

Oppdragsgiver: Porsgrunn Kommune
 Oppdragsnavn: Bergsbygdavegen Lillegårdskrysset-Vissevåg
 Oppdragsnummer: 637208-16
 Dokumentkode: 637208-16-RIG-NOT-01_ver01
 Utarbeidet av: Simon O'Rawe
 Oppdragsleder: Eli Eikeland
 Dato: 12.11.2025
 Tilgjengelighet: Åpent

637208-16 Geotekniske vurderinger - Bergsbygdavegen

Innhold

1. Innledning.....	3
1.1. Beskrivelse av tiltak.....	4
2. Prosjekteringsforutsetninger.....	5
2.1. Styrende dokumenter	5
2.2. Geoteknisk klassifisering	5
2.3. Partialfaktorer for generelle geotekniske problemstillinger	6
2.4. Partialfaktorer for laster	7
2.5. TEK17 § 7-1, Sikkerhet mot naturpåkjenninger	7
§7-3 Sikkerhet mot skred.....	8
2.6. Naboforhold.....	8
2.7. Seismisk prosjektering	8
3. Topografi og grunnforhold	11
3.1. Topografi.....	11
3.2. Grunnundersøkelser.....	11
4. Geotekniske vurderinger.....	11
4.1. Materialparametere	11
4.2. Dimensjonering av tørrmurer	12
5. Sluttkommentar	14

Vedlegg:

Vedlegg A - Beregninger for tørrmurer (Profinova)

Versjonslogg:

01	12.11.25	Utarbeidet	Simon O'Rawe	Kjersti M. Stensrud
VER.	DATO	BESKRIVELSE	AV	KS

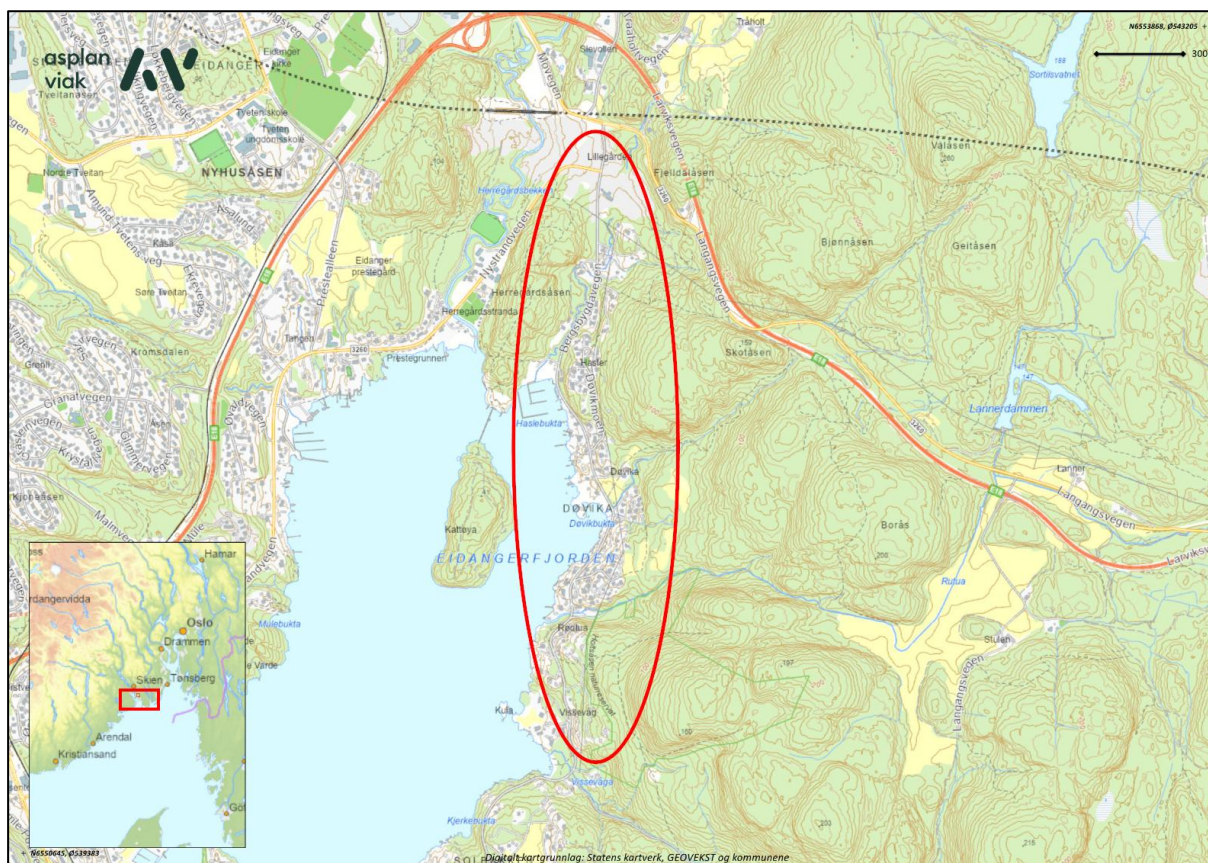
Sammendrag

Asplan Viak bistår Porsgrunn kommune med prosjektering av støttemurer langs Bergsbygdavegen i forbindelse med utvidelse av fortau. Notatet tar for seg dimensjonering av tørrmurer for å regulere tilstrekkelig arealer til gjennomføring av prosjektet. Grunnundersøkelser viser at løsmassemekktigheten varierer mellom ca. 0-14 m langs den aktuelle strekningen, og deler av veien ligger i bergskjæring. Det er utført stabilitets- og bæreevneberegninger i Profinova for å fastslå nødvendig dimensjon på tørrmurene. Optimalisering av murene kan gjøres i detaljprosjekteringen. Lokalstabilitet må vurderes og ivaretas i senere fase.

1. Innledning

Asplan Viak er engasjert av Porsgrunn kommune i forbindelse med detaljreguleringsplan for gang- og sykkelvei langs Bergsbygdavegen mellom Lillegårdskrysset og Vissevåg. Utvidelse av fortau krever etablering av støttemurer over flere strekninger. Figur 1-1 viser et oversiktskart over tiltaksområdet.

Foreliggende rapport presenterer innledende geotekniske vurderinger for prosjektering av tørrmurer i prosjektet. Vurderingene er begrenset til dimensjonering av konstruksjonene, og løsninger knyttet til anleggsgjennomføring er dermed ikke medtatt. Behov for eventuelle (midlertidige) støttekonstruksjoner eller stenging av vei, samt etablering av byggegroper må vurderes i senere fase.



Figur 1-1: Planområdet er markert med rød sirkel

1.1. Beskrivelse av tiltak

Tabell 1-1 viser en oversikt over planlagte støttemurer langs veistrekningen. Tabellen angir hvilken type konstruksjon som er tenkt, maksimal høyde og forventede grunnforhold basert på utførte grunnundersøkelser. Forventede løsmasser er basert på tolkning av totalsonderinger og informasjon skrevet av grunnborer i borloggen. Det henvises til vegtegninger TC101-106 som gir en oversikt over profilnumre i plan.

Tabell 1-1: Oversikt over planlagte støttemurer, inkludert maks. høyde, dybde til berg og forventede løsmasser
*Prosjekteres av RIB og er ikke vurdert videre i notatet

Profilnummer (fra-til)	Type konstruksjon	Maksimal høyde	Dybde til berg	Forventede løsmasser
410-470	Tørrmur	4,4 m	Opptil 10 m er registrert	Veifylling til ca. 1,5 m. Deretter sand/silt ned til berg.
1010-1030	Plasstøpt støttemur*	1,8 m	Opptil 8 m er registrert	Veifylling til ca. 1 m. Deretter sand/silt med enkelte gruslag ned til berg.
1377-1590	Tørrmur	6,4 m	Forventes å være grunt til berg pga. bergskjæring langs østsiden av veien	Veifylling
1615-1655	Tørrmur	3,9 m	Forventes å være grunt til berg pga. bergskjæring langs østsiden av veien	Veifylling
1750	Tørrmur	2,5 m	14 m er registrert	Veifylling og grus/stein ned til ca. 6 m dybde. Deretter sand til 11 m, før det er overgang til morene over fjell.
1762-1830	Tørrmur	4,3 m	Varierer fra 3-8 m i sonderingene	Hovedsakelig faste masser av stein, grus eller morene til fjell.
2175-2230	Tørrmur	5,0 m	1-2 m dybde til berg i sonderingene	Veifylling

2. Prosjekteringsforutsetninger

2.1. Styrende dokumenter

Følgende regelverk er lagt til grunn i den geotekniske prosjekteringsrapporten:

Forskrifter

- Byggteknisk forskrift (TEK17) [1]
- Byggesaksforskriften (SAK10) [2]

Prosjekteringsstandarder

- NS-EN 1990-1:2002+A1:2005+NA:2016 Eurokode 0 - Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner [3]
- NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 Eurokode 7 - Geoteknisk prosjektering. Del1: Allmenne regler [4].
- NS-EN 1998-1:2004+A1: 2013 +NA:2021 Eurokode 8 - Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger [5]

Veinormaler

- Statens Vegvesen sin håndbok N200 Vegbygging [6]

Veiledere

- Statens Vegvesen sin håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging [7]
- NVEs veileder 1/2019 Sikkerhet mot kvikkleireskred [8]

2.2. Geoteknisk klassifisering

Geoteknisk klassifisering av tiltaket er oppsummert i Tabell 2-1. I henhold til NA.A1.3.1(902) i Eurokode 0 [3] skal det ved prosjektering og utførelse av konstruksjoner i pålitelighetsklasse 2, 3 og 4 være et kvalitetssystem tilgjengelig og brukes. For konstruksjoner i pålitelighetsklasse 4 skal kvalitetssystemet tilfredsstillere kravene i NS-EN ISO 9000-serien. Asplan Viaks kvalitetssystem tilfredsstiller krav til prosjektering opp til pålitelighetsklasse 4.

Tabell 2-1: Oversikt over geoteknisk klassifisering.

Prosjekterings- forutsetning	Klassifisering	Referanse til regelverk	Vurdering/merknad
Pålitelighetsklasse (CC/RC)	2	N-V220, Tabell 1.1.1-1	Mindre trafikkert viktig veg med vanskelig omkjøringsmuligheter. ÅDT for Bergsbygdavegen langs den aktuelle strekningen er ca. 1500. Geotekniske tiltak med begrenset bruddkonsekvens.
Geoteknisk kategori	2	N200, kap. 1.1.1	Konvensjonelle konstruksjoner uten unormale risikoer eller vanskelige grunn- eller belastningsforhold.
Geoteknisk tiltaksklasse	2	Byggesaksforskriften (SAK10), § 9-4	Konstruksjonene har liten kompleksitet og mangler eller feil kan føre til middels store konsekvenser for helse, miljø og sikkerhet.
Kontroll av prosjektering og utførelse (PKK/UKK)	2 eller 3*	N200, Tabell 1.2.1-1	Krav om egenkontroll, intern systematisk kontroll og utvidet kontroll. *For murhøyder $\geq 5,0$ m skal konstruksjonen prosjekteres og bygges som bru og dermed til Vegdirektoratet til kontroll iht. håndbok N400 <i>Bruprosjektering</i> . **Utvidet kontroll i PKK2/UKK2 kan begrenses til kontroll av at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert.

Ved valg av pålitelighetsklasse for grunn-/fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg skal det også tas hensyn til omkringliggende områder og eksisterende infrastruktur som kan påvirkes av tiltaket. Asplan Viak kjenner ikke til at det finnes konstruksjoner/infrastruktur av mer kritisk karakter innenfor influensområdet til tiltaket som skulle tilsa valg av høyere pålitelighetsklasse.

2.3. Partialfaktorer for generelle geotekniske problemstillinger

I henhold til tabell 1.4.2-1 og 1.4.2-2 i N200 skal det for både effektiv- og totalspenningsanalyser benyttes partialfaktor 1,4. Til grunn ligger valg av konsekvensklasse CC2, og aktuell bruddmekanisme er vurdert til å være nøytralt brudd.

Tabell 2-2: Partialfaktorer, effektivspenningsanalyser (N200)

Konsekvensklasse	Bruddmekanisme		
	Seigt, dilatant brudd	Nøytralt brudd	Sprøtt, kontraktant brudd
CC1 Mindre alvorlig	1,25	1,3	1,4
CC2 Alvorlig	1,3	1,4	1,5
CC3 Meget alvorlig	1,4	1,5	1,6

Tabell 2-3: Partialfaktorer, totalspenningsanalyse (N200)

Konsekvensklasse	Bruddmekanisme		
	Seigt, dilatant brudd	Nøytralt brudd	Sprøtt, kontraktant brudd
CC1 Mindre alvorlig	1,4 ^a	1,4 ^a	1,4
CC2 Alvorlig	1,4 ^a	1,4	1,5
CC3 Meget alvorlig	1,4	1,5	1,6

2.4. Partialfaktorer for laster

For trafikklast bak støttekonstruksjoner benyttes lastfaktor $\gamma_Q = 1,15$ iht. V220 kapittel 10.2.1, som henviser videre til vegnormal N400:2025 krav 6.2.5-2.

2.5. TEK17 § 7-1, Sikkerhet mot naturpåkjenninger

TEK17 § 7-1 stiller følgende krav: «Byggverk skal plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger». Under redegjøres det for hvordan sikkerhet mot naturpåkjenninger er ivaretatt.

§7-3 Sikkerhet mot skred

I den geotekniske prosjekteringen skal det dokumenteres at sikkerhet mot områdeskred er ivaretatt iht. NVEs veileder 1/2019. Områdestabilitetsvurdering er utført i «637208-16 Fortau/GS-veg langs Bergsbygdavegen - Områdestabilitetsvurdering» [9] og det er utelukket fare for kvikkleireskred i forbindelse med tiltaket.

2.6. Naboforhold

Det er mange boliger, garasjer og boder i umiddelbar nærhet til planlagte støttemurer, særlig på nedsiden/vestsiden av veien, og det er mulig at etableringen av murene kan ha innvirkning på de eksisterende byggene. I tillegg er det annen infrastruktur som bruer, busslommer, VA-ledninger/kabler osv. som vil kunne komme i konflikt med de planlagte arbeidene. Det er viktig at forebyggende tiltak vurderes i detaljprosjekteringen slik at nabokonstruksjoner og annen infrastruktur ivaretas i anleggsperioden.

2.7. Seismisk prosjektering

I henhold til Eurokode 8 skal det fastsettes grunntype og seismisk klasse ved prosjektering av bygninger. Føringer for klassifiseringen er gitt i henholdsvis Tabell NA.3.1 og Tabell NA.4 (902). Valgt grunntype og seismisk klasse for prosjektet baserer seg på informasjon om grunnforholdene og byggets funksjon, og er vist under.

Tabell 2-4: Valgt grunntype fra tabell NA.3.1

Tabell NA.3.1 — Grunntyper				
Grunntype	Beskrivelse av stratigrafisk profil	Parametere ^{b)c)}		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (slag/30cm)	c_u (kPa)
A ^{a)}	Fjell eller fjell-liknende geologisk formasjon, medregnet høyst 5 m svakere materiale på overflaten.	> 800	-	-
B	Avleiringer av svært fast sand eller grus eller svært stiv leire, med en tykkelse på flere titalls meter, kjennetegnet ved en gradvis økning av mekaniske egenskaper med dybden.	360 – 800	> 50	> 250
C	Dype avleiringer av fast eller middels fast sand eller grus eller stiv leire med en tykkelse fra et titalls meter til flere hundre meter.	180 – 360	15 - 50	70 - 250
D	Avleiringer av løs til middels fast kohesjonsløs jord (med eller uten enkelte myke kohesjonslag) eller av hovedsakelig myk til fast kohesjonsjord.	120 – 180	10 – 15	30 – 70
E ^{d)}	Et grunnprofil som består av et alluviumlag i overflaten med v_s -verdier av type C eller D og en tykkelse som varierer mellom ca. 5 m og 20 m, over et stivere materiale med $v_s > 800$ m/s.			
S ₁	Avleiringer som består av eller inneholder et lag med en tykkelse på minst 10 m av bløt leire/silt med høy plastisitetsindeks ($PI > 40$) og høyt vanninnhold.	> 100	-	10-20
S ₂	Avleiringer av jord som kan gå over i flytefase (liquefaction), sensitive leirer eller annen grunnprofil som ikke er med i typene A – E eller S ₁ .			

a Hvis minst 75 % av konstruksjonen står på fjell og resten på løsmasser, og konstruksjonen står på ett kontinuerlig fundament (platefundament), kan grunntype A benyttes.

b Valget av grunntype kan være basert på enten $v_{s,30}$, N_{SPT} eller c_u . $v_{s,30}$ anses som den mest aktuelle parameteren å benytte.

c Der det er tvil om hvilken jordtype som skal velges, velges den mest ugunstige.

d Ved bestemmelse av grunntype E kan følgende alternative beskrivelse benyttes: Et jordprofil bestående av et overflatelag med $v_{s,30}$ - verdier av type C eller D og tykkelse varierende mellom ca. 5 m og 20 m over et underliggende stivere materiale med $v_{s,30} > 500$ m/s.

