
RAPPORT

Løgstien etappe 4, del 2
Geoteknisk rapport



Kunde: Bergen kommune

Prosjekt: Løgstien etappe 4, Detaljprosjektering

Prosjektnummer: 26481005

Dokumentnummer: RIG-R01-A03

Rev.: A03

Sammendrag:

Sweco Norge AS er engasjert av Bergen kommune for å etablere etappe 4 del 2 av Løvtien langs Løvtakken i Bergen kommune. Etappe 4 del 2 ligger på østsiden av Løvtakken, og vil kobles på Løvtien etappe 4 del 1 i sør ved Fredlundsvingen og eksisterende Løvtien i nord ved Løvtakklien og Grønnlien.

Denne rapporten vil ta for seg ulike geotekniske prinsipløsninger for etablering av Løvtien. Det vil også bli etablert tørrmur på to ulike steder på strekningen. Det er utført tørrmurberegninger for 3 ulike tilfeller, samt gitt beskrivelse for utførelse av tørrmurene.

Rapporteringsstatus:

- Endelig
 Oversendelse for kommentar
 Utkast

Utarbeidet av: Marianne V. Borge og Krishna Aryal	Sign.:
Kontrollert av: Julie Mathieu	Sign.:
Prosjektleder: Ellen Skartveit	Prosjekteier: Michael Knüsel

Revisjonshistorikk:

Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Kontrollert av
03	03.03.20	Endring av henvisning til kapittel	NOMARB	NOJUMA
02	13.12.19	Endret kontroll av geotekniker under utførelse, samt tørrmurbredder.	NOMARB, NOKRAR	NOJUMA
01	27.10.17	Løvtien- geoteknisk prosjekteringsrapport	NOMARB, NOKRAR	NOJUMA

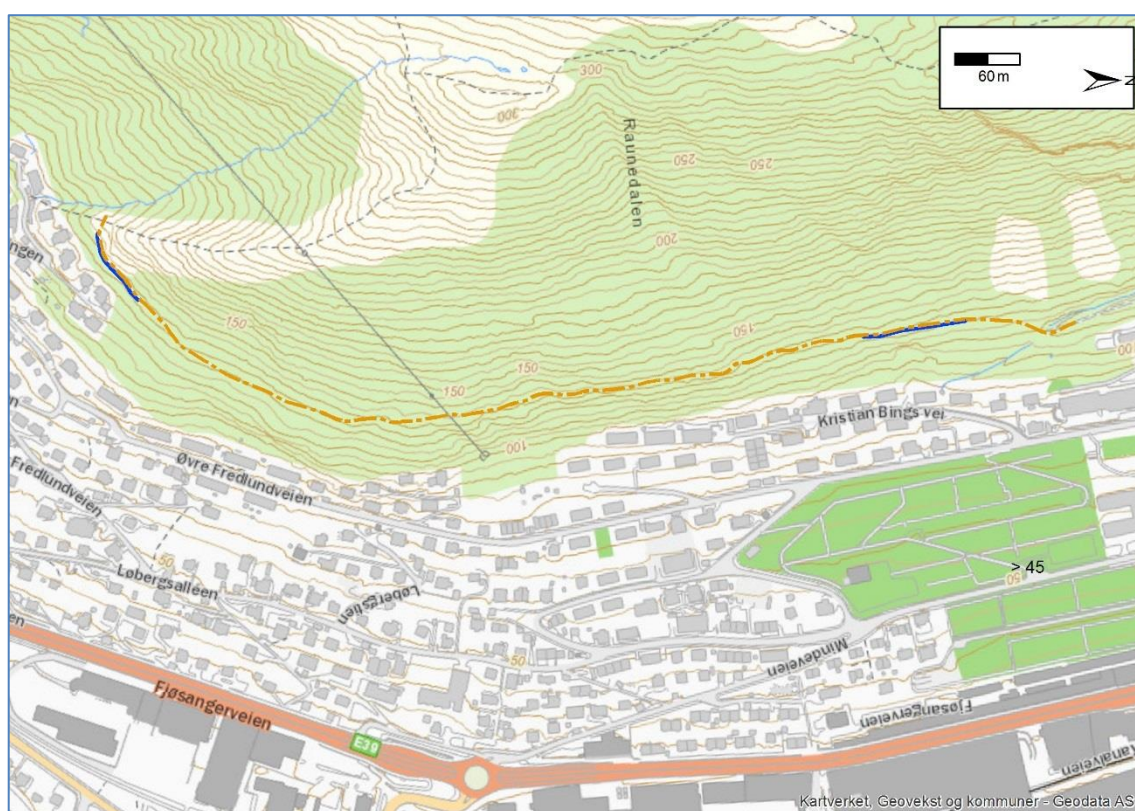
Innholdsfortegnelse

1	Innledning	4
2	Geoteknisk prosjekteringsregler	5
2.1	Regelverk	5
2.2	TEK 17 § 7, Sikkerhet mot naturpåkjenninger	5
2.3	TEK 17 § 10, Konstruksjonssikkerhet	5
2.4	Geoteknisk kategori	6
2.5	Konsekvens-/pålitelighetsklasse (CC/RC)	6
2.6	Tiltaksklasse	6
2.7	Prosjekterings- og utførelseskontroll	6
2.8	Kvalitetssystem	7
3	Topografi og grunnforhold	8
3.1	Topografi	8
3.2	Løsmasser	8
3.3	Berggrunn	9
3.4	Grunnforhold	9
4	Jordskjelv	11
5	Kartlegging av naboforhold	11
5.1	Nabobygg/tilstandskontroll	11
5.2	Ledninger og konstruksjoner i grunnen	11
6	Geoteknisk prosjekteringsprinsipper	12
6.1	Prinsipløsninger	12
6.1.1	Strekning 1 (pel 965- 1397)	12
6.1.2	Strekning 2 (pel 1400- 1780)	14
6.1.3	Strekning 3 (pel 1780- 1970)	14
6.2	Tørrmur	17
6.2.1	Arbeidsbeskrivelse for utførelse av tørrmur	20
7	Referanser	22
8	Vedlegg	22

1 Innledning

Sweco Norge AS er engasjert av Bergen kommune for å etablere etappe 4 del 2 av Løvtien langs Løvtakken i Bergen kommune. Etappe 4 del 2 ligger på østsiden av Løvtakken, og vil kobles på Løvtien etappe 4 del 1 i sør ved Fredlundsvingen og allerede etablert Løvtien i nord ved Løvtakklien og Grønnlien. Se figur 1 for oversikt over strekningen. Vedlegg 1 gir en mer detaljert oversikt over strekningen.

Løvtien skal etableres i varierende terreng, hvor det er variasjon mellom tynt og tykkere morenedekke, steinurer og berg i dagen. Terrenghelningen er varierende, hvor den enkelte steder er over 30°. I et parti hvor det er svært bratt og ulendt terreng vil det bli etablert konstruksjon med tredekke som en del av turvegen, se vedlegg 1.



Figur 1- Oversiktskart over Løvtien etappe 4, del 2 markert med gul linje. Omtrentlig plassering av tørrmurer er markert med blått.

2 Geoteknisk prosjekteringsregler

2.1 Regelverk

Gjeldende regelverk legges til grunn for prosjekteringen, og for geoteknisk prosjektering gjelder dermed:

- NS-EN 1990-1:2002 + NA:2008 (Eurokode 0) [1]
- NS-EN 1997-1:2004 + A1:2013+NA:2016 (Eurokode 7) [2]
- NS-EN 1998-1:2004 + A1:2013+NA:2014 (Eurokode 8) [3]
- TEK 10 [4]
- SAK 10 [5]
- NS 3458:2004 Komprimering, Krav og utførelse [14]

I tillegg er følgende veiledninger, håndbøker og litteratur benyttet:

- Veiledning om byggesak [7]
- Veiledning til TEK 17 [8]
- Statens vegvesen, Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging [9]
- Statens vegvesen, Håndbok V221 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger [10].

2.2 TEK 17 § 7, Sikkerhet mot naturpåkjenninger

I henhold til TEK 17 § 7 skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger (flom, stormflo og skred).

Løvestien etappe 4 vil bli etablert i fjellsiden av Løvestakken, og flom og stormflo vil dermed ikke være aktuelt i denne sammenheng.

Basert på kartgrunnlag fra NVE ligger den aktuelle turvegen innenfor aktsomhetsområder for skred [13]. Det er utarbeidet en geologisk rapport for traseen som omfatter ingeniørgeologiske problemstillinger [15]. Naturpåkjenninger ifm. skredfare er dermed ivaretatt.

På grunnlag av overnevnt informasjon er kravene i forhold til naturpåkjenninger i TEK 17 § 7 ivaretatt.

2.3 TEK 17 § 10, Konstruksjonssikkerhet

I henhold til TEK 17 § 10.1 vil forskriftets minstekrav til personlig og materiell sikkerhet være oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard (altså Eurokoder).

TEK 17 §10.2 angir at:

«Grunnleggende krav til byggverkets mekaniske motstandsevne og stabilitet, herunder grunnforhold og sikringstiltak under utførelse og i endelig tilstand, kan oppfylles ved prosjektering av konstruksjoner etter Norsk Standard NS-EN 1990 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner og underliggende standarder i serien NS-EN 1991 til NS-EN 1999, med tilhørende nasjonale tillegg.»

Veiledningen til TEK 17 angir videre at:

«Forskriftets krav er oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard. Korrekt bruk av prosjekteringsstandardene gir samlet det nivået som tilsvarer det sikkerhetsnivået som er akseptert av myndighetene.»

Da det legges til grunn en prosjektering basert på Eurokodene (NS-EN) som angitt i punkt 2.1 vil TEK 17 §10 være ivaretatt.

2.4 Geoteknisk kategori

Eurokode 7 [2] stiller krav til prosjektering ut fra tre ulike geotekniske kategorier. Valg av kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 "Krav til prosjektering".

