

Stord vatn og avløp AS

Stord Renseanlegg – B2 Utslippsarrangement

Geoteknisk og ingeniørgeologisk prosjekteringsrapport

Oppdragsnr.: 52408305 Dokumentnr.: SRA-B2-105 Revisjon: D01 Dato: 2026-06-26



Stord Renseanlegg – B2 Utslippsarrangement

Geoteknisk og ingeniørgeologisk prosjekteringsrapport

Oppdragsnr.: 52408305 Dokumentnr.: SRA-B2-105 Revisjon: D01

Oppdragsgiver: Stord vatn og avløp AS
Oppdragsgivers kontaktperson: Arnstein Hetlesæter
Rådgiver: Norconsult Norge AS
Oppdragsleder: Nils Jarle Kvam
Fagansvarlig: Christoffer Taule
Andre nøkkelpersoner: Brynjar Øye, Klavs M. Christensen

Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
D01	2026.06.26	For godkjenning hos oppdragsgiver	ChrTau	BryOEy/GerSta	NJK

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

Sammendrag

I forbindelse med entreprise B2 utslippsarrangement skal det etableres en ca. 50 m lang tosidig bergskjæring ned til kum ved sjøen. Bergskjæringen får en maksimal høyde på ca. 10-11 m i midlertidig fase og maksimal høyde på ca. 6 m i permanent fase. Bergskjæringshøyden avtar mot sjøen. Berguttaket vil foregå i nærheten av Statnett sitt anlegg og det er fastsatt rystelsesgrense på 10 mm/s for anlegget, noe som vil sette begrensninger for uttaksmetodikken. Det skal i tillegg etableres en gangbro på tvers av den tosidige bergskjæringen og utføres sprengning ca. 16 m ut i sjø.

Ved kummen skal det etableres en ca. 5,5 m høy tørrsteinsmur som fundamenteres på betongfundament, og denne skal ha en minimumsbredde på 1,1 m. Det er bart berg i området ved kummen.

Følgende klassifisering er valgt for tørrsteinmuren og bergskjæringene:

- Prosjekterings-/kontrollklasse CC/RC 2
- Prosjekteringskontrollklasse PKK2
- Utførelseskontrollklasse UKK2
- Geoteknisk kategori 2
- Tiltaksklasse 2

Berguttaket krever tett oppfølging i byggetid og entreprenøren skal i samråd med prosjekterende ingeniørgeolog planlegge berguttaket. Det må forventes sømboring, slisseboring og andre tiltak for å begrense rystelsene mot Statnett sitt anlegg. Sprengnings- og salveplanene, samt rystelsesmålinger, skal ved forespørsel tilgjengeliggjøres for Statnett.

Det forutsettes korrekt utførelse og det henvises til kapittel 3.5 for beskrivelse og utførelse av tørrsteinsmuren, og kapittel 6 for kontrollplan som skal benyttes i utførelsesfasen.

Innhold

1	Innledning	4
2	Prosjekteringsforutsetninger	9
2.1	Eurokode 0	9
2.1.1	Konsekvensklasse/Pålitelighetsklasse (CC/RC)	9
2.1.2	Prosjektering- og utførelseskontrollklasse	9
2.1.3	Kvalitetssikring	9
2.2	Eurokode 7	10
2.2.1	Geoteknisk kategori	10
2.3	Eurokode 8	10
2.4	Byggesaksforskriften (SAK10)	10
3	Dimensjonering av mur	12
3.1	Geotekniske materialparametere	12
3.2	Laster	13
3.3	Partial- og lastfaktor	13
3.4	Beregningsmodell	13
3.4.1	Murgeometri	13
3.5	Beskrivelse tørrmur	13
3.5.1	Bakfyllmasser	13
3.5.2	Steiner i muren	14
3.5.3	Utførelse	14
4	Berguttak	15
5	Fareidentifikasjon og restrisiko	20
6	Kontrollplan	21
7	Drift og vedlikehold	25

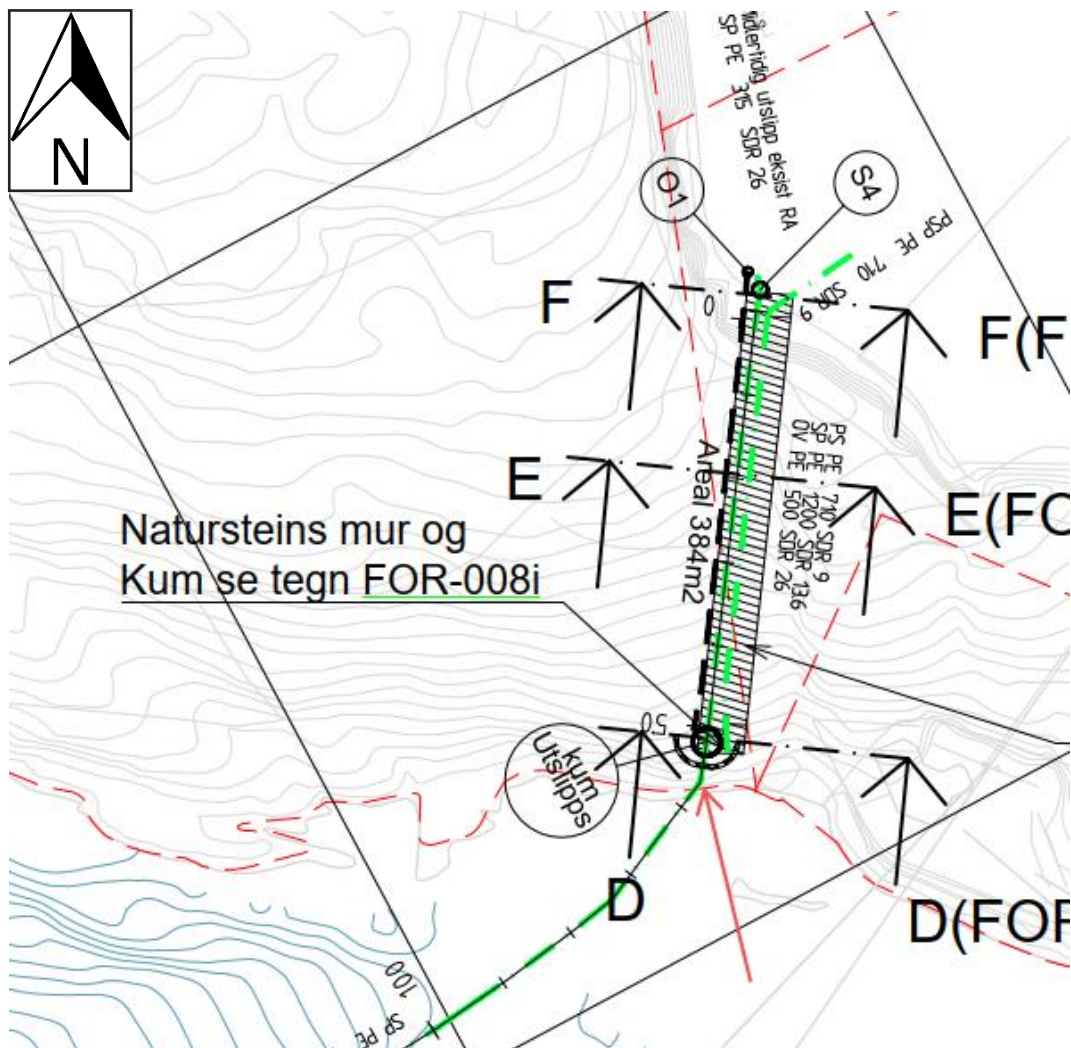
1 Innledning

I forbindelse med Norconsults prosjektering av nytt renseanlegg ved Skjærsholmane på Stord (Figur 1) har det blitt vurdert at beste løsning for å etablere ledning fra renseanlegget og ut i sjø er via en ca. 50 m lang utsprengt grøft ned til utslippskum i strandsonen og deretter i ledning ut i sjø til ca. 40 m dybde, slik det er vist i Figur 2. Grøften etableres i umiddelbar nærhet til Statnett sitt anlegg ved Skjærsholmane, noe som legger føringer for sprengningsarbeidene (Figur 3). Ved kummen skal det etableres en ca. 5,5 m høy tørrsteinsmur som blir fundamentert på betongfundament (Figur 4). Arbeidene gjøres i entreprise B2 utslippsarrangement.