Tabell 2-5: Valgt seismisk klasse etter tabell NA.4 (902)

Tabell NA.4 (902) — Veiledende valg av seismisk klasse					
Byggverk	I	II	IIIa	IIIb	IV
Byggverk der konsekvensene av sammenbrudd er særlig store					x
Viktig infrastruktur: sykehus, brannstasjoner, redningssentraler, kraftforsyning og lignende			(x)	x	
Industrianlegg ^{a)}		x	x		
Tårn, skorsteiner, siloer	(x)	x			
Kaier og havneanlegg ^{b)}	x	(x)			
Støttemurer, nedgravde konstruksjoner, geotekniske konstruksjoner ^{c)}	x	(x)			
Byggverk med store, og vedvarende, ansamlinger av mennesker og som ofte er i bruk: kjøpesentre, konferanselokaler, kinosaler, kulturelle institusjoner			x		
Byggverk med store, men sjeldne, ansamlinger av mennesker: tribuner, sportshaller		x			
Byggverk med små, men vedvarende, ansamlinger av mennesker og som ofte er i bruk: idrettsbygg		x			
Skoler og institusjonsbygg		(x)	x		
Kontorer, forretningsbygg, hotell og boligbygg		x			
Småhus, rekkehus, mindre lagerhus	x				
Landbruksbygg ^{d)}	x				
Kaier og fortøyningsanlegg for sport og fritid	x				
MERKNAD Kryss uten parentes angir normalt valg av seismisk klasse.					
a Der det er fare for stor skade på miljø og/eller biomangfold bør klasse IIIa velges.					
b Der havneanlegg er en del av industrianlegg må disse vurderes også som industrianlegg					
c Der bortfall av konstruksjoner påvirker stabiliteten til en konstruksjon med høyere konsekvensklasse må tilsvarende høyere konsekvensklasse vurderes. Konstruksjoner som bidrar til stabilitet langs vei og spor bør vurderes tilsvarende som bruer, se NS-EN 1998-2/NA.					
d Landbruksbygg med fare for stor skade på miljø bør vurderes som industribygg					

Figur 3-2: Valgt grunntype og seismisk klasse for prosjektet, iht. Eurokode 8

Basert på seismisk klasse velges seismisk faktor, γ_I , i henhold til tabell NA.4 (901).

Tabell NA.4 (901) — Verdier for seismisk faktor γ_I	
Seismisk klasse	γ_I
I	0,70
II	1,00
IIIa	1,25
IIIb	1,70
IV	<u>a)</u>
a For byggverk der konsekvensene av sammenbrudd er særlig store, for eksempel ved atomreaktorer og lagringsanlegg for radioaktivt avfall, store dammer, skal seismisk faktor vurderes særskilt enten på grunnlag en egen risikoanalyse eller en definert pålitelighet etter bestemmelsene for den aktuelle konstruksjonstypen.	

Kombinasjonen av grunntype D, seismisk klasse I, seismisk faktor $\gamma_I = 0,70$ og referansespissverdi for berggrunnens akselerasjon, a_{gR} , lik 0,20 for Porsgrunn kommune innebærer at utelatelseskriteriet $\underline{a}_g \leq 0,30 \text{ m/s}^2$ for grunntype A-E er oppfylt. Utregningen er vist under:

$$a_g = \gamma_I \cdot a_{gR} = 0,70 \cdot 0,20 = \underline{0,14}$$

Seismisk prosjektering må derfor ikke hensyntas i prosjektet.

3. Topografi og grunnforhold

3.1. Topografi

Terrenget faller generelt mot Eidangerfjorden i vest, og kotehøyden varierer omtrentlig mellom kote +6 til +14 langs den aktuelle veistrekningen. Øst for Bergsbygdavegen stiger terrenget med varierende helning, stedvis svært bratt. Skråningene består langs størstedelen av strekningen av berg.

3.2. Grunnundersøkelser

Asplan Viak gjennomførte geotekniske grunnundersøkelser for de aktuelle støttemurene i september 2025. Det henvises til datarapport 637208-16-RIG-RAP-001_ver01 [10] for utfyllende informasjon om resultatene. Kort oppsummert ble det utført totalsonderinger for å kartlegge dybde til berg og få en indikasjon på hva de stedlige løsmassene består av. Totalsonderingene viste at løsmasseemektigheten varierer mellom ca. 1-14 m i de utførte borpunktene. Det er også bergskjæringer og -blotninger mange steder langs traséen. Løsmassene forventes å bestå av friksjonsmasser (sand og grus) under vegfyllingen. Det ble ikke utført poretrykkmålinger i forbindelse med grunnundersøkelsene.

4. Geotekniske vurderinger

4.1. Materialparametere

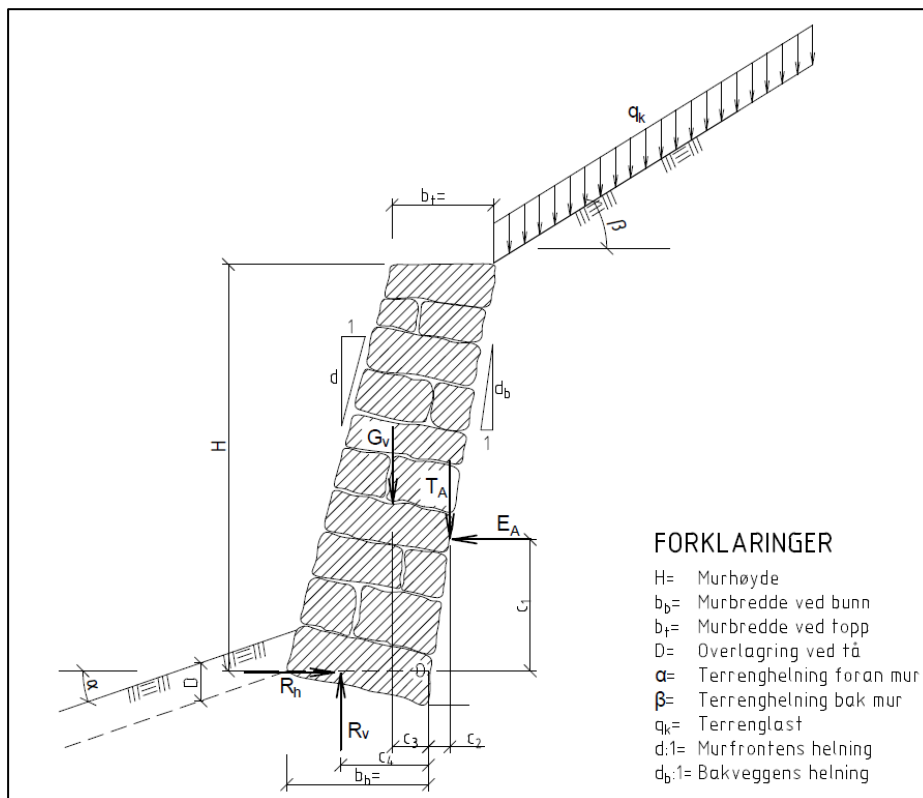
Materialparametere benyttet i de geotekniske vurderingene er tolket på bakgrunn av utførte grunnundersøkelser i [10], og er presentert i Tabell 4-1. Ved mangelfullt grunnlag er det benyttet erfaringsverdier gitt i tabell 3.6.1-1 i håndbok V220.

Tabell 4-1: Materialparametere for tørrmurer

Materiale	Tyngdetetthet γ (kN/m³)	Friksjonsvinkel ϕ (°)	Attraksjon (kPa)	Udrenert skjærstyrke c_u (kPa)
Sprengstein	19	42	10	-
Sand/silt	19	33	0	-
Sand/grus	19	36	0	-

4.2. Dimensjonering av tørrmurer

Prinsipp for utforming av tørrmurer, hentet fra håndbok V220, er vist i Figur 4-1.



Figur 4-1: Prinsipp for utforming av tørrmurer [Byggforsk]

Beregninger for tørrmurene er utført i Profinova. Programmet beregner stabilitet og bæreevne for tørrmurer fundamentert på løsmasser eller berg etter metodikk som er beskrevet i håndbok V220. Det er kun utført beregninger i drenert analyse, ettersom det ikke forventes løsmasser bestående av kohesjonsmaterialer i området. For helning på muren er det tatt utgangspunkt i 5:1. Resultater fra beregninger er vist i Vedlegg A. Tabell 4-2 gir en sammenstilling av resulterende dimensjoner. På grunn av usikkerhet i bergforløp langs deler av traséen, er det vist resultater ved fundamentering på både løsmasser og berg.

For tørrmuren mellom profil 410-470 er det benyttet materialparametere for laget «sand/silt» i Tabell 4-1, mens det for alle andre murer er benyttet parametere for laget «sand/grus».

Tabell 4-2: Resultater fra beregninger i Profinova. Nødvendige dimensjoner basert på om tørrmurene skal fundamenteres på løsmasser eller berg er vist i hver sin kolonne. Mest sannsynlige geometri, basert på utførte grunnundersøkelser, er vist i uthevet skrift.

*I profil 1770-1810, dersom skråningen består av løsmasser, må sannsynligvis muren etableres lenger nede i skråningen, slik at muren får en større høyde og bredde

Profilnr. (fra-til)	Maks. høyde	Nødvendig bredde ved fundamentering på <u>løsmasser</u> (bunn/topp)	Nødvendig bredde ved fundamentering på <u>berg</u> (bunn/topp)
410-470	4,4 m	1,9/1,8 m	1,2/1,1 m
1377-1590	6,4 m	2,5/2,1 m	1,5/1,4 m
1615-1655	3,9 m	1,7/1,4 m	1,1/1,1 m
1750	2,5 m	1,2/1,0 m	1,0/0,8 m
1762-1830	4,3 m	1,8/1,5 m	1,2/1,1 m
*1770-1810	7,5 m	2,8/2,6 m	-
2175-2230	5,0 m	2,0/1,7 m	1,3/1,2 m

4.2.1. Optimalisering av tørrmurer ved detaljprosjektering

Følgende optimaliseringer kan vurderes i detaljprosjekteringen:

1. Det kan vurderes å øke parametere i bæreevneberegningene sammenliknet med de som innledningsvis er brukt for å representere stedlige masser. Dette er avhengig av tilgjengelig plass ved murfoten, tykkelse/utstrekning av pukkiputen under muren, komprimering osv.
2. Der beregnet bredde på muren er mer enn 2,0 meter kan et alternativ være å prosjektere jordarmering til å oppta horisontalkrefter (jordtrykk, bremskrefter osv.) og tørrmuren har funksjon som forblending. Dette vil redusere nødvendig tykkelse av murfront.
3. Ved bæreevneproblematikk kan det støpes en betongsåle for å få tilstrekkelig sålebredde.
4. Lette masser i bakkant av muren kan redusere murbredden.
5. Helning på murer kan tilpasses og etableres med slakere helning dersom dette gir gunstigere dimensjoner på steinstørrelser. I beregningene er det lagt til grunn helning 5:1 på grunn av plassbegrensninger, men dette kan vurderes individuelt for hver enkelt mur.

Ved ønske eller behov kan det vurderes etablering av betongmur istedenfor tørrmur for å redusere dimensjoner på tørrmurer. Prosjektering av disse utføres i så fall av RIB med innspill fra geotekniker.

5. Sluttkommentar

Utførte grunnundersøkelser gir en pekepinn på forventede bergdybder og løsmassenes beskaffenhet. Det er imidlertid til dels store avstander mellom enkelte borpunkter og stedvis noe tynt grunnlag til å kunne fastslå grunnforholdene. Behov for supplerende grunnundersøkelser må vurderes i senere fase, og det bør være rom for tilpasninger underveis i anleggsarbeidene basert på de lokale grunnforholdene som avdekkes. En ny befaring med fokus på kartlegging av berg i dagen på nedsiden av veien, langs foten av planlagte murer, kan bidra til å redusere usikkerhet knyttet til fundamenteringsmetode - og dermed også nødvendige murdimensjoner.

Det er kritisk at lokalstabilitet vurderes nøye i detaljprosjekteringen og ivaretas under anleggsgjennomføringen, ettersom det er stedvis svært bratt og begrenset med plass til å etablere stabile graveskråninger. Det kan bli nødvendig med både stenging av vei og midlertidig avstivning av grøfter/byggegroper under arbeidene.

Ved avvikende grunnforhold fra det som er forutsatt i dette notatet, f.eks. dersom det viser seg å være leiravsetninger noe sted, må beregninger oppdateres og eventuelt udrenerte analyser utføres.

6. Referanser

- [1] Direktoratet for byggkvalitet, «Byggteknisk forskrift», 2017.
- [2] Direktoratet for byggkvalitet, «Byggesaksforskriften (SAK 10)», 2016.
- [3] Standard Norge, «Eurocode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner (NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016)», 2016.
- [4] Standard Norge, «Eurocode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Almenne regler (NS-EN 1997-1:2004+A1+NA)», 2020.
- [5] Standard Norge, «Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del1: Allmenne regler, seismiske lasete og regler for bygninger (NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA)», 2021.
- [6] Statens Vegvesen, «Håndbok N200: Vegbygging», Vegdirektoratet, 2022.
- [7] Statens vegvesen, «Håndbok N-V220: Geoteknikk i vegbygging», Vegdirektoratet, 2025.
- [8] Norges vassdrags- og energidirektorat., «Sikkerhet mot kvikkleireskred. Veileder 1/2019,» Norges vassdrags- og energidirektorat., 2020.
- [9] Asplan Viak, dokument «637208-16 Fortau/GS-veg langs Bergsbygdavegen - Områdestabilitetsvurdering», 2025
- [10] Asplan Viak, dokument «637208-16-RIG-RAP-001-ver01 Datarapport», 2025

VEDLEGG A:

**BEREGNINGER FOR TØRRMURER
(PROFINOVA)**

Tørrmur på berg

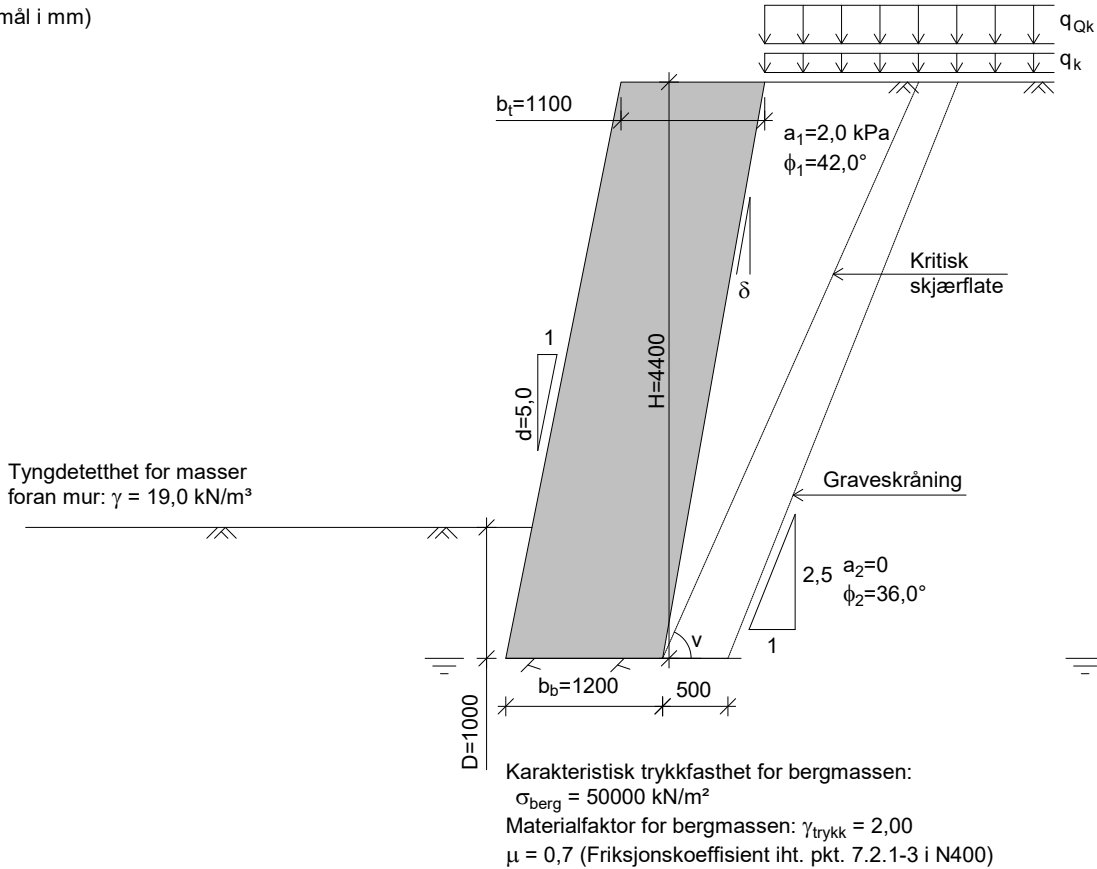
Bergsbygdavegen

410-470 Berg

Beregnet 26.10.2025 Kl.21:00:23
(Programversjon 24.01)

Inndata

(mål i mm)



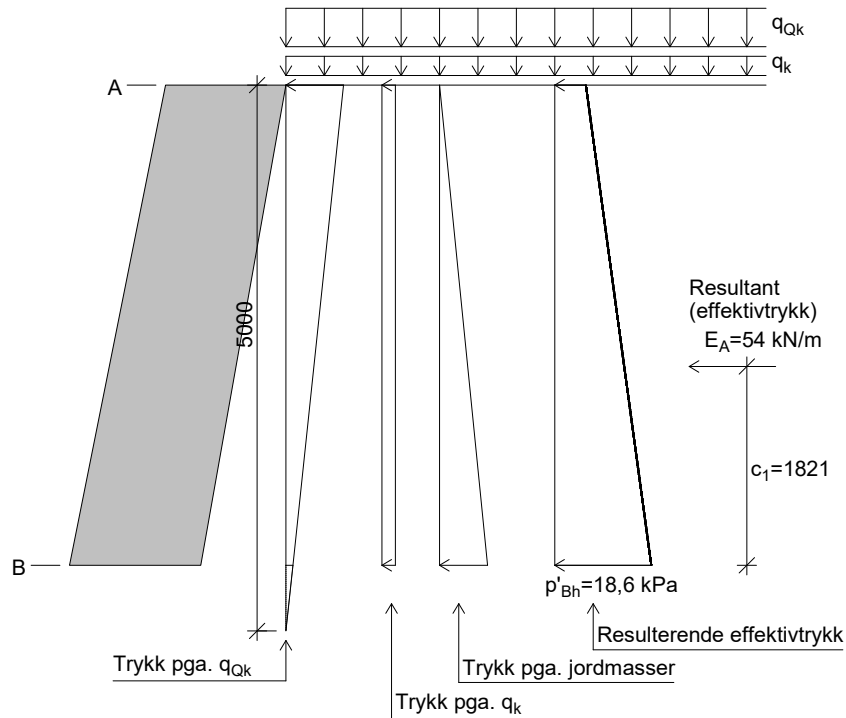
Tørrmur på berg

Bergsbygdavegen

410-470 Berg

Jordtrykk

(mål i mm)



$r_v = 0,30$ (ruhet for beregning av jordtrykk)

$$\tan\phi_d = \tan\phi_m/\gamma_M = \tan(42,0)/1,4 = 0,64, \quad \phi_d = \arctan(0,64) = 32,7^\circ$$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_v' + a) \quad (1) \quad a = a_m = 2,0 \text{ kPa}$$

$$K_A = 0,272 \text{ (Figur 6.2.1-1 i N-V220)}$$

$$\text{Bakre murhelning: } d_b = \frac{H}{\frac{H}{d} + b_t - b_b} = \frac{4,400}{\frac{4,400}{5,0} + 1,100 - 1,200} = 5,6$$

$$\tan\delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 10,1^\circ$$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^3\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(10,1^\circ + 32,7^\circ)}{\cos^3(10,1^\circ) \cdot \cos^2(32,7^\circ)} = 0,797$$

$$K_{A,\text{korr}} = K_\delta \cdot K_A = 0,797 \cdot 0,272 = 0,217$$

Resulterende effektivt trykk beregnes iht. ligning (1) ovenfor

Ved beregningsmessig negativt trykk (dvs. strekk), negliseres dette, og trykket settes lik 0.

