

Oppdragsgiver: **Kristiansand Havn**  
 Oppdragsnr.: **52110063** Dokumentnr.: **RIM-06**

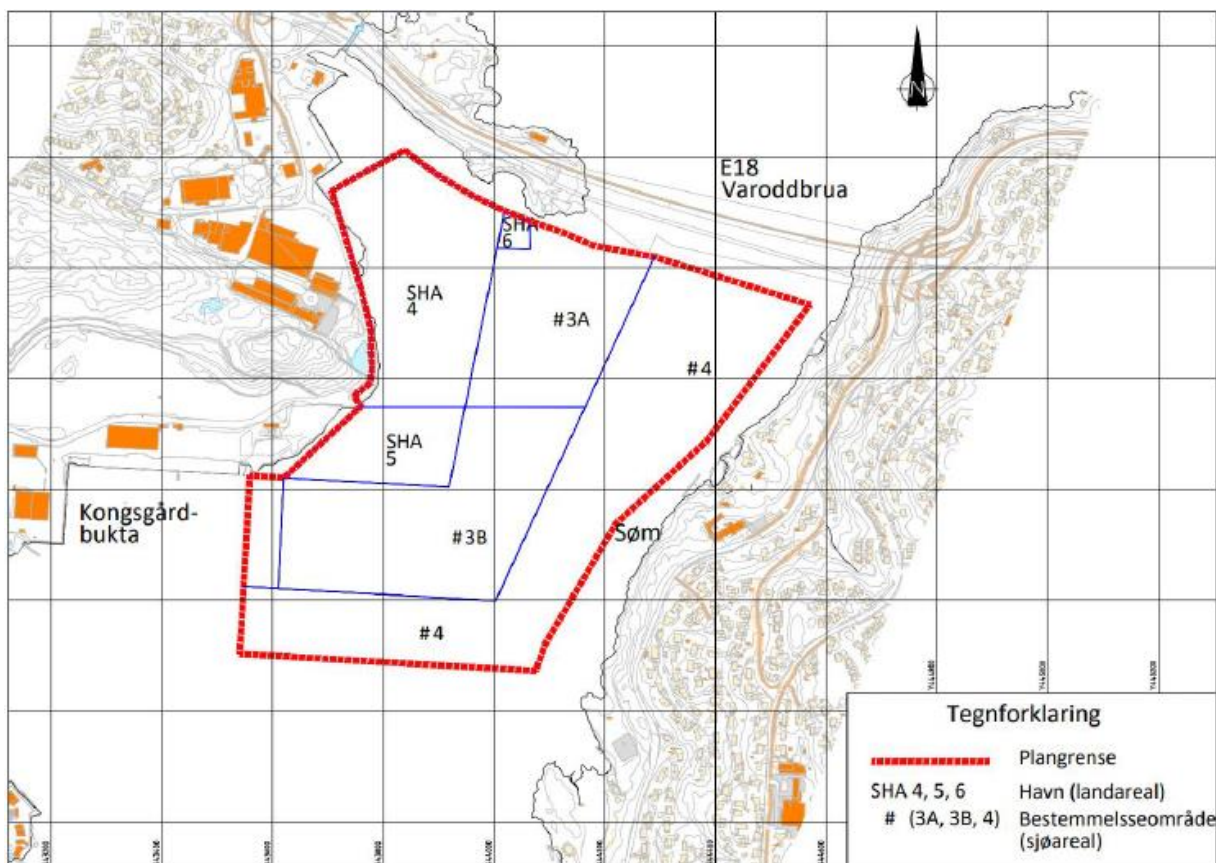
Til: Kristiansand Havn v/Steffen Borgard Løvhdahl  
 Fra: Norconsult v/Marte Eik Isaksen  
 Dato: 2023-05-10

## ► Utfylling i Havneavsnitt Nord SHA4 og SHA5 Kongsgård/Vige - Beregning av nitrogen

### Innledning

#### Bakgrunn

Kristiansand havn skal tilrettelegge for havneutbygging i Kongsgård/Vige. Dette medfører blant annet utfylling av sprengstein i sjø. Havneutbyggingen er forventet å pågå i flere faser fordelt over flere tiår. Dette prosjektet omfatter utfylling i delområde SHA 4 opp til kote -8, samt etablering av motfylling i SHA5, opp til ca. 20-35 meters vanddyb. De ulike delområdene er vist i Figur 1.



Figur 1: Utsnitt fra tening "Plangrense for varsling" ifm. varsel om oppstart av detaljregulering Kongsgård - Vige Havneområde SHA4, SHA5, SHA6.