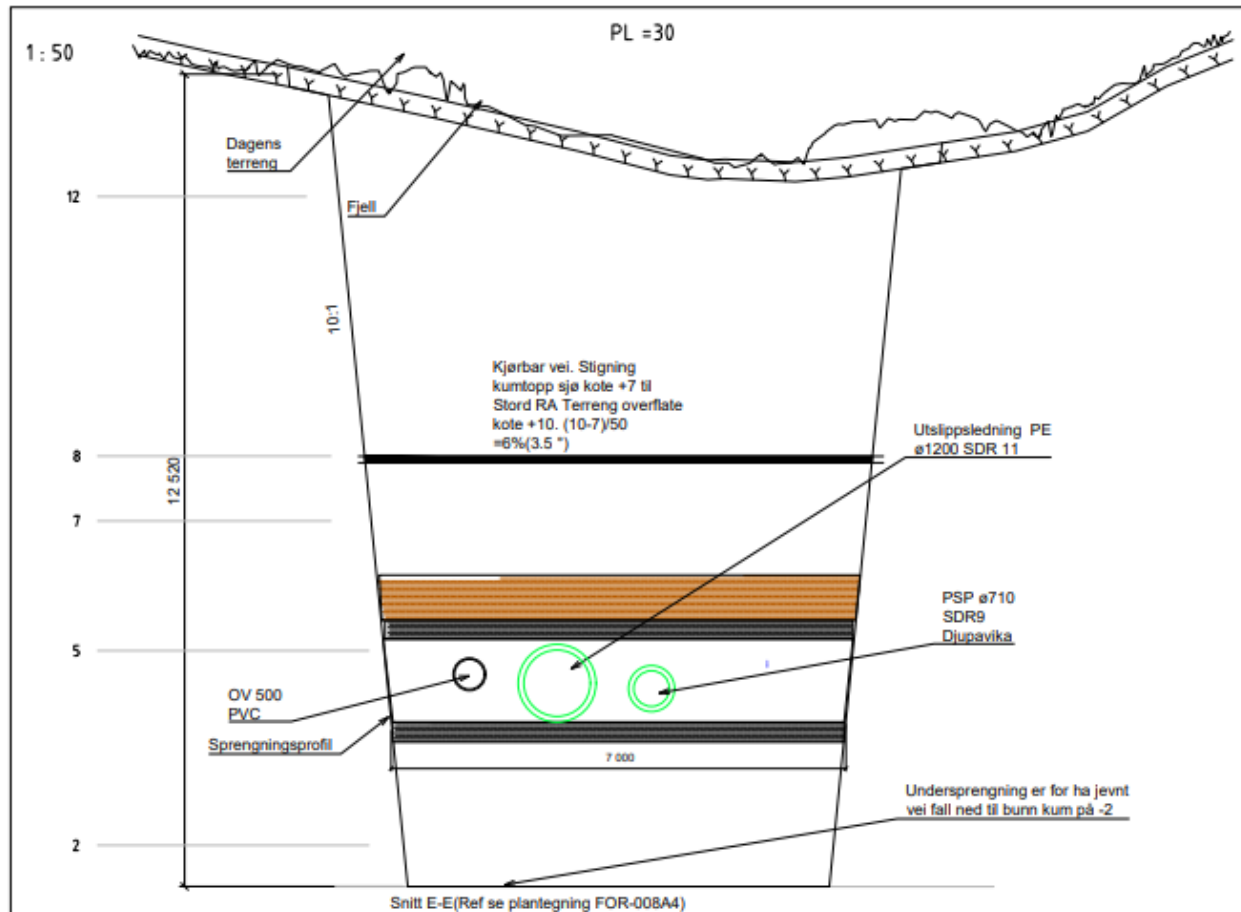
Dette notatet oppsummerer den geotekniske og ingeniørgeologiske prosjekteringen for B2 utslippsarrangementet.



Figur 1: Tiltakets plassering er markert i rødt. Kart: www.norgeskart.no.



Figur 2: VA-traséen i entreprise B2 fra hovedentreprisen i nord og ned til kummen i sør. Fra tegning SRA-B2-131.



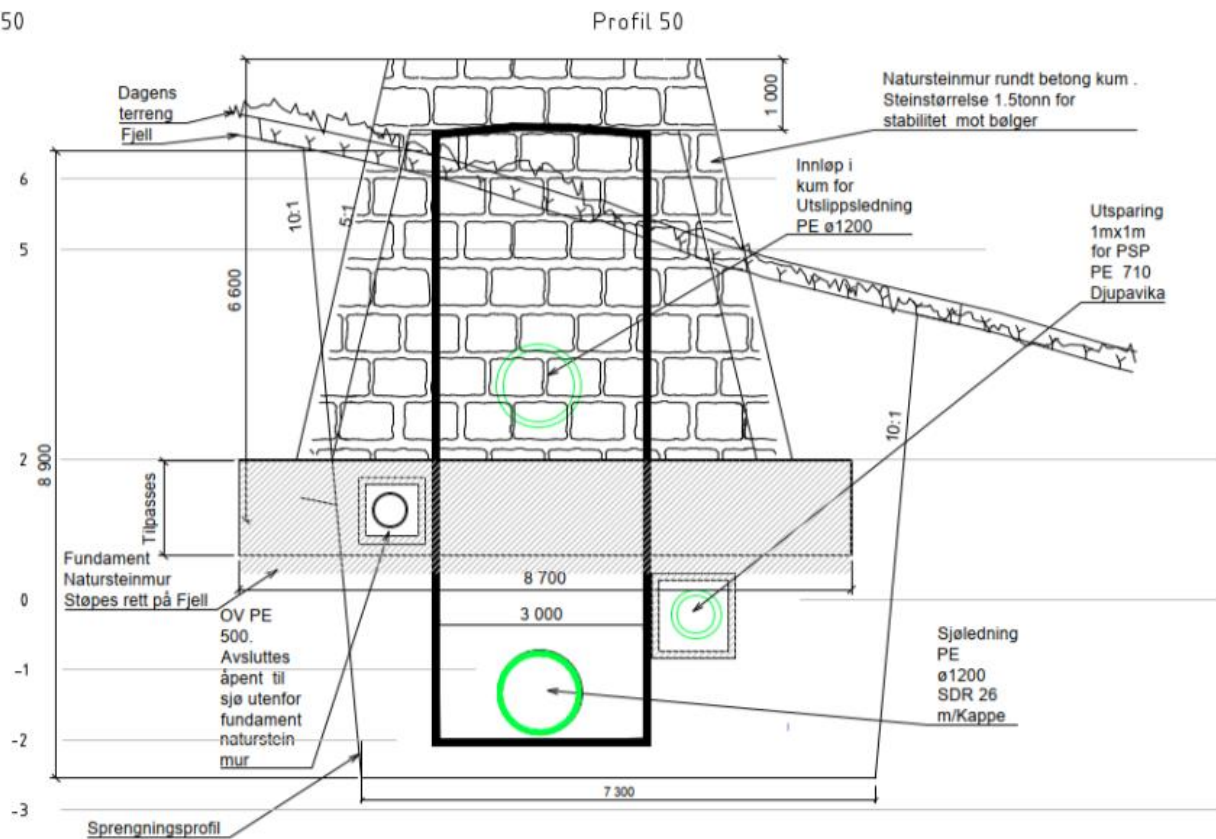
Figur 3: Planlagt terrenginngrep. Tverrsnitt ved pel 30. Fra tegning SRA-B2-132.

Stord Renseanlegg – B2 Utslippsarrangement

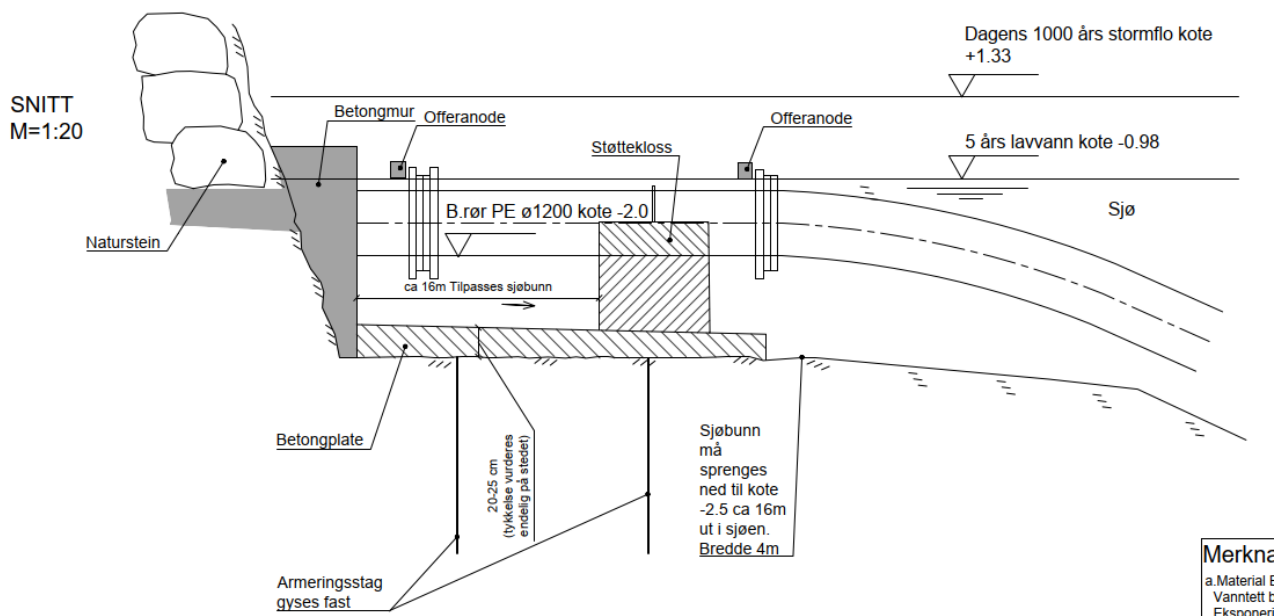
Geoteknisk og ingeniørgeologisk prosjekteringsrapport