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2}$$

$$p'_{Av} = 5,0 \cdot 1,15 + 25,0 \cdot 1,15 = 34,5 \text{ kPa}$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Ah} = K_{A,\text{korr}} \cdot (p'_{Av} + a) - a$$

$$p'_{Ah} = 0,217 \cdot (34,5 + 2,0) - 2,0 = 5,9 \text{ kPa}$$

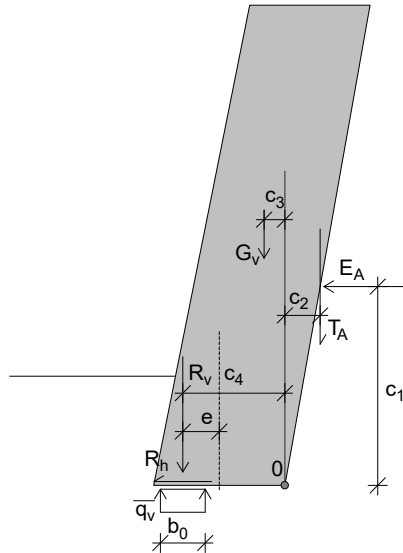
Nivå B (bunn mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 4,400 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} + \frac{5,0 \cdot 4,400}{5,0} \cdot q_{Qk} \cdot \gamma_{q2}$$

$$p'_{Bv} = 4,400 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,15 + 0,12 \cdot 25,0 \cdot 1,15 = 92,8 \text{ kPa}$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{korr}} \cdot (p'_{Bv} + a) - a$$

$$p'_{Bh} = 0,217 \cdot (92,8 + 2,0) - 2,0 = 18,6 \text{ kPa}$$



$$R_h = E_A = 54 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (1,200 + 1,100) \cdot 4,400 \cdot 22,0 = 111 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{111} \cdot \left[\frac{4,400}{6} \cdot (1,200 - 1,100) \cdot 22,0 \cdot \left(1,200 - 1,100 - \frac{4,400}{5,6} \right) + 4,400 \cdot 1,100 \cdot 22,0 \cdot \left(1,200 - \frac{1}{2} \cdot 1,100 - \frac{1}{2} \cdot \frac{4,400}{5,0} \right) \right] = 0,191 \text{ m}$$

$$T_A = r_v \cdot \tan \phi_d \cdot \left(\frac{E_A}{H} + a \right) \cdot H = 0,30 \cdot 0,64 \cdot \left(\frac{54}{4,400} + 2,0 \right) \cdot 4,400 = 12 \text{ kN/m}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{1,821}{5,6} = 0,323 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A = 111 + 12 = 123 \text{ kN/m}$$

Moment om pkt. 0:

$$M_0 = E_A \cdot c_1 - T_A \cdot c_2 + G_v \cdot c_3$$

$$M_0 = 54 \cdot 1,821 - 12 \cdot 0,323 + 111 \cdot 0,191 = 115 \text{ kNm/m}$$

$$c_4 = M_0 / R_v = 115 / 123 = 0,935 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 0,935 - 0,5 \cdot 1,200 = 0,335 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 1,200 - 2 \cdot 0,335 = 0,410 \text{ m}$$

$$b_0 > b_b / 3 = 1,200 / 3 = 0,400 \text{ m (minimumsverdi)}$$

\Rightarrow Beregnet b_0 er større enn anbefalt minimumsverdi

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

$$\bar{q}_v = R_v / b_0 = 123 / 0,410 = 301 \text{ kN/m}^2$$

Kontroll av grunntrykk

Dimensjonerende trykkstyrke for bergmassen:

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

$$\Rightarrow f_g = 50000 / 2,00 = 25000 \text{ kN/m}^2 > \bar{q}_v \Rightarrow \text{OK}$$

Kontroll mot glidning

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

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

$$\mu \cdot R_v = 0,7 \cdot 123 = 86 \text{ kN/m} > 54 \text{ kN/m} \Rightarrow \text{OK}$$

Tørrmur på løsmasser

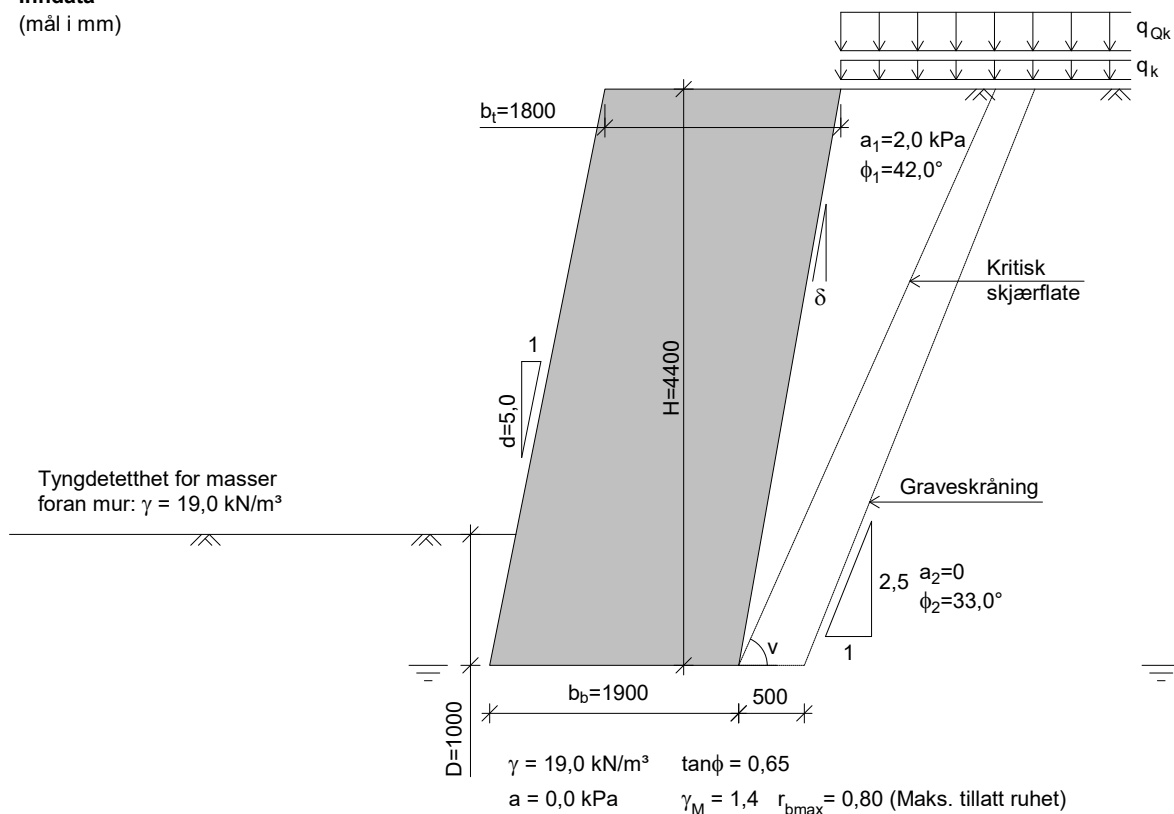
Bergsbygdavegen

410-470 Løsmasser

Beregnet 26.10.2025 Kl.20:59:09
(Programversjon 24.01)

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: CC2 Alvorlig

Bruddmekanisme : Nøytralt brudd

$\Rightarrow \gamma_M = 1,4$ (iht. Tab. 1.4.2-1 i Håndbok N200)

Ruhet for bakkant mur: $r_v = 0,3$

Kritisk skjærflate går gjennom bakfyllmassene, dvs.:

Midlere friksjonsvinkel: $\phi_m = \phi_1 = 42,0^\circ$

Midlere attraksjon: $a_m = a_1 = 2,0 \text{ kPa}$

Helning av kritisk skjærflate settes lik:

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

Bæreevnen beregnes for antatt homogen undergrunn.

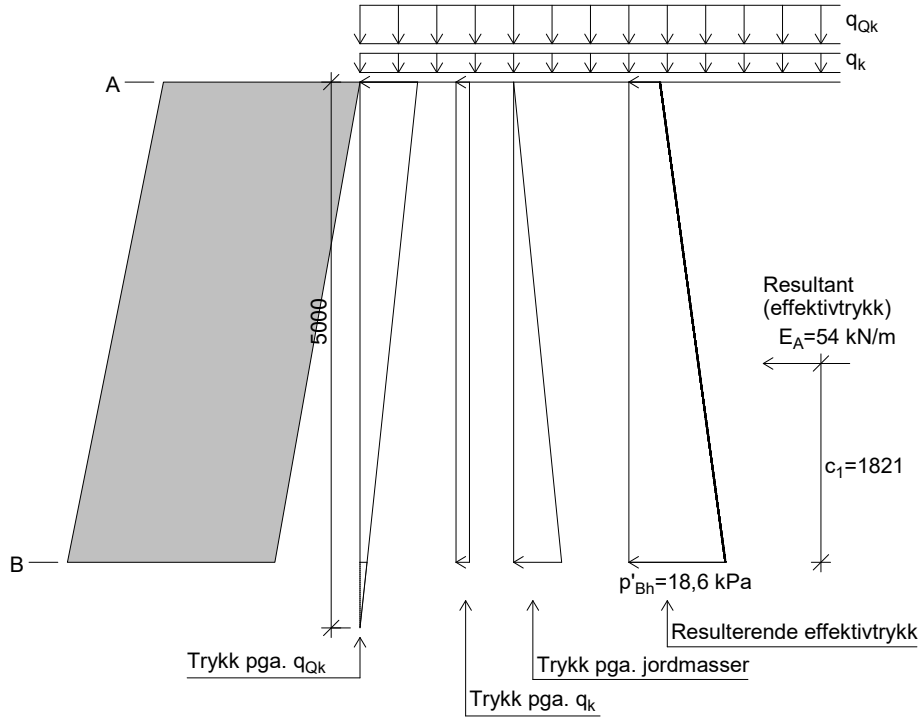
Bæreevnen regnes dykket, dvs. kritisk skjærflate antas å gå gjennom masser som ligger under grunnvannsstanden.

Terrenglast	Lastfaktor (Bruddgrense)
$q_k = 5,0 \text{ kPa}$	1,15
$q_{Qk} = 25,0 \text{ kPa}$	1,15
(q _{Qk} er boggiekvivalentlasten iht. Trafikklastforskriftens § 4)	
Boggiekvivalentlasten q _{Qk} blir tatt med i beregningene.	

Tørrmur på løsmasser

Bergsbygdavegen
410-470 Løsmasser

Jordtrykk
(mål i mm)



$r_v = 0,3$ (ruhet for beregning av jordtrykk)

$$\tan\phi_d = \tan\phi_m/\gamma_M = \tan(42,0)/1,4 = 0,64, \quad \phi_d = \arctan(0,64) = 32,7^\circ$$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_v' + a) \quad (1) \quad a = a_m = 2,0 \text{ kPa}$$

$$K_A = 0,272 \text{ (Figur 6.2.1-1 i N-V220)}$$

$$\text{Bakre murhelning: } d_b = \frac{H}{\frac{H}{d} + b_t - b_b} = \frac{4,400}{\frac{4,400}{5,0} + 1,800 - 1,900} = 5,6$$

$$\tan\delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 10,1^\circ$$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^3\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(10,1^\circ + 32,7^\circ)}{\cos^3(10,1^\circ) \cdot \cos^2(32,7^\circ)} = 0,797$$

$$K_{A,\text{korrt}} = K_\delta \cdot K_A = 0,797 \cdot 0,272 = 0,217$$

Resulterende effektivt trykk beregnes iht. ligning (1) ovenfor

Ved beregningsmessig negativt trykk (dvs. strekk), negliseres dette, og trykket settes lik 0.

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2}$$

$$p'_{Av} = 5,0 \cdot 1,15 + 25,0 \cdot 1,15 = 34,5 \text{ kPa}$$

$$\text{Horizontaltrykk: } p'_{Ah} = K_{A,\text{korrt}} \cdot (p'_{Av} + a) - a$$

$$p'_{Ah} = 0,217 \cdot (34,5 + 2,0) - 2,0 = 5,9 \text{ kPa}$$

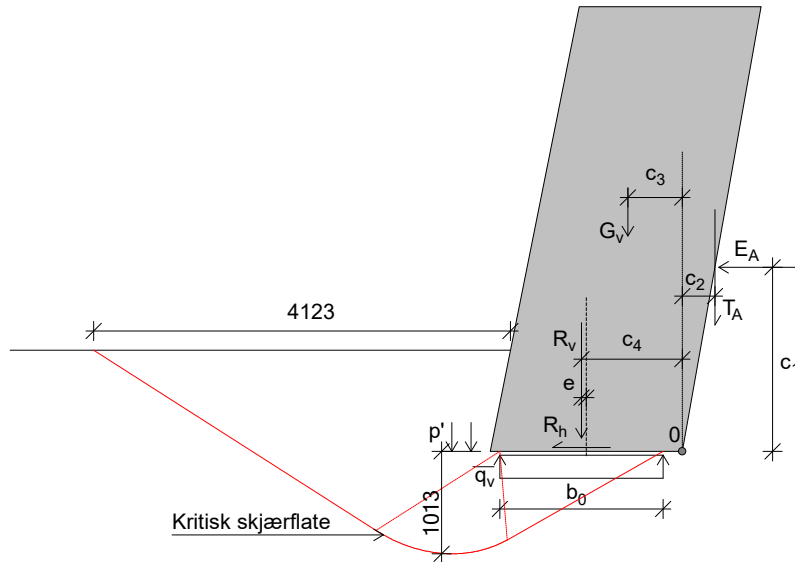
Nivå B (bunn mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 4,400 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} + \frac{5,0 \cdot 4,400}{5,0} \cdot q_{Qk} \cdot \gamma_{q2}$$

$$p'_{Bv} = 4,400 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,15 + 0,12 \cdot 25,0 \cdot 1,15 = 92,8 \text{ kPa}$$

$$\text{Horizontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{korrt}} \cdot (p'_{Bv} + a) - a$$

$$p'_{Bh} = 0,217 \cdot (92,8 + 2,0) - 2,0 = 18,6 \text{ kPa}$$



$$R_h = E_A = 54 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (1,900 + 1,800) \cdot 4,400 \cdot 22,0 = 179 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{179} \cdot \left[\frac{4,400}{6} \cdot (1,900 - 1,800) \cdot 22,0 \cdot \left(1,900 - 1,800 - \frac{4,400}{5,6} \right) + 4,400 \cdot 1,800 \cdot 22,0 \cdot \left(1,900 - \frac{1}{2} \cdot 1,800 - \frac{1}{2} \cdot \frac{4,400}{5,0} \right) \right] = 0,539 \text{ m}$$

$$T_A = r_v \cdot \tan \phi_d \cdot \left(\frac{E_A}{H} + a \right) \cdot H = 0,30 \cdot 0,64 \cdot \left(\frac{54}{4,400} + 2,0 \right) \cdot 4,400 = 12 \text{ kN/m}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{1,821}{5,6} = 0,323 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A = 179 + 12 = 191 \text{ kN/m}$$

