

► Beregninger av nitrogen og plastinnhold i sprengstoff

Sammendrag

Arendal Havn KF skal utvide kai-anlegget i Bukkevika, Eydehavn, Arendal Kommune. Dette inkluderer utfylling av 94 500 m^3 sprengstein i vika. Det er i den forbindelse sendt søknad om tillatelse til tiltak i sjø til Statsforvalteren i Agder. Statsforvalteren har bedt om tilleggsinformasjon til søknaden, hvilket inkluderer:

- Beregnet mengde nitrogen i sprengsteinsmassene som kan bli tilført resipienten som følge av utfyllingen
- Beregnet mengde plast som kan følge med steinmassene

Dette notatet inkluderer tilleggsinformasjonen etterspurt av Statsforvalteren.

Estimert mengde nitrogen (i form av uomsatt sprengstoff) er beregnet for tiltaket, for sprengstein produsert i dagbrudd. Estimaten er basert på erfaringstall og litteratur. Beregningene presentert her er basert på konservative grunnlagstall, og er forventet å gi ett øvre estimat av faktisk tilførte mengder nitrogen. Det er fortsatt stor usikkerhet knyttet til beregningene. Resultatet fra beregningene må ikke benyttes som et eksakt tall, men heller som et anslag på hvilken størrelsesorden omfanget av nitrogen som medfølger sprengstein er i. Estimert mengde tilført nitrogen ved utfylling av sprengstein i Bukkevika er 161 kg.

Mengde plast som medfølger sprengstein er også estimert. Beregningene forutsetter at det benyttes elektroniske tennere, og at det sprenges for normal produksjon av stein. Det estimeres at total mengde plastikk som medfølger sprengsteinen i Bukkevika er mellom 46 og 103 kg. Resultatet er rent teoretisk og beregnet ut ifra et begrenset datagrunnlag, og er dermed også beheftet med stor usikkerhet. Også her må resultatet fra beregningene ikke benyttes som et eksakt tall, men heller som et anslag på hvilken størrelsesorden omfanget av plast i sprengstein er.

D01	2023-06-08	For godkjenning	JosNil	SiNUI	BenNes
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.

Innhold

1	Innledning	3
1.1	Bakgrunn	3
1.2	Formål med notatet	3
2	Nitrogen i sprengsteinsmasser	4
2.1	Beregning	4
3	Plastikk i sprengsteinsmasser	5
3.1	Beregning	6

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Arendal havn skal tilrettelegge for havneutbygging i Bukkevika ved Eydehavn, Arendal kommune. Dette medfører blant annet utfylling av sprengstein i sjø. Havneutbyggingen vil legge til rette for utvidelse av kaiareal og havneaktivitet i området, som er ettertraktet for lokale næringsaktører i området.

Det skal fylles ut totalt 94 500 m³ anbragte masser (pam³), hvor massene stammer fra brudd på eiendommen til Arendal Havn. Prosjektet omfatter utfylling opp til kote +2, hvor ferdig terreng vil tilpasses eksisterende kai. Tiltaksområdet er vist i Figur 1.



Figur 1: Tiltaksområdet vist i rødt omriss, med geografisk plassering vist i form av oversiktskart.

1.2 Formål med notatet

Statsforvalteren i Agder har i forbindelse med søknad om tiltak i sjø bedt Arendal havn om tilleggsopplysninger, som inkluderer:

- Beregnet mengde nitrogen i sprengsteinsmassene som kan bli tilført resipienten som følge av utfyllingen
- Beregnet mengde plast som kan følge med steinmassene

Notatet inneholder beregninger av estimert mengde nitrogen og plast som medfølger utfyllt sprengstein i Bukkevika, ved utfylling av sprengstein fra dagbrudd.

Det er ikke gjort en nærmere vurdering av konsentrasjoner av nitrogen 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.

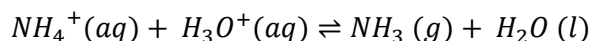
Beregninger i notatet er basert på tall fra generelle, eller typiske, sprengningssituasjoner, og er ikke prosjektspesifikke.