Oppdragsnr.: 52408305 Dokumentnr.: SRA-B2-105 Revisjon: D01

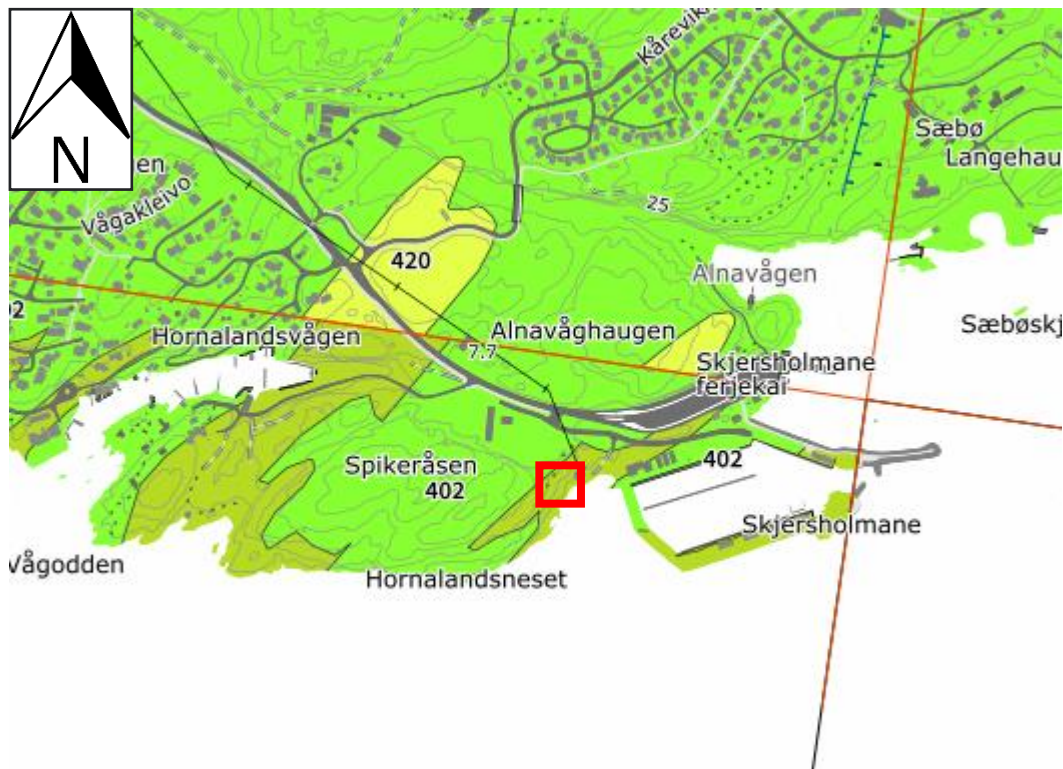
1 : 50



Figur 4: Front mur. Muren blir ca. 5,5 m høy. Fra tegning SRA-B2-132.



Figur 5: Sprengning i sjø for landtak. Fra tegning SRA-B2-139.



Figur 6: Mørk grunn er metagråvakke, mens lys gul er fyllitt. Tiltaksområdet er markert i rødt. NGU berggrunnskart 1:50 000.

2 Prosjekteringsforutsetninger

Følgende regelverk legges til grunn for bergteknisk og geoteknisk prosjektering:

- Byggesaksforskriften SAK10 § 9 og § 14 [1]
- Byggteknisk forskrift TEK17 § 7 og §10 [2]
- NS-EN 1990: 2002+NA:2008+A1:2005+NA:2016: Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner [3]
- NS-EN 1997-1: 2004+A1:2013+NA:2020: Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering Del 1: Allmenne regler [4]
- NS-EN 1998-1: 2004+A1:2013+NA:2021: Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger [5]

I tillegg benyttes følgende håndbøker der det er relevant:

- Vegnormal N200 Vegbygging [6]
- Veiledning N-V220 Geoteknikk i vegbygging [7]
- Veiledning N-V225 Bergskjæringer [8]

2.1 Eurokode 0

2.1.1 Konsekvensklasse/Pålitelighetsklasse (CC/RC)

Valg av konsekvens og pålitelighetsklasse gjøres med utgangspunkt i tabell NA.A1(901) i Eurokode 0. Muren blir ca. 5,5 m høy og bergskjæringene blir ca. 10-11 m i midlertidig fase og 6 m høy i permanent tilstand. I driftstilstand skal området være tilgjengelig for vedlikehold i kummen, og området vil være avsperrert med bom for annen ferdsel. Det er sporadisk ferdsel på tursti som krysser gjennom området. Det er vurdert at konsekvensen av utglidning av bergskjæringene og tørrsteinsmuren er liten, men størrelsen på bergskjæringene og tørrsteinsmuren tilsier høyere CC/RC. Med dette som grunnlag velges følgende:

- **Natursteinsmur → CC2/RC2**
- **Bergskjæringer → CC/RC2**

2.1.2 Prosjektering- og utførelseskontrollklasse

Prosjekteringskontrollklasse (PKK) og utførelseskontrollklasse (UKK) fastsettes fra henholdsvis tabell NA.A1(902) og tabell NA.A1(903) i Eurokode 0 og er en funksjon av pålitelighetsklasse (CC/RC).

CC/RC 3 medfører at tørrsteinsmuren plasseres i **prosjekteringskontrollklasse 2 (PKK2)** og **utførelseskontrollklasse 2 (UKK2)**. Det gir krav til utvidet kontroll som skal utføres i regi av et annet foretak enn den som gjennomførte henholdsvis prosjekteringen og utførelsen; prosjekterende foretak kan utføre utvidet kontroll av utførelsen. I PKK2 og UKK2 kan kontrollen begrenses til en systemkontroll.

2.1.3 Kvalitetssikring

For konstruksjoner i pålitelighetsklasse 2 og 3 skal et kvalitetssystem være tilgjengelig og brukes ved prosjektering og utførelse med tilhørende kontroll i henhold til NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 NA.A1.3. Spesifikke krav til innhold i kvalitetssystemet er gitt i NA.A1.3(902.2) i standarden.

2.2 Eurokode 7

Punkt NA.2.4.7.3.4.1 i nasjonalt tillegg til Eurokode 7 [4] angir at dimensjoneringsmetode 3 skal benyttes i Norge for alle typer geoteknisk prosjektering med unntak av peler. Dette medfører at følgende sett benyttes for tørrsteinsmuren:

- Geotekniske laster: A2
- Jordparametere: M2

Standardens kapittel 2.4 angir fire forskjellige prosjekteringsmetoder. For dette prosjektet er det valgt å gjennomføre geoteknisk prosjektering ved beregning for tørrsteinsmuren og prosjektering ved konstruktive tiltak for bergskjæringene.

2.2.1 Geoteknisk kategori

Grunnforholdene er ikke forbundet med unormale risikoer og grunnforholdene vurderes ikke å være utfordrende. På bakgrunn av dette fastsettes **geoteknisk kategori 2** på bakgrunn av punkt 2.1 (17) i standarden som omfatter konvensjonelle typer konstruksjoner og fundamenter uten unormale risikoer eller vanskelige grunn- eller belastningsforhold.

2.3 Eurokode 8

Alle konstruksjoner må dimensjoneres for jordskjelv med mindre de oppfyller et av utelatelseskriteriene i standarden.

Det er berg i dagen og iht. tabell NA.3.1 i nasjonalt tillegg til Eurokode 8 velges derfor grunntype A.

Prosjektet ligger i Stord kommune og i henhold til tabell NA.3.2 (907) blir dermed a_{gR} 0,50 m/s².

I Tabell NA.4 (902) i Eurokode 8 er tørrsteinsmur og geotekniske konstruksjoner, herunder bergskjæringene, plassert i seismisk klasse I. Den seismiske faktoren γ_I settes dermed til 0,7 iht. tabell NA.2 (903) i det nasjonale tillegget [9].

I punkt NA.3.2.2.3(1) i NS-EN 1998-1 fremgår det at tabell 3.3 i standarden skal benyttes for å finne S-faktor. Siden grunntype A er valgt, velges S=1.

Punkt NA.3.2.1(4) i NS-EN 1998-1 definerer at $a_g S = \gamma_I a_{gR} S$, slik at:

$$a_g = \gamma_I a_{gR} = 0,7 \times 0,50 = 0,35 \text{ m/s}^2$$

Seismisk påvirkning kan derfor utelates i prosjekteringen ettersom følgende utelatelseskriteriene i punkt NA.3.2.1(5) i NS-EN 1998-1:2004+A1/NA er oppfylt:

- Seismisk klasse I
- $A_g S \leq 0,50 \text{ m/s}^2$

2.4 Byggesaksforskriften (SAK10)

Ettersom konstruksjonene plasseres i CC/RC 2, så plassere de i **tiltaksklasse 2** for både prosjektering og utførelse av geotekniske konstruksjoner. Både prosjekterende og utførende skal være godkjent i angitt tiltaksklasse.

Plan- og bygningsloven (pbl.) § 24 og Byggesaksforskriften SAK10 § 14 fremsetter krav til uavhengig kontroll i henhold til tiltaksklasse. SAK10 § 14-2 viser til obligatorisk krav om uavhengig kontroll av geoteknikk dersom tiltaksklassen fastsettes til tiltaksklasse 2 og 3. Dette gjelder både prosjektering og utførelse av geoteknikk, jamfør § 14-2 tredje ledd, bokstav c. Når prosjektering, utførelse og kvalitetssikring er gjennomført i samsvar med Eurokodene, så begrenses kontrollkravet til kontroll av at standardens anvisninger er fulgt, jamfør § 14-2 tredje ledd.

Byggherren må påse at ansvarlig kontrollerende har tilstrekkelig kompetanse iht. kravene i SAK10 for å kontrollere innenfor ansvarsområdet geoteknikk. Videre presiserer § 12-2 i SAK10 at det er tiltakshaver som har ansvaret for at det iverksettes kontroll.

3 Dimensjonering av mur

I henhold til Eurokode 7 skal grensetilstandene i Tabell 1 vurderes for alle typer støttekonstruksjoner.

Tabell 1: Grensetilstander for støttekonstruksjoner som skal vurderes iht. Eurokode 7.