Moment om pkt. 0:

$$M_0 = E_A \cdot c_1 - T_A \cdot c_2 + G_v \cdot c_3$$

$$M_0 = 54 \cdot 1,821 - 12 \cdot 0,323 + 179 \cdot 0,539 = 191 \text{ kNm/m}$$

$$c_4 = M_0 / R_v = 191 / 191 = 0,997 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 0,997 - 0,5 \cdot 1,900 = 0,047 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 1,900 - 2 \cdot 0,047 = 1,616 \text{ m}$$

$$b_0 > b_b / 3 = 1,900 / 3 = 0,633 \text{ m (minimumsverdi)}$$

\Rightarrow Beregnet b_0 er større enn anbefalt minimumsverdi

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

$$\bar{q}_v = R_v / b_0 = 191 / 1,616 = 118 \text{ kN/m}^2$$

Bæreevne (effektivspenningsanalyse):

$$\text{Krav 1 : } r_b \leq r_{b\text{max}} = 0,80, \quad r_b = \frac{R_h}{b_0 \cdot (q_v + a) \cdot \tan \phi_d}$$

$$a = 0 \text{ kPa}$$

$$\tan \phi_d = \tan \phi / \gamma_M = 0,65 / 1,4 = 0,46, \quad r_b = \frac{54}{1,616 \cdot (118 + 0) \cdot 0,46}$$

$$r_b = 0,61 < r_{b\text{max}} \Rightarrow \text{krav 1 er OK}$$

$$\text{Krav 2 : } \bar{q}_v \leq \bar{\sigma}_v = N_q \cdot (p' + a) + \frac{1}{2} N_\gamma \cdot \gamma' \cdot b_0 - a$$

$$p' = 19,0 \cdot 1,00 = 19,0 \text{ kN/m}^2$$

$$N_q = 5,8, \quad N_\gamma = 2,7, \quad \gamma' = 19,0 - 10 = 9,0 \text{ kN/m}^3 \text{ (dykket)}$$

$$\bar{\sigma}_v = 130 \text{ kN/m}^2 > \bar{q}_v \Rightarrow \text{krav 2 er OK}$$

$$\bar{q}_v / \bar{\sigma}_v = 0,91$$

Tørrmur på berg

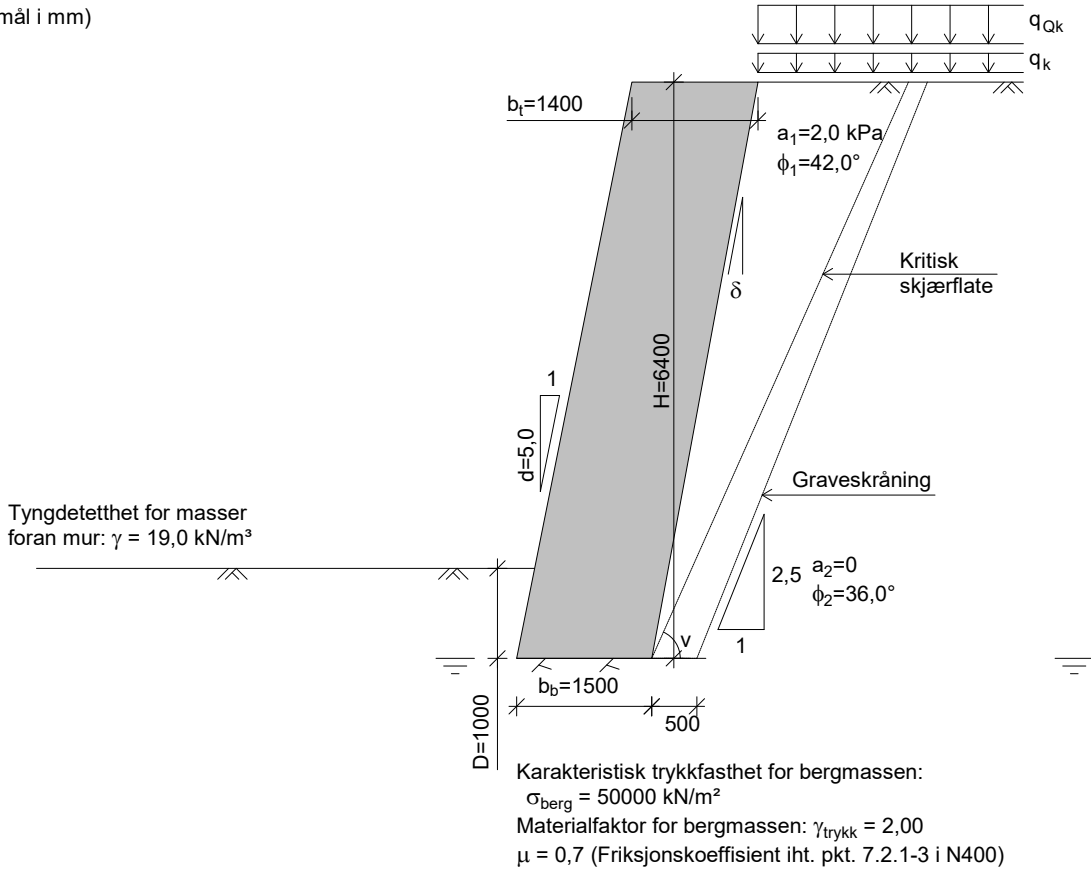
Bergsbygdavegen

1615-1655 Berg

Beregnet 26.10.2025 Kl.21:04:12
(Programversjon 24.01)

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: CC2 Alvorlig

Bruddmekanisme : Nøytralt brudd

$\Rightarrow \gamma_M = 1,4$ (iht. Tab. 1.4.2-1 i Håndbok N200)

Ruhet for bakkant mur: $r_v = 0,30$

Kritisk skjærflate går gjennom bakfyllmassene, dvs.:

Midlere friksjonsvinkel: $\phi_m = \phi_1 = 42,0^\circ$

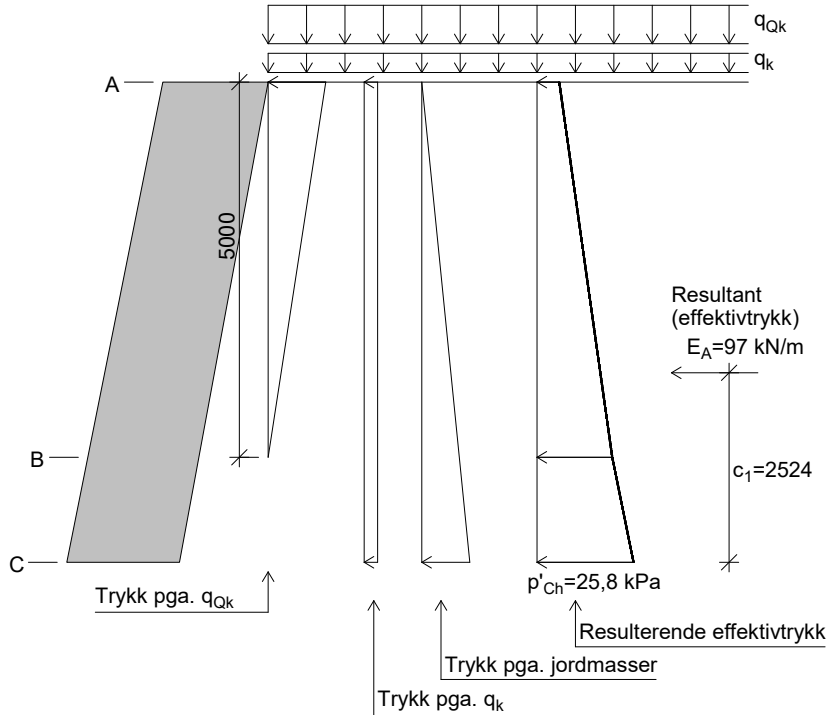
Midlere attraksjon: $a_m = a_1 = 2,0 \text{ kPa}$

Helning av kritisk skjærflate settes lik:

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

Bæreevne/grunntrykk beregnes for mur fundamentert direkte på berg.

Terrenglast	Lastfaktor (Bruddgrense)
$q_k = 5,0 \text{ kPa}$	1,15
$q_{Qk} = 25,0 \text{ kPa}$	1,15
(q _{Qk} er boggiekvivalentlasten iht. Trafikklastforskriftens § 4)	
Boggiekvivalentlasten q _{Qk} blir tatt med i beregningene.	



$r_v = 0,30$ (ruhet for beregning av jordtrykk)

$$\tan\phi_d = \tan\phi_m/\gamma_M = \tan(42,0)/1,4 = 0,64, \quad \phi_d = \arctan(0,64) = 32,7^\circ$$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_v' + a) \quad (1) \quad a = a_m = 2,0 \text{ kPa}$$

$$K_A = 0,272 \text{ (Figur 6.2.1-1 i N-V220)}$$

$$\text{Bakre murhelning: } d_b = \frac{H}{\frac{H}{d} + b_t - b_b} = \frac{6,400}{\frac{6,400}{5,0} + 1,400 - 1,500} = 5,4$$

$$\tan\delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 10,4^\circ$$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^3\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(10,4^\circ + 32,7^\circ)}{\cos^3(10,4^\circ) \cdot \cos^2(32,7^\circ)} = 0,790$$

$$K_{A,\text{korrr}} = K_\delta \cdot K_A = 0,790 \cdot 0,272 = 0,215$$

Resulterende effektivt trykk beregnes iht. ligning (1) ovenfor

Ved beregningsmessig negativt trykk (dvs. strekk), negliseres dette, og trykket settes lik 0.

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2}$$

$$p'_{Av} = 5,0 \cdot 1,15 + 25,0 \cdot 1,15 = 34,5 \text{ kPa}$$

$$\text{Horizontaltrykk: } p'_{Ah} = K_{A,\text{korrr}} \cdot (p'_{Av} + a) - a$$

$$p'_{Ah} = 0,215 \cdot (34,5 + 2,0) - 2,0 = 5,8 \text{ kPa}$$

Nivå B : 5,000 m under topp mur (bunn boggiekvivalentlast)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 5,0 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1}$$

$$p'_{Bv} = 5,0 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,15 = 100,8 \text{ kPa}$$

$$\text{Horizontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{korrr}} \cdot (p'_{Bv} + a) - a$$

$$p'_{Bh} = 0,215 \cdot (100,8 + 2,0) - 2,0 = 20,1 \text{ kPa}$$

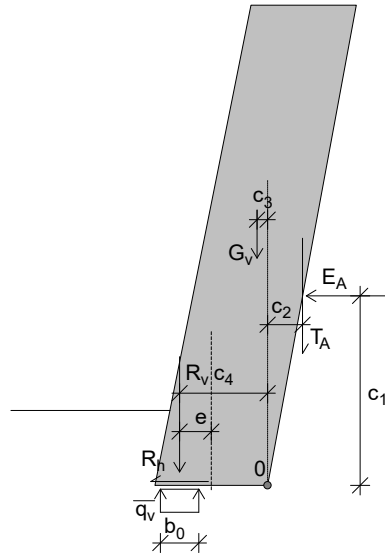
Nivå C (bunn mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Cv} = 6,400 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1}$$

$$p'_{Cv} = 6,400 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,15 = 127,4 \text{ kPa}$$

$$\text{Horizontaltrykk: } p'_{Ch} = K_{A,\text{korrr}} \cdot (p'_{Cv} + a) - a$$

$$p'_{Ch} = 0,215 \cdot (127,4 + 2,0) - 2,0 = 25,8 \text{ kPa}$$



$$R_h = E_A = 97 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (1,500 + 1,400) \cdot 6,400 \cdot 22,0 = 204 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{204} \cdot \left[\frac{6,400}{6} \cdot (1,500 - 1,400) \cdot 22,0 \cdot \left(1,500 - 1,400 - \frac{6,400}{5,4} \right) + 6,400 \cdot 1,400 \cdot 22,0 \cdot \left(1,500 - \frac{1}{2} \cdot 1,400 - \frac{1}{2} \cdot \frac{6,400}{5,0} \right) \right] = 0,142 \text{ m}$$

$$T_A = r_v \cdot \tan \phi_d \cdot \left(\frac{E_A}{H} + a \right) \cdot H = 0,30 \cdot 0,64 \cdot \left(\frac{97}{6,400} + 2,0 \right) \cdot 6,400 = 21 \text{ kN/m}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{2,524}{5,4} = 0,465 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A = 204 + 21 = 225 \text{ kN/m}$$

Moment om pkt. 0:

$$M_0 = E_A \cdot c_1 - T_A \cdot c_2 + G_v \cdot c_3$$

$$M_0 = 97 \cdot 2,524 - 21 \cdot 0,465 + 204 \cdot 0,142 = 264 \text{ kNm/m}$$

$$c_4 = M_0 / R_v = 264 / 225 = 1,170 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 1,170 - 0,5 \cdot 1,500 = 0,420 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 1,500 - 2 \cdot 0,420 = 0,510 \text{ m}$$

$$b_0 > b_b / 3 = 1,500 / 3 = 0,500 \text{ m (minimumsverdi)}$$

\Rightarrow Beregnet b_0 er større enn anbefalt minimumsverdi

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

$$\bar{q}_v = R_v / b_0 = 225 / 0,510 = 442 \text{ kN/m}^2$$

Kontroll av grunntrykk

Dimensjonerende trykkstyrke for bergmassen:

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

$$\Rightarrow f_g = 50000 / 2,00 = 25000 \text{ kN/m}^2 > \bar{q}_v \Rightarrow \text{OK}$$

Kontroll mot glidning

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

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

$$\mu \cdot R_v = 0,7 \cdot 225 = 158 \text{ kN/m} > 97 \text{ kN/m} \Rightarrow \text{OK}$$

Tørrmur på løsmasser

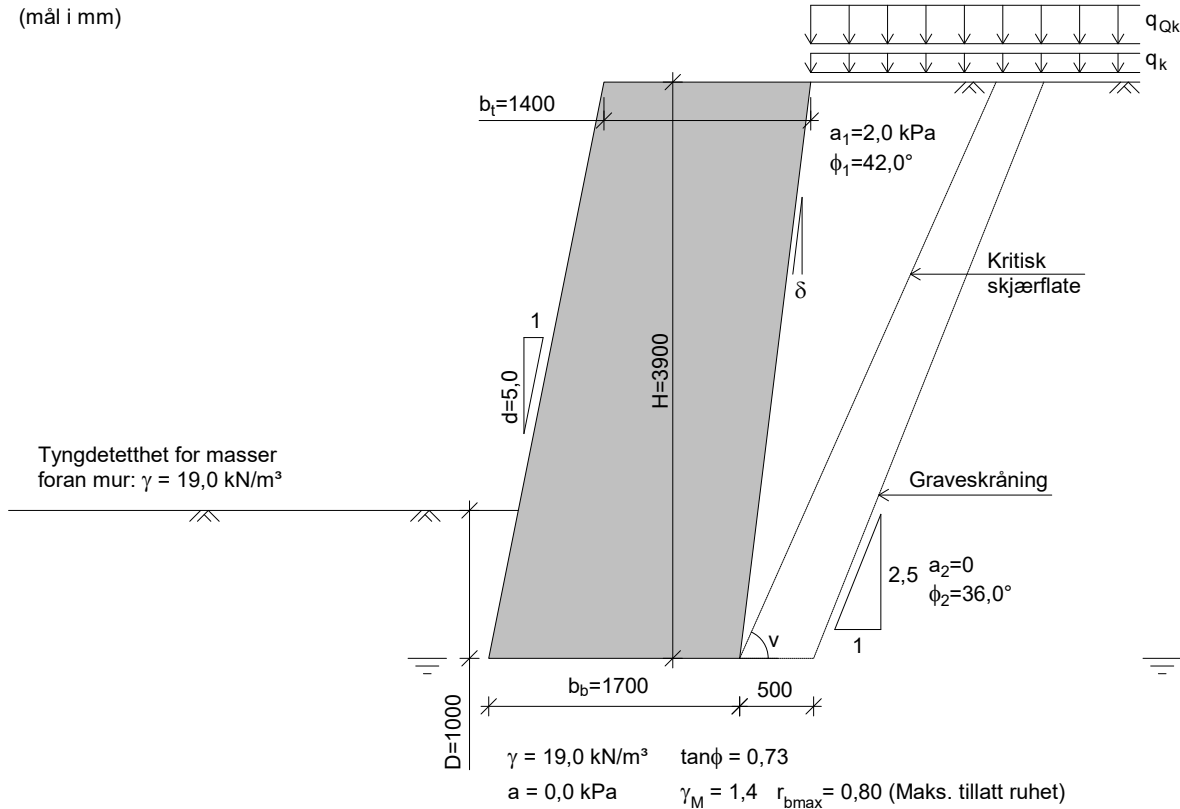
Bergsbygdavegen

1615-1655 Løsmasser

Beregnet 26.10.2025 Kl.21:03:04
(Programversjon 24.01)

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: CC2 Alvorlig

Bruddmekanisme : Nøytralt brudd

$\Rightarrow \gamma_M = 1,4$ (iht. Tab. 1.4.2-1 i Håndbok N200)

Ruhet for bakkant mur: $r_v = 0,3$

Kritisk skjærflate går gjennom bakfyllmassene, dvs.:

Midlere friksjonsvinkel: $\phi_m = \phi_1 = 42,0^\circ$

Midlere attraksjon: $a_m = a_1 = 2,0 \text{ kPa}$

Helning av kritisk skjærflate settes lik:

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

Bæreevnen beregnes for antatt homogen undergrunn.

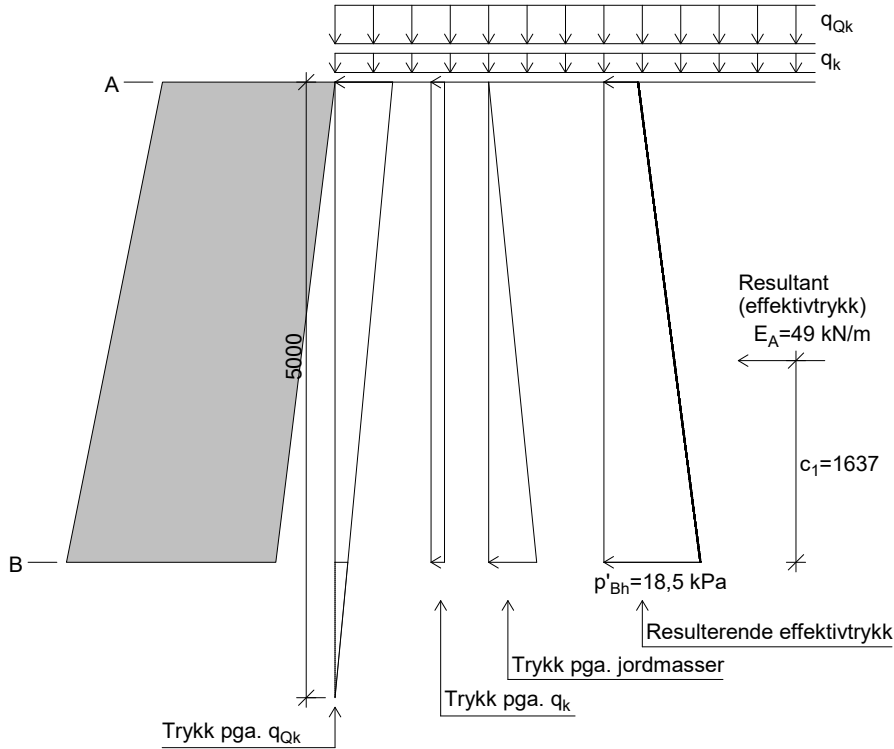
Bæreevnen regnes dykket, dvs. kritisk skjærflate antas å gå gjennom masser som ligger under grunnvannsstanden.

Terrenglaster	Lastfaktor (Bruddgrense)
$q_k = 5,0 \text{ kPa}$	1,15
$q_{Qk} = 25,0 \text{ kPa}$	1,15
(q _{Qk} er boggiekvivalentlasten iht. Trafikklastforskriftens § 4)	
Boggiekvivalentlasten q _{Qk} blir tatt med i beregningene.	

