



Trøndelag
fylkeskommune

COWI

ADRESSE COWI A/S
Otto Nielsens veg 12
Postboks 4220 Torgarden
7436 Trondheim
TLF +47 02694
WWW cowi.no

JANUAR 2024
TRØNDELAG FYLKESKOMMUNE

DETALJREGULERING ELGESETER GATE

EROSJONSSIKRING RØRUTLØP I NIDELVA

PROJEKTNR.	DOKUMENTNR.				
A252759	RAP_Elgeseter_VA				
VERSJON	UTGIVELSESDATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET	KONTROLLERT	GODKJENT
01	2024-06-13	Analyse	SNPA	DAPR	

1 Sammen drag

Hensikten med oppgaven er å sjekke behov for erosjonssikring av utløpet av OV systemet i Nidelva i sammenheng med reguleringsplan for Elgesetersgate.

Hensikten med erosjonssikring av utløpet er å sikre mot utgraving og setninger, gi mulighet for vedlikehold, og hindre at vannhastigheten og -retningen skader tilstøtende areal. Dimensjonering av tiltaket er basert på retningslinjer fra NVEs "Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein, 2009" (NVE, 2009). For kulverten som er av interesse er det ikke behov for energidreperbas-seng og det passer med en enkel steinplastring under utløpet. Stabil steinstørrelse for utforming av plastringen beregnes med formel 4.25 hentet fra NVEs veileder (NVE, 2009).

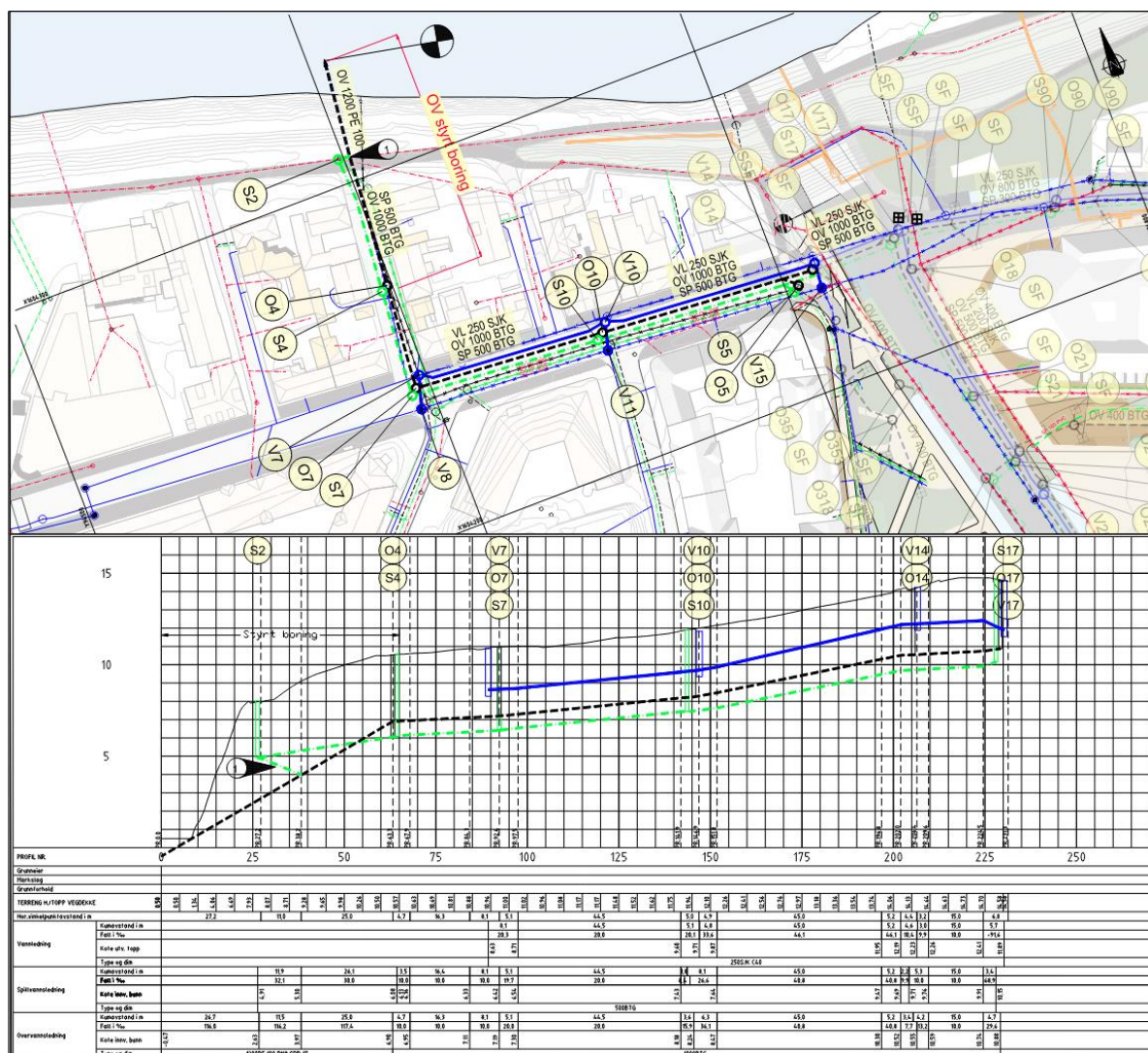
2 Dimensjonerende vannmengde.

