalyysissä, ja se liittyy siihen, millaisia aluksia väylällä purjehtii toimenpiteiden jälkeen. Tämän vuoksi raportissa on käytetty siirtymäaikaa. Epävarmaa on sekin, miten väylän leveys ja syvyys kehittyisivät tulevaisuudessa ilman toimenpiteitä. Jos ylläpitoruoppausta ei suoriteta, väylä voi mennä vähitellen umpeen, ja sen purjehduskelpoisuus heikkenee suurimmista aluksista pienempiin päin. Jos tämä kehityssuunta otetaan nollavaihtoehdon tarkastelun perustaksi, toimenpiteille määritetty arvo suurenee huomattavasti siten, että nettohyöty lisääntyy kaikissa vaihtoehdoissa ja skenaarioissa noin 120 miljoonalla kruunulla. Epävarmuustekijä on myös se, millaiseksi Elkeimin toiminta muodostuu. Yritys on hakenut kunnalta lupaa laajentaa toimintaansa, ja asiasta kuullaan parhaillaan. Se käsiteltäneen syksyllä. Jos Elkem ei saa lupaa laajentaa toimintaansa, toiminnan arvioidaan voivan jatkua vain 10–15 vuotta tästä eteenpäin. Tällöin toimenpiteiden rahassa määritetty hyöty vähenisi huomattavasti, ja arvioitu nettohyöty olisi vaihtoehdokkohtaisesti 67–134, 30–100 tai 71–142 miljoonaa kruunua.

Yhteiskuntataloudellisen analyysin mukaan toimenpiteistä aiheutuu merkittäviä myönteisiä, rahassa määritettäviä vaikutuksia, mutta myös kielteisiä, muita kuin rahassa määritettäviä vaikutuksia alueen ympäristöön ja ekosysteemipalveluihin. Näiden kahden vaikutuskategorian välillä tasapainottelu on vaativa tehtävä. Keskeinen kysymys kuuluu, onko hyvinvointimenetyksinä mitattava maksuhalukkuus ekosysteemipalveluille koituvien kielteisten vaikutusten välttämiseksi yhteiskunnassa suurempi kuin toimenpiteiden rahassa määritettävien vaikutusten summa. Kannattavuusrajan arvioimiseksi on tehty break even -analyysi, jossa arvioidaan sitä, kuinka suuri kohdealueen keskimääräisen *vuotuisen maksuhalukkuuden kotitaloutta kohden* on vähintään oltava, jotta toimenpiteet eivät olisi yhteiskuntataloudellisesti kannattavia. Jos oletetaan, että toimenpiteet vaikuttavat kaikkiin Finnmarkin

maakunnan kotitalouksiin, vuotuisten hyvinvointimenetysten asukasta kohden on oltava yli 484–1 260 kruunua, jotta toimenpidevaihtoehto 1 ei olisi yhteiskuntataloudellisesti kannattava. Saman oletuksen nojalla hyvinvointimenetysten pitäisi toimenpidevaihtoehdossa 2 olla 348–1 123 kruunua ja yhdistelmävaihtoehdossa 502–1 281 kruunua. Norjassa ei ole tehty tutkimuksia, joissa olisi arvioitu maksuhalukkuutta täysin vertailukelpoisten luontoon kohdistuvien toimenpiteiden yhteydessä. Lähinnä vertailukelpoisessa tutkimuksessa arvioitiin maksuhalukkuutta makean veden vesistölle aiheutuvien pysyvien vaikutusten yhteydessä, jotka kohdistuivat useampiin ekosysteemipalveluihin kuin suunniteltavat Jouluvuonon-toimenpiteet. On otettava huomioon myös se, että pysyvien vaikutusten välttämiseen kohdistuva maksuhalukkuus on oletettavasti suurempi kuin väliaikaisiin vaikutuksiin kohdistuva. Tietopohja käsillä olevaa hanketta koskevan maksuhalukkuuden vertaamiseen vertailututkimuksen kanssa on puutteellinen, mutta jos oletetaan, että maksuhalukkuus kielteisten vaikutusten välttämiseksi ekosysteemiin on tässä hankkeessa enintään puolet vertailututkimuksen maksuhalukkuudesta, toimenpiteiden rahassa määrittelemättömät kielteiset vaikutukset voidaan todennäköisesti arvioida niiden rahassa määriteltyjä myönteisiä vaikutuksia pienemmiksi. Arvioinnissa on tärkeää muistaa, että nollavaihtoehtoon sisältyvä ylläpitoruoppauksen toteuttaminen 20 vuoden päästä, ja siitä aiheutuu ekosysteemipalveluille vastaavia rahassa määrittelemättömiä vaikutuksia. Toimenpidevaihtoehdoissa 2 ja 3 ylläpitoruoppausta 20 vuoden päästä ei tarvittaisi. Jos 20 vuoden päästä suoritettavan ylläpitoruoppauksen tarve jää pois, rahassa määrittelemättömiin vaikutuksiin verrattavien rahassa määritettyjen vaikutusten merkitys kasvaa huomattavasti, kuten epävarmuusanalyyseissä on todettu.