Tørrmur på løsmasser

Bergsbygdavegen
1615-1655 Løsmasser

Jordtrykk
(mål i mm)



$r_v = 0,3$ (ruhet for beregning av jordtrykk)

$$\tan\phi_d = \tan\phi_m/\gamma_M = \tan(42,0)/1,4 = 0,64, \quad \phi_d = \arctan(0,64) = 32,7^\circ$$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_v' + a) \quad (1) \quad a = a_m = 2,0 \text{ kPa}$$

$$K_A = 0,272 \text{ (Figur 6.2.1-1 i N-V220)}$$

$$\text{Bakre murhelning: } d_b = \frac{H}{\frac{H}{d} + b_t - b_b} = \frac{3,900}{\frac{3,900}{5,0} + 1,400 - 1,700} = 8,1$$

$$\tan\delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 7,0^\circ$$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^3\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(7,0^\circ + 32,7^\circ)}{\cos^3(7,0^\circ) \cdot \cos^2(32,7^\circ)} = 0,854$$

$$K_{A,\text{korrt}} = K_\delta \cdot K_A = 0,854 \cdot 0,272 = 0,232$$

Resulterende effektivt trykk beregnes iht. ligning (1) ovenfor

Ved beregningsmessig negativt trykk (dvs. strekk), negliseres dette, og trykket settes lik 0.

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2}$$

$$p'_{Av} = 5,0 \cdot 1,15 + 25,0 \cdot 1,15 = 34,5 \text{ kPa}$$

$$\text{Horizontaltrykk: } p'_{Ah} = K_{A,\text{korrt}} \cdot (p'_{Av} + a) - a$$

$$p'_{Ah} = 0,232 \cdot (34,5 + 2,0) - 2,0 = 6,5 \text{ kPa}$$

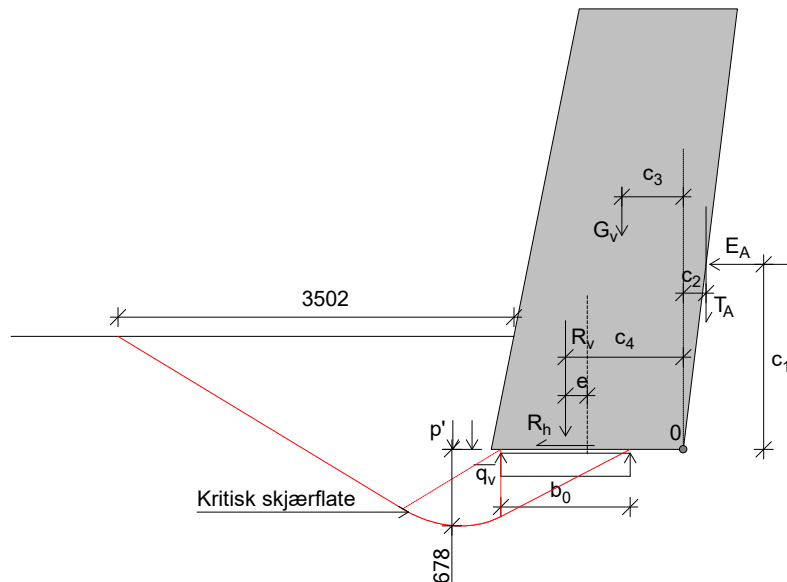
Nivå B (bunn mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 3,900 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} + \frac{5,0 \cdot 3,900}{5,0} \cdot q_{Qk} \cdot \gamma_{q2}$$

$$p'_{Bv} = 3,900 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,15 + 0,22 \cdot 25,0 \cdot 1,15 = 86,2 \text{ kPa}$$

$$\text{Horizontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{korrt}} \cdot (p'_{Bv} + a) - a$$

$$p'_{Bh} = 0,232 \cdot (86,2 + 2,0) - 2,0 = 18,5 \text{ kPa}$$



$$R_h = E_A = 49 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (1,700 + 1,400) \cdot 3,900 \cdot 22,0 = 133 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{133} \cdot \left[\frac{3,900}{6} \cdot (1,700 - 1,400) \cdot 22,0 \cdot \left(1,700 - 1,400 - \frac{3,900}{8,1} \right) + 3,900 \cdot 1,400 \cdot 22,0 \cdot \left(1,700 - \frac{1}{2} \cdot 1,400 - \frac{1}{2} \cdot \frac{3,900}{5,0} \right) \right] = 0,545 \text{ m}$$

$$T_A = r_v \cdot \tan \phi_d \cdot \left(\frac{E_A}{H} + a \right) \cdot H = 0,30 \cdot 0,64 \cdot \left(\frac{49}{3,900} + 2,0 \right) \cdot 3,900 = 11 \text{ kN/m}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{1,637}{8,1} = 0,202 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A = 133 + 11 = 144 \text{ kN/m}$$

Moment om pkt. 0:

$$M_0 = E_A \cdot c_1 - T_A \cdot c_2 + G_v \cdot c_3$$

$$M_0 = 49 \cdot 1,637 - 11 \cdot 0,202 + 133 \cdot 0,545 = 150 \text{ kNm/m}$$

$$c_4 = M_0 / R_v = 150 / 144 = 1,043 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 1,043 - 0,5 \cdot 1,700 = 0,193 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 1,700 - 2 \cdot 0,193 = 1,144 \text{ m}$$

$$b_0 > b_b / 3 = 1,700 / 3 = 0,567 \text{ m (minimumsverdi)}$$

\Rightarrow Beregnet b_0 er større enn anbefalt minimumsverdi

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

$$\bar{q}_v = R_v / b_0 = 144 / 1,144 = 126 \text{ kN/m}^2$$

Bæreevne (effektivspenningsanalyse):

Krav 1 : $r_b \leq r_{b\text{max}} = 0,80$, $r_b = \frac{R_h}{b_0 \cdot (q_v + a) \cdot \tan \phi_d}$

$a = 0 \text{ kPa}$

$\tan \phi_d = \tan \phi / \gamma_M = 0,73 / 1,4 = 0,52$, $r_b = \frac{49}{1,144 \cdot (126 + 0) \cdot 0,52}$

$r_b = 0,65 < r_{b\text{max}} \Rightarrow$ krav 1 er OK

Krav 2 : $\bar{q}_v \leq \bar{\sigma}_v = N_q \cdot (p' + a) + \frac{1}{2} N_\gamma \cdot \gamma' \cdot b_0 - a$

$p' = 19,0 \cdot 1,00 = 19,0 \text{ kN/m}^2$

$N_q = 6,6$, $N_\gamma = 3,0$, $\gamma' = 19,0 - 10 = 9,0 \text{ kN/m}^3$ (dykket)

$\bar{\sigma}_v = 140 \text{ kN/m}^2 > \bar{q}_v \Rightarrow$ krav 2 er OK

$\bar{q}_v / \bar{\sigma}_v = 0,90$

Tørrmur på berg

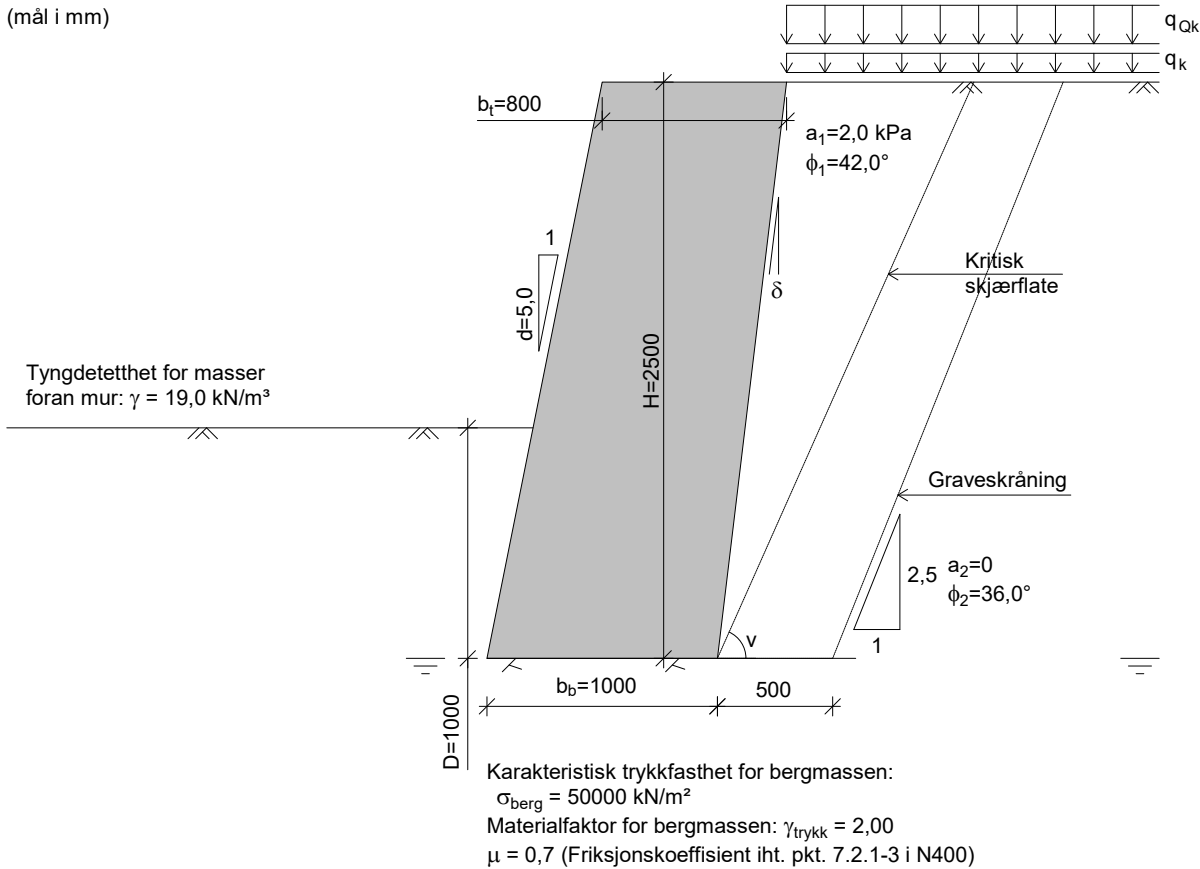
Bergsbygdavegen

1750 Berg

Beregnet 26.10.2025 Kl.21:06:05
(Programversjon 24.01)

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: CC2 Alvorlig

Bruddmekanisme : Nøytralt brudd

$\Rightarrow \gamma_M = 1,4$ (iht. Tab. 1.4.2-1 i Håndbok N200)

Ruhet for bakkant mur: $r_v = 0,30$

Kritisk skjærflate går gjennom bakfyllmassene, dvs.:

Midlere friksjonsvinkel: $\phi_m = \phi_1 = 42,0^\circ$

Midlere attraksjon: $a_m = a_1 = 2,0 \text{ kPa}$

Helning av kritisk skjærflate settes lik:

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

Bæreevne/grunntrykk beregnes for mur fundamentert direkte på berg.

Terrenglast	Lastfaktor (Bruddgrense)
-------------	-----------------------------

$q_k = 5,0 \text{ kPa}$	1,15
-------------------------	------

$q_{Qk} = 25,0 \text{ kPa}$	1,15
-----------------------------	------

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

Boggiekvivalentlasten q_{Qk} blir tatt med i beregningene.

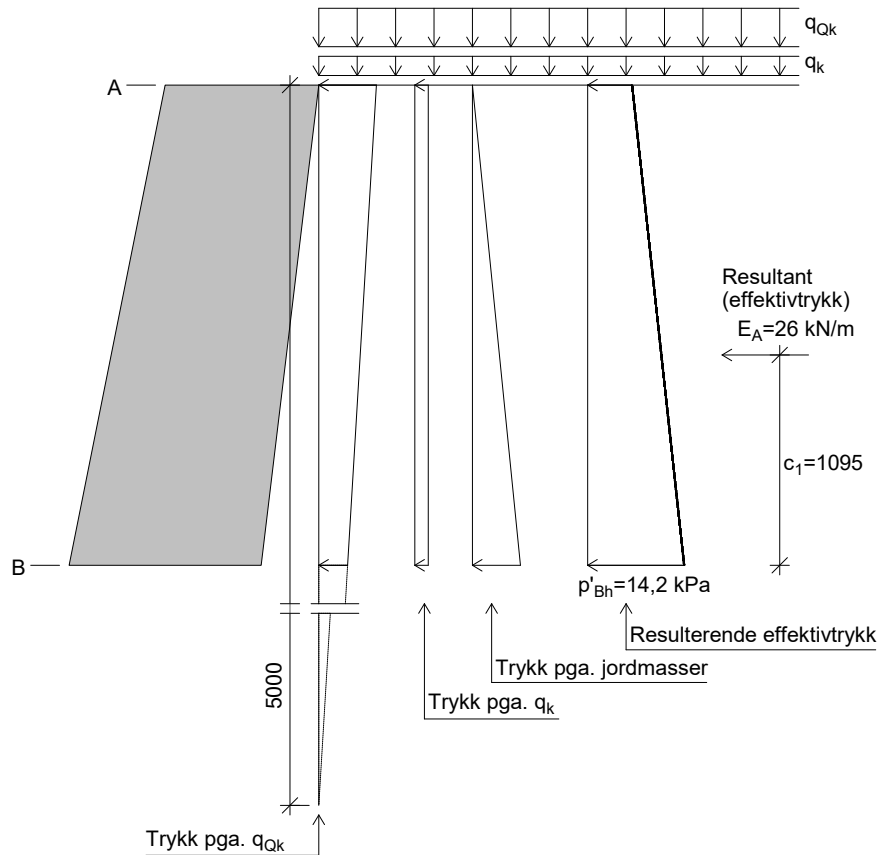
Tørrmur på berg

Bergsbygdavegen

1750 Berg

Jordtrykk

(mål i mm)



$r_v = 0,30$ (ruhet for beregning av jordtrykk)

$$\tan\phi_d = \tan\phi_m/\gamma_M = \tan(42,0)/1,4 = 0,64, \quad \phi_d = \arctan(0,64) = 32,7^\circ$$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_v' + a) \quad (1) \quad a = a_m = 2,0 \text{ kPa}$$

$$K_A = 0,272 \text{ (Figur 6.2.1-1 i N-V220)}$$

$$\text{Bakre murhelning: } d_b = \frac{H}{\frac{H}{d} + b_t - b_b} = \frac{2,500}{\frac{2,500}{5,0} + 0,800 - 1,000} = 8,3$$

$$\tan\delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 6,8^\circ$$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^3\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(6,8^\circ + 32,7^\circ)}{\cos^3(6,8^\circ) \cdot \cos^2(32,7^\circ)} = 0,858$$

$$K_{A,\text{korr}} = K_\delta \cdot K_A = 0,858 \cdot 0,272 = 0,233$$

Resulterende effektivt trykk beregnes iht. ligning (1) ovenfor

Ved beregningsmessig negativt trykk (dvs. strekk), negliseres dette, og trykket settes lik 0.

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2}$$

$$p'_{Av} = 5,0 \cdot 1,15 + 25,0 \cdot 1,15 = 34,5 \text{ kPa}$$

$$\text{Horizontaltrykk: } p'_{Ah} = K_{A,\text{korr}} \cdot (p'_{Av} + a) - a$$

$$p'_{Ah} = 0,233 \cdot (34,5 + 2,0) - 2,0 = 6,5 \text{ kPa}$$

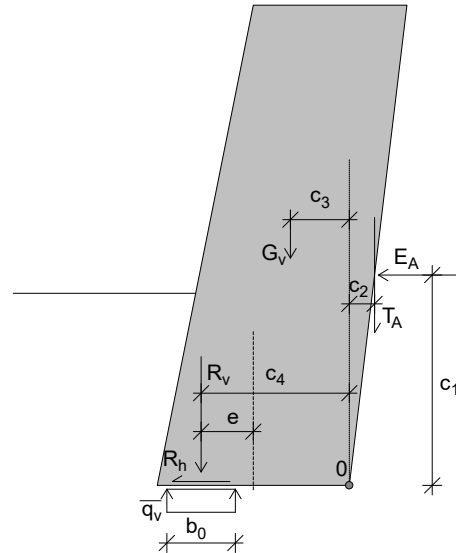
Nivå B (bunn mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 2,500 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} + \frac{5,0 - 2,500}{5,0} \cdot q_{Qk} \cdot \gamma_{q2}$$

$$p'_{Bv} = 2,500 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,15 + 0,50 \cdot 25,0 \cdot 1,15 = 67,6 \text{ kPa}$$

$$\text{Horizontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{korr}} \cdot (p'_{Bv} + a) - a$$

$$p'_{Bh} = 0,233 \cdot (67,6 + 2,0) - 2,0 = 14,2 \text{ kPa}$$



$$R_h = E_A = 26 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (1,000 + 0,800) \cdot 2,500 \cdot 22,0 = 50 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{50} \cdot \left[\frac{2,500}{6} \cdot (1,000 - 0,800) \cdot 22,0 \cdot (1,000 - 0,800 - \frac{2,500}{8,3}) + 2,500 \cdot 0,800 \cdot 22,0 \cdot (1,000 - \frac{1}{2} \cdot 0,800 - \frac{1}{2} \cdot \frac{2,500}{5,0}) \right] = 0,307 \text{ m}$$

$$T_A = r_v \cdot \tan \phi_d \cdot \left(\frac{E_A}{H} + a \right) \cdot H = 0,30 \cdot 0,64 \cdot \left(\frac{26}{2,500} + 2,0 \right) \cdot 2,500 = 6,0 \text{ kN/m}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{1,095}{8,3} = 0,131 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A = 50 + 6,0 = 55 \text{ kN/m}$$