Dimensjonerende vannføring bestemmes ut fra kapasitet til Overvannsledningen mellom O4 og O7 ved 100% fyllingsgrad. Det legges til grunn at ledningen ikke trykkes, med andre ord at det ikke oppstår oppstuvning i O7. Ledningen vil da fungere som flaskehals og bestemme maksimal vannføring for ledningen fra O4 til utløpet.

Ledningskapasitet beregnes ut fra formel for selvfallsledning med programmet ragmagVA (Magnussen), se Vedlegg.

Tabell 1- Parametere ledning fra O7 til O4.

Diameter	Material	Ruhet k	Fall	Antatt vanntemperatur	Beregnet kapasitet
1000 mm	Betong	1 mm	10 ‰	10 gr.C	2,5 m³/s



Figur 1- OV ledninger Elgesetersgate, utgitt av COWI 2024.

2.1 Hastighet ved utløpet

Utløpet er planlagt på kt. -0.47 m. For det meste av tiden vil det ligge under vannflaten, men i perioder vil vannstanden i Nidelva ligge lavere, i dette tilfellet vann som vil strømme ut fra røret kan føre til erosjonsskader i skråningen.



Figur 2- Vannstand ved utløpet, bestemt av havnivå for Trondheim, hentet fra (Kartverket, u.d.).

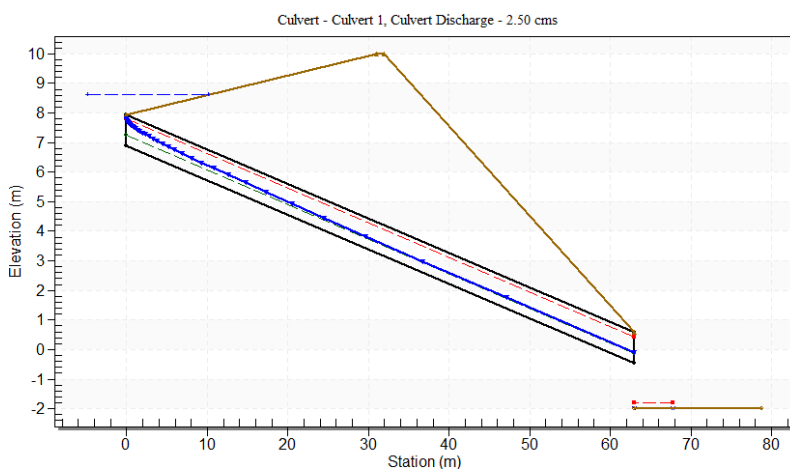
Hastigheten ved utløpet beregnes med HY-8 programmet [4], for et utløp i fri luft. 1200 mm PE100 SDR 17 innvendig diameter ca. 1058,8 ≈ 1060 mm.

Tabell 2- Parametere ledning fra O4 til utløpet.

Diameter (innvendig)	Material	Ruhet k	Fall	Dimensjonerende kapasitet
1060 mm	PE	0,1 mm	115 ‰	2,5 m ³ /s

Tabell 3- Resultater fra HY-8 ((FHWA)).

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
2.50	2.50	8.62	1.72	0.0*	5-S2n	0.34	0.89	0.36	0.00	9.54	0.00



Figur 3- Kulvertanalyse i HY-8, dimensjonerende kapasitet 2,5 m³/s, fritt utløp, innløpskontroll.