Kokonaisuutena arvioiden toimenpidevaihtoehto 3 eli yhdistelmävaihtoehto on yhteiskuntataloudellisesti kannattavin toimenpidevaihtoehto. Se arvioidaan parhaaksi sekä rahassa määritettyjen että rahassa määrittelemättömien vaikutusten kannalta. Suurimpiin rahassa määritettyihin vaikutuksiin liittyvä huomattava epävarmuus sekä rahallisten ja ei-rahallisten vaikutusten asettaminen vaakakuppeihin keskenään vaikeuttavat yksiselitteiseen lopputulokseen pääsemistä. Toimenpidevaihtoehto 3 yhteiskuntataloudellisen kannattavuuden arvioidaan kuitenkin olevan jotakin nollatason ja erittäin myönteisen väliltä koko pääskenaariossa tarkasteltuna ajanjaksona. Jos Elkem Tana ei saa lupaa toimintansa laajentamiseen, toimenpiteiden nettohyöty pienenee huomattavasti, ja silloin toimenpiteiden yhteiskuntataloudellinen kannattavuus kyseenalaistuu. Raportissa suositellaan näin ollen toimenpidevaihtoehdon 3 toteuttamista, jos Elkem saa luvan laajentaa toimintaansa.

Meriympäristökartoitus

- Sømme, H.O.O ja de Ruiten, H. (2015) Leirpollen, Tana. *Kartlegging av marint miljø og effekter av mudring og deponering* (Tenon Jouluvuono. Meriympäristön sekä ruoppauksen ja läjityksen vaikutusten kartoitus). Rambøll. Ympäristöraportti.

Tiivistelmä:

Tenojoen suu on tärkeä suistoalue, johon liittyy merkittäviä luontoarvoja. Se on erityisen merkityksellinen lintujen, kasvien, merinisäkkäiden ja eri kalalajien kannalta. Suistoalueet ovat suoraan yhteydessä ruoppausalueisiin ja suunniteltuun läjitysalueeseen.

Aiempien tutkimusten perusteella ruoppausalueen sedimenttiaines on puhdasta. Sen vuoksi toimenpiteiden aiheuttamat kielteiset ekologiset vaikutukset liittyvät aineksen eikä niinkään saasteiden leviämiseen. Yksittäisissä laskelmissa on osoitettu, ettei ruoppauksen ja läjityksen aiheuttama hiukkaspitoisuuden kasvu tule olemaan suurempi kuin Tenojoesta luonnollisesti kulkeutuvan aineksen ja merivirtojen aiheuttaman sedimenttieroosion vaikutus. Koska alueen nykyiset organismit ja luontotyytit ovat sopeutuneet muuttuviin ympäristöolosuhteisiin, veden hiukkaspitoisuuden mahdollisen tilapäisen kohoamisen ei odoteta aiheuttavan niille haittaa. Toimenpiteiden seurauksena kohonneen hiukkaspitoisuuden arvioidaan pysyttelevän selvästi lohikaloille ja turskalle mitattujen raja-arvojen alapuolella.

Merenpohjassa ruoppausalueilla elävät organismit tuhoutuvat tai joutuvat siirtymään toisaalle ruoppaustöiden vuoksi. Ensisijaisesti tämä koskee sedimenttiin kaivautuneita tuulenkaloja. Kun otetaan huomioon kohdealueen suhteellinen pienuus ja tuulenkalojen levinneisyysalueen suuruus, ruoppauksen ei odoteta aiheuttavan tuulenkalakannoille kielteisiä pitkäaikaisvaikutuksia.

Suurin riski liittyy toimenpiteiden suorittamisen aikaisiin häiriöihin. Melu ja ihmiset voivat häiritä joitakin lajeja niiden elinkaaren herkimmissä vaiheissa. Erityistä huomiota on kiinnitettävä lintuihin (varsinkin isokoskeloon) ja hylkeisiin sekä Høyholmenin ympäristöön. Haittavaikutuksia voidaan rajata siten, että urakoitsija noudattaa ehdotettuja varotoimia.

- Sømme, H.O.O, (2014) *Marin naturkartlegging i Leirpollen, Finnmark - Tolkning av videomateriale* (Finnmarkin Jouluvuonon merellinen kartoitus – videoaineiston tulkinta). Rambøll. Muistio 004.

Tiivistelmä:

Kuvasualueilla ei havaittu (DN:n käsikirjan 19 määritelmän mukaisia) meriluontotyyppisiä. Toimenpidealueella Jouluvuonossa 28.11.2013 kuvatun vedenalaisen videoaineiston tai saamansa toukokuussa 2013 kuvatun aineiston perusteella Rambøll pitää erittäin epätodennäköisenä, että toimenpidealueella esiintyisi meriluontotyyppisiä. Kuvasualueella ei myöskään havaittu uhanalaisten lajien tai haitallisten vieraslajien luetteloon kuuluvia lajeja.