Moment om pkt. 0:

$$M_0 = E_A \cdot c_1 - T_A \cdot c_2 + G_v \cdot c_3$$

$$M_0 = 26 \cdot 1,095 - 6,0 \cdot 0,131 + 50 \cdot 0,307 = 43 \text{ kNm/m}$$

$$c_4 = M_0 / R_v = 43 / 55 = 0,772 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 0,772 - 0,5 \cdot 1,000 = 0,272 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 1,000 - 2 \cdot 0,272 = 0,356 \text{ m}$$

$$b_0 > b_b / 3 = 1,000 / 3 = 0,333 \text{ m (minimumsverdi)}$$

\Rightarrow Beregnet b_0 er større enn anbefalt minimumsverdi

iht. Håndbok N-V220 pkt. 10.3.2.9, dvs. OK

$$\bar{q}_v = R_v / b_0 = 55 / 0,356 = \mathbf{156 \text{ kN/m}^2}$$

Kontroll av grunntrykk

Dimensjonerende trykkstyrke for bergmassen:

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

$$\Rightarrow f_g = 50000 / 2,00 = 25000 \text{ kN/m}^2 > \bar{q}_v \Rightarrow \text{OK}$$

Kontroll mot glidning

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

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

$$\mu \cdot R_v = 0,7 \cdot 55 = 39 \text{ kN/m} > 26 \text{ kN/m} \Rightarrow \text{OK}$$

Tørrmur på løsmasser

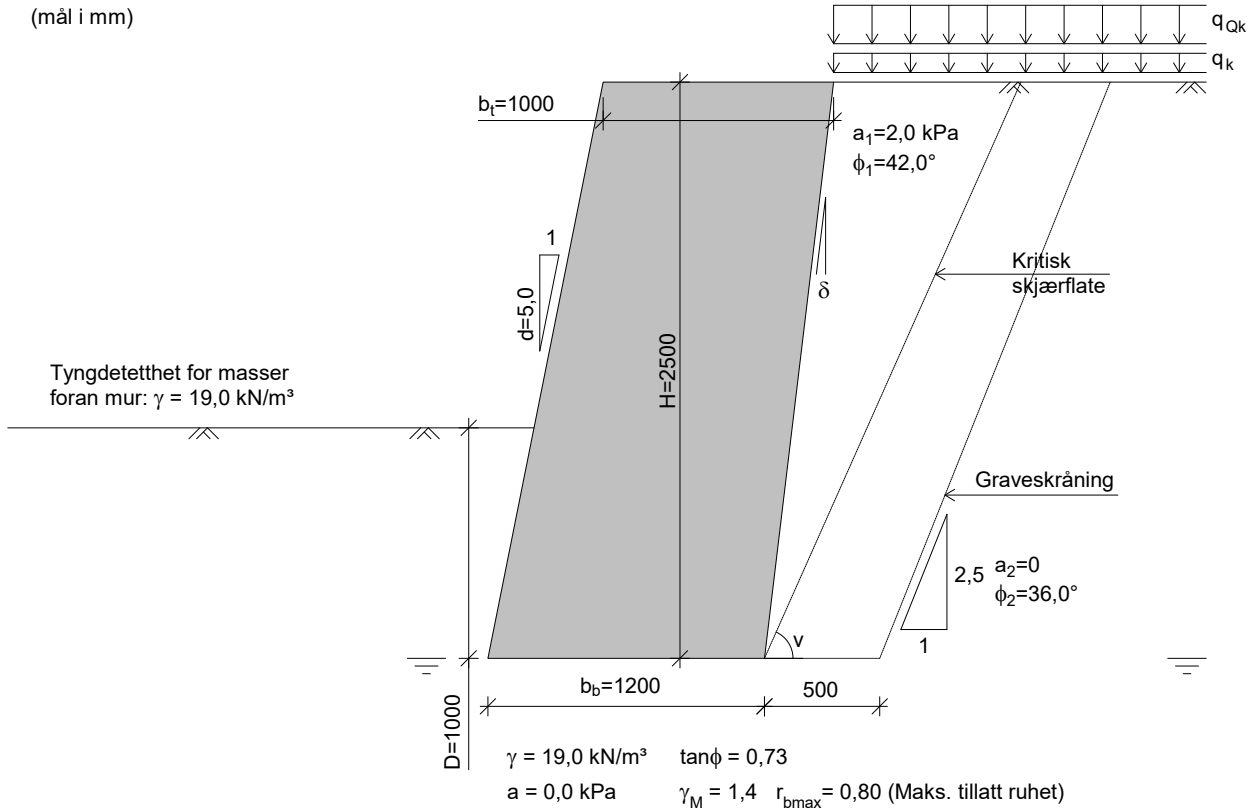
Bergsbygdavegen

1750 Løsmasser

Beregnet 26.10.2025 Kl.21:05:13
(Programversjon 24.01)

Inndata

(mål i mm)



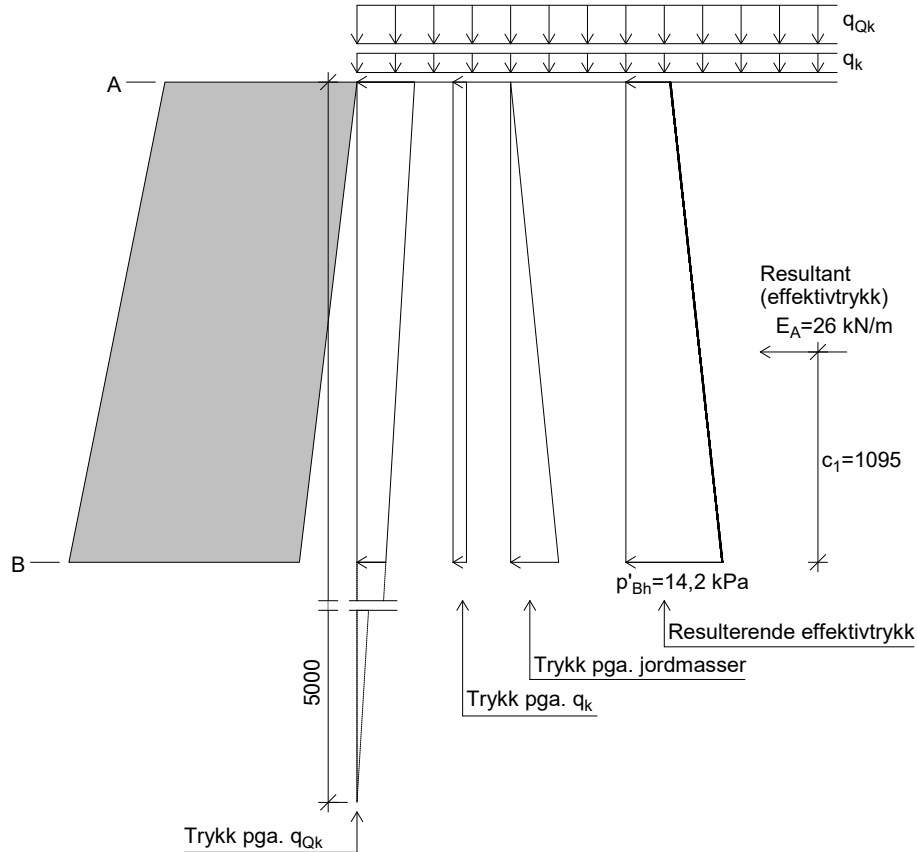
Tørrmur på løsmasser

Bergsbygdavegen

1750 Løsmasser

Jordtrykk

(mål i mm)



$r_v = 0,3$ (ruhet for beregning av jordtrykk)

$$\tan\phi_d = \tan\phi_m/\gamma_M = \tan(42,0)/1,4 = 0,64, \quad \phi_d = \arctan(0,64) = 32,7^\circ$$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_v' + a) \quad (1) \quad a = a_m = 2,0 \text{ kPa}$$

$$K_A = 0,272 \text{ (Figur 6.2.1-1 i N-V220)}$$

$$\text{Bakre murhelning: } d_b = \frac{H}{\frac{H}{d} + b_t - b_b} = \frac{2,500}{\frac{2,500}{5,0} + 1,000 - 1,200} = 8,3$$

$$\tan\delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 6,8^\circ$$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^3\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(6,8^\circ + 32,7^\circ)}{\cos^3(6,8^\circ) \cdot \cos^2(32,7^\circ)} = 0,858$$

$$K_{A,\text{korr}} = K_\delta \cdot K_A = 0,858 \cdot 0,272 = 0,233$$

Resulterende effektivt trykk beregnes iht. ligning (1) ovenfor

Ved beregningsmessig negativt trykk (dvs. strekk), negliseres dette, og trykket settes lik 0.

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2}$$

$$p'_{Av} = 5,0 \cdot 1,15 + 25,0 \cdot 1,15 = 34,5 \text{ kPa}$$

$$\text{Horizontaltrykk: } p'_{Ah} = K_{A,\text{korr}} \cdot (p'_{Av} + a) - a$$

$$p'_{Ah} = 0,233 \cdot (34,5 + 2,0) - 2,0 = 6,5 \text{ kPa}$$

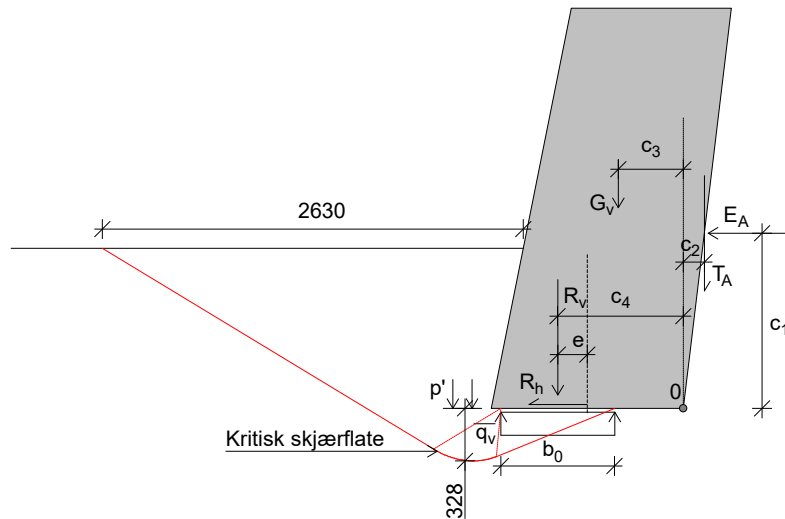
Nivå B (bunn mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 2,500 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} + \frac{5,0 - 2,500}{5,0} \cdot q_{Qk} \cdot \gamma_{q2}$$

$$p'_{Bv} = 2,500 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,15 + 0,50 \cdot 25,0 \cdot 1,15 = 67,6 \text{ kPa}$$

$$\text{Horizontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{korr}} \cdot (p'_{Bv} + a) - a$$

$$p'_{Bh} = 0,233 \cdot (67,6 + 2,0) - 2,0 = 14,2 \text{ kPa}$$



$$R_h = E_A = 26 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (1,200 + 1,000) \cdot 2,500 \cdot 22,0 = 61 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{61} \cdot \left[\frac{2,500}{6} \cdot (1,200 - 1,000) \cdot 22,0 \cdot \left(1,200 - 1,000 - \frac{2,500}{8,3} \right) + 2,500 \cdot 1,000 \cdot 22,0 \cdot \left(1,200 - \frac{1}{2} \cdot 1,000 - \frac{1}{2} \cdot \frac{2,500}{5,0} \right) \right] = 0,406 \text{ m}$$

$$T_A = r_v \cdot \tan \phi_d \cdot \left(\frac{E_A}{H} + a \right) \cdot H = 0,30 \cdot 0,64 \cdot \left(\frac{26}{2,500} + 2,0 \right) \cdot 2,500 = 6,0 \text{ kN/m}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{1,095}{8,3} = 0,131 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A = 61 + 6,0 = 66 \text{ kN/m}$$

Moment om pkt. 0:

$$M_0 = E_A \cdot c_1 - T_A \cdot c_2 + G_v \cdot c_3$$

$$M_0 = 26 \cdot 1,095 - 6,0 \cdot 0,131 + 61 \cdot 0,406 = 52 \text{ kNm/m}$$

$$c_4 = M_0 / R_v = 52 / 66 = 0,785 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 0,785 - 0,5 \cdot 1,200 = 0,185 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 1,200 - 2 \cdot 0,185 = 0,710 \text{ m}$$

$$b_0 > b_b / 3 = 1,200 / 3 = 0,400 \text{ m (minimumsverdi)}$$

\Rightarrow Beregnet b_0 er større enn anbefalt minimumsverdi

iht. Håndbok N-V220 pkt. 10.3.2.9), dvs. OK

$$\bar{q}_v = R_v / b_0 = 66 / 0,710 = \mathbf{94 \text{ kN/m}^2}$$

Bæreevne (effektivspenningsanalyse):

$$\text{Krav 1: } r_b \leq r_{b\text{max}} = 0,80, \quad r_b = \frac{R_h}{b_0 \cdot (q_v + a) \cdot \tan \phi_d}$$

$$a = 0 \text{ kPa}$$

$$\tan \phi_d = \tan \phi / \gamma_M = 0,73 / 1,4 = 0,52, \quad r_b = \frac{26}{0,710 \cdot (94 + 0) \cdot 0,52}$$

$$r_b = \mathbf{0,75} < r_{b\text{max}} \Rightarrow \text{krav 1 er OK}$$

$$\text{Krav 2: } \bar{q}_v \leq \bar{\sigma}_v = N_q \cdot (p' + a) + \frac{1}{2} N_\gamma \cdot \gamma' \cdot b_0 - a$$

$$p' = 19,0 \cdot 1,00 = 19,0 \text{ kN/m}^2$$

$$N_q = 5,6, \quad N_\gamma = 2,0, \quad \gamma' = 19,0 - 10 = 9,0 \text{ kN/m}^3 \text{ (dykket)}$$

$$\bar{\sigma}_v = \mathbf{112 \text{ kN/m}^2} > \bar{q}_v \Rightarrow \text{krav 2 er OK}$$

$$\bar{q}_v / \bar{\sigma}_v = \mathbf{0,83}$$

Tørrmur på berg

Bergsbygdavegen

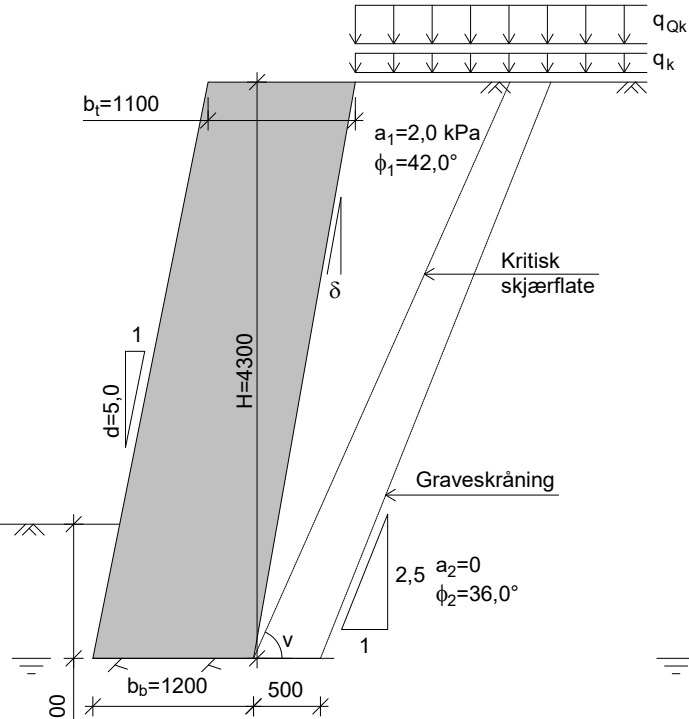
1762-1830 Berg

Beregnet 26.10.2025 Kl.21:18:25
(Programversjon 24.01)

Inndata

(mål i mm)

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



Karakteristisk trykkfasthet for bergmassen:

$$\sigma_{\text{berg}} = 50000 \text{ kN/m}^2$$

Materialfaktor for bergmassen: $\gamma_{\text{trykk}} = 2,00$

$$\mu = 0,7 \text{ (Friksjonskoeffisient iht. pkt. 7.2.1-3 i N400)}$$

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: CC2 Alvorlig

Bruddmekanisme : Nøytralt brudd

$\Rightarrow \gamma_M = 1,4$ (iht. Tab. 1.4.2-1 i Håndbok N200)

Ruhet for bakkant mur: $r_v = 0,30$

Kritisk skjærflate går gjennom bakfyllmassene, dvs.:

Midlere friksjonsvinkel: $\phi_m = \phi_1 = 42,0^\circ$

Midlere attraksjon: $a_m = a_1 = 2,0 \text{ kPa}$

Helning av kritisk skjærflate settes lik:

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

Bæreevne/grunntrykk beregnes for mur fundamentert direkte på berg.

Terrenglast	Lastfaktor (Bruddgrense)
-------------	-----------------------------

$q_k = 5,0 \text{ kPa}$	1,15
-------------------------	------

$q_{Qk} = 25,0 \text{ kPa}$	1,15
-----------------------------	------

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

Boggiekvivalentlasten q_{Qk} blir tatt med i beregningene.