I delområdene skal det fylles ut totalt 580 000  $\text{pam}^3$  med sprengstein (anbrakte masser,  $\text{pam}^3$ ), fordelt slik

- SHA4: 390 000  $\text{pam}^3$
- SHA5: 190 000  $\text{pam}^3$

## Formål med notatet

Statsforvalteren i Agder har i forbindelse med søknad om tiltak i sjø bedt Kristiansand havn om å beregne nitrogen i sprengsteinsmassene som kan bli tilført resipienten som følge av utfyllingen. Dette notatet inneholder beregninger av estimert mengde nitrogen som medfølger utfyllt sprengstein i Kongsgård/Vige, ved utfylling av sprengstein fra dagbrudd og tunnelsprengning.

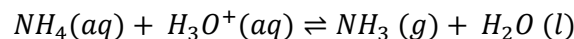
Det er ikke gjort en nærmere vurdering av konsentrasjoner eller effekt i resipient i dette notatet. I marine miljøer kan nitrogen være vekstbegrensende, og tilførsel av nitrat kan føre til eutrofiering [1]. Nitrogen er imidlertid normalt ikke problematisk ved utslipp til sjø og spesielt ikke i strømutsatte områder som gir god innblanding.

## Nitrogen i sprengsteinsmasser

Anleggsarbeider som inkluderer uttak av sprengsteinsmasser medfører utslipp av nitrogenholdige forbindelser fra uomsatt sprengstoff i form av ammoniumnitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ). Andelen uomsatt sprengstoff som følger med massene er blant annet avhengig av typen sprengningsarbeider (dagbrudd, pallesprengning eller tunneldrivning).

Utslipp av nitrogen (N) vil kunne stimulere til økt primærproduksjon (algevekst) i resipienter. Større tilførsler av nitrogen over lengre tid vil også kunne medføre endringer i artssammensetning og diversitet for primærprodusenter.

Nitrogen i sprengstein vil foreligge i form av uomsatt ammoniumnitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ). I avrenning fra utsprengt tunnelstein vil potensielt opp mot 50% av total N kunne foreligge som ammonium ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), og 50% som nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ). Ammonium ( $\text{NH}_4$ ) i vann foreligger i likevekt med fri ammoniakk ( $\text{NH}_3$ , gass). Likevekten forskyves mot ammoniakk med økende pH og vanntemperatur [2]:



Både ammonium og ammoniakk er potensielt giftig for fisk, men ammoniakk diffunderer lettere over fiskens membraner, og er dermed mer tilgjengelig for opptak.

Ammoniakk er giftig for fisk, og kan føre til redusert appetitt, redusert vekst, og svømmekapasitet, kramper, koma og død. Tålegrensene for ammoniakk hos fisk er avhengig av fiskeslag, livsstadier og eksponeringstid. En ammoniakkkonsentrasjon på 25  $\mu\text{g/l}$  er ofte ansett å være tålegrense for akutt eksponering, da overskridelse av denne vil kunne medføre akutt fiskedød. Giftighet og effekt på fisk avhenger av både eksponeringstid og hyppighet på eksponering, og mange fiskearter vil kunne tåle korttidseksponering av langt høyere konsentrasjoner enn 25  $\mu\text{g/l}$ .

Ved forhold typisk forventet i sjø, med pH på rundt 8-8,5 og temperatur opp mot 20°C, forventes det at likevekten er forskjøvet mot ammonium, og andelen ammoniakk av totalt ammonium er lav. Tall hentet fra litteratur tilsier at andelen ammoniakk vil variere mellom 4 til 11% under de gitte forholdene [2].

## Beregning av mengde nitrogen fra utfylling av sprengstein

Opphavet til benyttede sprengsteinsmasser i prosjektet i Kongsgård/Vige er ikke kjent på nåværende tidspunkt, men det antas at det skal benyttes masser fra tunneldriving eller produksjonsstein (dagbrudd). Det er derfor gjort konservative estimat for mengde nitrogen som medfølger sprengstein fra disse to tilfellene. Estimaten er basert på erfaringstall og litteratur. Merk at mengde faktisk tilført nitrogen vil være avhengig av produksjonsmetode, sprengningsopplegg, og utstyr. Beregningene presentert her benytter konservative grunnlagstall, og er forventet å gi ett øvre estimat av faktisk tilførte mengder nitrogen. Det er fortsatt stor usikkerhet knyttet til beregningene.

Grunnlagstallene som er brukt i beregningene av mengde nitrogen i sprengstein, anbragt utfyllingsstedet, er gitt i Tabell 1.

Tabell 1: Grunnlag for beregninger, hentet fra erfaringstall og litteratur.

Referanseverdi	Dagbrudd	Tunnelsprengning	Kilde
Forventet forbruk av sprengstoff (kg/pfm <sup>3</sup> )	0,7	2	1, 2
Utvidelsesfaktor pfm <sup>3</sup> /pam <sup>3</sup> *	1,6	1,6	3
Andel nitrogenholdige forbindelser i sprengstoff (%) *	26	26	4
Andel uomsatt sprengstoff (%)	3	14,7	2, 3, 4, 5
Andel N som renner av ved produksjonssted (%) ***	50	50	6

\* En kubikk fast berg (pfm<sup>3</sup>) tilsvarer om lag 1,6 kubikk utsprengte masser (pam<sup>3</sup>) grunnet fraksjonering og luft mellom massene [3].