Basert på befaring består grunnforholdene langs Løvestien etappe 4 av berg i dagen, steinurer, tynt morenedekke og tykkere morenedekke. Basert på dette er det ikke unormale risikoer eller vanskelige grunn- og fundamenteringsforhold. Det vil bli etablert en turveg med universell utforming, samt tørrmur som vil støtte opp turvegen, og dette er vurdert til å inngå i konvensjonelle typer konstruksjoner.

Prosjekteringen er valgt til **Geoteknisk kategori 2**. Begrunnelsen for valgt kategori samsvarer med beskrivelsen i Eurokode 7; «Konvensjonelle typer konstruksjoner og fundamenter uten unormale risikoer eller vanskelige grunn- og fundamenteringsforhold og hvor prosjekteringen kan baseres på kvantitative geotekniske data og analyser og rutinemessige prosedyrer som sikrer at grunnleggende krav blir oppfylt.»

2.5 Konsekvens-/pålitelighetsklasse (CC/RC)

Eurokode 0 [1] definerer byggverks plassering med hensyn til konsekvensklasse og pålitelighetsklasse (CC/RC). Konsekvensklasser er behandlet i standardens tillegg B i tabell B1 (informativt), mens veiledende eksempler på klassifisering av byggverk og konstruksjoner/konstruksjonsdeler i pålitelighetsklasser er vist i nasjonalt tillegg NA (informativt), tabell NA.A1 (901).

Løvestien er vurdert til konsekvensklasse CC2 basert på nærheten til nabobebyggelse enkelte steder, spesielt ved Fredlundsvingen. Turvegen er vurdert til pålitelighetsklasse 2.

2.6 Tiltaksklasse

Plan- og bygningsloven (pbl) kap. 24 og SAK 10 kap. 14, inneholder regler for krav til uavhengig kontroll etter tiltaksklasse. I veiledningen om byggesak kap. 9 [7] er det i tabell 2 og 3 gitt kriterier for tiltaksklasseplassering for prosjektering.

Der opplyses det om at fundamentering for anlegg og konstruksjoner som i henhold til Eurokode 0 plasseres i pålitelighetsklasse 2 havner i **tiltaksklasse 2**. For prosjekt i tiltaksklasse 2 medfører dette krav om uavhengig kontroll for geoteknisk prosjektering.

I veiledning om byggesak kap. 9-4 er det i Tabell 3 gitt kriterier for tiltaksklasseplassering for utførelse.

2.7 Prosjekterings- og utførelseskontroll

Eurokode 0 gir videre føringer for krav til omfang av prosjekteringskontroll og utførelseskontroll avhengig av pålitelighetsklasse. Dette innebærer i henhold til tabell NA.A1 (902) og NA.A1 (903) at det for prosjekteringskontroll og utførelseskontroll av geotekniske arbeider med pålitelighetsklasse 2 kan forutsettes en prosjekteringskontrollklasse PKK2 for byggegrop- og fundamenteringsarbeider.

For prosjektering av byggegruppen og fundamenteringen gjelder dermed at det utføres *egenkontroll* (DSL 1), *intern systematisk kontroll* (DSL 2) og i tillegg *utvidet kontroll* (DSL 3). I henhold til standarden kan prosjekteringskontrollklasse PKK2 begrenses til en kontroll av at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det prosjekterende foretaket.

For utførelsen gjelder at det skal utføres egenkontroll (IL 1), *intern systematisk kontroll* (IL 2) og i tillegg *utvidet kontroll* (IL 3). I henhold til standarden skal utvidet utførelseskontroll i utførelseskontrollklasse UKK2 bekrefte at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det utførende tiltaket.

2.8 Kvalitetssystem

Eurokode 0 [1] krever at ved prosjektering av konstruksjoner i pålitelighetsklasse 2, 3 og 4 skal et kvalitetssystem være tilgjengelig, og at dette systemet skal tilfredsstillere NS-EN ISO 9000-serien for konstruksjoner i pålitelighetsklasse 4. Swecos kvalitetssystem tilfredsstiller sistnevnte, og kravet er derfor ivarettatt også for pålitelighetsklasse 2.

3 Topografi og grunnforhold

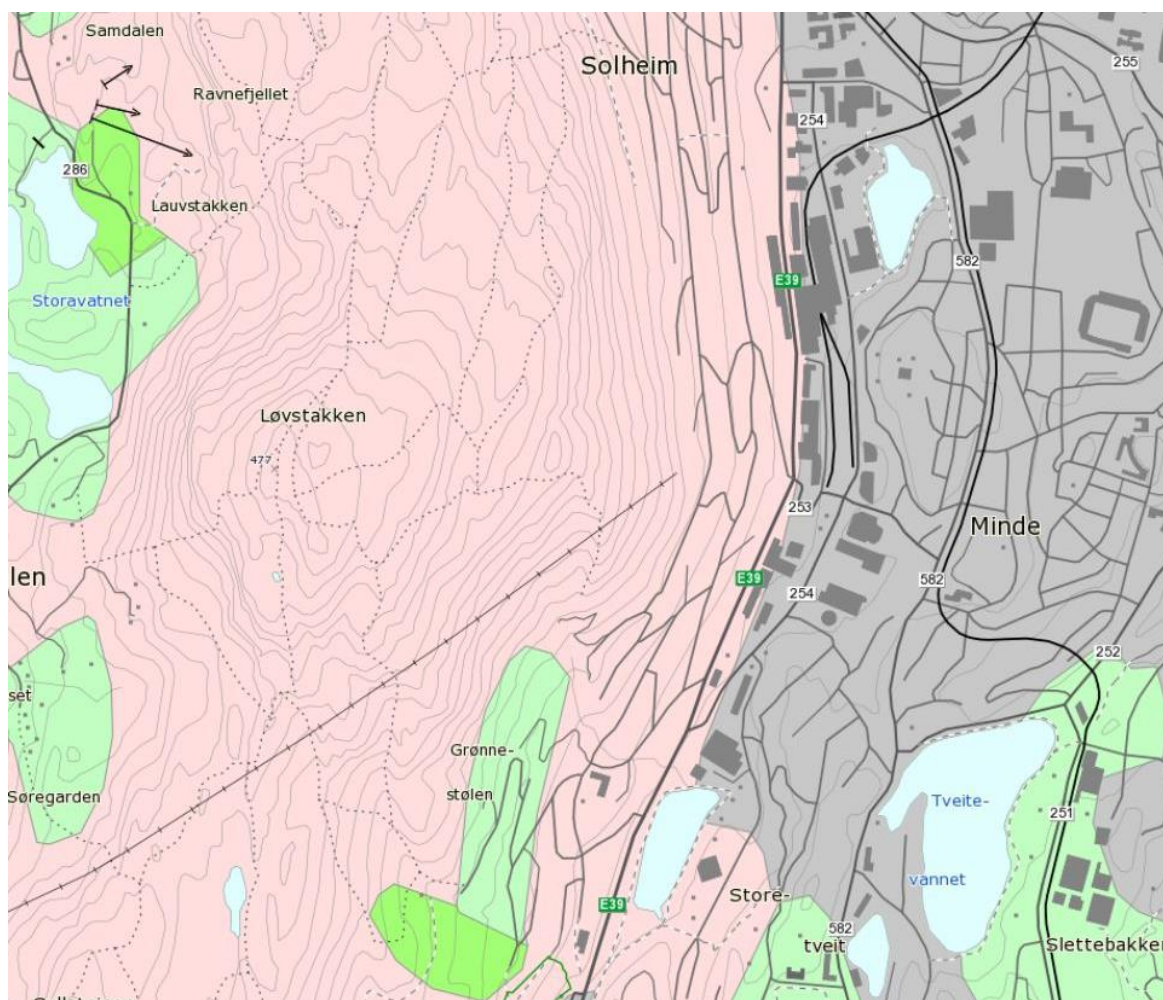
3.1 Topografi

Løvstien strekker seg langs østsiden av Løvstakken i forholdsvis kupert, ulendt og varierende terreng. Det er registrert flere steder hvor det er steinur. Terrengt stiger generelt mot vest, opp mot toppen av Løvstakken. Enkelte steder er terrengt brattere enn 30°. Det vil bli etablert en trekonstruksjon som festes til berg mellom ca. pel 1400 og 1775 langs en strekning hvor terrengt er svært bratt og ulendt, se figur 1 og vedlegg 1. Terrengt består hovedsakelig av trær og busker, samt mose og jorddekke, se figur 3.

3.2 Løsmasser

Basert på NGU sitt løsmassekart [11] består den planlagte turstien (etappe 4) hovedsakelig av bart fjell med stedvis tynt løsmassedekke, se figur 2. Helt sør på turstien er det kartlagt tykk og tynn morene. I forbindelse med dette prosjektet er det kartlagt løsmasser langs den aktuelle traseen, se kap. 3.4.

Kartgrunnlaget fra NGU viser også at turstien ligger over marin grense [11].



Figur 2- Løsmassekart fra NGU [11] gir en oversikt over kartlagte løsmasser ved Løvstakken. Rosa farge indikerer bart fjell med stedvis tynt løsmassedekke, grønn farge indikerer morene og grå farge indikerer fyllmasser.