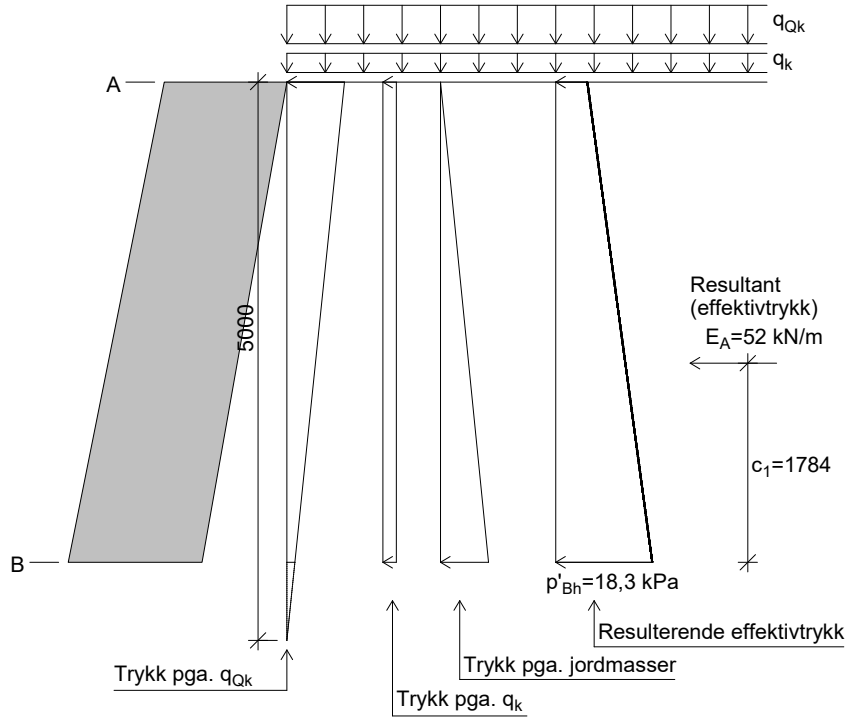
Tørrmur på berg

Bergsbygdavegen

1762-1830 Berg

Jordtrykk

(mål i mm)



$r_v = 0,30$ (ruhet for beregning av jordtrykk)

$$\tan\phi_d = \tan\phi_m / \gamma_M = \tan(42,0) / 1,4 = 0,64, \quad \phi_d = \arctan(0,64) = 32,7^\circ$$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_v' + a) \quad (1) \quad a = a_m = 2,0 \text{ kPa}$$

$$K_A = 0,272 \text{ (Figur 6.2.1-1 i N-V220)}$$

$$\text{Bakre murhelning: } d_b = \frac{H}{\frac{H}{d} + b_t - b_b} = \frac{4,300}{\frac{4,300}{5,0} + 1,100 - 1,200} = 5,7$$

$$\tan\delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 10,0^\circ$$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^3\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(10,0^\circ + 32,7^\circ)}{\cos^3(10,0^\circ) \cdot \cos^2(32,7^\circ)} = 0,798$$

$$K_{A,\text{korrt}} = K_\delta \cdot K_A = 0,798 \cdot 0,272 = 0,217$$

Resulterende effektivt trykk beregnes iht. ligning (1) ovenfor

Ved beregningsmessig negativt trykk (dvs. strekk), negliseres dette, og trykket settes lik 0.

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2}$$

$$p'_{Av} = 5,0 \cdot 1,15 + 25,0 \cdot 1,15 = 34,5 \text{ kPa}$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Ah} = K_{A,\text{korrt}} \cdot (p'_{Av} + a) - a$$

$$p'_{Ah} = 0,217 \cdot (34,5 + 2,0) - 2,0 = 5,9 \text{ kPa}$$

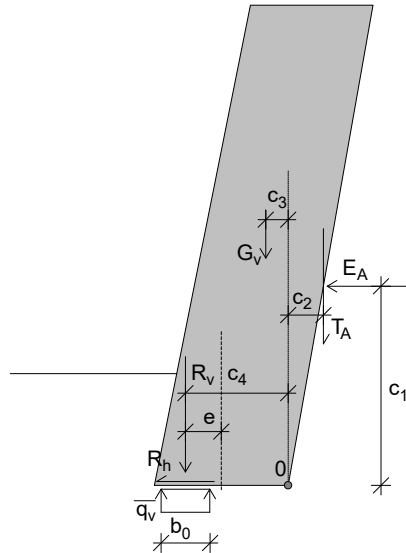
Nivå B (bunn mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 4,300 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} + \frac{5,0 - 4,300}{5,0} \cdot q_{Qk} \cdot \gamma_{q2}$$

$$p'_{Bv} = 4,300 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,15 + 0,14 \cdot 25,0 \cdot 1,15 = 91,5 \text{ kPa}$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{korrt}} \cdot (p'_{Bv} + a) - a$$

$$p'_{Bh} = 0,217 \cdot (91,5 + 2,0) - 2,0 = 18,3 \text{ kPa}$$



$$R_h = E_A = 52 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (1,200 + 1,100) \cdot 4,300 \cdot 22,0 = 109 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{109} \cdot \left[\frac{4,300}{6} \cdot (1,200 - 1,100) \cdot 22,0 \cdot (1,200 - 1,100 - \frac{4,300}{5,7}) + 4,300 \cdot 1,100 \cdot 22,0 \cdot (1,200 - \frac{1}{2} \cdot 1,100 - \frac{1}{2} \cdot \frac{4,300}{5,0}) \right] = 0,201 \text{ m}$$

$$T_A = r_v \cdot \tan \phi_d \cdot \left(\frac{E_A}{H} + a \right) \cdot H = 0,30 \cdot 0,64 \cdot \left(\frac{52}{4,300} + 2,0 \right) \cdot 4,300 = 12 \text{ kN/m}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{1,784}{5,7} = 0,315 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A = 109 + 12 = 120 \text{ kN/m}$$

Moment om pkt. 0:

$$M_0 = E_A \cdot c_1 - T_A \cdot c_2 + G_v \cdot c_3$$

$$M_0 = 52 \cdot 1,784 - 12 \cdot 0,315 + 109 \cdot 0,201 = 111 \text{ kNm/m}$$

$$c_4 = M_0 / R_v = 111 / 120 = 0,921 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 0,921 - 0,5 \cdot 1,200 = 0,321 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 1,200 - 2 \cdot 0,321 = 0,438 \text{ m}$$

$$b_0 > b_b / 3 = 1,200 / 3 = 0,400 \text{ m (minimumsverdi)}$$

\Rightarrow Beregnet b_0 er større enn anbefalt minimumsverdi

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

$$\bar{q}_v = R_v / b_0 = 120 / 0,438 = \mathbf{275 \text{ kN/m}^2}$$

Kontroll av grunntrykk

Dimensjonerende trykkstyrke for bergmassen:

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

$$\Rightarrow f_g = 50000 / 2,00 = 25000 \text{ kN/m}^2 > \bar{q}_v \Rightarrow \text{OK}$$

Kontroll mot glidning

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

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

$$\mu \cdot R_v = 0,7 \cdot 120 = 84 \text{ kN/m} > 52 \text{ kN/m} \Rightarrow \text{OK}$$

Tørrmur på løsmasser

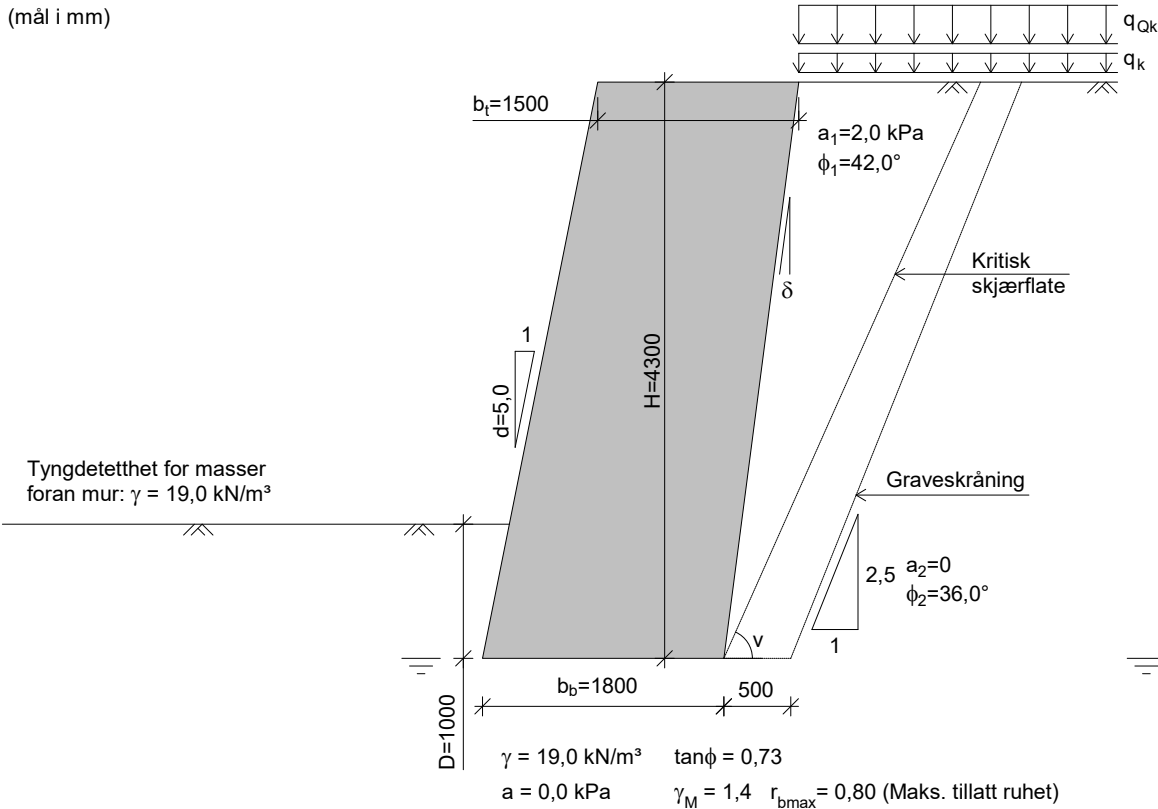
Bergsbygdavegen

1762-1830 Løsmasser

Beregnet 26.10.2025 Kl.21:16:09
(Programversjon 24.01)

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: CC2 Alvorlig

Bruddmekanisme : Nøytralt brudd

$\Rightarrow \gamma_M = 1,4$ (iht. Tab. 1.4.2-1 i Håndbok N200)

Ruhet for bakkant mur: $r_v = 0,3$

Kritisk skjærflate går gjennom bakfyllmassene, dvs.:

Midlere friksjonsvinkel: $\phi_m = \phi_1 = 42,0^\circ$

Midlere attraksjon: $a_m = a_1 = 2,0 \text{ kPa}$

Helning av kritisk skjærflate settes lik:

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

Bæreevnen beregnes for antatt homogen undergrunn.

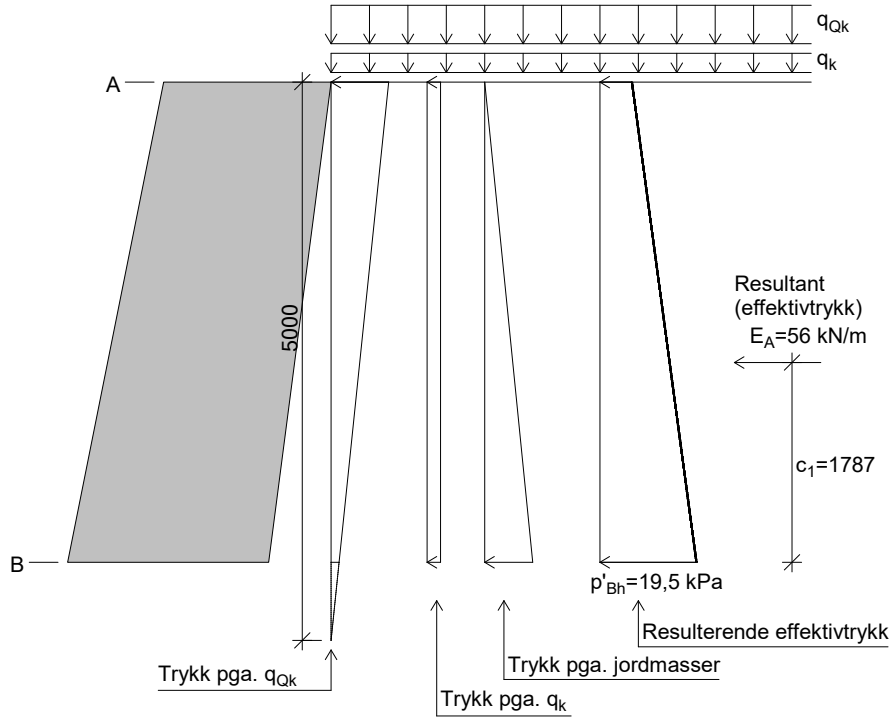
Bæreevnen regnes dykket, dvs. kritisk skjærflate antas å gå gjennom masser som ligger under grunnvannsstanden.

Terrenglast	Lastfaktor (Bruddgrense)
$q_k = 5,0 \text{ kPa}$	1,15
$q_{Qk} = 25,0 \text{ kPa}$	1,15
(q _{Qk} er boggiekvivalentlasten iht. Trafikklastforskriftens § 4)	
Boggiekvivalentlasten q _{Qk} blir tatt med i beregningene.	

Tørrmur på løsmasser

Bergsbygdavegen
1762-1830 Løsmasser

Jordtrykk
(mål i mm)



$r_v = 0,3$ (ruhet for beregning av jordtrykk)

$$\tan\phi_d = \tan\phi_m/\gamma_M = \tan(42,0)/1,4 = 0,64, \quad \phi_d = \arctan(0,64) = 32,7^\circ$$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_v' + a) \quad (1) \quad a = a_m = 2,0 \text{ kPa}$$

$$K_A = 0,272 \text{ (Figur 6.2.1-1 i N-V220)}$$

$$\text{Bakre murhelning: } d_b = \frac{H}{\frac{H}{d} + b_t - b_b} = \frac{4,300}{\frac{4,300}{5,0} + 1,500 - 1,800} = 7,7$$

$$\tan\delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 7,4^\circ$$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^3\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(7,4^\circ + 32,7^\circ)}{\cos^3(7,4^\circ) \cdot \cos^2(32,7^\circ)} = 0,847$$

$$K_{A,\text{korrt}} = K_\delta \cdot K_A = 0,847 \cdot 0,272 = 0,230$$

Resulterende effektivt trykk beregnes iht. ligning (1) ovenfor

Ved beregningsmessig negativt trykk (dvs. strekk), negliseres dette, og trykket settes lik 0.

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2}$$

$$p'_{Av} = 5,0 \cdot 1,15 + 25,0 \cdot 1,15 = 34,5 \text{ kPa}$$

$$\text{Horizontaltrykk: } p'_{Ah} = K_{A,\text{korrt}} \cdot (p'_{Av} + a) - a$$

$$p'_{Ah} = 0,230 \cdot (34,5 + 2,0) - 2,0 = 6,4 \text{ kPa}$$

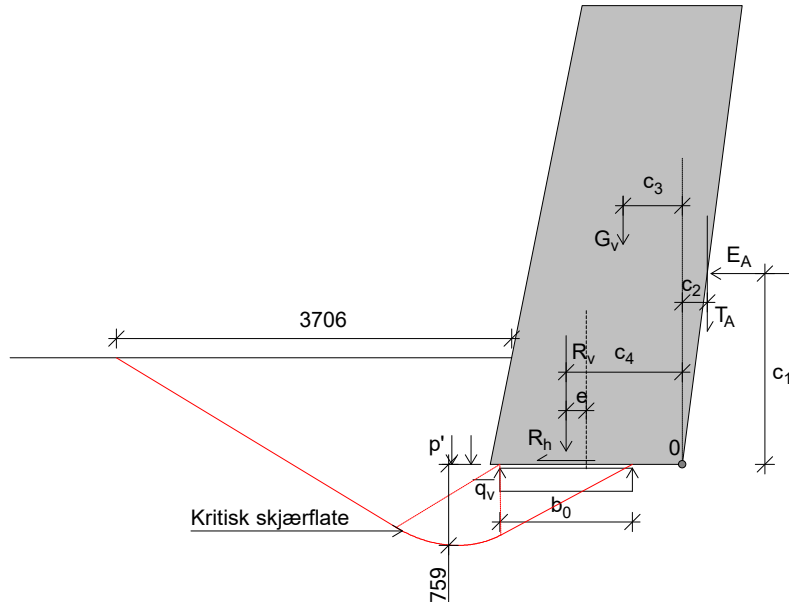
Nivå B (bunn mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 4,300 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} + \frac{5,0 - 4,300}{5,0} \cdot q_{Qk} \cdot \gamma_{q2}$$

$$p'_{Bv} = 4,300 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,15 + 0,14 \cdot 25,0 \cdot 1,15 = 91,5 \text{ kPa}$$

$$\text{Horizontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{korrt}} \cdot (p'_{Bv} + a) - a$$

$$p'_{Bh} = 0,230 \cdot (91,5 + 2,0) - 2,0 = 19,5 \text{ kPa}$$



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

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (1,800 + 1,500) \cdot 4,300 \cdot 22,0 = 156 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{156} \cdot \left[\frac{4,300}{6} \cdot (1,800 - 1,500) \cdot 22,0 \cdot \left(1,800 - 1,500 - \frac{4,300}{7,7} \right) + 4,300 \cdot 1,500 \cdot 22,0 \cdot \left(1,800 - \frac{1}{2} \cdot 1,500 - \frac{1}{2} \cdot \frac{4,300}{5,0} \right) \right] = 0,556 \text{ m}$$

$$T_A = r_v \cdot \tan \phi_d \cdot \left(\frac{E_A}{H} + a \right) \cdot H = 0,30 \cdot 0,64 \cdot \left(\frac{56}{4,300} + 2,0 \right) \cdot 4,300 = 12 \text{ kN/m}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{1,787}{7,7} = 0,233 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A = 156 + 12 = 169 \text{ kN/m}$$