2 Nitrogen i sprengsteinsmasser

Anleggsarbeider som inkluderer uttak av sprengsteinsmasser kan medføre utslipp av nitrogenholdige forbindelser fra uomsatt sprengstoff i form av ammoniumnitrat (NH_4NO_3). Andelen uomsatt sprengstoff som følger med massene er blant annet avhengig av sprengningsmetodikk som varierer med 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 (NH_4NO_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 ($\text{NO}_3\text{-N}$) [1]. Ammonium (NH_4^+) i vann foreligger i likevekt med fri ammoniakk (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.

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].

2.1 Beregning

Sprengsteinsmassene som skal benyttes i prosjektet i Bukkevika stammer fra brudd på Arendal Havns egen eiendom. Det forutsettes at sprengningen her drives som i ett dagbrudd. Det er derfor gjort konservative estimat for mengde nitrogen som medfølger sprengstein fra driving av dagbrudd.

Estimatene er basert på erfaringstall og litteratur. Som nevnt vil faktisk mengde tilført nitrogen være avhengig av produksjonsmetode, sprengningsopplegg, og utstyr. Beregningene presentert her er basert på konservative grunnlagstall, og er forventet å gi ett øvre estimat av faktisk tilførte mengder nitrogen. Det er

stor usikkerhet knyttet til beregningene. Resultatet fra beregningene må ikke benyttes som et eksakt tall, men heller som et anslag på hvilken størrelsesorden omfanget av nitrogen som medfølger sprengstein er i.

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

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

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

* En kubikk fast berg (pfm³) tilsvarer om lag 1,6 kubikk utsprengte masser (pam³) 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 beregnet til 1,7 gram per kubikk anbrakte masser (1,7 g/pam³).

Basert på prosjekterte volum for utfyllingen i Bukkevika, er beregnede mengder tilført nitrogen til resipient med sprengsteinsmassene gitt i Tabell 2.

Tabell 2: Beregnet mengde nitrogen som medfølger sprengsteinsmasser i Bukkevika.

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 ³	pfm ³				
Bukkevika	94 500	59 603	41 344	10 749	322	161

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 sprengstein i Bukkevika er 161 kg.

3 Plastikk i sprengsteinsmasser

Norconsult har tidligere utarbeidet ett notat til Statsforvalteren i Agder om beregning av mengde plast som medfølger sprengsteinsmasser, 52110063-RIGBerg01, som er vedlagt som vedlegg A. I notatet er det estimert en teoretisk mengde plast i sprengstein for tre tilfeller; normal produksjonssprengning (dagbrudd), pallsprengning og tunnelsprengning. Begrensninger med estimatene diskuteres også i notatet.

Tall for normal produksjonssprengning benyttes videre i denne rapporten, da massene som benyttes i Bukkevika stammer fra dagbrudd, med lignende produksjonsmetoder.

3.1 Beregning

Estimert mengde plast fra produksjonssprengning er avhengig av flere parametere og antagelser. Beregningene er ikke prosjektspesifikke, men er basert på generelle/typiske sprengningsopplegg. Ved sprengning benyttes det en del materiell som kan inneholde plast, som ledning til tennsystemet, koblingsblokker, samt buss-wire eller avfyringslanger. Disse komponentene benyttes ved hver sprengningssalve. I tillegg vil bruk av foringsrør og patronert sprengstoff være en kilde til plast i sprengstein, men dette benyttes i spesielle tilfeller, og en forutsetning for beregningene er at det ikke benyttes patronert sprengstoff eller foringsrør. Ved beregning av mengde plast i sprengstein for normal produksjon forutsettes det at det benyttes elektroniske tennere. Teoretisk mengde plast i sprengsteinen vil avhenge av produksjonsmåte og sprengningsopplegg (spesielt borehullsmønster og lengde), og dette vil variere ved ulike salver. Det er videre forutsatt at 90% av materiell som ligger langs ladestrengen brenner opp eller pulveriseres under sprengningen. Det er ikke gitt at dette alltid vil forekomme, og plastrester fra denne delen av borehullet kan både være både høyere og lavere enn denne antakelsen. Sprengsteinsmassene kan i tillegg inneholde diverse avfall fra arbeider, slik som rester av emballasje eller folie rundt materiell, dersom dette ikke avfallshåndteres før sprengning.