- Todt, C (2016) *Innseilingen til Leirpollen og mulige deponier i Tanafjorden. Kartlegging av naturtyper* (Jouluvuonon väylä ja mahdolliset läjityspaikat Tenonvuonossa. Luontotyyppikartoitus). Rådgivende biologer AS. Muistio.

Tiivistelmä:

Toimenpidealueilla ei havaittu DN:n käsikirjan 19-2007 mukaisia erityisiä luontotyyppisiä eikä uhanalaisten lajien luetteloon kuuluvia lajeja merenpohjassa. Haitallisiin vieraslajeihin lukeutuva kuningasrapu oli yleinen näky läjitysalueella Stangnesin edustalla.

- Johansen, N.S. (2017) *Er det anadrom fisk i Tanamunningen vinterstid? (Onko Tenojoen suulla anadromisia kalalajeja talvisaikaan?)*. Tanavassdragets fiskeforvaltning (Tenon vesistön kalastushallinto). Rapport 2017/01.

Tiivistelmä:

Austertanaan ja Elkemin kaivoksille Giemašnjárgassa johtavan väylän parannustyöt sisältyvät Kystverketin toimintasuunnitelmaan, ja toimenpiteisiin on varauduttu valtion talousarviossa. Koska väylä kulkee Tenojoen suun luonnonpuistossa, Tenojoki on kansallinen lohijoki ja Tenonvuono kansallinen lohivuono, hankkeelle on asetettu tiukat selvitysvaatimukset. Kansallisten lohivuonojen ja -jokien lohikantoja suojellaan erityisesti vesistöihin sekä läheisiin vuono- ja rannikkoalueisiin kohdistuvilta toimenpiteiltä. Tanavassdragets fiskeforvaltning (Tenon vesistön kalastushallinto) sai Kystverketiltä rahoituksen esitutkimukseen, jossa tehtiin koekalastuksia Tenojoen suulla talvella. Anadromisten lohikalajien oleskeluajankohdista Tenojoen suulla vuoden mittaan on jonkin verran tietoa, mutta siitä ei, esiintyykö niitä siellä myös talvisaikaan. Periaatteessa anadromisia kaloja esiintyy alueella jättömänä aikana. Lohen pääasiallinen nousu kutuvaellukselle tapahtuu kesä–heinäkuussa, mutta kaikkiaan nousu kestää toukokuun alusta syyskuun loppuun. Noin kuukauden kestävä kalanpoikasten vaellus ajoittuu kesäkuun ja heinäkuun lopun välille. Talven yli lohessa viipyvien lohien pääasiallista vaellusaikaa on kevät (touko–kesäkuun vaihe), mutta todennäköisesti lohia lähtee vaellukselle jonkin verran myös syksyisin kudun jälkeen.

Elinkaaren eri vaiheissa olevat lohet vaeltavat Tenojoen suualueen läpi melko nopeasti, mutta muiden anadromisten kalalajien edustajia jää suistoon viettämään pidempiäkin kasvukausia. Eniten Tenojoen suulla tavataan kesäkuukausina meritaimenta, mutta myös siikaa ja nieriää esiintyy alueella.

Aiemmissa meritaimenkannan tutkimuksissa on havaittu, että meritaimenia on Tenojoen suulla toukokuun lopulta syyskuun lopulle, mutta niiden esiintymistä siellä myös talvisaikaan ei ole voitu sulkea pois.

Raportissa tehdään yhteenveto koekalastuksista, joita Tenojoen suulla ja Jouluvuonossa tehtiin talvella ja syksyllä 2016. Kolmella koekalastuskierroksella maaliskuun puolellisavälissä, syyskuun lopulla ja lokakuun lopulla pyydystettiin vain yksi nuori meritaimen, syyskuussa. Koekalastukset eivät vahvistaneet, että jokisuulla esiintyisi talvisaikaan anadromisia kalalajeja. Näin ollen loka- ja huhtikuun välille ajoittuvalla väylän ruoppaamisella ei luultavasti olisi välittömiä vaikutuksia lohikaloihin.