Grensetilstand	Beskrivelse
Tap av områdestabilitet (ULS – GEO)	Det er berg i dagen, slik at områdestabilitet er ivaretatt.
Brudd i konstruksjonselement (ULS – STR)	Kan opptre som glidning mellom blokker. Ivaretas i beregninger i Profinova.
Kombinert brudd i grunnen og i et konstruksjonselement (ULS – GEO/STR)	Vurderes ivaretatt ved valg av sikkerhetsfaktor for involverte elementer som løsmasser og tørrmur.
Brudd forårsaket av hydraulisk grunnbrudd og kanaldannelse (ULS – HYD)	Grunnvannstanden vil være i underkant mur. Muren etableres på betongfundament, og fundamentet vil derfor ikke være utsatt for kanaldannelse. Hydraulisk grunnbrudd og kanaldannelse anses derfor ikke som aktuelt.
Bevegelser i støttekonstruksjonen (SLS)	Tørrsteinsmuren blir en fleksibel konstruksjon der det ikke er spesielle krav til deformasjoner i forhold nærliggende konstruksjoner eller infrastruktur.
Uakseptabel lekkasje gjennom eller under veggen (ULS – HYD)	Ikke aktuelt ettersom grunnvannstanden ligger under muren ved ca. kote +0.
Uakseptabel transport av jord gjennom eller under veggen (ULS – HYD)	Ikke aktuelt ettersom det benyttes grove bakfyllmasser.
Uakseptabel endring av grunnvannsforholdene (ULS – HYD)	Ikke aktuelt ettersom grunnvannstanden vil bli liggende under muren på ca. kote +0.
Brudd ved rotasjon eller forskyvning av støttekonstruksjonen (ULS – EQU)	Ivaretas ved dimensjonering av tørrmur i beregningsprogrammet Profinova.

3.1 Geotekniske materialparametere

I henhold til NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 kan det brukes erfaringsverdier for geotekniske parametere. I de geotekniske beregningene benyttes det erfaringsdata fra Tabell 3.6.2-1 i SVV sin håndbok N-V220.

Anvendte karakteristiske materialparametere for prosjektering av tørrsteinsmur er presentert i Tabell 2.

Tabell 2: Materialparametere for løsmasser og tørrsteinsmur

Parameter	Sprengstein bak støttemur	Tørrsteinsmur
Tyngdetetthet, γ [kN/m ³]	19	22
Friksjonsvinkel, ϕ [°]	42	-
Friksjonskoeffisient [-]	-	0,7
Attraksjon, a [kN/m ²]	5,0	-

Grunnvannstanden er antatt i underkant av tørrsteinsmuren ved ca. kote +0.

Muren blir stående på betongfundament over berg, og derfor antas det at det ikke blir noen opp- eller nedadrettede krefter som overføres fra jorden til veggen og det vil heller ikke være noen skjærspenninger som virker på veggen. I beregningene benyttes det en ruhet mellom mur og bakfyllmasser lik 0 for fundamentering, noe som tilsvarer fundamenteringsforhold på berg iht. tabell 10.3.2-1 i N-V220,

3.2 Laster

Tørrsteinsmuren kommer på utsiden av kummen og dermed vil det ikke være trafikklaste eller terrenglaste som virker på muren.

3.3 Partial- og lastfaktor

I henhold til tabell NA.A.4 i NS-EN 1997-1 benyttes en partialfaktor for material- og modellusikkerhet $\gamma_{M,\varphi}$ = 1,25 i bruddgrensetilstand ettersom situasjonen er drenert.

3.4 Beregningsmodell

Stabilitetsberegninger for tørrmur er gjort ved hjelp av beregningsprogrammet Profinova Tørrmur, versjon 24.03. Programmet beregner aktivt jordtrykk K_a mot veggen og vurderer eksentrisitet, bæreevne, og glidning mellom mursjiktene. Det er utført beregningstilfelle for fundamentering på berg. Beregningene er dokumentert i appendiks A.

3.4.1 Murgeometri

Muren er beregnet med helning 5:1 i forkant og bakkant. Tørrsteinsmuren fundamenteres på betongfundament over berg og derfor vil det være tilfredsstillende bæreevne. Det vil ikke være overlaging ved tå, slik at $D = 0$ mm. Murbredde er gitt i Tabell 3.

Tabell 3: Dimensjoner for tørrsteinsmur fundamenteret på løsmasser.

Murhøyde i visflate [m]	Murbredde bunn [m]	Murbredde topp [m]
5,5	1,1	1,1

Tørrsteinsmurens fleksible oppbygning vurderes å kunne ta opp mindre deformasjoner uten tap av funksjon, forutsatt korrekt utførelse og komprimering av bakfyll.

Stabilitet mot glidning mellom skift er kontrollert ved forholdet R_H/R_V i Profinova.

3.5 Beskrivelse tørrmur

Med mindre noe annet blir avtalt med den prosjekterende, skal følgende beskrivelse gjelde for tørrsteinsmuren.

3.5.1 Bakfyllmasser

- Telefrie og godt drenerende masser skal benyttes.
- Bakfyllmasser skal skilles fra stedlige masser med filterduk.

- Steiner med størrelse større enn 300 mm skal ikke forekomme i massene nærmest konstruksjonen da dette kan føre til store punktlaster på muren.
- Generelt bør minste fraksjon på fyllmasser være 32-64 mm (pukk eller sprengstein).
- Sikre at bakfyllmasser ligger tett inntil muren.
- Sikre at bakfyllmasser ikke kan trenge inn i hulrom i muren.

3.5.2 Steiner i muren

- Det skal brukes steiner av god steinkvalitet. Steinene må tåle håndtering under lasting, transport og muring.
- Største steiner i bunnen og ellers god fordeling av blokkstørrelser slik at det blir godt samvirke mellom elementene i muren.
- Nederste stein skal fortrinnsvis ha full murbredde.
- Det skal ikke fylles inn med stein eller masser som ikke har noen funksjon i muren.
- Steinene skal hvile på sin største flate. Bredde/høydeforhold av steinene skal være mellom 1,2 og 1,7. Steinene i visflaten skal ha en lengde som er minimum 1 x høyden og maksimum 4 x høyden. Hver stein i hele murens høyde skal ha minimum blokkvekt på 1,5 tonn av hensyn til skvalpesonen.
- Hver steinrekke i muren skal være horisontal og bestå av steiner med så lik høyde som mulig. Hver andre stein i høyden må ha godt forband bakover slik at fremste del av muren blir knyttet sammen med bakre del.
- Det skal brukes stein med lav skifrihet, med naturlig steinoverflate og rektangulær form. Visflaten og steinens overflate skal være jevne for å oppnå god kontaktflate mellom steinene. Steinkvaliteten skal være lik eller tilsvarende en bergart med trykkfasthet minimum 150 MPa og brutto densitet større enn 2700 kg/m³.

3.5.3 Utførelse

- Muren skal utføres med forband både i lengderetning og tverretning. Det skal ikke være gjennomgående stående sprekker i front og innover i muren. Minimumsoverlapp i forband skal være minimum 1/3 av steinhøyden.
- Muren har fronthelling 5:1. Dette betyr at mursjikt og murfundament bør helle innover med samme helling. Dette gjør det lettere å bygge opp muren med riktig fronthelling, samt at det øker friksjonen mellom sjiktene og reduserer faren for gliding.
- Komprimering må gjøres med forsiktighet inntil mur da dette kan gi økte horisontale laster på muren.
- Det kreves fagmessig god utførelse av murarbeidet i samsvar med Statens Vegvesens Håndbok «V270: Tørrmuring og maskin».
- Muren etableres på betongfundament, se tegning SRA-B2-132.
- Ø150 mm drenerør skal legges inn i tilførte komprimerte masser som vist på prinsipptegning. Vannet kan ledes ut til sidene av muren.
- Muren skal bygges opp med de bredder som er oppgitt. Bunn- og toppstein bør fortrinnsvis være slik at full bredde blir dekket av en stein.
- Komprimering inntil muren: Bakfylling bak muren skal legges ut lagvis og komprimeres i samsvar med NS3458 «Normal komprimering». Vibrerende komprimering med tungt utstyr (>1,5 tonn) skal ikke utføres nærmere enn en avstand lik murhøyden. Nærmere muren skal utstyrsvekt som ikke forstyrrer steinene i muren velges.
- Murender skal ha jevne overganger mot terrenget. Fundamenteringen skal følge prinsippene i dette delkapittel i dette dokumentet.
- Det skal etableres flettverksgjerde ved topp mur for å forhindre fall utfor muren.

4 Berguttak

VA-traséen blir ca. 50 m lang. Berget faller mot sjøen, slik at salvehøyden blir gradvis mindre mot kummen ved sjøen. Dette medfører behov for mindre sprengstoff etter hvert som salvehøyden avtar og gir dermed lavere rystelser enn for en høyere pall.

Det er i prosjektet forsøkt å innhente data på fjellkonstant fra nærliggende sprengningsarbeider uten hell. Innledningsvis vil det derfor bli behov for en prøvesalve for å få en fjellkonstant slik at man får en bedre forståelse av hvordan sprengningsinduserte bølger forplanter seg i bergmassen. I dialog med Statnett er det kommunisert at anlegget er i dårlig stand og tåler lite. Derfor er det satt en grenseverdi på 10 mm/s for anlegget, og det skal installeres minimum én triaksial måler før sprengningsarbeidene og disse skal være i drift så lenge sprengningsarbeidene pågår.

Det er observert to åpne sprekker i bergmassen (Figur 7), samt to markante slepper (Figur 8) i eksisterende bergskjæring der berguttaket er planlagt å starte. Disse er trolig de samme, og det må derfor forventes at de åpne sprekkeene i ulik grad er fylt med løsmasser som de sprengningsinduserte bølger til en viss grad kan forplante seg igjennom. De vil trolig være med til å dempe rystelsene betraktelig, men det vurderes at det blir behov for avbøtende tiltak.