3.3 Berggrunn

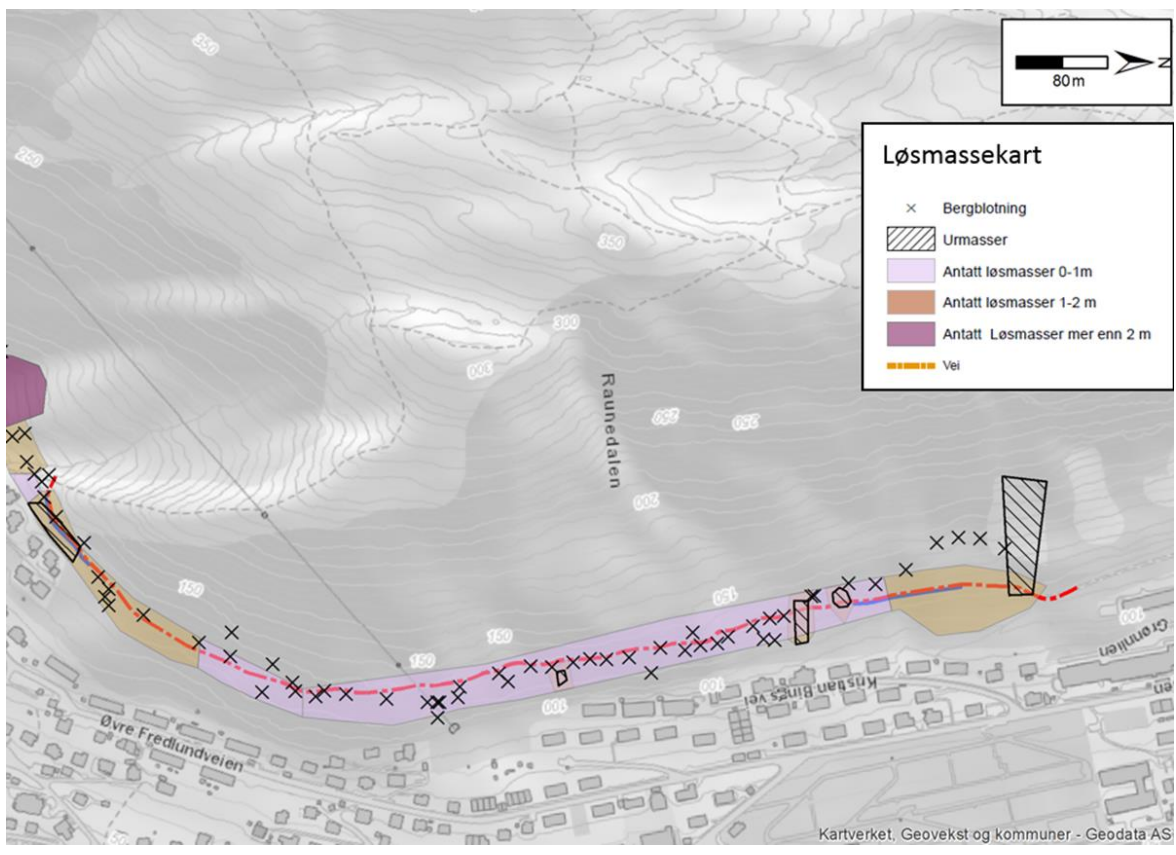
NGU har kartlagt berggrunnen på østsiden av Løvestakken som Øyegneis til flasergneis, for det meste granittisk, rød biotittrik [12]. Det er utarbeidet en geologisk rapport som tar for seg de ingeniørgeologiske problemstillingene langs strekningen [15].

3.4 Grunnforhold

Grunnforholdene langs den planlagte Løvestien er vurdert basert på flere befaringer. Løvestien ligger mellom ca. kote +115 og +138, i bratt terreng, og det er derfor ikke mistanke om dårlige masser. Det er generelt observert berg i dagen, tynt morenedekke, tykkere morenedekke og steinurer. I områdene hvor det er observert tykkere morenedekke er det antatt mektigheter mellom 2- 5 m basert på omkringliggende terreng, terrenghelning og bergblotninger. Morenemassene består hovedsakelig av faste masser med varierende innhold av stein, grus og sand. Figur 4 gir en oversikt over grovt kartlagte antatte grunnforhold langs den aktuelle traseen.



Figur 3- Bilde tatt mot sør, ca. ved pel 1770.



Figur 4- Oversiktskart over kartlagte løsmasser langs Løvstien etappe 4, del 2.

4 Jordskjelv

Eurokode 8 [3] gir regler for prosjektering av konstruksjoner for seismiske laster. I denne sammenheng deles det inn i syv grunntyper. Ved Løvtien er det hovedsakelig berg i dagen, steinurer og morenedekke. På grunnlag av dette er det valgt:

- Seismisk grunntype: A

Ut fra tabell 3.1 i Eurokode 8 [3] beskrives seismisk grunntype slik:

«Fjell eller fjell-lignende geologisk formasjon, medregnet høyst 5 m svakere materiale på overflaten.»

5 Kartlegging av naboforhold

5.1 Nabobygg/tilstandskontroll

Løvtien ligger ovenfor eksisterende bebyggelse. Nedfall av steiner og blokker, samt ras vil bli ivaretatt i geologisk rapport ifm. ingeniørgeologiske problemstillinger [15]. Det presiseres likevel at nedfall av løsmasser og steiner må vurderes fortløpende både gjennom anleggsfasen og etterpå. Det anbefales å etablere f.eks. fanggjerdar eller utføre andre sikringstiltak i områder hvor det er fare for at løsmasser og steiner kan treffe eksisterende bebyggelse.

Basert på dette vil naboforholdene bli ivaretatt.

5.2 Ledninger og konstruksjoner i grunnen

RIG har ikke kartlagt ledninger og kabler langs tursti-traseen, noe som må følges opp av entreprenøren.

6 Geoteknisk prosjekteringsprinsipper

6.1 Prinsipløsninger

Nedenfor følger en beskrivelse av ulike situasjoner og terrengforhold langs Løvtien, samt prinsipp for løsning for fundamentering av turvegen. Det må vurderes fortløpende hvilken løsning som benyttes for de ulike stedene hovedsakelig basert på terrenghelning og løsmassesammensetning. Det anbefales at en geotekniker følger opp fortløpende ved etablering av turvegen.

Løvtien etappe 4 del 2 er delt inn i 3 ulike strekninger. Ved strekning 1 og 3 vil turvegen bli fundamenterert direkte på løsmasser, steinur eller berg. Det vil også etableres tørrmur som støtter opp turvegen langs deler av disse strekningene. Turvegen langs strekning 2 vil bestå av en konstruksjon med brudekke. Det vil ikke være noen geotekniske prinsipløsninger langs strekning 2.

Det er svært viktig at sikkerheten mot nedfall av løsmasser og steiner/blokker blir ivarettatt gjennom utførelsen, og at dette blir vurdert fortløpende. Dette gjelder spesielt i nærheten av bebyggelse og i områder hvor det er fare for at nedfall av løsmasser og steiner/blokker kan treffe bebyggelsen. I områder hvor det er en slik fare er det anbefalt å etablere midlertidige fallgjerdar e.l.

6.1.1 Strekning 1 (pel 965- 1397)

Tørrmur skal etableres mellom pel 980-1070 for å støtte opp turvegen. Ved etablering av tørrmurene anbefales det å utføre seksjonsvis utgraving, hvor humusholdige masser blir fjernet. Det er også viktig at det blir etablert en stabil hylle av faste masser eller berg for fundamentering av tørrmuren. En geotekniker må tilkalles for å kontrollere fundamenteringsforhold av tørrmuren før murarbeidene starter. Geoteknikeren skal også vurdere arbeidene når murarbeidene er utført 25%, samt ved ferdigstillelse for å kontrollere muroppbyggingen. Beskrivelse av utførelse, samt murdimensjoner er gitt i kap. 6.2.

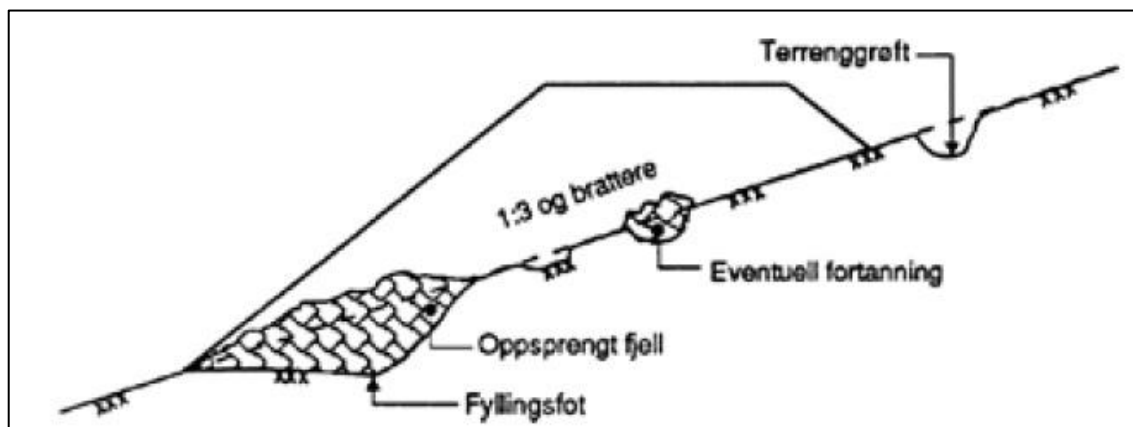
Tørrmurene vil bli etablert på en strekning like over Fredlundsvingen. Ved Fredlundsvingen 19 og 21 er det spesielt viktig å vurdere fortløpende om det må gjøres tiltak i forbindelse med nedfall av løsmasser og steiner.

Fra pel 1380 til 1400 vil det bli etablert landkar i betong for trekonstruksjonen som skal ligge i strekning 2. Betongmuren skal fundamenteres på faste masser. En geotekniker må kontrollere fundamenteringsforholdene før støping av landkaret.

Strekning med bratt terreng

For store deler av etappe 4 del 2 er skråningshelningen observert 1:3 eller brattere. Humusholdige masser, trær og busker må fjernes fra toppen og ned til faste masser eller berg. Fyllingsfoten må sprenges/meisles ut eller graves ut til en hylle, se figur 6 for prinsippskisse. Det bør legges store flate steiner for å sikre foten. Dersom fyllingen skal etableres direkte på berg er det anbefalt å sprengre hver 3. m oppover for å etablere fortanning. Steinmasser fra utsprengt berg kan ligge igjen. Fortanninger i skråningen bedrer stabilitetsforhold og motvirker utrasing av fyllingen. Se prinsippskisse, figur 6, for etablering av fortanning.