Luonnon monimuotoisuus

- Kirkemoen, O, Coleman, J. E, Haugen, T. O, Ruud, T. (2019) *Feltnotat - sampling av sil innenfor og utenfor Leirpollen, Tanaffjorden. Data fra seks tokt mars-juli 2018* (Kenttätutkimusraportti – Näytteenotto tuulenkaloista Jouluvuonossa ja sen ulkopuolella, kuusi tutkimusretkeä maaliskuu–kesäkuussa 2017 ja kolme tutkimusretkeä talvella 2018). Naturrestaurering AS. NRAS-muistio 20.4.2018 (päivitetty 20.5.2019). Ei sisällä tiivistelmää. Tulokset on sisällytetty tuulenkaloja koskevaan asiantuntijaraporttiin (raportti 713364-2-RIM-RAP-002).
- Præbel, K et al. (2019) *Artssammensetning og lokal populasjonsstruktur av sil i Tanaffjorden* (Tuulenkalojen lajijakauma ja paikallinen populaatorakenne Tenonvuonossa). Norges fiskerihøgskole, UiT Norges Arktiske Universitet. Raportti 14.5.2019. Ei sisällä tiivistelmää. Tulokset on sisällytetty tuulenkaloja koskevaan asiantuntijaraporttiin (raportti 713364-2-RIM-RAP-002).
- Kraabøl, M, Gregersen, F, Thomassen, G. (2019). *Utbedring av farleden til Leirpollen i Tana kommune - Fagrapport for laksefisk og nasjonal laksefjord (Tenon kunnassa sijaitsevan Jouluvuonon väylän parannus – asiantuntijaraportti lohikaloista ja kansallisesta lohivuonosta)*. Multiconsult AS. Raportti 713364-2-RIM-RAP-001 versio 03
Tiivistelmä:
Kystverket on laatinut Tenon kunnassa sijaitsevaa Jouluvuonoon johtavaa väylää koskevan yleiskaavan, jonka avulla pyritään parantamaan väylän osia. Väylää on tarkoitus parantaa sekä asentamalla kuusi uutta merimerkkiä että syventämällä joitakin alueita, jotka ovat nykyään liian matalia. Ainoastaan väylän pohjoisosan matalimmat ja kapeimmat osat edellyttävät syventämistä, ja näillä alueilla väylää on suunnitelman mukaan tarkoitus parantaa niin, että sen leveys on 120 metriä ja kulkusyvyyks 9 metriä. Väylä on alueella nykyisellään matalimmillaan noin 80 metriä syvä ja kapeimmillaan noin 5,6 metriä leveä.
Arvioinnin kohteena ovat olleet seuraavat vaihtoehdot:

Vaihtoehto		Ruoppaus- syvyys (m)	Ruoppaus- tilavuus (m ³)	Kohde- alue (m ²)	Ylläpito- väli (vuotta) ²	
Ruoppausvaihtoehdot	1A	Ruoppaus 9 metrin tavoitesyvyyteen suunnitellulla väylällä (leveys 120 m), lohko 1. Ruoppaus suoritetaan <u>talvikaudella</u> .	9,3	75 000	44 000	20 (10–31)
		Ruoppaus 9 metrin tavoitesyvyyteen suunnitellulla väylällä (leveys 120 m), lohkot 2 ja 3. Ruoppaus suoritetaan <u>talvikaudella</u> .	9,3	135 000	84 000	60 (32–89)
	1B	Sama kuin vaihtoehto 1A, mutta ruoppaus suoritetaan <u>kesä</u> kaudella.				
	2A	Ruoppaus 9 metrin tavoitesyvyyteen ja sen ylläpitäminen suunnitellulla väylällä (leveys 120 m), lohko 1. Ruoppaus suoritetaan <u>talvikaudella</u> .	10,3	140 000	70 000	40 (19–57)
		Ruoppaus 9 metrin tavoitesyvyyteen ja sen ylläpitäminen suunnitellulla väylällä (leveys 120 m), lohkot 2 ja 3. Ruoppaus suoritetaan <u>talvikaudella</u> .	10,3	270 000	140 000	120 (65–182)
	2B	Sama kuin vaihtoehto 2A, mutta ruoppaus suoritetaan <u>kesä</u> kaudella.				

Jouluvuonoon johtavan väylän parannustöihin liittyvän asemakaavoituksen yhteydessä Kystverket tilasi vaikutusten arvioinnit Tenonvuonon kansalliseen lohivuonoon sekä toimenpidealueen lohikalakantoihin kohdistuvista vaikutuksista. Selvitys koskee kaikkia anadromisia lohikaloja, mukaan lukien lohi, meritaimen, nierä ja siika.

Tenojoen suun alue Tenonvuonossa on murtovesisuisto, joka muodostaa estuaarin Tenojoen ja vuonon väliin. Suistossa esiintyy vuorovettä ja aaltojen muodostamia hiekkasärkkiä ja -valleja. Murtovesisuistot ovat kapeasuisten suljettujen vuonojen ohella Norjan biologisesti tuottavimpia

alueita. Luontotyyppin esiintymisala on supistunut voimakkaasti maantäytön ja rakentamisen vuoksi. Tuskin mitään muuta luontotyyppiä on Norjassa hyväksikäytetty ja tuhottu yhtä paljon kuin murtovesisuistoa. Tenojoen suisto ei siksi ole ainutlaatuinen ainoastaan Norjan mittakaavassa. Tenojoessa on maailman suurin atlanttinen lohikanta, ja alue on kansainvälisesti merkittävä Ramsar-alue ja muuttolintujen IBA-alue. Tenon vesistössä elää myös runsaslukuinen meritaimenkanta, joka oleskelee Tenonvuonossa silloin kun ei ole kutuvaelluksella Tenojoessa. Tenojoessa esiintyy myös nieriää ja siikaa, joiden elinalueesta suisto muodostaa osan.