Følgende tiltak blir trolig nødvendig:

1. Starter med salve i halv salvehøyde og lengder på opptil 5 m.
2. Salvelengde reduseres
3. Sømboring i konturen av VA-grøft med Ø89 mm c/c 200 mm til 1 m under traubunn
4. Dobbel søm eller slisseboring
5. Trollkraft – spesielt aktuelt for kum og de nærmeste meterne

Andre tiltak kan være:

- Etthullstenning med tilstrekkelig tennerintervall for å redusere bølgeamplituden
- Redusert ladning. Tilstrekkelig til å fragmentere berget. I dette prosjektet er det fokus på vibrasjonsdempende tiltak fremfor god fragmentering.

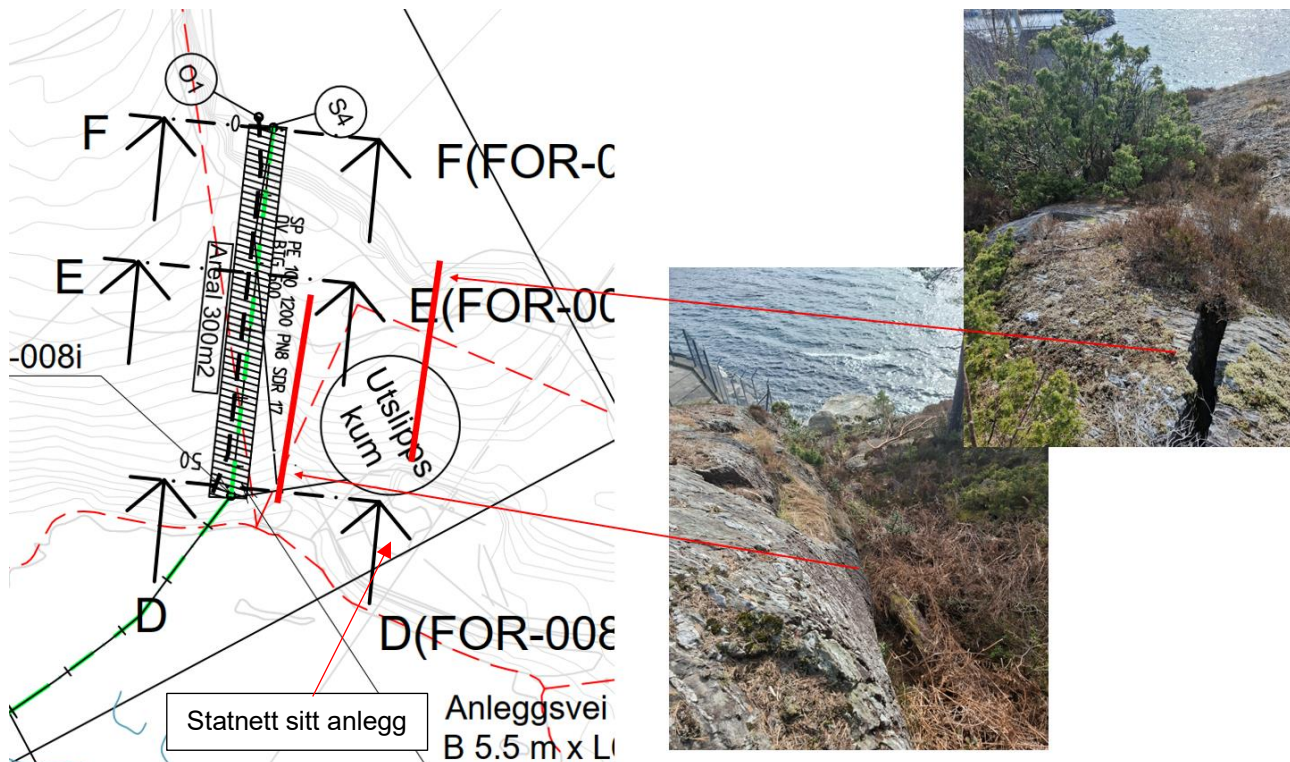
Det skal være tett dialog mellom grunntrentreprenør og byggherre/prosjekterende ift. utførelsen for å sikre god fremdrift innenfor rammene av den strenge rystelsesgrensen.

Bergskjæringene blir ca. 5 m høy i permanent fase og sikringsbehovet anses å bli lavt. Eksisterende bergskjæring i området står tilnærmet usikret og kjøretilkomsten til kummen vil bli sporadisk i bruk. Ved bruk av søm og slisseboring forventes det god kontur med lite sprengningsinduserte skader og bergmassen er grovblokkig til massiv. Det kan bli behov for spredt bolting med Ø20 mm fullt innstøpte bolter, spesielt helt i nordre del av den østlige bergskjæringen siden det er en utgående sleppe som er avløst av eksisterende bergskjæring i nord og den andre siden blir avløst inn i den nye bergskjæringen.

Entreprenøren vurderer selv arbeidssikring fortløpende under berguttaket.

Det skal etableres flettverksgjerde langs topp bergskjæring, samt en mindre gangbro på tvers av den tosidige bergskjæringen for å binde sammen eksisterende sti på begge sider av berguttaket. Det skal utføres skånsomt berguttak, og som et minimum utføre Ø89 søm med senteravstand c/c 200 mm i området der gangbroen etableres for å forhindre bakbryting av bergskjæringene i det aktuelle området.

Ledningen er tenkt å gå ut i sjø og det skal sprenges til kote -2,5 ute i sjø på et ca. 16 m strekk og i 4 m bredde (Figur 5). Det skal etableres boblegardin for å redusere trykkbølge i vann og dermed eliminere påvirkning på Statnett sin sjøkabel.



Figur 7: To røde, rette streker som går parallelt med hverandre markerer omtrentlig plassering av åpne sprekker i bergmassen mellom VA-traséen og Statnett sitt anlegg.



Figur 8: Starten av berguttaket i nord. Markante slepper faller mot øst og er markert med rød stiplet markering i bildet. Bildet er sett mot sør.

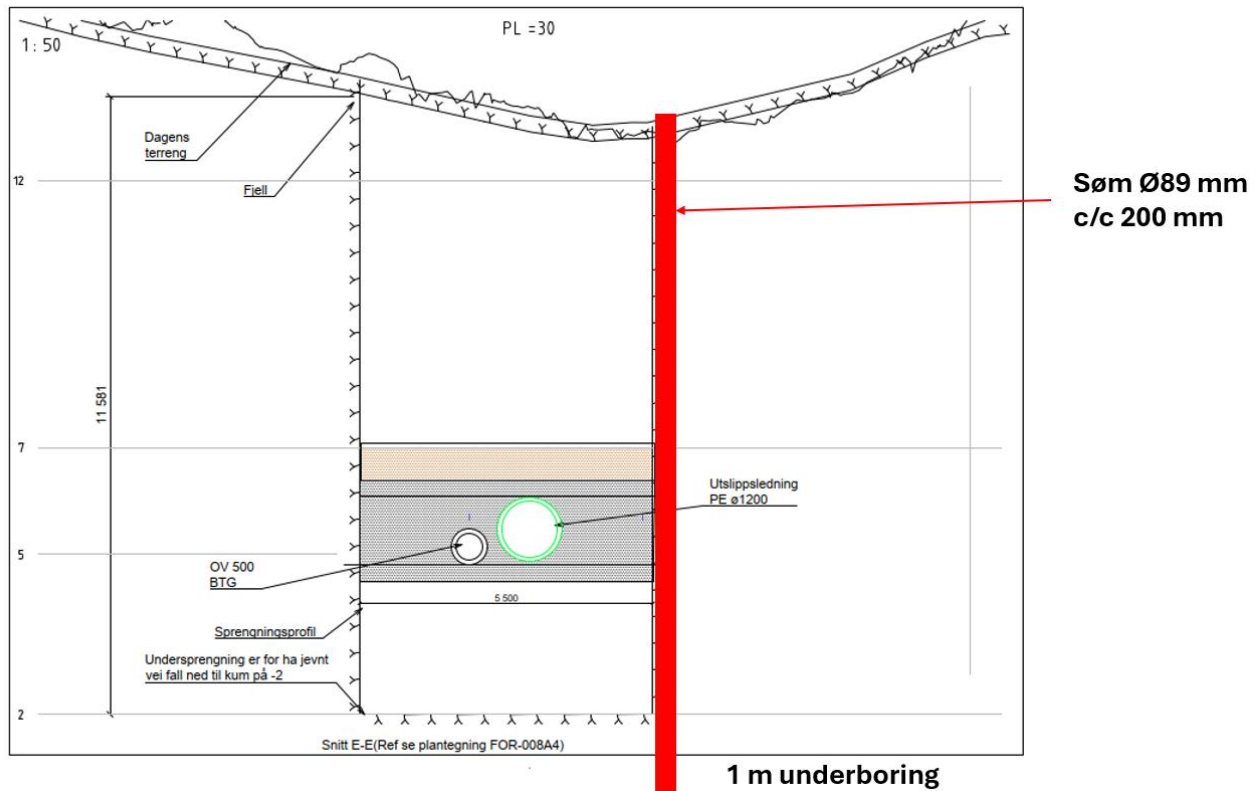


Figur 9: Mellom de to åpne, parallelle sprekkene er bergmassen relativ massiv. Statnett sitt anlegg sees i øvre venstre del av bildet.