Beregnet hastighet ved fritt utløp er rundt 10 m/s. Grunnen til dette er den store helningen på røret (11,5 %). Dette kan medføre betydelige skader om ikke utløpet er tilstrekkelig erosjonssikkert.

2.2 Dimensjonering av erosjonssikringen

Kulvert innvendig rør diameter: $\varnothing=1060$ mm

Beregning av undervannsnivå Nivået på undervannet bør være mellom 0,4 og 1,0 D. Vi antar fritt utløp, så TW er egentlig 0. Men vi setter det til 0,4 m i henhold til NVEs anbefalinger for når TW er 0 eller ukjent.

$$D_{50} = 0.2D \left(\frac{Q}{\sqrt{g}D^{2.5}} \right)^{4/3} \left(\frac{D}{TW} \right) = 0.2 \cdot 0.695 \left(\frac{2.5}{\sqrt{9.81} \cdot 0.695^{2.5}} \right)^{4/3} \left(\frac{0.7}{0.4} \right) = 0.6057 \text{ m} \approx 600 \text{ mm} \quad (4.25)$$

Her er:

D_{50} = steinstørrelse (m)

D = kulvertdiameter (m).

Q = dimensjonerende vannføring (m^3/s)

TW = nivå på undervannet, over bunnen av kulvertutløpet (m)

Hvis strømmingen i kulverten er overkritisk, brukes en justert kulvertdiameter:

$$D' = \frac{D + y_n}{2} \quad (4.26)$$

Her er:

D' = justert kulvertdiameter (m).

y_n = normalstrømningsdybden i kulverten (m)

$$D' = (1,06 + 0,34)/2 = 0,7 \text{ m}$$

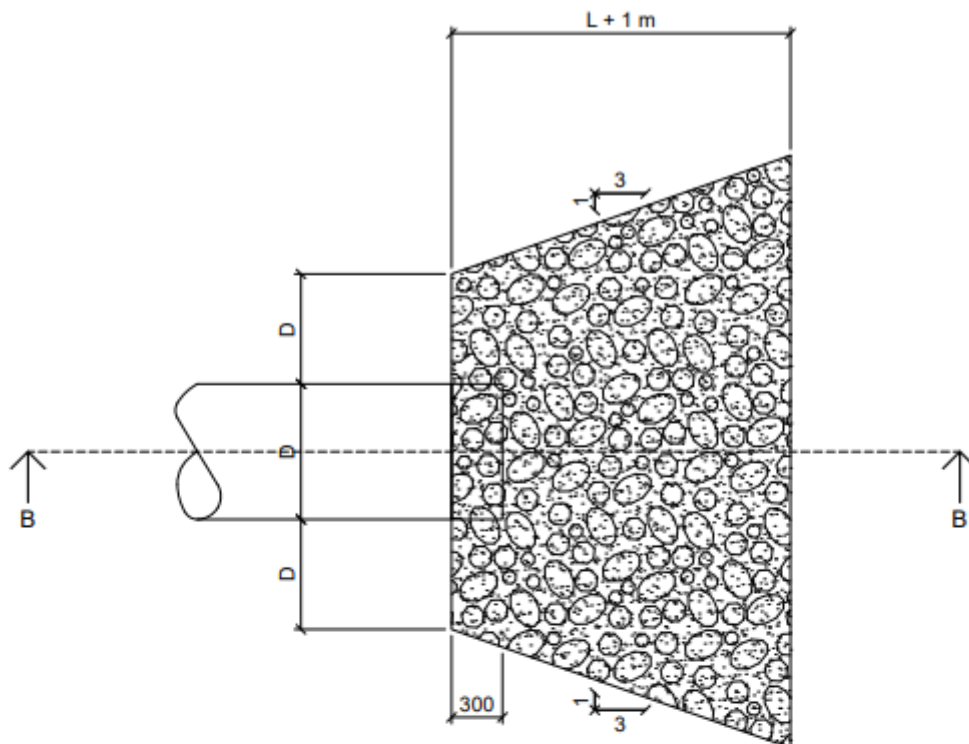
Plastringens utstrekning og tykkelse

Tabell nedenfor gir lengden som må plastres som funksjon av D_{50} .