Kansallisen lohivuonon kannalta merkityksellisten kohdealueiden luonnonvarojen ja ympäristöä pidetään hyvin arvokkaina.

Nollavaihtoehto sisältää kaksi vertailukohtaa ja kuvastaa toimenpiteiden vaikutusalueen oletettua kehittymistä silloin, jos a) ruoppausta ei suoriteta lainkaan ja b) loholla 1 suoritetaan ylläpitoruoppausta väylän nykytilan ylläpitämiseksi. Kumpikin vaihtoehto arvioidaan merkityksettömiksi (0) lohikalosten ja kansallisen lohivuonon kannalta.

Vaihtoehtoissa 1B ja 2B (kesällä tapahtuva ruoppaus) anadromisiin lohikaloihin ja kansallisiin lohivuonoihin kohdistuvien vaikutusten arvioidaan olevan *kohtalaisen negatiivisia* (– –) toimenpidevaiheessa ja *hieman negatiivisia* (–) käyttövaiheen alussa. Vaihtoehdolla 1A arvioidaan olevan *kohtalaisen negatiivinen tai hyvin negatiivinen vaikutus* (– – / – – –) toimenpidevaiheessa ja *vähäinen tai kohtalaisen negatiivinen vaikutus* (-/-) käyttövaiheen alussa, kun taas vaihtoehdon 2A vaikutuksen arvioidaan olevan *hyvin negatiivinen* (– – –) toimenpidevaiheessa ja *kohtalaisen negatiivinen* (– –) käyttövaiheen alussa. Lohikalalajeja koskevat arviot perustuvat sekä ravinnon saatavuudessa tapahtuviin muutoksiin (tuulenkalakantojen kehitys) että lohikalosten mahdollisuuksiin vaeltaa häiriöittä elintärkeiden elinympäristöjensä välillä eli meressä, vuonossa ja joessa. Arvioiden mukaan loheen kohdistuu myös keskimäärin jonkin verran vähemmän vaikutuksia kuin meritaimeneen, nieriään ja anadromiseen siikaan. Tätä perustellaan sillä, että lohi vaeltaa toimenpidealueen läpi eri elinvaiheissaan ja että sen syönnös- ja talvehtimisalueet sijaitsevat avomerellä, kun taas muiden lajien elinalueet ja talvehtimispaikat sijaitsevat varsinaisella toimenpide- ja vaikutusalueella.

Ruopattujen pohja-alueiden oletetaan kuitenkin palautuvan tuulenkaloilta sopiviksi nopeasti toimenpidevaiheen jälkeen, mikä on tärkeä ekosysteemin palautumiskykyä määrittävä tekijä. On odotettavissa, että tuulenkalosten esiintymistiheys syönnösalueilla harvenee vähintään yhden vuosiluokan ajan, mutta tilanne vakiintuu suurelta osin ylläpitoruoppauksen seuraavaan toteutusvaiheeseen mennessä. Siksi lohikaloihin kohdistuvat haitalliset vaikutukset pienenevät aina ruoppausten välisenä aikana, ja mitä pidempi aika ruoppausten välillä kuluu, sitä vähemmän lohikaloilta aiheutuu haittaa. Kaiken kaikkiaan vaikutuksen arvioidaan siksi vaihtelevan pienestä (1B ja 2B) kohtalaisen negatiiviseen (2A) käyttövaiheen alussa ja pienenevän mitä todennäköisimmin merkityksettömäksi (0), jos ylläpitoruoppausten toteuttamisväli on yli 10–15 vuotta.

- Kraabøl, M, Gregersen, F, Colman, J. (2019). *Utbedring av farleden til Leirpollen i Tana kommune - Fagrapport sil (tobis)* (Tenon kunnassa sijaitsevan Jouluvuonon väylän parannus – asiantuntijaraportti tuulenkalosta). Multiconsult AS. Raportti 713364-2-RIM-RAP-002 versio 03

Tiivistelmä

Vaihtoehdot

Kystverket on laatinut Tenon kunnassa sijaitsevaa Jouluvuonoon johtavaa väylää koskevan yleiskaavan, jonka avulla pyritään parantamaan väylän osia. Väylää on tarkoitus parantaa sekä asentamalla kuusi uutta merimerkkiä että syventämällä joitakin alueita, jotka ovat nykyään liian matalia. Ainoastaan väylän pohjoisosan matalimmat ja kapeimmat osat edellyttävät syventämistä, ja näillä alueilla väylää on suunnitelman mukaan tarkoitus parantaa niin, että sen leveys on 120 metriä ja kulkusyvyys 9 metriä. Väylä on alueella nykyisellään matalimmillaan noin 80 metriä syvä ja kapeimmillaan noin 5,6 metriä leveä.