Stord Renseanlegg – B2 Utslippsarrangement

Geoteknisk og ingeniørgeologisk prosjekteringsrapport

Oppdragsnr.: 52408305 Dokumentnr.: SRA-B2-105 Revisjon: D01



Figur 10: For tilfeller med sømboring, dobbelsøm og slisseboring skal det underbores minimum 1 m under undersprengt materiale.

5 Fareidentifikasjon og restrisiko

I henhold til §17 i Byggherreforskriften skal følgende vurderes av prosjekterende rådgiver: «*Den prosjekterende skal under utførelsen av sine oppdrag risikovurdere forhold knyttet til sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på bygge- eller anleggsplassen*».

«*Dersom det kan oppstå risikoforhold som krever spesifikke tiltak, jf. forskriften § 8 første ledd bokstav c, skal dette beskrives og meddeles byggherren*».

Tabell 4 angir risikomomenter som er identifisert i prosjekteringen og tilhørende tiltak for håndtering av restrisiko vurdert som relevante med hensyn til sikkerhet, helse og arbeidsmiljø (SHA) i forbindelse med etablering av tørrsteinsmuren og bergskjæringene.

Sjekkpunkter etter BHF for øvrig blir forutsatt ivaretatt av prosjektet.

Tabell 4: Relevante SHA-forhold for geoteknisk og bergteknisk prosjektering.

Sjekkpunkt	Beskrivelse av forhold/mulig konsekvens	Risikoreduserende tiltak
Arbeid nær installasjoner i grunnen	Dersom borehull i fjell kan teknisk infrastruktur bli ødelagt ved berguttaket.	Installasjoner i grunnen påvises og legges om ved behov før oppstart av grunnarbeider.
Arbeid hvor arbeidstakere kan bli utsatt for ras	Utglidning av stein fra tørrsteinsmur eller bergblokk fra bergskjæring. Kan medføre personskade eller tap av liv.	Unngå personferdsel på og under tørrsteinsmur. Unngå ferdsel tett på usikret/urensket bergskjæring.
Arbeid i høyden	Fall fra høyden kan medføre personskade og tap av liv.	Fallsikringsutstyr ved arbeid der fallhøyden er 2 m eller mer.
Sprengstoff	Utsiktet detonering. Personskade og tap av liv.	Forskriftsmessig håndtering av sprengstoff. Unngå elektriske tennere nær høyspentmast.
Steinsprut	Flyvestein ved detonering av salve. Personskade og tap av liv.	Tilstrekkelig dekking av salve med sprengningsmatter.

6 Kontrollplan

NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 gir krav om program for oppfølging, observasjon, målinger og kontroll under bygging. I geoteknisk kategori 2 skal det utføres byggeplassinspeksjon, kvalitetskontroller av materialer i henhold til NS 3420 (eller prosesskoden), og observasjoner/målinger av grunnens egenskaper. Byggeplasskontroll er en kontroll av byggearbeidet og innebærer blant annet registrering av grunnforholdene etter hvert som disse avdekkes under bygging. Kontrollplan kan utarbeides som en kontrollmatrise i eget notat og skal regelmessig rapporteres. Aktuell person hos byggherren må ha tilstrekkelig kunnskap til å følge opp de geotekniske arbeidene.

Norconsult anbefaler at det i forkant av oppstart av arbeidene gjennomføres et eget møte mellom RIG/RIGberg og utførende entreprenør vedrørende forutsetningene som er lagt til grunn i den geotekniske og bergtekniske prosjekteringen. Det kan være behov for økt kontroll dersom det er stor variasjon i materialkvalitet.

Tabell 5: Kontrollplan for tørrsteinsmuren. Dokumentasjonen skal fortløpende gjøres tilgjengelig for byggherre.

Kontroll-punkt	Formål/ Omfang	Hypptighet/ Varighet	Vurderings- metode	Ansvarlig utførelse/ vurdering
Kontroll av murenes plassering	Sikre samsvar med prosjekteringen	Før utførelse	GPS/Nivellement	Entreprenør
Kontroll såle for fundament	Sikre at betongfundamentet plasseres riktig	Før betongstøp	Visuell vurdering og innmåling	Entreprenør
Kontroll murfundament	Sikre samsvar med prosjekteringen	Under utførelse ved hver ny fundamentseksjon	GPS/Nivellement og visuell vurdering	Entreprenør og byggherre. Bistand fra Norconsult sin geotekniker ved behov
Murhøyde, helning, dimensjon og utforming		Ved hver høydemeter og minimum hver 10. meter lengde	GPS/Nivellement og visuell vurdering	Entreprenør
Kontroll av bakfyllmasser		Under utførelse ved mottak av nye masser og minimum hver 50 m ³	Dokumentasjon på massene	Entreprenør og byggherre
Kontroll av fyllmasser		Under utførelse ved mottak av nye masser og minimum hver 50 m ³		
Kontroll av graveplanum		Fortløpende ved utgravning og minimum hver 10. meter	GPS/Nivellement	
Kontroll murfront og hulrom		Fortløpende under oppføring, minimum hver 5. meter	Visuell vurdering	

Kontroll forband		Fortløpende under oppføring, minimum hver 2. meter i høyden		
Rystelses-grenser	Grenseverdi på 10 mm/s skal legges til grunn for vibrerende arbeider	Begrense risiko for skade på Statnett sitt anlegg.	Før oppstart grunnarbeider	Grunnentreprenør
Overvåkning av vibrasjoner	Grunnentreprenør etablerer vibrasjonsmåler på Statnett sitt anlegg. Målinger skal følges opp fortløpende under grunnarbeidene.	Kontrollere at utførelse skjer innenfor fastsatte grenseverdier.	Før og under sprengningsarbeider	Grunnentreprenør
Sprengningsplan og postplan	Entreprenør skal utarbeide sprengningsplan og postplan som viser hvilke områder som skal stenges ved sprengning, samt beskrive uttaksmetodikk, ladningsmengder, sømboring, og mekanisk uttak.	Ivareta sikkerhet for tredjepart og redusere risiko for sprengningsinduserte skader.	Før oppstart berguttak	Grunnentreprenør
Varsling og sikring ved sprengning	Entreprenør skal etablere rutiner for varsling, avsperring og sikring ved salver. Salver skal varsles med sirene og dekkes med sprengningsmatter der det vurderes nødvendig.	Redusere risiko for personskader og materielle skader på tredjepart.	Fortløpende under sprengningsarbeider	Grunnentreprenør
Kartlegging av bergforhold og sprekkesett	Prosjekterende ingeniørgeolog skal verifisere bergoverflaten ved avdekking og berguttak.	Verifisere prosjekteringsforutsetninger og identifisere eventuelle ugunstige sprekkesett eller svakhetssoner.	Før oppstart og fortløpende i byggefasen	Grunnentreprenør/Ansv arlig prosjekterende RIGberg
Berguttaks-metodikk	Grunnentreprenør skal beskrive uttaksmetodikk for bergskjæringer, inkludert sømboring, ladningsmengder,	Begrense sprengningsinduserte vibrasjoner på Statnett sitt anlegg.	Før oppstart berguttak	Grunnentreprenør

	kontursprengning og mekanisk uttak.			
Kontroll av sømboring og andre rystelsesdempende tiltak	I bergskjæringen mot Statnett sitt anlegg skal det implementeres rystelsesdempende tiltak iht. prosjekteringsgrunnlaget. Søm kontrolleres visuelt og dokumenteres før sprengning.	Redusere vibrasjoner mot Statnett sitt anlegg	Før hver salve	Grunnentreprenør og Byggherre
Kontroll av oppsprekking og svakhetssoner	Dersom det påtreffes sterkt oppsprukket berg, leirfylte sprekker, vannførende svakhetssoner eller ugunstige slepper, skal dette dokumenteres og vurderes av prosjekterende ingeniørgeolog før videre uttak.	Avdekke behov for supplerende sikring og redusere risiko for lokal ustabilitet.	Fortløpende ved avvikende bergforhold	Grunnentreprenør / RIGberg
Midlertidig bergsikring	Midlertidig bergsikring utføres etter behov basert på observasjoner i byggefasen. Aktuelle tiltak kan være maskinrensk, spettrensk, sikringsnett, og endeforankrede bolter.	Ivareta arbeidssikkerhet og lokal stabilitet i byggefasen.	Fortløpende	Grunnentreprenør
Kontroll av permanent bergsikring	Utført permanent bergsikring skal dokumenteres av entreprenør. Det skal dokumenteres boltetyper, boltelengder, boltemørtelklasse, eventuelt sprøytebetongklasse, og utført omfang.	Verifisere at permanent sikring er utført iht. prosjekteringsgrunnlag.	Fortløpende etter utført sikring	Grunnentreprenør

Stord Renseanlegg – B2 Utslippsarrangement

Geoteknisk og ingeniørgeologisk prosjekteringsrapport

Oppdragsnr.: 52408305 Dokumentnr.: SRA-B2-105 Revisjon: D01

Dokumentasjon av ferdig bergskjæring og tørrsteinsmur	Ferdig utsprengt bergskjæring og plassering av tørrsteinsmur dokumenteres med innmåling og fotodokumentasjon.	Dokumentere sluttgeometri og grunnlag for sluttkontroll.	Etter ferdig berguttak	Grunnentreprenør
Kontroll av utførelse	Uavhengig kontrollør skal kontrollere at prosjekteringsgrunnlag og utførelse tilfredsstiller krav i prosjektet og relevante standarder.	Ivareta krav til uavhengig kontroll.	Fortløpende	Kontrollør utførelse UKK2 / kontrollør prosjektering PKK2