Videre etableres steinfyllingen lagvis oppover med helning maks. 1:1,3. I steinfyllingen kan det benyttes sprengstein. I spesielt bratte området kan det etableres ordnet steinrøys lagvis oppover med en maksimal helning på 1:1. Det kan da benyttes stedlige steiner som blir etablert til en ordnet steinrøys. Steinfyllingen må bestå av drenerende masser, og det må være >10% finstoff i steinfyllingen.



Figur 5- Prinsippskisse som viser generell oppbygging av en vegfylling i terreng med berghelning 1:3 eller brattere. Prinsippskissen er hentet fra Statens Vegvesens håndbok V221.

Strekning med urmasser

Ved etablering av fylling på ur må det benyttes samme prinsipp som vist på figur 6. Trær, busker og evt. humusholdige masser må fjernes fra toppen og nedover. Deretter fjernes ustabile steiner i fyllingsfoten for å planere ut foten. Det legges store steiner med flate former tilbake i den etablerte fyllingsfoten. Steinene i fyllingsfoten legges med god kontakt på underliggende steinmasser. Ved eventuelle hulrom i uren fylles det med sprengstein. Dette for å etablere en stabil fyllingsfot. Videre stables steinene til en ordnet steinrøys. Det anbefales å benytte stedlige steiner så langt det lar seg gjøre. Fyllingen etableres med en maksimal skråningshelning på 1:1 med ordet stein og 1:1,3 med steinfylling. Urmasser er observert helt nord på strekningen, se figur 4. Steinfyllingen må bestå av drenerende masser, og det må være >10% finstoff i steinfyllingen.

Støttemur på oppsiden av sti.

I områder hvor det skal etableres bergskjæringer med løsmasser på toppen, kan det være fare for utrasing eller nedfall av steiner og løsmasser. I slike tilfeller anbefales det å etablere sognemur. Det må foretas fortløpende vurderinger av hvor det er nødvendig å etablere sognemur. En geotekniker eller geolog må kontaktes for vurdering av plassering av sognemur.

Sognemur etableres ved å bore og gyse fast varmforsinket kamstålbolter Ø32 mm ca. 1,5- 2 m inn i fast berg, og med senteravstand 0,5 m. Deretter stables det liggende plank 98mm*48mm mellom boltene. Det er viktig at vann kan dreneres gjennom sognemuren. Eksempel på sognemur er vist i figur 7.



Figur 6- Illustrasjonsbilde av sognemur over bergskjæring for å holde løsmasser og stoppe nedfall av steiner.

6.1.2 Strekning 2 (pel 1400- 1780)

På denne strekningen skal det etableres konstruksjon med brudekke av tre. Konstruksjonen vil bli boltet fast i berg. Sikring av berg langs denne strekningen er ivaretatt i den geologiske rapporten [15].

6.1.3 Strekning 3 (pel 1780- 1970)

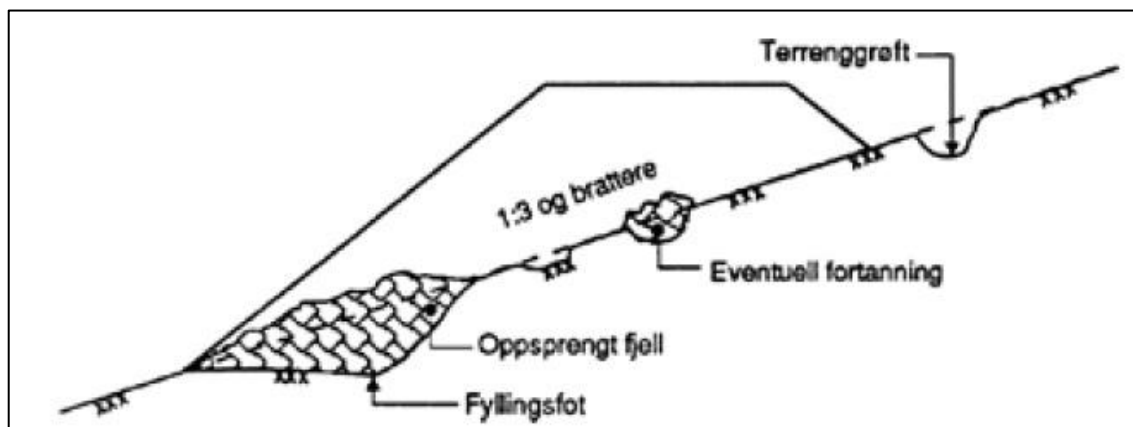
Første del av strekningen, fra pel 1780 til 1790, vil bestå av landkar i betong for trekonstruksjonen som skal ligger i strekning 2. Betongmuren fundamenteres på faste masser eller på berg. En geotekniker må kontrollere fundamenteringsforholdene før støping av landkar starter.

Første del av denne strekningen, fra pel 1780- 1970, vil bestå av tørrmur som støtter opp turvegen. Ved etablering av tørrmur er det viktig at humusholdige masser blir fjernet fra toppen og nedover, og at det blir etablert en stabil hylle av faste masser eller berg for fundamentering av tørrmuren. En geotekniker må tilkalles for å kontrollere fundamenteringsforhold av tørrmuren før murarbeidene starter. Geoteknikeren skal også vurdere arbeidene når murarbeidene er utført 25%, samt ved ferdigstilling for å kontrollere muroppbyggingen. Beskrivelse av utførelse, samt murdimensjoner er gitt i kap. 6.2.

Strekning med bratt terreng

For store deler av etappe 4 del 2 er skråningshelningen observert 1:3 eller brattere. Humusholdige masser, trær og busker må fjernes fra toppen og ned til faste masser eller berg. Fyllingsfoten må sprenges/meisles ut eller graves ut til en hylle, se figur 8 for prinsippsskisse. Det bør legges store flate steiner for å sikre foten. Dersom fyllingen skal etableres direkte på berg er det anbefalt å sprengte hver 3. m oppover for å etablere fortanning. Steinmasser fra utsprengt berg kan ligge igjen. Fortanninger i skråningen bedrer stabilitetsforhold og motvirker utrasing av fyllingen. Se prinsippsskisse, figur 6, for etablering av fortanning.

Videre etableres steinfyllingen lagvis oppover med helning maks. 1:1,3. I steinfyllingen kan det benyttes sprengstein. I spesielt bratte området kan det etableres ordnet steinrøys lagvis oppover med en maksimal helning på 1:1. Det kan da benyttes stedlige steiner som blir etablert til en ordnet steinrøys. Steinfyllingen må bestå av drenerende masser, og det må være >10% finstoff i steinfyllingen.



Figur 7- Prinsippskisse som viser generell oppbygging av en fylling i terreng med berghelning 1:3 eller brattere. Prinsippskissen er hentet fra Statens Vegvesens håndbok V221.

Strekning med urmasser

Ved etablering av fylling på ur må det benyttes samme prinsipp som vist på figur 6. Trær, busker og evt. humusholdige masser må fjernes fra toppen og nedover. Deretter fjernes ustabile steiner i fyllingsfoten for å planere ut foten. Det legges store steiner med flate former tilbake i den etablerte fyllingsfoten. Steinene i fyllingsfoten legges med god kontakt på underliggende steinmasser. Ved eventuelle hulrom i uren fylles det med sprengstein. Dette for å etablere en stabil fyllingsfot. Videre stables steinene til en ordnet steinrøys. Det anbefales å benytte stedlige steiner så langt det lar seg gjøre. Fyllingen etableres med en maksimal skråningshelning på 1:1 med ordet stein og 1:1,3 med steinfylling. Urmasser er observert helt nord på strekningen, se figur 4. Steinfyllingen må bestå av drenerende masser, og det må være >10% finstoff i steinfyllingen.

Støttemur på oppsiden av sti.

I områder hvor det skal etableres bergskjæringer med løsmasser på toppen, kan det være fare for utrasing eller nedfall av steiner og løsmasser. I slike tilfeller anbefales det å etablere sognemur. Det må foretas fortløpende vurderinger av hvor det er nødvendig å etablere sognemur. En geotekniker eller geolog må kontaktes for vurdering av plassering av sognemur.

Sognemur etableres ved å bore og gyse fast varmforsinket kamstålbolter Ø32 mm ca. 1,5- 2 m inn i fast berg, og med senteravstand 0,5 m. Deretter stables det liggende plank 98mm*48mm mellom boltene. Det er viktig at vann kan dreneres gjennom sognemuren. Eksempel på sognemur er vist i figur 9.



Figur 8- Illustrasjonsbilde av sognemur over bergskjæring for å holde løsmasser og stoppe nedfall av steiner.

6.2 Tørrmur

Prinsippskisse er vist i figur 10 og murdimensjonene er gitt i tabell 2. Det er utført beregninger av tørrmurdimensjoner for tre ulike tilfeller:

- **Tilfelle 1-** tørrmuren blir fundamentert på berg og støtter opp turvegen.
- **Tilfelle 2-** tørrmuren blir fundamentert på løsmasser, hvor tørrmuren støtter opp turvegen. Det innebærer at det er horisontalt terreng på baksiden av tørrmuren.

Se vedlegg 2- 3 for prinsippskisser av tørrmurene i de ulike tilfellene.

Basert på tabell 2.39 i Håndbok V220 [9], er det valgt jordparametere for vurdering av bæreevne ved tørrmurberegning. Jordparametere er oppsummert i tabell 1. For sprengsteinsmasser bak mur, er det antatt en attraksjon på 5 kPa fordi massene skal lettkomprimeres iht. NS 3458.