Arvioinnin kohteena ovat olleet seuraavat vaihtoehdot:

Vaihtoehto			Ruoppaus- syvyys (m)	Ruoppaus- tilavuus (m ³)	Kohde- alue (m ²)	Ylläpito- väli (vuotta) ¹
Ruopp	1A	Ruoppaus 9 metrin tavoitesyvyyteen suunnitellulla väylällä (leveys 120 m), lohko 1. Ruoppaus suoritetaan <u>talvikaudella</u> .	9,3	75 000	44 000	20 (10–31)

Vaihtoehto		Ruoppaus- syvyys (m)	Ruoppaus- tilavuus (m ³)	Kohde- alue (m ²)	Ylläpito- väli (vuotta) ¹
	Ruoppaus 9 metrin tavoitesyvyyteen suunnitellulla väylällä (leveys 120 m), lohkot 2 ja 3. Ruoppaus suoritetaan <u>talvikaudella</u> .	9,3	135 000	84 000	60 (32–89)
1B	Sama kuin vaihtoehto 1A, mutta ruoppaus suoritetaan <u>kesä</u> kaudella.				
2A	Ruoppaus 9 metrin tavoitesyvyyteen ja sen ylläpitäminen suunnitellulla väylällä (leveys 120 m), lohko 1. Ruoppaus suoritetaan <u>talvikaudella</u> .	10,3	140 000	70 000	40 (19–57)
	Ruoppaus 9 metrin tavoitesyvyyteen ja sen ylläpitäminen suunnitellulla väylällä (leveys 120 m), lohkot 2 ja 3. Ruoppaus suoritetaan <u>talvikaudella</u> .	10,3	270 000	140 000	120 (65–182)
2B	Sama kuin vaihtoehto 2A, mutta ruoppaus suoritetaan <u>kesä</u> kaudella.				

¹ Ensimmäinen luku on keskiarvo, ja sulkeissa ilmoitetut arvot ilmaisevat vaihteluväliä erilaisten hiekan kulkeutumisskenaarioiden perusteella.

Alueen kuvaus

Tenojoen suun alueella esiintyy useita ekologia, luontoarvoiltaan merkittäviä ekologisia tasoja, joille tuulenkala on tärkein yhdistävä tekijä ravintoketjun alempien ja ylempien trofiatasojen välillä.

Tenojoen suun alueen biologinen tuotanto on erittäin suurta, ja sinne kulkeutuu ravinteita ja sedimenttiä Tenojoesta tulva-aikaan sekä Jouluvuonon edestakaisten vuorovesivirtausten mukana. Paikallisen tietämyksen mukaan alueella on suuria tuulenkalaesiintymiä, mikä vahvistui vuosina 2017 ja 2018 tehdyissä kenttätutkimuksissa.

Tutkimusten perusteella Tenojoen suun merituulenkalat eroavat geneettisesti Norjan muista tuulenkalakannoista, ja niiden kanta koostuu useista geneettisesti erillisistä alapopulaatioista, mikä voi aiheuttaa biologisesti merkittäviä eroja. Tehdyistä geenitutkimuksista ei voida päätellä mitään tämän pidemmälle menevää. Kantojen arvellaan sopeutuneen Tenojoen suulla ja Jouluvuonon ekosysteemissä tapahtuviin fyysisen elinympäristön vaihteluihin. Lisäksi Tenojoen suulla tavattiin vähäisessä määrin iso- ja pikkutuulenkalaa, mikä lisää alueen ekologista arvoa.

Merituulenkalaa esiintyy pääasiassa Tenojoen suun hiekkapohjassa. Sen vuoksi Tenojoen suun alue yleisesti ja Lavvonjärgsundet erityisesti on luokiteltu erittäin merkittäväksi kutu-, talvehtimis- ja kasvualueeksi. Kanta-arvioiden perusteella Tenojoen suulla voi olla kutuaikaan marras–joulukuussa yli 1,1 miljardia tuulenkalayksilöä, ja niiden tiheydeksi arvioidaan 132 yksilöä neliometriä kohden. Kenttätutkimusten mukaan Tenojoen suun tuulenkalakannoista 85–95 prosenttia elää väylän alueella Lavvonjärgsundetissa ja laskentamallien perusteella 5 prosenttia (vaihtoehto 1) – 9,2 prosenttia (vaihtoehto 2) suunnitelluilla ruoppausalueilla.

Hiekkapohjaisilta alueilta kerätyistä tuulenkaloihin tehdyt analyysit osoittavat, että Tenojoen suun tuulenkalalan lisääntymisalue. Sen mukaisesti tuulenkalat elävät alueella munavaiheessa sekä yksi- ja kaksivuotiaina. Kutu tapahtuu marras- ja joulukuussa, minkä jälkeen aikuinen tuulenkala lähtee todennäköisesti vuonoon tai merelle. Suunnittelualan merkitys tuulenkalakannalle on siis erittäin suuri. Alueella esiintyy ylivoimaisesti eniten tuulenkalajoja lajin aikuisten kutuvaelluksen aikaan (marras–joulukuussa) ja ylivoimaisesti vähiten kesäaikaan (touko–heinäkuussa, luultavasti aina elokuuta myöten).