7 Drift og vedlikehold

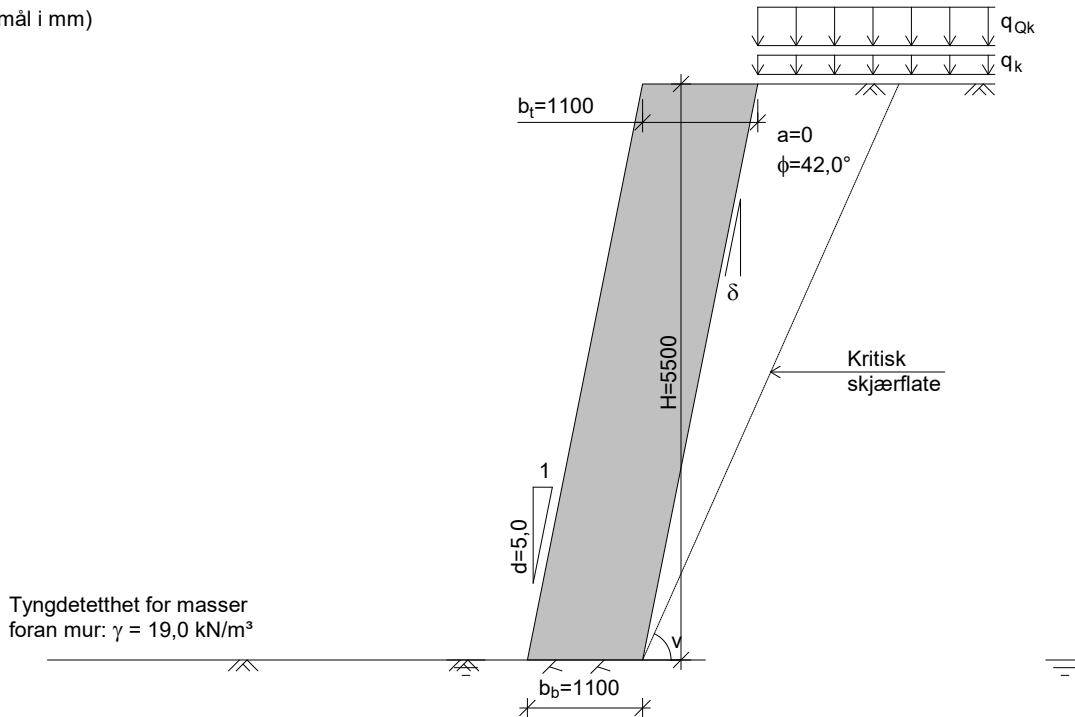
For muren er det i permanent fase vurdert til å være få problemer med drift og vedlikehold ved riktig utførelse. Den bør likevel kontrollere hvert 5. år de første 10 årene for å fjerne eventuell vegetasjon som måtte etablere seg i muren, og hvert 5. år etter dette dersom det viser seg at vegetasjon får fotfeste i muren.

For bergskjæringer skal det gjøres en vurdering av FDV etter at bergskjæringene er ferdig utsprenget.

Beregnet 2026-06-25 Kl.14:18:38
(Programversjon 24.03)

Inndata

(mål i mm)



Tyngdetetthet for mur: $\gamma_{\text{mur}} = 22,0 \text{ kN/m}^3$

Tyngdetetthet for masser bak mur: $\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$

Konsekvensklasse: CC1 Mindre alvorlig

Bruddmekanisme : Seigt, dilatant brudd

$\Rightarrow \gamma_M = 1,25$ (iht. Tab. 1.4.2-1 i Håndbok N200)

Ruhet for bakkant mur: $r_v = 0,00$

Helning av kritisk skjærflate settes lik:

$$v = 45 + \frac{\phi}{2} - \frac{\beta}{4} = 45 + \frac{42,0}{2} - \frac{0,0}{4} = 66,0^\circ$$

Bæreevne/grunntrykk beregnes for mur fundamentert direkte på berg.

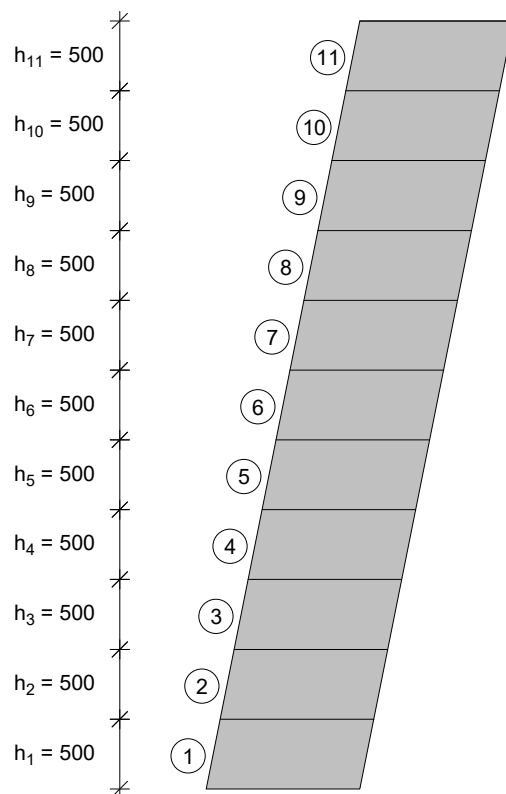
Terrenglaster	Lastfaktor (Bruddgrense)
$q_k = 0,0 \text{ kPa}$	1,15
$q_{Qk} = 25,0 \text{ kPa}$	1,15

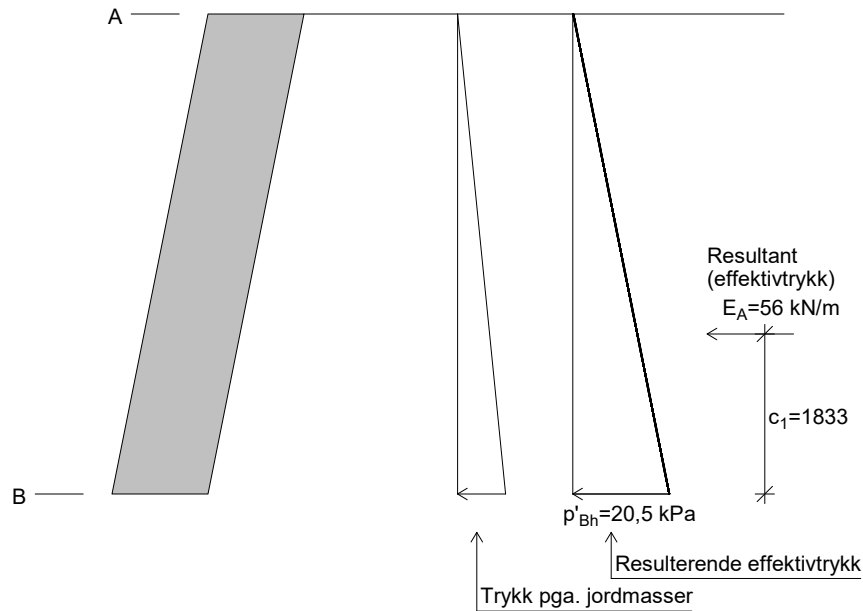
(q_{Qk} er boggiekvivalentlasten iht. Trafikklastforskriftens § 4)

Boggiekvivalentlasten q_{Qk} blir ikke tatt med i beregningene.

Inndata - Skiftinndeling av mur (mål i mm)

Muren er inndelt i 11 skift



Jordtrykk
 (mål i mm)


$r_v = 0,00$ (ruhet for beregning av jordtrykk)

$\tan \phi_d = \tan \phi / \gamma_M = \tan(42,0)/1,25 = 0,72$, $\phi_d = \arctan(0,72) = 35,8^\circ$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_v' + a)$$

$$a = 0 \Rightarrow \text{Uttrykket forenkles til: } p_A' = K_A \cdot p_v' \quad (1)$$

$$K_A = 0,262 \text{ (Figur 6.2.1-1 i N-V220)}$$

$$\text{Bakre murhelning: } d_b = \frac{H}{\frac{H}{d} + b_l - b_b} = \frac{5,500}{\frac{5,500}{5,0} + 1,100 - 1,100} = 5,0$$

$$\tan \delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 11,3^\circ$$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^3 \delta \cdot \cos^2 \phi_d} = \frac{\cos^2(11,3^\circ + 35,8^\circ)}{\cos^3(11,3^\circ) \cdot \cos^2(35,8^\circ)} = 0,747$$

$$K_{A, \text{korrr}} = K_\delta \cdot K_A = 0,747 \cdot 0,262 = 0,196$$

Resulterende effektivt trykk beregnes iht. ligning (1) ovenfor

Nivå A (topp mur)

Vertikaltrykk: $p'_{Av} = 0$, Horizontaltrykk: $p'_{Ah} = 0$

Nivå B (bunn mur)

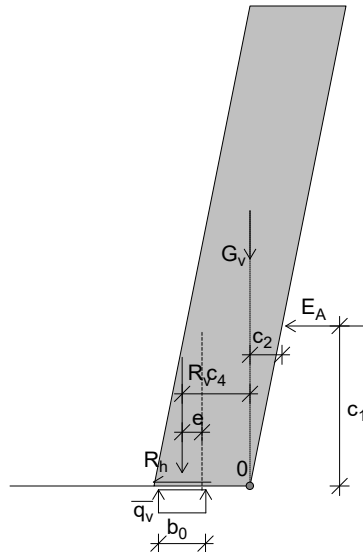
Vertikaltrykk: $p'_{Bv} = 5,500 \cdot \gamma$

$$p'_{Bv} = 5,500 \cdot 19,0 = 104,5 \text{ kPa}$$

Horizontaltrykk: $p'_{Bh} = K_{A, \text{korrr}} \cdot p'_{Bv}$

$$p'_{Bh} = 0,196 \cdot 104,5 = 20,5 \text{ kPa}$$

Resultater - Bæreevne - grunntrykk



$$R_h = E_A = 56 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{mur} = 0,5 \cdot (1,100 + 1,100) \cdot 5,500 \cdot 22,0 = 133 \text{ kN/m}$$

$$c_3 = \frac{1}{G_v} \cdot \left[\frac{H}{6} \cdot (b_b - b_t) \cdot \gamma_{mur} \cdot (b_b - b_t \cdot \frac{H}{d_b}) + H \cdot b_t \cdot \gamma_{mur} \cdot (b_b - \frac{1}{2} \cdot b_t \cdot \frac{H}{d}) \right]$$