I figur 0.3 i Håndbok V220 [9] er materialfaktoren basert på bruddmekanismen i jorden, samt konsekvensklassen vurdert for området. Bruddmekanismen i morenemassene ved Løvsstien er antatt å være nøytralt brudd. Området er allerede vurdert til å være innenfor konsekvensklasse CC2, noe som gir en materialfaktor på $\gamma_M=1,4$.

Tabell 1- Parametervalg ved beregning av tørrmur ved Løvsstien.

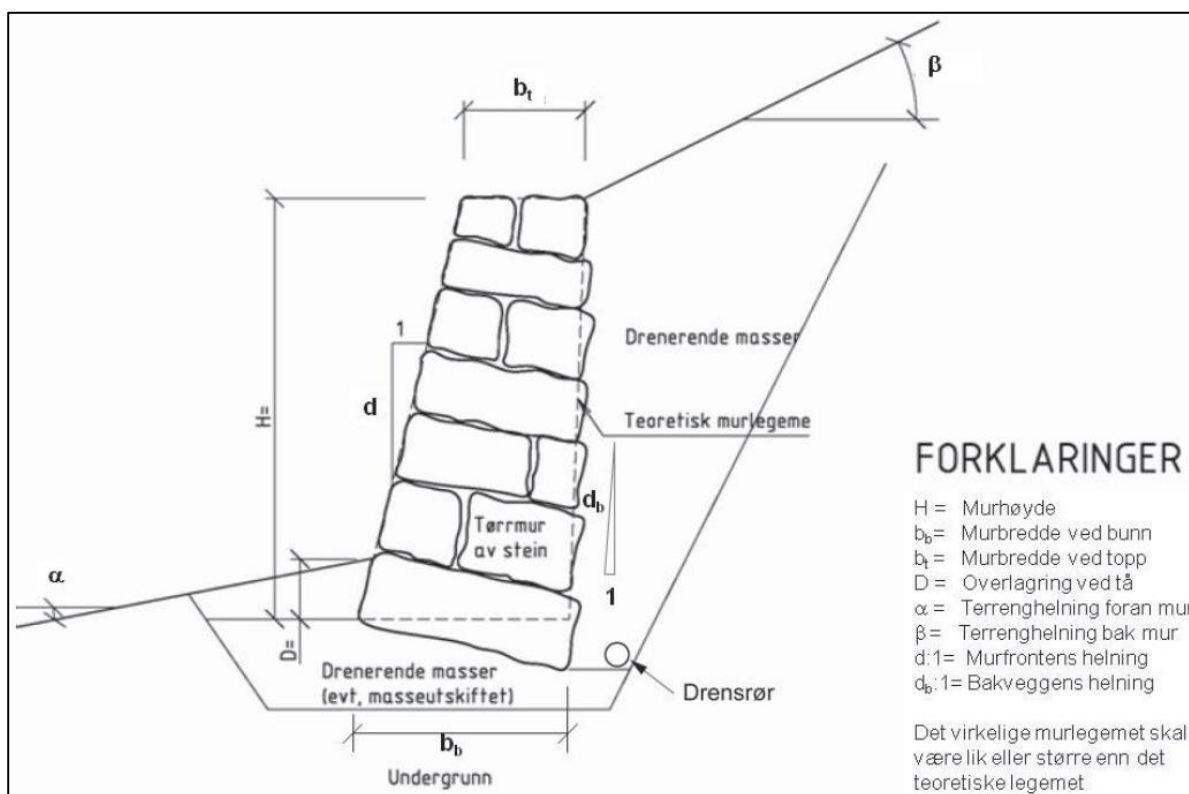
	Under tørrmur, morene	Bak tørrmur, sprengstein
Tyngdetetthet, γ [kN/m ³]	20	19
Friksjonsvinkel, ϕ [°]	38	42
Attraksjon, a [kN/m ²]	10	5

Tørrmuren er prosjektert med følgende forutsetninger:

- Fundamenteres på steinsåle over stedlig morene eller berg. Det er viktig at humusholdige masser fjernes.
- Grunnvann ligger i underkant fundament.
- Fiberduk kl. 3 mellom stedlige og tilbakefylte masser. Dersom sprengstein fylles mot berg er det ikke behov for fiberduk.
- Drensrør 150 mm legges i bakkant av mur.
- Tilbakefylling med drenerende masser av sprengstein av god kvalitet i telegruppe T1 (fraksjon 5- 300 mm) bak tørrmur, lettkomprimering iht. NS 3458 utføres lagvis.
- Fronthelning mur: 5:1.
- Murhøyde: 1,0m – 4,0m
- Terrenghelning i bakkant tørrmur er horisontal.
- Terrenghelning i forkant tørrmur er ikke brattere enn 1:2 etter min. 1 m hulle ved løsmasser.
- Terrengbredde for alle murene på løsmasser skal være minimum 1 m fra ytterkant mur til topp skråning i forkant av muren.
- Terrengbredde for alle murene på berg skal være minimum 0,5 m fra ytterkant mur til bergskjæring.

- Fotdybde er 0,5 m for alle murer.
- Det er benyttet trafikklast for gang- og sykkelveg 5 kPa og snølast 5 kPa, samt lastfaktor $\gamma_Q=1,15$ iht. Statens Vegvesens håndbok V220, samt NS-EN 1991-2.

Beregningene er utført ved hjelp av programmet «Tørrmur» Versjon 17.01, N. M. Helle (2017). Programmet beregner bæreevne og totalstabilitet av muren. Beregningene er utført iht. Statens vegvesen håndbok V220.



Figur 9- Prinsippkisse for murgeometri hentet fra Statens vegvesens håndbok V220 [9].

Tabell 2- Murdimensjoner ved etablering av tørrmur i Løvestien.

Tilfelle 1- tørrmur fundamentert på berg			
Høyde, H [m]	Bredde bunn, B2 [m]	Bredde topp, B1 [m]	Terrengbredde, T [m]
1	0,6	0,5	0,5
2	0,6	0,5	0,5
3	0,8	0,7	0,5
4	1,1	1,0	0,5

Tilfelle 2- tørrmur fundamentert på løsmasser			
Høyde, H [m]	Bredde bunn, B2 [m]	Bredde topp, B1 [m]	Terrengbredde, T [m]
1	0,6	0,5	1,0
2	1,0	0,7	1,0
3	1,2	1,0	1,0
4	2,0	1,6	1,0

6.2.1 Arbeidsbeskrivelse for utførelse av tørrmur

I vedlegg 2- 3 er det gitt arbeidsbeskrivelse for utførelse av hvert tilfelle. Nedenfor følger en generell arbeidsbeskrivelse for utførelse av tørrmur:

- En geotekniker må tilkalles for å vurdere fundamenteringsforholdene for tørrmurene før murarbeidene starter. Geoteknikeren må også tilkalles når murarbeidene er utført 25%, samt ved ferdigstilling for å kontrollere mureoppbyggingen.
- Skråningen renskes for humusholdige masser fra toppen og nedover.
- Det er svært viktig å vurdere fortløpende behov for å sikre eller gjøre andre tiltak mot nedfall av løsmasser og steiner/blokker, spesielt hvor det er bebyggelse i nærheten.
- Ved fundamentering på berg må det sprenges/meisles ut en hylle eller eventuelt støpes en såle hvor tørrmuren kan fundamenteres.
 - Hyllen må ha en bredde som er minimum 0,5 m lengre enn bredden på bunnsteinen i forkant av muren, se vedlegg 2.
 - Dersom det er nødvendig skal det legges et avrettingslag, 300 mm, med puk (0/120) i underkant fundament. Det er viktig at nederste stein i tørrmuren har full kontakt med underlaget.
 - Underlaget skal ha helning på 1:10 innover.
- Ved fundamentering på løsmasser må det graves ut en hylle hvor tørrmuren kan fundamenteres. Det er viktig at humusholdige masser er fjernet og at tørrmuren fundamenteres på faste, ikke telefarlige masser.
 - Hyllen må graves ut slik at det kan tilbakefylles masser med 0,5 m i forkant av murfoten, samt være en 1 m hylle foran muren, se vedlegg.
 - Det legges et avrettingslag på 200 mm med puk (T1) i underkant fundament.
 - Underlaget skal ha helning på 1:10 innover.
- Tørrmuren skal utføres med helning 5:1 i forkant og fundamenthelning på 1:10 innover.
- Muren bygges opp med dimensjonene som angitt i tabell 2. Det er viktig at dimensjonene gitt i tabellen følges, da det er dette som er krav for at muren skal være stabil.
- Sett normalt på murfronten kan avvik ikke overstige 100 mm. Enkelte ujevne steiner utover dette kan aksepteres. Øverste og nederste murstein skal i utgangspunktet dekke full murbredde.
- Stein med god form og steinkvalitet skal benyttes. Stein i samme rad i muren må ha tilnærmet lik høyde. Muren skal bygges med minst mulig hulrom mellom steinene og det skal ikke fylles i med mindre stein i muren for å tette igjen hulrom. Maks tillatte åpninger i muren er 100 mm.
- Muren bygges opp med full bunnbredde med største steiner i bunn og ellers god fordeling av blokkstørrelser. Det er fordelaktig at den nederste og øverste steinen har full bredde. Steinene legges med helning tilnærmet vinkelrett på murfronten. En god forbaning må sikres i lengderetningen og i tverretningen. Muren må bygges uten buler og ujevnheter.
- Tilbakefylte masser skal bestå av sprengstein uten finstoff, i teleggruppen T1. Steinestørrelser større enn 300 mm kan ikke forekomme nærmest muren.
- Tilbakefylte masser komprimeres lett etter NS3458. Komprimering utførtes inntil 1 m fra muren. Det må komprimeres med forsiktighet bak muren for å unngå at det blir ekstra trykk som skaper buling i

murens nedre del. Det må forsikres at muren ikke får høyere terrenglast enn benyttet ved dimensjonering.