Toimenpidevaihe

Ruoppaus talvella lokakuun alun ja huhtikuun lopun välillä

Tuulenkalalle laaditun habitaattimallin perusteella on arvioitu, että kyseisenä aikana tapahtuva perinteinen ruoppaus johtaisi Tenojoen suun yhteenlasketun tuulenkalakannan noin 5,0 prosentin (vaihtoehto 1) tai 9,2 prosentin (vaihtoehto 2) välittömään menetykseen edellyttäen, että ruoppauksen aiheuttama kuolleisuus on 100 prosenttia. Ruoppaus vaikuttaa siis suoraan tuulenkalalan tärkeimpään habitaattiin, minkä lisäksi merkittävään osaan erilaisia alapopulaatioita voi kohdistua välillinen vaikutus esimerkiksi vedessä olevien hiukkasten saastumisen tai kutu-, kasvu- ja talvehtimisalueiden liettymisen vuoksi. Ei ole tiedossa, kuinka menetys jakaantuu eri alapopulaatioiden kesken; epävarmuus otetaan huomioon kokonaisvaikutuksia arvioitaessa. Negatiivinen vaikutus arvioidaan kohtalaiseksi tai suureksi. Koska myös luontoarvo on suuri, vaihtoehdosta 1A aiheutuu toimenpidevaiheessa *kohtalainen tai suuri negatiivinen vaikutus* (–/–/–) ja vaihtoehdosta 2A *suuri negatiivinen vaikutus* (– –). Arvioon liittyy kuitenkin suurta epävarmuutta. On esimerkiksi vaikeaa arvioida, kuinka moni aikuisten tuulenkalojen vuosiluokka on merellä suojassa ruoppaustoimenpiteiltä, mikä on kyseisten vuosiluokkien koko, millainen alueen tuulenkalojen

aktiivisuustaso sekä käyttäytymisvasteet ovat loka–huhtikuussa, mikä on ruoppauksen aiheuttama akuutti ja viivästynyt kuolleisuus ja näin ollen kuinka suuri osa kokonaiskannasta itse asiassa menetetään. Tämä aiheuttaa epävarmuutta päätelmissä, jotka koskevat toimenpidevaiheen vaikutuksia ja myös käyttövaiheeseen ulottuvia mahdollisia jälkivaikutuksia (ks. alla).

Ruoppaus kesällä toukokuun alun ja heinäkuun lopun välillä¹

Kesällä tapahtuvan ruoppauksen haittavaikutukset arvioidaan paljon talviruoppausta vähemmän kielteisiksi Tenojoen suun tuulenkalakannoille. Jos ruoppaus suoritetaan ajanjaksona, jona tuulenkala liikkuu vedessä aktiivisimmin (toukokuun alusta heinä–elokuuhun) ja oleskelee huomattavasti vähemmän ruoppausalueen hiekassa, tuulenkalaan kohdistuva vaikutus jää olennaisesti vähäisemmäksi sekä toimenpide- että käyttövaiheessa. Sen vuoksi vaihtoehtojen 1B ja 2B vaikutukset arvioidaan toimenpidevaiheessa *vähäisen kielteiseksi (-)*. Ruoppauksen suorittaminen kyseisenä ajankohtana olisi tosin hieman haastavampaa muun muassa kirjohylkeen, lohikalajien ja tiettyjen lintulajien kannalta, mutta aihetta käsitellään erillisissä asiantuntijaraporteissaan.

Tiivistelmä

Ratkaisevin tekijä ajateltaessa ruoppauksen seurauksia tuulenkalaille on vuodenaika. Talvisaikaan olisi kenties mahdollista käyttää ruoppaustekniikkaa ja ratkaisuja, jotka hillitsisivät haittavaikutuksia, mutta asiasta ei toistaiseksi tiedetä tarpeeksi. Mahdollisuuksia voidaan selvittää ainoastaan jatkotutkimuksilla sekä T & K -työllä ennen ruoppaustoimenpiteitä sekä niiden aikana ja jälkeen. Ennen kuin tämän kaltaisten tutkimusten tuloksia on käytettävissä, kesällä tapahtuvaa ruoppausta on pidettävä ainoana vaihtoehtona, jolla voidaan rajoittaa Tenojoen suun tuulenkalakannalle aiheutuvat vahingot hyväksyttävälle tasolle.

Käyttövaihe

Pitkäaikaisvaikutuksia käyttövaiheen edetessä määrittävät useat tekijät, kuten se, 1) kuinka laaja kielteinen vaikutus tuulenkalakantaan kohdistuu toimenpidevaiheessa (vrt. edellä sanottu) ja mitkä ovat sen seuraukset lisääntymiselle, 2) missä määrin tuulenkalakannan elinympäristön fyysiset olosuhteet muuttuvat ruoppaamisen seurauksena, 3) mikä on eri alapopulaatioiden palautumiskyky, jos kuolleisuus on suurta, 4) voiko luonnonvalinnan kautta muodostua uusia ja paikallisiin olosuhteisiin sopeutuvia alapopulaatioita ja 5) onko olemassa tehokkaita haittavaikutusten torjuntatoimia tai korvaavia toimenpiteitä, jotka voivat riittävässä määrin hillitä haittavaikutuksia käyttövaiheessa (ensisijaisesti talvella tapahtuvan ruoppauksen yhteydessä).