For tilfellet med normal produksjonssprengning antas det at det benyttes 6 m dype borehull, og at det benyttes én tenner. Fordemningen er satt til 2 m. Plastrestene i sprengsteinen forutsettes å stamme fra tennere, ledninger, og koblingsblokker. For å inkludere plastmengder fra buss-wire er det regnet med en ekstra lengde på 1 m overskytende ledning for hvert borehull. Mengde plast for disse komponentene er hentet fra to leverandører (A og B). Mengder er gitt i Tabell 3.

Tabell 3: Vekt av plast i de ulike delene til elektroniske tennere, fra to ulike leverandører. Tabellen er hentet fra notat 52110063-RIGBerg01, Vedlegg A.

	Elektroniske tennsystem			
	1 m intakt ledning	1 m uten plast	Gram plast per meter	Koblingsblokk
Leverandør A	13 g	9 g	4 g	15 g
Leverandør B	6 g	4 g	2 g	5 g

Grunnlagstall og utregning av teoretisk mengde plast i sprengstein per kubikk anbragte masser (g/pam³) er gitt i Tabell 4.

Tabell 4: Beregnet mengde plast i sprengsteinsmasser, i gram per kubikk anbragte masser (g/pam³).

Produksjonssprengning	
Borhulldiameter (mm)	64
Hull-lengde (m)	6
Hullavstand c/c (m x m)	1,5 x 2,5
Mengde sprengstein per hull, anbrakte (pam ³)	32
Fordemming (m)	2
Lengde ledning tenner bunn (m)	7
Andel buss-wire per hull (m)	1
Overskytende ledning per hull (m)	4
Ledning langs ladestrengen per hull (m)	4
Overskytende ledning per utsprengt masse (m/pam ³)	0,13

Ledning langs ladestrengen per utsprengt masse (m/pam ³)	0,13
Tennere per utsprengt masse (stk./pam ³)	0,032
Koblingsblokk per utsprengt masse (stk./pam ³)	0,032
Mengde plast gitt leverandør A (g/pam ³)	1,09
Mengde plast gitt leverandør B (g/pam ³)	0,49

Estimert mengde plast fra produksjonssprengning er 0,49-1,09 g/pam³ sprengt stein, avhengig av leverandør av tennsystem. For konturhull vil reell plastmengde bli noe høyere da det benyttes mindre hullavstand. I prosjektet i Bukkevika skal det fylles ut 94 500 m³ med sprengstein, som vil inneholde en total estimert mengde plast på mellom 46 og 103 kg.

Resultatet er rent teoretisk og beregnet ut ifra et begrenset datagrunnlag, og er dermed også beheftet med stor usikkerhet. Også her må resultatet fra beregningene ikke benyttes som et eksakt tall, men heller som et anslag på hvilken størrelsesorden omfanget av plast i sprengstein er.

Utdypende informasjon rundt grunnlagstall, begrensninger, og beregninger av generell mengde plast i sprengstein er gitt i notat 52110063-RIGBerg01, gitt som Vedlegg A.

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 fjellsprengningsteknikk (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.

► **Vedlegg A: 52110063-RIGBerg01 – Teoretisk mengde plast i sprengstein**

Oppdragsgiver: **Kristiansand Havn IKS**

Oppdragsnr.: **52110063** Dokumentnr.: **52110063-RIGBerg01**

Til: Kristiansand Havn IKS

Fra: Norconsult

Dato 2023-05-08

► Teoretisk mengde plast i sprengstein

Innledning og forutsetninger

I forbindelse med utfylling i havneavsnitt nord i Kristiansand har Statsforvalteren bedt om at det vurderes hvilke mengder plast som kan følge med sprengsteinen som skal brukes til utfyllingen. Følgende notat inneholder en rent teoretisk beregning for plast fra ulike sprengingsopplegg. Beregningene er ikke prosjektspesifikke, men er basert på generelle/typiske sprengningsopplegg.

Ved sprengning benyttes det en del materiell som inneholder plast. Hovedkildene til plast er vurdert å være ledning til tennsystemet, koblingsblokker, tennere, samt buss-wire eller avfyringsslange. Dette er komponenter som benyttes ved hver sprengningssalve. I tillegg vil bruk av foringsrør og patronert sprengstoff være en kilde til plast i sprengsteinen. Dette er komponenter som ikke nødvendigvis benyttes ved hver sprengningssalve.