\*\* ammoniumnitrat

1 John Myrvang AS, erfaringstall

2 Franzefoss AS, erfaringstall

3 NIVA/Bækken, T. (1998). Avrenning fra nitrogen i tunnelmasse [1].

4 NFF (2009). Behandling og utslipp av driftsvann fra tunnelanlegg. Tekn.rapp. 09 [4]

5 Vikan, H. (2013) Avrenning av ammoniumnitrat fra uomsatt sprengstoff i vann - Giftvirkninger i resipient og renseløsninger [5]

6 Basert på produksjonstall Franzefoss Pukk AS avd. Lierskogen 2016 (persmed.) og rapportert avrenning fra Franzefoss Pukk AS avd Lierskogen, NIBIO (2017). Teoretisk er avrenning fra produksjonssted beregnet til ca. 80 %, men er korrigert til konservative 50 % på grunn av usikkerheter i rapportering/beregning.

Estimert mengde uomsatt nitrogen som medfølger sprengsteinsmasser fra dagbrudd er da 1,7 gram per kubikk anbrakte masser (g/pam<sup>3</sup>), og 23,9 g/pam<sup>3</sup> for masser fra tunnelsprengning.

Basert på prosjekterte volum for utfyllinger i Kristiansand havn, er mengder tilført nitrogen med sprengsteinsmasser gitt i Tabell 2. Tabellen forutsetter hhv. at alle massene kommer fra dagbrudd eller tunnelsprengning.

Tabell 2: Beregnede mengder ved hhv. dagbrudd og tunnelsprengning. Beregningene er utført ved bruk av referansetallene i Tabell 1.

Delområde	Volum (tilførte og faste masser)		Forbruk sprengstoff kg	Mengde N før sprengning kg	Andel uomsatt N etter sprengning kg	Andel uomsatt N på anbrakte masser kg
	pam <sup>3</sup>	pfm <sup>3</sup>				
<b>Dagbrudd</b>						
SHA4	390 000	243 750	170 625	44 363	1 331	665
SHA5	190 000	118 750	83 125	21 613	648	324
Total	580 000	362 500	253 750	65 975	1 979	990
<b>Tunnelsprengning</b>						
SHA4	390 000	243 750	487 500	126 750	18 632	9 316
SHA5	190 000	118 750	237 500	61 750	9 077	4 539
Total	580 000	362 500	725 000	188 500	27 710	13 855

Oppdragsgiver: **Kristiansand Havn**

Oppdragsnr.: **52110063** Dokumentnr.: **RIM-06**

Ved utfylling av sprengstein antas det at den totale mengden uomsatt nitrogen på de anbrakte massene vil vaskes ut av massene, og vil kunne tilføres resipienten. Estimert mengde tilført nitrogen ved utfylling av masser fra dagbrudd er 665 kg for område SHA4, 324 kg for område SHA5, 990 kg totalt. Estimert mengde tilført nitrogen ved utfylling av masser fra tunnelsprengning er 9 316 kg for område SHA4, 4 539 for område SHA5, 13 588 totalt.

Oppdragsgiver: Kristiansand Havn

Oppdragsnr.: 52110063 Dokumentnr.: RIM-06

## Referanser

- [1] T. Bækken, «Rapport LNR 3920-98: Avrenning av nitrogen fra tunelmasse,» Norsk institutt for vannforskning (NIVA), 1998.
- [2] K. Emmerson, R. C. Russo, R. E. Lund og R. V. Thurston, «Aqueous Ammonia Equilibrium Calculations: Effect of pH and Temperature,» *Journal of the Fisheries Board of Canada*, vol. 32, nr. 12, 1975.
- [3] Norges Vassdrags- og energidirektorat, «Sikringshåndboka Modul G2.001: Omregning av volum av masser,» 23 03 2022. [Internett]. Available: <https://sikringshandboka.nve.no/moduler/modul-g2-001-omregning-av-volum-av-masser/>. [Funnet 08 05 2023].
- [4] Norsk forening for fjellsprenningsteknikk (NFF), «Teknisk rapport 09: Behandling og utslipp av driftsvann fra tunnelanlegg,» NFF, 2009.
- [5] H. Vikan, «Avrenning av ammoniumnitrat fra uomsatt sprengstoff til vann - Giftvirkninger i resipient og renseløsninger,» *Vann*, vol. 03, pp. 333-340, 2013.

J02	2023-05-10	For bruk	JosNil/MaEls	SiNUI	IgRau
C01	2023-05-04	For kommentar	JosNil/MaEls	SiNUI	IgRau
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. 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.