- Mellom stedlige og tilførte masser benyttes fiberduk kl. 3.

7 Referanser

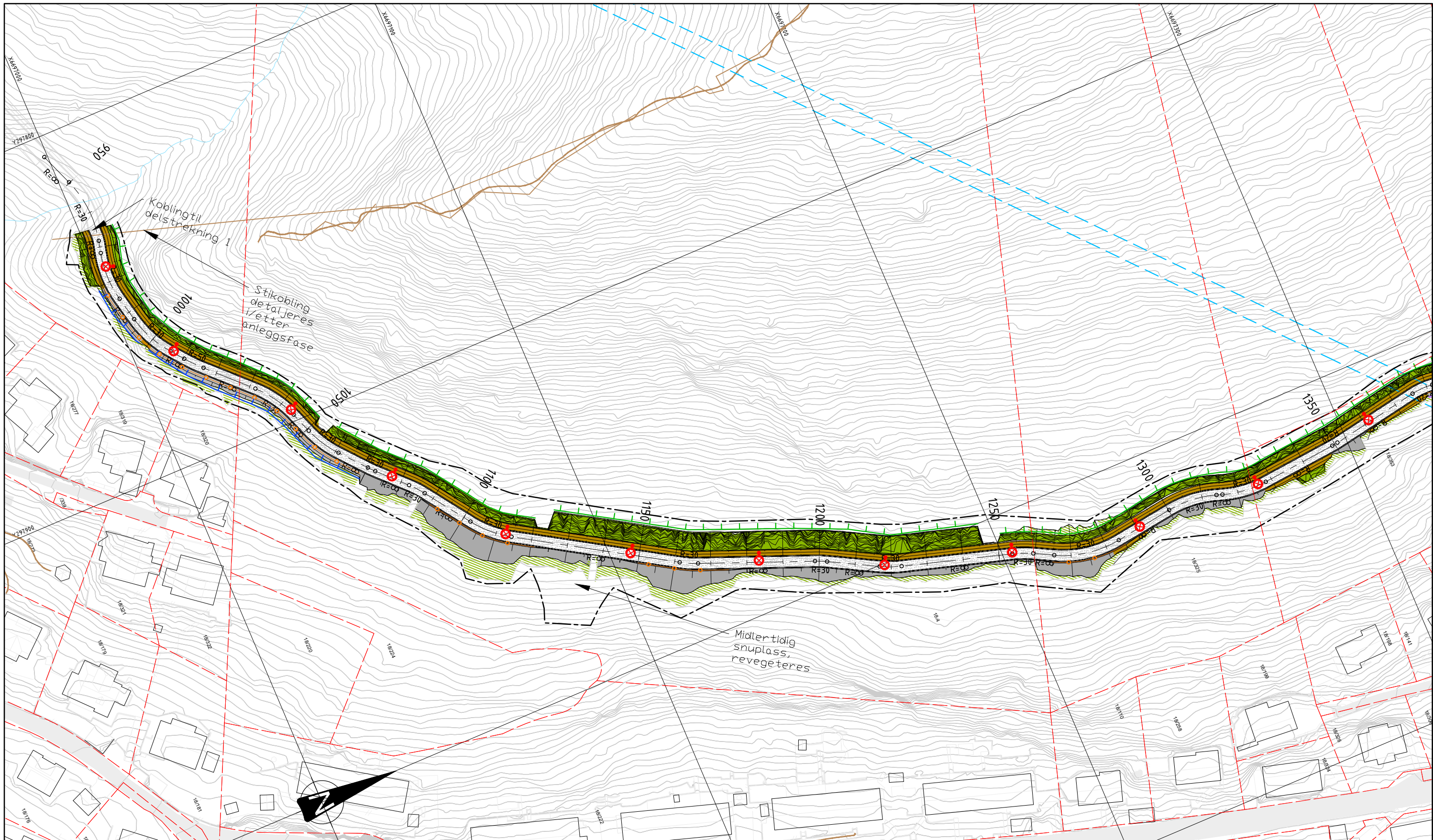
- [1] NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016, Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner.
- [2] NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016; Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering Del 1: Allmenne regler.
- [3] NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2014, Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning.
- [4] Byggteknisk forskrift av 2010, TEK 10, Direktoratet for byggkvalitet.
- [5] Byggteknisk forskrift av 2011, SAK 10, Direktoratet for byggkvalitet.
- [6] NS 3458:2004 Komprimering, Krav og utførelse.
- [7] Veiledning om byggesak, Direktoratet for byggkvalitet 2016.
- [8] Veiledning om tekniske krav til byggverk, Direktoratet for byggkvalitet 2016.
- [9] Håndbok V220 Geoteknisk prosjektering, Statens vegvesen 2014.
- [10] Håndbok V221 Grunnforsterkning, fyllinger og skråning, Statens vegvesen, 2014.
- [11] NGUs løsmassekart: <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/> Hentet 18.10.17
- [12] NGUs berggrunnskart: <http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/> Hentet 18.10.17
- [13] Norges vassdrag og energidirektorat (NVE), faresonekart: <http://gis3.nve.no/link/?link=faresoner&layer=5&field=KOMMNAVN&value=Os&buffer=10000> Hentet 18.10.17
- [14] NS3458:2004 Komprimering- Krav og utførelse.
- [15] 26481005_RAP_GEO_R01_Løvtien del 2, 26481005_RAP_GEO_R02_Løvtien del 2, 26481005_RAP_GEO_R03_Løvtien del 2. Sweco Norge AS, 26.10.17

8 Vedlegg

Vedlegg 1- Oversiktskart

Vedlegg 2- Arbeidstegning for tørrmur tilfelle 1- V001

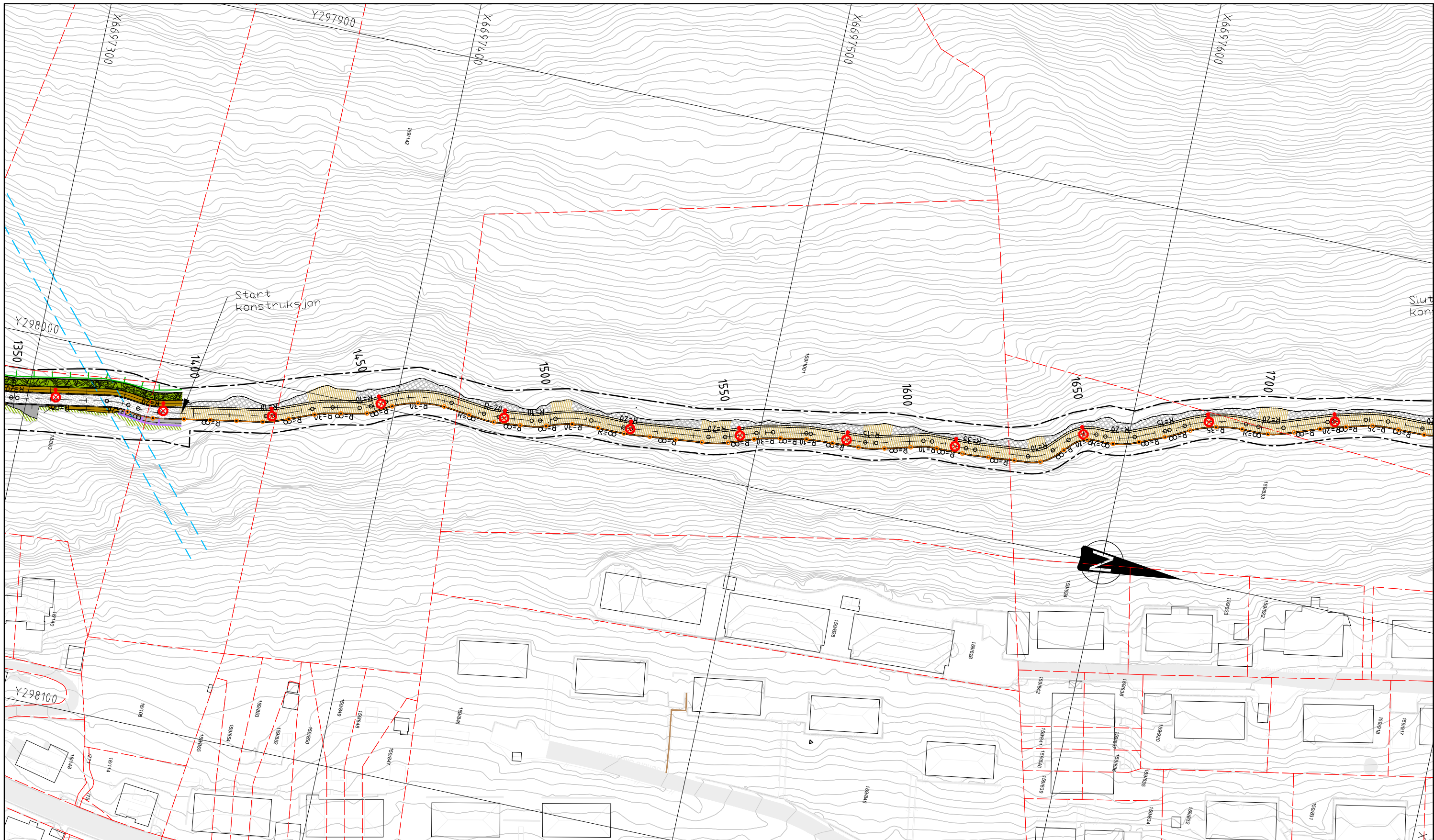
Vedlegg 3- Arbeidstegning for tørrmur tilfelle 2- V002