I det etterfølgende er det estimert teoretisk mengde plast som kan forekomme i sprengstein for tre ulike tilfeller:

1. Storskala pallsprengning.
2. Sprengning for normal produksjon.
3. Tunnelsprengning (full og kort salvelengde).

I beregningene er det forutsatt at det benyttes elektroniske tennere ved sprengning i tunnel og ved sprengning for normal produksjon. Ved storskala pallsprengning er det gjort beregninger med bruk av nonel-tennere (ikke-elektriske tennere) og elektroniske tennere. Dette bidrar også til å vise plastforskjellen mellom de to ulike tennsystemene. Foringsrør benyttes ved ladning i dårlig bergmasse der borhullet kan rase sammen, eller ved vanngjennomstrømning i hullet for å forhindre utvasking av sprengstoff. Patronert sprengstoff kan også benyttes ved vanngjennomtrengning i borhullet. Erfaringsmessig er det sjeldent dette benyttes, og i beregningene i dette notatet er det forutsatt at det ikke benyttes.

I beregningene er det forutsatt at 90% av tennere og ledninger som ligger langs ladestrengen brenner opp eller pulveriseres under sprengningen. Overskytende ledninger er forutsatt at ikke brennes opp eller pulveriseres.

Estimert mengde plast

For tilfellet med storskala pallsprengning er det tatt utgangspunkt i 12 m dype borhull med fordemningen på 2 m, og bruk av to tennere. Plastrestene i sprengsteinen forutsettes å stamme fra; plast rundt tennere, ledninger og koblingsblokk. For å inkludere plastmengder fra buss-wire/avfyringsslange til tennapparat er det regnet med en ekstra lengde på 1 m overskytende ledning for hvert borehull. For storskala pallsprengning er det beregnet teoretisk mengde plast med bruk av både nonel-tennere og elektroniske tennere.

For tilfellet med produksjonssprengning antas 6 m dype borhull, og det benyttes en tenner. Fordemningen er satt til 2 m. Plastrestene i sprengsteinen forutsettes å stamme fra; tenner, ledninger, og koblingsblokk. For

å inkludere plastmengder fra buss-wire er det regnet med en ekstra lengde på 1 m overskytende ledning for hvert borehull. Det er forutsatt bruk av elektroniske tennere.

For tilfellet med tunnelsprengning er det regnet på to tilfeller; 5 m salve og 3 m salve. Plastrestene i sprengsteinen forutsettes å stamme fra; tennere, ledninger og koblingsblokk. Det antas at det forbrukes 50 m busswire for hver salve. Det er forutsatt bruk av elektroniske tennere.

Tabell 1 viser vekten for ulike deler av tennsystemet fra to ulike leverandører. Tabell 2 viser vekt av plast for tennere brukt i beregningene.

Tennsystemer og sprengstoff fra andre leverandører kan ha annen teknisk data.

Tabell 1. Vekt av plast i de ulike delene til elektroniske tennere, fra to ulike leverandører. Tallene er hentet fra [2].

	Elektroniske tennsystem				Nonel-tennsystem	
	1 m intakt ledning	1 m uten plast	Gram plast per meter	Koblingsblokk	1 m slange	Koblingsblokk
Leverandør A	13 g	9 g	4 g	15 g	5 g	7
Leverandør B	6 g	4 g	2 g	5 g	5 g	7

Tabell 2. Vekt av plast i tennere.

Tennere for tunnelsprengning (gj.snitt)	Tennere for sprengning i dagen
11 g	17 g

Tabell 3, Tabell 4 og Tabell 5 viser utregning av plast for de ulike tilfellene. Merk at mengde av sprengsteinsmasser er oppgitt i anbrakte kubikkmeter (am^3).

Tabell 3. Utrekning av teoretisk mengde plast i sprengstein fra storskala pallsprengning.

Storskala pallsprengning	Nonel-tennere	Elektroniske tenner
Borhulldiameter	76 mm	76 mm
Hullengde (m)	12	12
Hullavstand c/c (m x m)	2 x 3	2 x 3
Mengde sprengstein per hull, anbrakte (am ³)	90	90
Fordemming (m)	2	2
Lengde ledning tenner topp (m)	4,8	6
Lengde ledning tenner bunn (m)	15	15
Andel buss-wire/avfyrings slang per hull (m)	1	1
Overskytende ledning per hull (m)	9,8	9,8
Ledning langs ladestrengen per hull (m)	10	10
Overskytende ledning per utsprengt masse (m/am ³)	0,10	0,12
Ledning langs ladestrengen per utsprengt masse (m/am ³)	0,10	0,10
Tennere per utsprengt masse (stk/am ³)	0,02	0,02
Koblingsblokk per utsprengt masse (stk/am ³)	0,01	0,01
Mengde plast gitt leverandør A (g/am ³)	0,64	0,70
Mengde plast gitt leverandør B (g/am ³)	0,64	0,34

Tabell 4. Utrekning av teoretisk mengde plast i sprengstein fra produksjonssprengning.