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{133} \cdot \left[\frac{5,500}{6} \cdot (1,100 - 1,100) \cdot 22,0 \cdot (1,100 - 1,100 \cdot \frac{5,500}{5,0}) + 5,500 \cdot 1,100 \cdot 22,0 \cdot (1,100 - \frac{1}{2} \cdot 1,100 - \frac{1}{2} \cdot \frac{5,500}{5,0}) \right] = 0,000 \text{ m}$$

$$T_A = 0 \text{ (Dvs. ingen skjærkraft i bakkant mur)}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{1,833}{5,0} = 0,367 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A = 133 \text{ kN/m}$$

Moment om pkt. 0:

$$M_0 = E_A \cdot c_1$$

$$M_0 = 56 \cdot 1,833 = 103 \text{ kNm/m}$$

$$c_4 = M_0 / R_v = 103 / 133 = 0,776 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 0,776 - 0,5 \cdot 1,100 = 0,226 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 1,100 - 2 \cdot 0,226 = 0,538 \text{ m}$$

$$b_0 > b_b / 3 = 1,100 / 3 = 0,367 \text{ m (minimumsverdi)}$$

$\Rightarrow$ Beregnet b_0 er større enn anbefalt minimumsverdi

iht. Håndbok N-V220 pkt. 10.3.2 9), dvs. OK

$$\overline{q_v} = R_v / b_0 = 133 / 0,538 = \mathbf{247 \text{ kN/m}^2}$$

Kontroll av grunntrykk

Dimensjonerende trykkstyrke for bergmassen:

$$f_g = \sigma_{berg} / \gamma_{trykk}$$

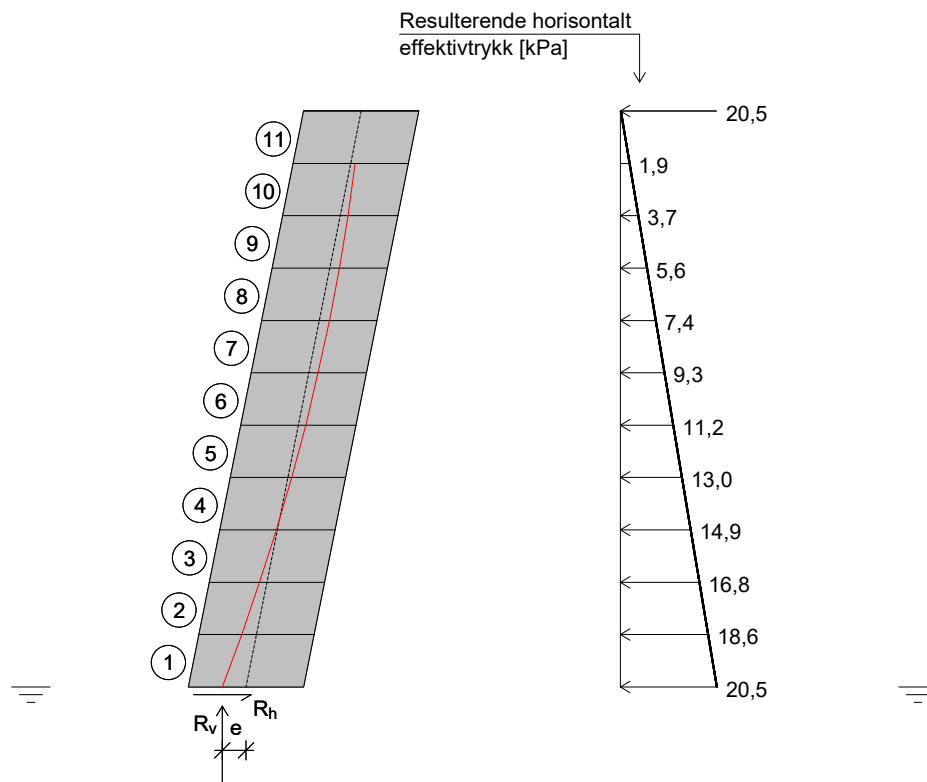
$$\Rightarrow f_g = 10000 / 2,00 = 5000 \text{ kN/m}^2 > \overline{q_v} \Rightarrow \text{OK}$$

Kontroll mot glidning

Iht. Håndbok N400 (pkt. 7.2.3-1) skal følgende betingelse være oppfylt:

$$R_h \leq \mu \cdot R_v$$

$$\mu \cdot R_v = 0,7 \cdot 133 = 93 \text{ kN/m} > 56 \text{ kN/m} \Rightarrow \text{OK}$$

Resultater
Skiftkontroll


Skift nr.	Bredde ok skift [mm]	Murhøyde over ok skift [mm]	Vannstand over ok skift [mm]		Krefter ved ok skift [kN/m]		¹⁾ $\frac{R_h}{R_v}$	Eksentrisitet e ²⁾ $\frac{ e }{b_{skift}}$	
			framkant	bakkant	R _h	R _v		[mm]	b _{skift}
①	1100	5000	–	–	47	121	0,38	141	0,13
②	1100	4500	–	–	38	109	0,35	69	0,06
③	1100	4000	–	–	30	97	0,31	10	0,01
④	1100	3500	–	–	23	85	0,27	-36	0,03
⑤	1100	3000	–	–	17	73	0,23	-69	0,06
⑥	1100	2500	–	–	12	61	0,19	-90	0,08
⑦	1100	2000	–	–	7	48	0,15	-97	0,09
⑧	1100	1500	–	–	4	36	0,12	-92	0,08
⑨	1100	1000	–	–	2	24	0,08	-74	0,07
⑩	1100	500	–	–	0	12	0,04	-44	0,04

Forklaring til tabellen:

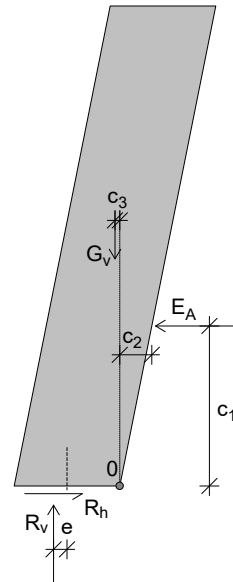
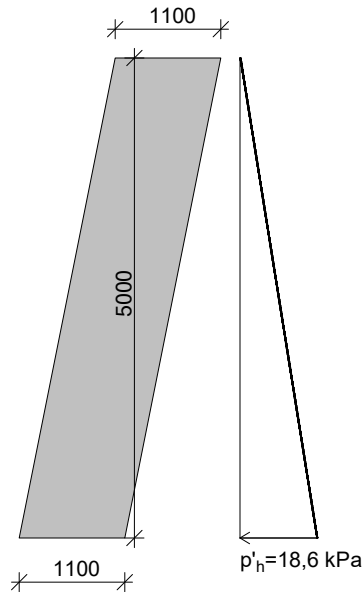
Positiv eksentrisitet: retning fra midtlinje mot luftside.

1) Med tanke på fare for glidning mellom skift, må forholdet R_h/R_v vurderes opp mot friksjonskoeffisienten som kan antas for aktuell steintype.

2) Forholdet mellom eksentrisitet og skiftbredde må være mindre enn 0,5 for å unngå velting.

Resultater - Skiftkontroll (mål i mm)

Kontroll for ok skiftnr. 1



$$E_A = 47 \text{ kN/m} , c_1 = 1,667 \text{ m}$$

$$R_h = E_A = 47 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{mur} = 0,5 \cdot (1,100 + 1,100) \cdot 5,000 \cdot 22,0 = 121 \text{ kN/m}$$

$$c_3 = \frac{1}{G_v} \cdot \left[\frac{H}{6} \cdot (b_b - b_t) \cdot \gamma_{mur} \cdot (b_b - b_t) \cdot \frac{H}{d_b} + H \cdot b_t \cdot \gamma_{mur} \cdot (b_b - \frac{1}{2} \cdot b_t) \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{H}{d} \right]$$

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{121} \cdot \left[\frac{5,000}{6} \cdot (1,100 - 1,100) \cdot 22,0 \cdot (1,100 - 1,100) \cdot \frac{5,000}{5,0} + 5,000 \cdot 1,100 \cdot 22,0 \cdot (1,100 - \frac{1}{2} \cdot 1,100) \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{5,000}{5,0} \right] = 0,050 \text{ m}$$

$$T_A = 0 \text{ (Dvs. ingen skjærkraft i bakkant mur)}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{1,667}{5,0} = 0,333 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A = 121 \text{ kN/m}$$

Moment om pkt. 0:

$$M_0 = E_A \cdot c_1 + G_v \cdot c_3$$

$$M_0 = 47 \cdot 1,667 \cdot 0,333 + 121 \cdot 0,050 = 84 \text{ kNm/m}$$

$$c_4 = M_0 / R_v = 84 / 121 = 0,691 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 0,691 - 0,5 \cdot 1,100 = 0,141 \text{ m}$$