Tegnforklaring

- | | | | | | |
|--|--|--|---|--|-----------------------------|
| | Sti | | Mulig sikring av løsmasser / "sognemur" | | Anleggsgrense |
| | Grøft | | Tørrmur | | Eksisterende Bekk |
| | Naturlig revegetering | | Betongmur | | Eksisterende Eiendomsgrense |
| | Ordnert røys | | Rekkverk | | Eksisterende Høyspentlinje |
| | Skjæring | | Belysning | | Eksisterende Sti |
| | Brudekke | | | | |
| | Brunetting | | | | |
| | Avgravingsflate, naturlig revegetering | | | | |

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
			Nourda	Nokafo	Noells	13.12.2019
Bergen kommune Bymiljøetaten Løvstien etappe 4 delstrekning 2			Målestokk	Format		
Landskapsplan			1:1000			A3
Anbudstegning			Oppdragsleder:	Ellen Skartveit		
			Oppdragsnr.	26481005		
SWECO		Disiplin:	Løpenummer:	Status:	Rev:	
Sweco Norge AS FANTOFTVEGEN 14P, 5072 BERGEN TLF.: 55 27 50 00 FAX.: 55 27 50 01		L	0001	B	00	

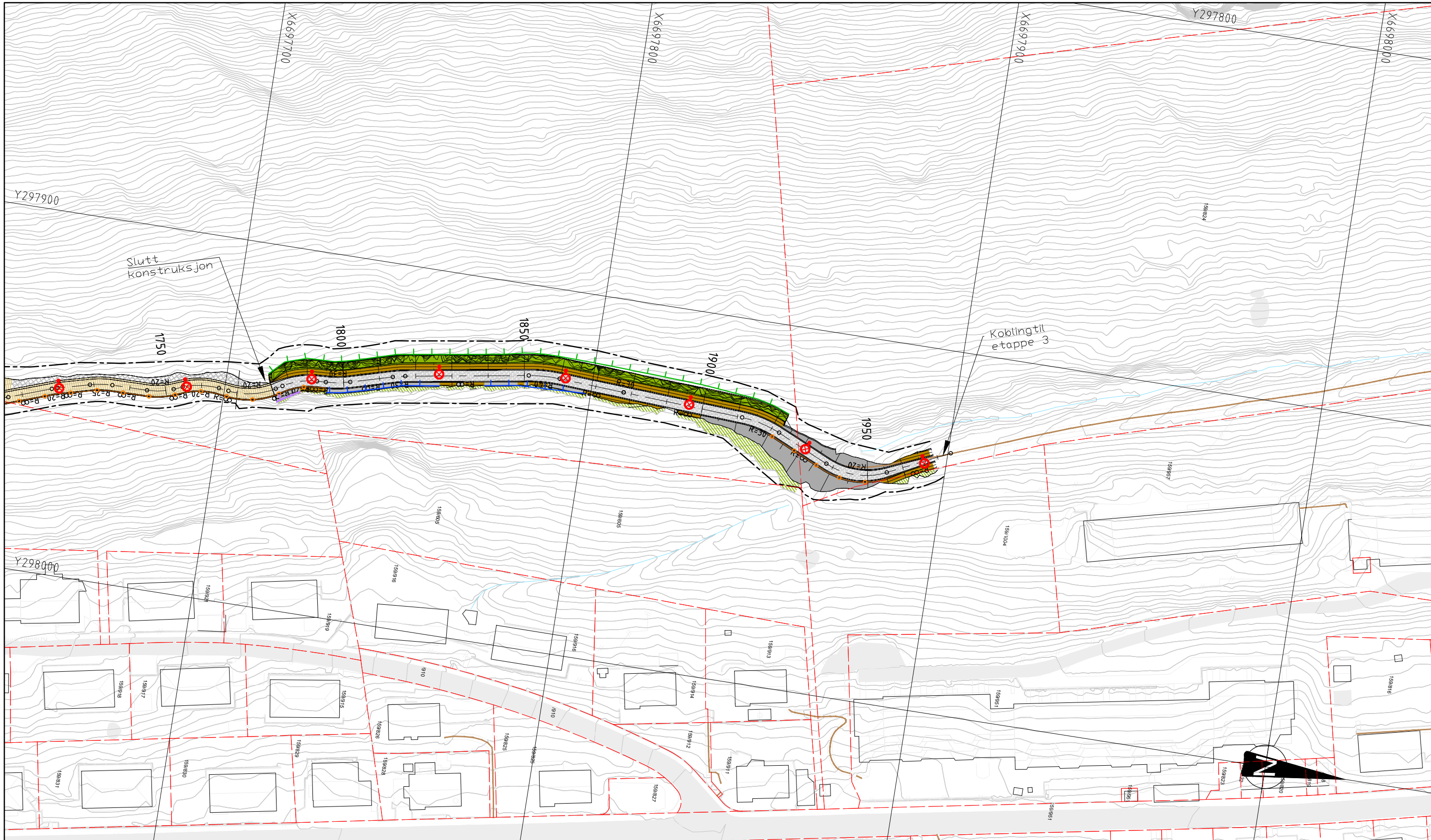


Tegnforklaring

- | | | | | | |
|--|--|--|---|--|----------------|
| | Sti | | Mulig sikring av løsmasser / "sognemur" | | Anleggsgrense |
| | Grøft | | Tørrmur | | Bekk |
| | Naturlig revegetering | | Betongmur | | Eiendomsgrense |
| | Ordnet røys | | Rekkverk | | Høyspentlinje |
| | Skjæring | | Belysning | | Sti |
| | Brudekke | | | | |
| | Brunetting | | | | |
| | Avgravingsflate, naturlig revegetering | | | | |

- Eksisterende
- Bekk
 - Eiendomsgrense
 - Høyspentlinje
 - Sti

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
			Nourda	Nokafo	Noells	13.12.2019
Bergen kommune Bymiljøetaten Løvtien etappe 4 delstrekning 2			Målestokk	Format		
Landskapsplan			Oppdragsleder: Ellen Skartveit			
Anbudstegning			Oppdragsnr. 26481005			
		Disiplin:	Løpenummer:	Status:	Rev:	
Sweco Norge AS FANTOFVEGEN 14P, 5072 BERGEN TLF.: 55 27 50 00 FAX.: 55 27 50 01		L	0002	B	00	

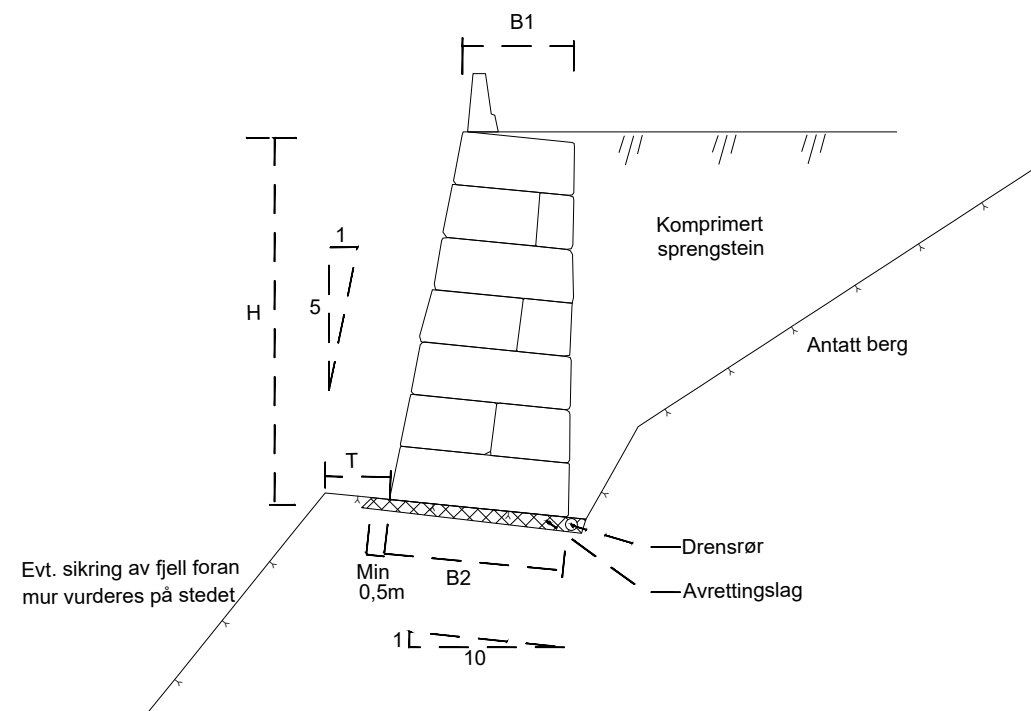


Tegnforklaring

- | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|----------------|--|-------------------------------|
| | Sti | | Mulig sikring av løsmasser /"sognemur" | | Anleggsgrense | | Eksisterende
Bekk |
| | Grøft | | Tørrmur | | Eiendomsgrense | | Eksisterende
Høyspentlinje |
| | Naturlig revegetering | | Betongmur | | Sti | | |
| | Ordnert røys | | Rekkverk | | | | |
| | Skjæring | | Belysning | | | | |
| | Brudekke | | | | | | |
| | Brunetting | | | | | | |
| | Avgravingsflate,
naturlig revegetering | | | | | | |

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
			Nourda	Nokafo	Noells	13.12.2019
Bergen kommune Bymiljøetaten Løvstien etappe 4 delstrekning 2			Målestokk	Format		
Landskapsplan			1:1000		A3	
Anbudstegning			Oppdragsleder: Ellen Skartveit		Oppdragsnr. 26481005	
Sweco Norge AS FANTOFTVEGEN 14P, 5072 BERGEN TLF.: 55 27 50 00 FAX.: 55 27 50 01			Disiplin:	Løpenummer:	Status	Rev.
			L	0003	B	00