Produksjonssprengning	
Borhulldiameter	64 mm
Hullengde (m)	6
Hullavstand c/c (m x m)	1,5 x 2,5
Mengde sprengstein per hull, anbrakte (am ³)	32
Fordemming (m)	2
Lengde ledning tenner bunn (m)	7
Andel buss-wire per hull (m)	1
Overskytende ledning per hull (m)	4
Ledning langs ladestrengen per hull (m)	4
Overskytende ledning per utsprengt masse (m/am ³)	0,13
Ledning langs ladestrengen per utsprengt masse (m/am ³)	0,13
Tennere per utsprengt masse (stk/am ³)	0,032
Koblingsblokk per utsprengt masse (stk/am ³)	0,032
Mengde plast gitt leverandør A (g/am ³)	1,09
Mengde plast gitt leverandør B (g/am ³)	0,49

Tabell 5. Utrekning av teoretisk mengde plast i sprengstein fra tunnel med tverrsnitt T10,5.

Tunnelsprengning	Full salve	Kort salve
Hullengde (m)	5	3
Teoretisk areal sprengingsprofil T10,5 (m ²)	75	75
Mengde sprengstein, anbrakte (fm ³)	559	336
Antall borhull	130	130
Lengde skyteledning per hull (m)	7	7
Overskytende ledning per hull (m)	2	4
Ledning langs ladestrengen per hull (m)	5	3
Lengde buss-wire totalt (m)	50	50
Overskytende ledning per utsprengt masse (m/am ³)	0,46	1,55
Ledning langs ladestrengen per utsprengt masse (m/am ³)	1,16	1,16
Tenner per utsprengt masse (stk/am ³)	0,23	0,39
Koblingsblokk per utsprengt masse (stk/am ³)	0,23	0,39
Buss-wire per utsprengt masse (m/am ³)	0,09	0,15
Mengde plast gitt leverandør A (g/am ³)	6,42	13,49
Mengde plast gitt leverandør B (g/am ³)	2,76	5,99

Resultater

Estimert mengde plast fra storskala pallsprengning med de angitte forutsetningene er 0,64 g/am³ sprengt stein ved bruk av nonel-tenner, og 0,34-0,70 g/am³ sprengt stein ved bruk av elektroniske tenner (avhengig av leverandør av tennsystemet).

Estimert mengde plast fra produksjonssprengning er 0,49-1,09 g/am³ sprengt stein, avhengig av leverandør av tennsystem. For konturhull vil reell plastmengde bli noe høyere da det benyttes mindre hullavstand.

Estimert mengde plast fra tunnelsprengning er 2,76-6,42 g/am³ sprengt stein for full salve (5,99-13,49 g/am³ for halv salve), avhengig av leverandør av tennsystem.

Resultatet fra beregningen, med de forutsetninger og antakelser som er gjort, viser at mengde plast per kubikkmeter sprengt stein vil være lavest ved større/grovere sprengning som er mer typisk for steinbrudd (og storskala veiutbygging). Teoretisk mengde plast fra produksjonssprengning er litt høyere enn for pallsprengning, og teoretisk mengde plast er høyest for sprengstein fra tunnel.

Diskusjon

Resultatet er rent teoretisk og beregnet ut i fra et begrenset datagrunnlag, og er dermed beheftet med usikkerhet. Tallene er ment som en indikasjon på omfanget av plast i sprengstein.

Teoretisk mengde plast i sprengsteinen vil avhengig av produksjonsmåte og sprengingsopplegg (spesielt borehullsmønster og lengde), og dette vil variere ved ulike salver.