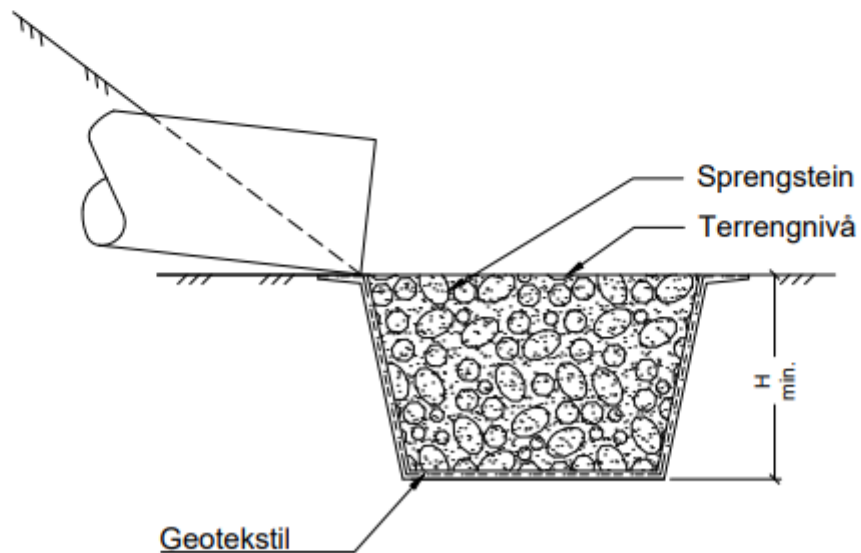
Tabell 4- Plastring og plastringstykkelse, hentet fra tab.10 NVE veileder (NVE, 2009).

D_{50} (mm)	Plastringslengde (-)	Plastringstykkelse (-)
125	4 D + 1 m	3,5 D_{50}
150	4 D + 1 m	3,3 D_{50}
250	5 D + 1 m	2,4 D_{50}
350	6 D + 1 m	2,2 D_{50}
500	7 D + 1 m	2,0 D_{50}
550	8 D + 1 m	2,0 D_{50}
D = kulvertdiameter, D_{50} = steinstørrelse		

Plastringslengde finnes basert på D_{50} ut fra tabell 2. Nødvendig plastringslengde er $8D + 1 \text{ m} = 5.8 \text{ m}$. Fra samme tabell finner vi plastringstykkelsen $t = 2 \times D_{50} = 1200 \text{ mm}$. Figur 4 viser prinsipp for utforming av sikringen. I praksis må sikringen tilpasses terrenget. For å gi bedre energidreping bør plastringen ha en ru overflate.



Kulvert uten standard endeseksjon



Kulvert uten standard endeseksjon

Figur 4- Prinsipp for utforming av sikringen, hentet fra (NVE, 2009).

3 Bibliography

(FHWA), F. H. (u.d.). *HY-8 User Manual*. Hentet fra http://wmsdocs.aquaveo.com/HY-8_UserManual_v7.5.pdf.

Kartverket. (u.d.). *Se havnivå*. Hentet fra <https://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva>.

Magnussen, R. A. (u.d.). *ragmagVA* versjon 2.5.0.

NVE. (2009). *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein*. NVE.

4 Vedlegg

Selvfallsledning		
Variable		
Dimensjonerende vannmengde	2474.856	l/s
Innvendig diameter	1000	mm
Ruhet	1	k i mm
Fall	10	mm/m
Vanntemperatur	10	°C
Resultater		
Fylt ledning (v)	3.151	m/s
Fylt ledning (Q)	2474.856	l/s
Kapasitet Q(dim)/Q(fylt)	1	
Nivå over bunn inv ledning	999.8	mm
Skjærspenning fylt ledning	24.517	N/m ²
Skjærspenning jevnt fordelt	24.739	N/m ²
Skjærspenning max1	24.74	N/m ²
Skjærspenning max2		N/m ²
Vannhastighet	3.151	m/s
Spesifikk energilinje	1.506	m
Magasinering	785.394	liter pr meter
Vått areal	0.785394	m ²
Bredde på vannflate	0.028	m
Våt omkrets	3.113	m
Hydraulisk radius	0.252	m
Hydraulisk dyp	27.794	m
Reynolds tall	66902189	Turbulent
Froudes nummer	0.191	Subkritisk

Figur 5- Selvfallsledning- beregnet med ragmagVA.