Tilfelle 1- berg




Tilfelle 1- fundamenteres på berg			
Høyde, H [m]	Bredde bunn, B2 [m]	Bredde topp, B1 [m]	Terrengbredde, T [m]
1	0,6	0,5	0,5
2	0,6	0,5	0,5
3	0,8	0,7	0,5
4	1,1	1,0	0,5

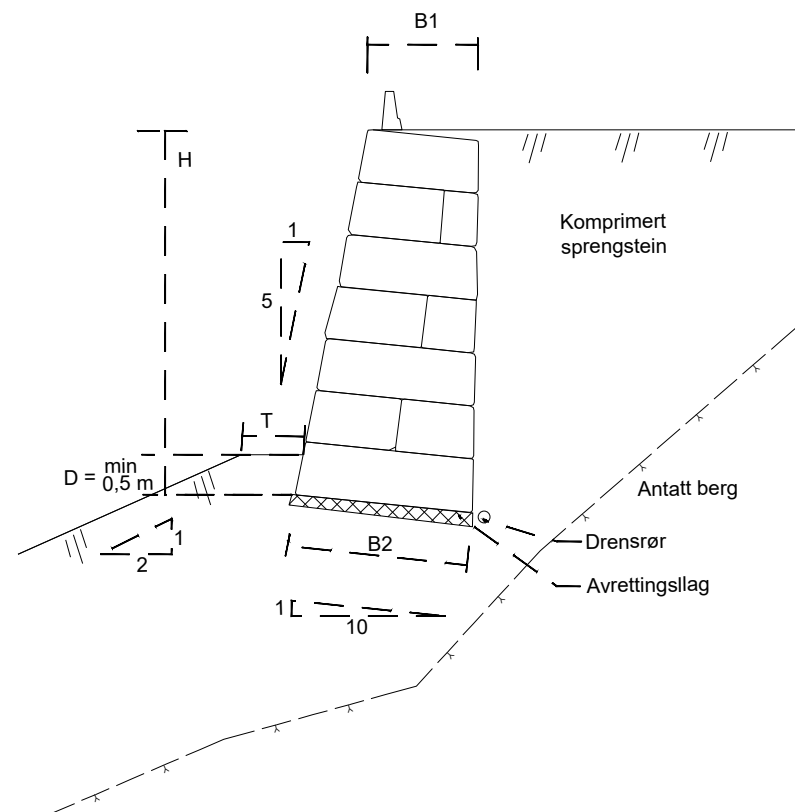
ARBEIDSBESKRIVELSE FOR UTFØRELSE AV TØRRMUR FUNDAMENTERT PÅ BERG

Oppbygging av tørrmuren utføres etter følgende prosedyre:

- En geotekniker må tilkalles for å vurdere fundamenteringsforholdene for tørrmurene før murarbeidene starter. Geoteknikeren må også tilkalles når murarbeidene er utført 25%, samt ved ferdigstillelse for å kontrollere muroppbyggingen.
- Skråningen renskes for humusholdige masser fra toppen og nedover før selve utgravingen for tørrmuren starter.
- Det er viktig å vurdere fortløpende behov for å sikre eller gjøre andre tiltak mot nedfall av løsmasser og steiner/blokker, spesielt hvor det er bebyggelse i nærheten.
- Det må sprenges/meisles ut en hylle og eventuelt støpes en såle hvor tørrmuren fundamenteres. Dette avgjøres i samråd med byggherre.
- Hyllen må ha en bredde som er minimum 0,5 m lengre enn bredden på bunnsteinen i forkant av muren.
- Dersom det er nødvendig skal det legges et avrettingslag, minimum 300 mm, med pukk (0/120) i underkant fundament. Det er viktig at nederste stein i tørrmuren har full kontakt med underlaget.
- Underlaget skal ha helning på 1:10 innover.
- Tørrmuren skal utføres med helning 5:1 i forkant og fundamenthelning på 1:10 innover.
- Muren bygges opp med dimensjonene som angitt i tabell. Det er viktig at dimensjonene gitt i tabellen følges, da det er dette som er krav for at muren skal være stabil.
- Sett normalt på murfronten kan avvik ikke overstige 100 mm. Enkelte ujevne steiner utover dette kan aksepteres.
- Stein med god form og steinkvalitet skal benyttes. Stein i samme rad i muren må ha tilnærmet lik høyde. Muren skal bygges med minst mulig hulrom mellom steinene og det skal ikke fylles i med mindre stein i muren for å tette igjen hulrom. Maks tillatte åpninger i muren er 100 mm.
- Muren bygges opp med full bunnbredde med største steiner i bunn og ellers god fordeling av blokkstørrelser. Den nederste og øverste steinen skal ha full murbredde. Steinene legges med helning tilnærmet vinkelrett på murfronten. En god forbanning må sikres i lengderetningen og i tverretningen. Muren må bygges uten buler og ujevnheter.
- Tilbakefylte masser skal bestå av sprengstein uten finstoff, i telegruppen T1. Stein størrelser større enn 300 mm kan ikke forekomme nærmest muren.
- Tilbakefylte masser legges ut lagvis og komprimeres lett etter NS3458. Komprimering utføres inntil 1 m fra muren. Det må komprimeres med forsiktighet bak muren for å unngå at det blir ekstra trykk som skaper buling i murens nedre del. Det må forsikres at muren ikke får høyere terrenglast enn benyttet ved dimensjonering.
- Mellom stedlige og tilførte masser benyttes fiberduk kl. 3.

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
			NOMEIS	NOMARE	NOELBA	13.12.2019
Bergen kommune			Målestokk			Format
Løvstien Etappe 4					A3	
Detaljprosjektering			Oppdragsleder:			
Prinsippskisse natursteinsmur			Ellen Skartveit			
Tilfelle 1			Oppdragsnr.			
			26481002			
 Sweco Norge AS Fantoftvegen 14p, 5072 Bergen TLF.: 55 27 50 00 FAX.: 55 27 50 00			Disiplin:	Løpnummer:	Status	Rev.
			GEO	V001		02

Tilfelle 2- løsmasser




Tilfelle 2			
Høyde, H [m]	Bredde bunn, B2 [m]	Bredde topp, B1 [m]	Terrengbredde, T [m]
1	0,6	0,5	1,0
2	1,0	0,7	1,0
3	1,2	1,0	1,0
4	2,0	1,6	1,0

ARBEIDSBESKRIVELSE FOR UTFØRELSE AV TØRRMUR SOM STØTTER OPP TURVEG, FUNDAMENTERT PÅ LØSMASSER

Oppbygging av tørrmuren utføres etter følgende prosedyre:

- En geotekniker må tilkalles for å vurdere fundamenteringsforholdene for tørrmurene før murarbeidene starter. Geoteknikeren må også tilkalles når murarbeidene er utført 25%, samt ved ferdigstillelse for å kontrollere mureoppbyggingen.
- Skråningen renskes for humusholdige masser fra toppen og nedover før selve utgravingen for tørrmuren starter.
- Det er viktig å vurdere fortløpende behov for å sikre eller gjøre andre tiltak mot nedfall av løsmasser og steiner/blokker, spesielt hvor det er bebyggelse i nærheten.
- Ved fundamentering må det graves ut en hylle hvor tørrmuren kan fundamenteres. Det er viktig at humusholdige masser er fjernet og at tørrmuren fundamenteres på faste, ikke telefarlige masser.
- Hyllen må graves ut slik at det kan tilbakefylles med 0,5 m i forkant av murfoten, se prinsippskisse.
- Det legges et avrettingslag på 200 mm med pukk (T1) i underkant fundament. Det er viktig at nederste stein i tørrmuren har full kontakt med underlaget.
- Terrengbredde i forkant av muren skal være 1 m.
- Underlaget skal ha helning på 1:10 innover.
- Tørrmuren skal utføres med helning 5:1 i forkant og fundamenthelning på 1:10 innover.
- Muren bygges opp med dimensjonene som angitt i tabell. Det er viktig at dimensjonene gitt i tabellen følges, da det er dette som er krav for at muren skal være stabil.
- Sett normalt på murfronten kan avvik ikke overstige 100 mm. Enkelte ujevne steiner utover dette kan aksepteres.
- Stein med god form og steinkvalitet skal benyttes. Stein i samme rad i muren må ha tilnærmet lik høyde. Muren skal bygges med minst mulig hulrom mellom steinene og det skal ikke fylles i med mindre stein i muren for å tette igjen hulrom. Maks tillatte åpninger i muren er 100 mm.
- Muren bygges opp med full bunnbredde med største steiner i bunn og ellers god fordeling av blokkstørrelser. Den nederste og øverste steinen skal ha full murbredde. Steinene legges med helning tilnærmet vinkelrett på murfronten. En god forbanning må sikres i lengderetningen og i tverretningen. Muren må bygges uten buler og ujevnheter.
- Tilbakefylte masser skal bestå av sprengstein uten finstoff, i teleggruppen T1. Steinestørrelser større enn 300 mm kan ikke forekomme nærmest muren.
- Tilbakefylte masser legges ut lagvis og komprimeres lett etter NS3458. Komprimering utførtes inntil 1 m fra muren. Det må komprimeres med forsiktighet bak muren for å unngå at det blir ekstra trykk som skaper buling i murens nedre del. Det må forsikres at muren ikke får høyere terrenglast enn benyttet ved dimensjonering.
- Mellom stedlige og tilførte masser benyttes fiberduk kl. 3.

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
		Bergen kommune	NOMEIS	NOMARB	NOELBA	13.12.2019
		Løvtien Etappe 4	Målestokk			Format A3
		Detaljprosjektering Prinsippskisse natursteinsmur	Oppdragsleder:	Ellen Skartveit		
		Tilfelle 2	Oppdragsnr.	26481002		
		SWECO 	Disiplin:	Løpenummer:	Status	Rev.
		Sweco Norge AS Fantoftvegen 14p, 5072 Bergen TLF.: 55 27 50 00 FAX.: 55 27 50 00	GEO	V002		02