For tunnelsprengning er det antatt et sprengingsprofil T10,5 og 130 hull i salven. Tverrsnitt av tunnelsalver vil variere, og vil påvirke teoretisk mengde sprengstein. Antall salvehull vil også variere, og dersom det benyttes

flere hull vil teoretisk mengde plast øke (tilsvarende vil teoretisk mengde plast minke om det benyttes færre salvehull).

Ved bruk av elektroniske tennere kobles koblingsboksen til en buss-wire som igjen kobles til tennapparatet. Ved bruk av nonel-tennere kobles koblingsblokkene til en avfyriingssslange som igjen kobles til tennapparatet. Lengden av buss-wire eller avfyriingssslange som forbrukes i en sprengningssalve vil varierer avhengig av sprengingsopplegg og hvor man står når salven avfyres. For beregningene på sprengstein fra tunnel er det forutsatt at det forbrukes 50 m buss-wire for hver salve. For beregningene på sprengning i dagen er det regnet med 1 m lengde av buss-wire/avfyriingssslange for hvert borehull. Den reelle lengde av buss-wire/avfyriingssslange for en sprengningsslave i dagen (og en gjennomsnittsverdi for lengde per borehull) vil kunne avvike fra denne antakelsen.

Resultatene viser at mengde plast fra storskala pallsprengning teoretisk er lavere enn for de andre tilfellene. Samtidig er det stor forskjell i teoretisk mengde plast avhengig om det benyttes nonel-tennere eller elektroniske tennere. Bruken av elektroniske tennere medfører betydelig lavere plastmengder. En forskjell mellom tennsystemene ved utfylling i sjø er at ledninger til elektroniske tennere i stor grad synker, mens ledninger til nonel-tennere flyter [3].

Det er forskjell mellom ulike leverandører i forhold til mengde plast i ulike komponenter til tennsystemer og materiell brukt til sprengning. I beregningene i dette notatet er det brukt verdier fra [2]. Tennsystemer og materiell fra andre leverandører kan ha annen mengde plast i komponentene, og dermed gi plastverdier som avviker fra resultatet fra beregningene i dette notatet.

Beregningene er basert på en forutsetning om at 90% av materiell som ligger langs ladestrengen brenner opp eller pulveriseres under sprengingen. Det er ikke gitt at dette alltid vil forekomme, og plastrester fra denne delen av borehullet kan både være både høyere og lavere enn denne antakelsen.

Andre potensielle kilder til plast i sprengsteinen er foringsrør og patronert sprengstoff. Dersom det benyttes foringsrør ved ladning av salvene vil dette bidra til økt mengde plast i sprengsteinmassene. Et testforsøk på spredning av plast i sjø fra sprengstein fra tunnel skutt med elektroniske tennere [1] viste at 86,9 % av plasten som ble samlet inn i forsøket ikke stammet fra tennsystemet, men hovedsakelig fra foringsrør og patronert sprengstoff. Det finnes ikke dokumentasjon på hvor mange foringsrør som ble benyttet i forsøkssalvene, men det ble muntlig opplyst om 3-4 foringsrør for én tunnelsalve (med totalt ca.150 salvehull).

I beregningen i dette notatet er det forutsatt at det ikke benyttes foringsrør eller patronert sprengstoff, ettersom dette kun benyttes i spesielle tilfeller. Bruk av foringsrør og patronert sprengstoff vil bidra til plast i sprengsteinmassene.

Sprengsteinmassene kan i tillegg inneholde diverse avfall fra arbeider, slik som rester av emballasje eller folie rundt materiell, dersom dette ikke avfallshåndteres før sprengning.

Oppdragsgiver: Kristiansand Havn IKS

Oppdragsnr.: 52110063 Dokumentnr.: 52110063-RIGBerg01

Referanser

- [1] Norconsult, «Testforsøk - spredning av plast i sjø fra utfylte tunnelmasser skutt med elektroniske tennere. Aldersundet - Rassikringsprosjekt Rv 17 Liafjell,» 2017.
- [2] Norconsult, «Ytterligere opplysninger i klagesak om utfylling av tunnelmasser i sjø ved Mekjarvik. Rogfast-prosjektet,» 2017.
- [3] Miljødirektoratet, «Problemer med plast ved utfylling i sjø. Faktaark M-1085,» 2018.

J02	2023-05-08	For bruk.	GURBOE	HWB	IGRAU
B01	2023-05-04	For kommentar hos oppdragsgiver.	GURBOE	HWB	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.