On erittäin todennäköistä, että vaikutukset käyttövaiheen mittaan eli seuraavaan ylläpitoruoppaukseen saakka ovat merkityksellisiä tai pieniä toimenpidevaiheen ja käyttövaiheen ensimmäisten vuosien aikaisiin vaikutuksiin verrattuna. Lavvonjärgsundetista ja Tenojoen suun alueesta saatavilla olevien fyysisten perustietojen perusteella voidaan päätellä, ettei ruoppausalueen tuulenkalakannassa todennäköisesti tapahdu olennaisia hydrologisia tai geomorfologisia muutoksia toimenpidevaiheen päätyttyä. Habitaattiarviot viittaavat siihen, että ruopatut pohja-alueet laskevat tuulenkalan kannalta nykyistä sopivampaan tasoon, millä voi olla pitkällä aikavälillä suotuisa vaikutus. Yksi arvioon liittyvä epävarmuustekijä on kuitenkin tuulenkalan valikoivuus hiekkaesiintymien rakenteen ja huokoisuuden suhteen. Näitä tekijöitä on syytä tutkia lähemmin ennen ruoppausta sekä sen aikana ja jälkeen tehtävissä seurantatutkimuksissa.

Tiivistelmä

Kokonaisuutena arvioiden toimenpiteillä arvioidaan olevan tuulenkaloihin toimenpidevaiheessa *kohtalainen tai suuri kielteinen vaikutus (- -/ - - -)* vaihtoehdossa 1A tai *suuri kielteinen vaikutus (- - -)* vaihtoehdossa 2A, joissa molemmissa ruoppaus toteutettaisiin talvella, sekä *vähäinen kielteinen vaikutus (-)* vaihtoehdoissa 1B ja 2B, joissa ruoppaus toteutettaisiin kesällä. Arvio on tunnistettuja alapopulaatioita koskeva yleistys.

Käyttövaiheen aikaisiin pitkäaikaisvaikutuksiin liittyy joitakin epävarmuustekijöitä, joita on käsitelty edellä. Kesällä tapahtuva ruoppaus (vaihtoehto 1B tai 2B) aiheuttaisi todennäköisesti vähintään haittaa myös pitkällä aikavälillä, sillä silloin tuulenkalaja menehtyisi huomattavasti vähemmän toimenpidevaiheen välittömien tai välillisten vaikutusten seurauksena. Mahdolliset pitkäaikaisvaikutukset tuulenkalajien elinympäristöön olisivat käyttövaiheessa samat

¹ Ajankohta, jolloin tuulenkalat nousevat pohjahiekasta syönnökselle talvihoroksen jälkeen, vaihtelee vuosittain ja liittyy luultavasti jäiden lähtöön / kevättulviin. Niiden aiheuttama ketjureaktio lisää ravinteiden kulkeutumista mereen ja saa planktonin lisääntymään (tuulenkalajien pääasiallista ravintoa oleva eläinplankton kutee loppupalvella tai keväällä, ja sitä esiintyy runsaasti pintavesissä). Sen vuoksi toimenpidevaihe olisi ihanteellisinta sovittaa Tenojoen kevättulvien / jäiden lähdön ajoitukseen.

ruoppausajankohdasta riippumatta. Jos sitä koskevat oletukset toteutuvat, että syvyyssolosuhteet ja hiekkasiintymien rakenne/huokoisuus osoittautuvat tuulenjalan kannalta suotuisiksi myös ruoppauksen jälkeen, kanta luultavasti palautuu elinvoimaiseksi käyttövaiheen mittaan. Tämä on saatavilla olevien geologisten tutkimusten ja virtausmallinnusten perusteella kaikkein todennäköisin skenaario. Sitä, muodostuvatko ruoppauksen vaikutukset *lievästi kielteisiksi (-), merkityksettömiksi (0)* vai *lievästi myönteisiksi (+)* pitkällä aikavälillä, voidaan selvittää ainoastaan tekemällä seuranta tutkimuksia ennen ruoppausta sekä sen aikana ja jälkeen.

- Mork, K, Kraabøl, M, Gregersen, F, Thomassen, G. (2019). *Utbedring av farleden til Leirpollen i Tana kommune – Konsekvensutredning for naturmangfold og økosystem* (Tenon kunnassa sijaitsevan Jouluvuonon väylän parannus – luonnon monimuotoisuuteen ja ekosysteemiin kohdistuvien vaikutusten arviointi). Multiconsult AS. Raportti 713364-2-RIM-RAP-003 versio 05
Raportti on käännetty kokonaisuudessaan.

2 LIITTEET

Kaikki tutkimusraportit ovat saatavana norjaksi Kystverketin internetsivuilla osoitteessa www.kystverket.no/innseilingLeirpollen.