Moment om pkt. 0:

$$M_0 = E_A \cdot c_1 - T_A \cdot c_2 + G_v \cdot c_3$$

$$M_0 = 56 \cdot 1,787 - 12 \cdot 0,233 + 156 \cdot 0,556 = 183 \text{ kNm/m}$$

$$c_4 = M_0 / R_v = 183 / 169 = 1,089 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 1,089 - 0,5 \cdot 1,800 = 0,189 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 1,800 - 2 \cdot 0,189 = 1,242 \text{ m}$$

$$b_0 > b_b / 3 = 1,800 / 3 = 0,600 \text{ m (minimumsverdi)}$$

\Rightarrow Beregnet b_0 er større enn anbefalt minimumsverdi

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

$$\bar{q}_v = R_v / b_0 = 169 / 1,242 = \mathbf{136 \text{ kN/m}^2}$$

Bæreevne (effektivspenningsanalyse):

$$\text{Krav 1: } r_b \leq r_{b\text{max}} = 0,80, \quad r_b = \frac{R_h}{b_0 \cdot (q_v + a) \cdot \tan \phi_d}$$

$$a = 0 \text{ kPa}$$

$$\tan \phi_d = \tan \phi / \gamma_M = 0,73 / 1,4 = 0,52, \quad r_b = \frac{56}{1,242 \cdot (136 + 0) \cdot 0,52}$$

$$r_b = \mathbf{0,63} < r_{b\text{max}} \Rightarrow \text{krav 1 er OK}$$

$$\text{Krav 2: } \bar{q}_v \leq \bar{\sigma}_v = N_q \cdot (p' + a) + \frac{1}{2} N_\gamma \cdot \gamma' \cdot b_0 - a$$

$$p' = 19,0 \cdot 1,00 = 19,0 \text{ kN/m}^2$$

$$N_q = 6,7, \quad N_\gamma = 3,1, \quad \gamma' = 19,0 - 10 = 9,0 \text{ kN/m}^3 \text{ (dykket)}$$

$$\bar{\sigma}_v = \mathbf{145 \text{ kN/m}^2} > \bar{q}_v \Rightarrow \text{krav 2 er OK}$$

$$\bar{q}_v / \bar{\sigma}_v = \mathbf{0,94}$$

Tørrmur på løsmasser

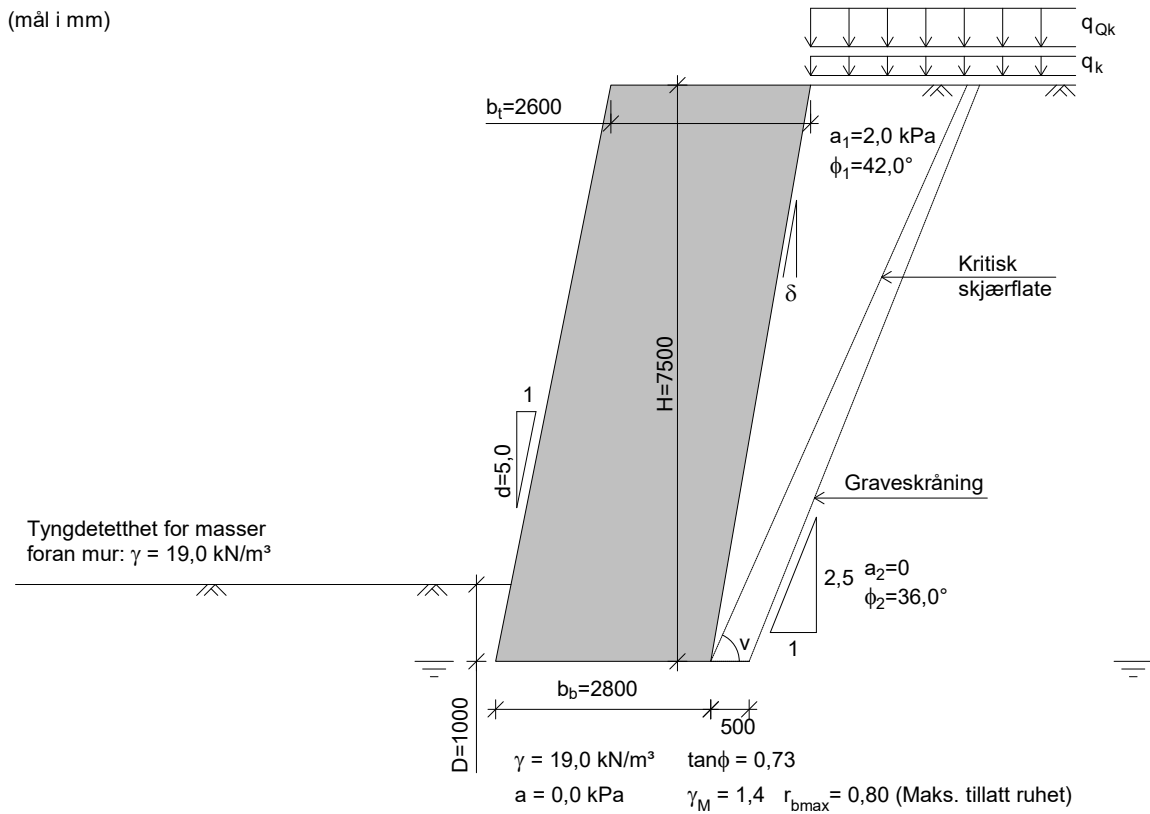
Bergsbygdavegen

1770-1810 Løsmasser

Beregnet 26.10.2025 Kl.21:19:37
(Programversjon 24.01)

Inndata

(mål i mm)



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

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

Konsekvensklasse: CC2 Alvorlig

Bruddmekanisme : Nøytralt brudd

$\Rightarrow \gamma_M = 1,4$ (iht. Tab. 1.4.2-1 i Håndbok N200)

Ruhet for bakkant mur: $r_v = 0,3$

Kritisk skjærflate går gjennom bakfyllmassene, dvs.:

Midlere friksjonsvinkel: $\phi_m = \phi_1 = 42,0^\circ$

Midlere attraksjon: $a_m = a_1 = 2,0 \text{ kPa}$

Helning av kritisk skjærflate settes lik:

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

Bæreevnen beregnes for antatt homogen undergrunn.

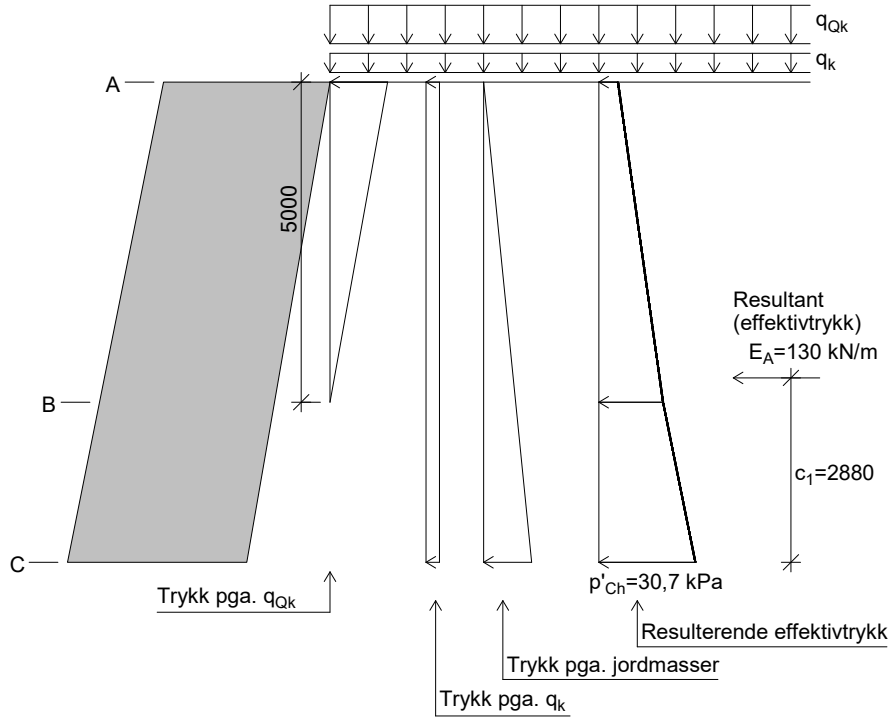
Bæreevnen regnes dykket, dvs. kritisk skjærflate antas å gå gjennom masser som ligger under grunnvannsstanden.

Terrenglast	Lastfaktor (Bruddgrense)
$q_k = 5,0 \text{ kPa}$	1,15
$q_{Qk} = 25,0 \text{ kPa}$	1,15
(q _{Qk} er boggiekvivalentlasten iht. Trafikklastforskriftens § 4)	
Boggiekvivalentlasten q _{Qk} blir tatt med i beregningene.	

Tørrmur på løsmasser

Bergsbygdavegen
1770-1810 Løsmasser

Jordtrykk
(mål i mm)



$r_v = 0,3$ (ruhet for beregning av jordtrykk)

$$\tan\phi_d = \tan\phi_m/\gamma_M = \tan(42,0)/1,4 = 0,64, \quad \phi_d = \arctan(0,64) = 32,7^\circ$$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_v' + a) \quad (1) \quad a = a_m = 2,0 \text{ kPa}$$

$$K_A = 0,272 \text{ (Figur 6.2.1-1 i N-V220)}$$

$$\text{Bakre murhelning: } d_b = \frac{H}{\frac{H}{d} + b_t - b_b} = \frac{7,500}{\frac{7,500}{5,0} + 2,600 - 2,800} = 5,8$$

$$\tan\delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 9,8^\circ$$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^3\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(9,8^\circ + 32,7^\circ)}{\cos^3(9,8^\circ) \cdot \cos^2(32,7^\circ)} = 0,801$$

$$K_{A,\text{kor}} = K_\delta \cdot K_A = 0,801 \cdot 0,272 = 0,218$$

Resulterende effektivt trykk beregnes iht. ligning (1) ovenfor

Ved beregningsmessig negativt trykk (dvs. strekk), negliseres dette, og trykket settes lik 0.

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2}$$

$$p'_{Av} = 5,0 \cdot 1,15 + 25,0 \cdot 1,15 = 34,5 \text{ kPa}$$

$$\text{Horizontaltrykk: } p'_{Ah} = K_{A,\text{kor}} \cdot (p'_{Av} + a) - a$$

$$p'_{Ah} = 0,218 \cdot (34,5 + 2,0) - 2,0 = 6,0 \text{ kPa}$$

Nivå B : 5,000 m under topp mur (bunn boggiekvivalentlast)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 5,0 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1}$$

$$p'_{Bv} = 5,0 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,15 = 100,8 \text{ kPa}$$

$$\text{Horizontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{kor}} \cdot (p'_{Bv} + a) - a$$

$$p'_{Bh} = 0,218 \cdot (100,8 + 2,0) - 2,0 = 20,4 \text{ kPa}$$

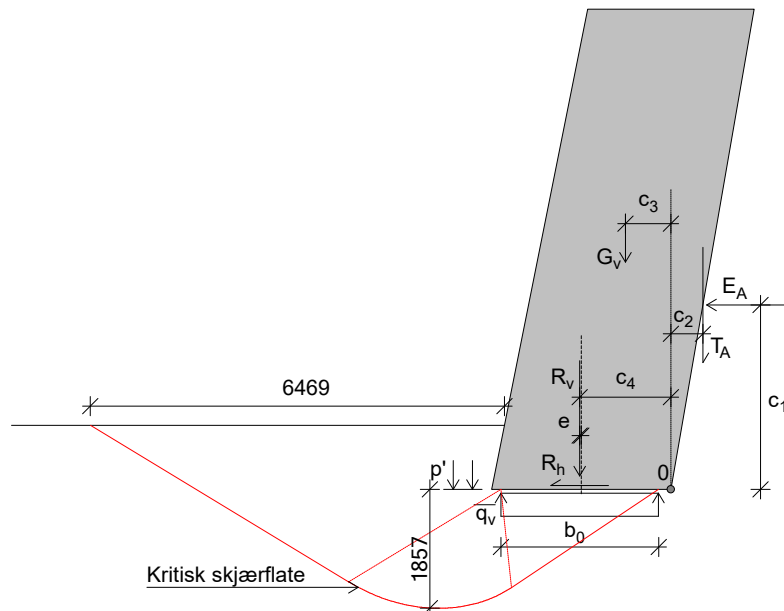
Nivå C (bunn mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Cv} = 7,500 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1}$$

$$p'_{Cv} = 7,500 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,15 = 148,3 \text{ kPa}$$

$$\text{Horizontaltrykk: } p'_{Ch} = K_{A,\text{kor}} \cdot (p'_{Cv} + a) - a$$

$$p'_{Ch} = 0,218 \cdot (148,3 + 2,0) - 2,0 = 30,7 \text{ kPa}$$



$$R_h = E_A = 130 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (2,800 + 2,600) \cdot 7,500 \cdot 22,0 = 446 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{446} \cdot \left[\frac{7,500}{6} \cdot (2,800 - 2,600) \cdot 22,0 \cdot \left(2,800 - 2,600 - \frac{7,500}{5,8} \right) + 7,500 \cdot 2,600 \cdot 22,0 \cdot \left(2,800 - \frac{1}{2} \cdot 2,600 - \frac{1}{2} \cdot \frac{7,500}{5,0} \right) \right] = 0,709 \text{ m}$$

$$T_A = r_v \cdot \tan \phi_d \cdot \left(\frac{E_A}{H} + a \right) \cdot H = 0,30 \cdot 0,64 \cdot \left(\frac{130}{7,500} + 2,0 \right) \cdot 7,500 = 28 \text{ kN/m}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{2,880}{5,8} = 0,499 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A = 446 + 28 = 473 \text{ kN/m}$$

Moment om pkt. 0:

$$M_0 = E_A \cdot c_1 - T_A \cdot c_2 + G_v \cdot c_3$$

$$M_0 = 130 \cdot 2,880 - 28 \cdot 0,499 + 446 \cdot 0,709 = 675 \text{ kNm/m}$$

$$c_4 = M_0 / R_v = 675 / 473 = 1,427 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 1,427 - 0,5 \cdot 2,800 = 0,027 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 2,800 - 2 \cdot 0,027 = 2,466 \text{ m}$$

$$b_0 > b_b / 3 = 2,800 / 3 = 0,933 \text{ m (minimumsverdi)}$$

\Rightarrow Beregnet b_0 er større enn anbefalt minimumsverdi

iht. Håndbok N-V220 pkt. 10.3.2.9), dvs. OK

$$\bar{q}_v = R_v / b_0 = 473 / 2,466 = 192 \text{ kN/m}^2$$

Bæreevne (effektivspenningsanalyse):

$$\text{Krav 1: } r_b \leq r_{b\text{max}} = 0,80, \quad r_b = \frac{R_h}{b_0 \cdot (q_v + a) \cdot \tan \phi_d}$$

$$a = 0 \text{ kPa}$$

$$\tan \phi_d = \tan \phi / \gamma_M = 0,73 / 1,4 = 0,52, \quad r_b = \frac{130}{2,466 \cdot (192 + 0) \cdot 0,52}$$

$$r_b = 0,53 < r_{b\text{max}} \Rightarrow \text{krav 1 er OK}$$

$$\text{Krav 2: } \bar{q}_v \leq \bar{\sigma}_v = N_q \cdot (p' + a) + \frac{1}{2} N_\gamma \cdot \gamma' \cdot b_0 - a$$

$$p' = 19,0 \cdot 1,00 = 19,0 \text{ kN/m}^2$$

$$N_q = 7,9, \quad N_\gamma = 4,5, \quad \gamma' = 19,0 - 10 = 9,0 \text{ kN/m}^3 \text{ (dykket)}$$

$$\bar{\sigma}_v = 199 \text{ kN/m}^2 > \bar{q}_v \Rightarrow \text{krav 2 er OK}$$

$$\bar{q}_v / \bar{\sigma}_v = 0,96$$

Tørrmur på berg

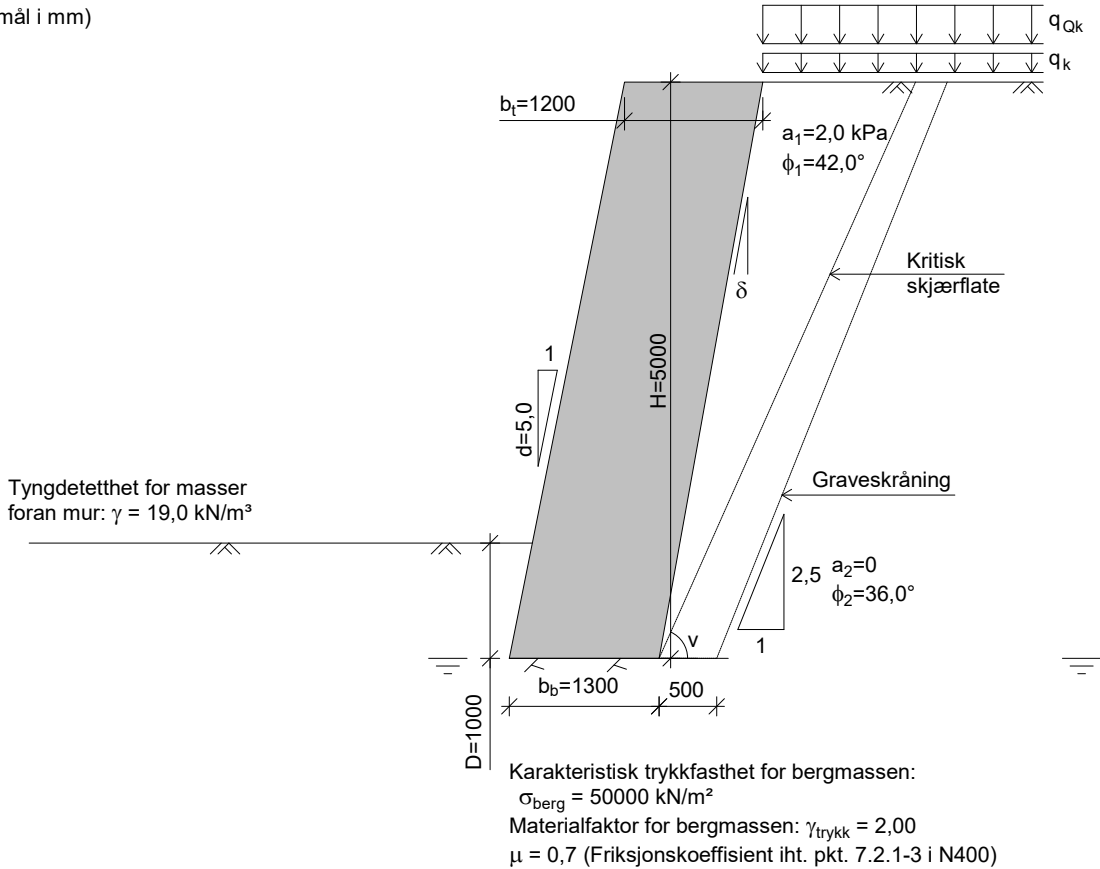
Bergsbygdavegen

2175-2230 Berg

Beregnet 26.10.2025 Kl.21:21:14
(Programversjon 24.01)

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: CC2 Alvorlig

Bruddmekanisme : Nøytralt brudd

$\Rightarrow \gamma_M = 1,4$ (iht. Tab. 1.4.2-1 i Håndbok N200)

Ruhet for bakkant mur: $r_v = 0,30$

Kritisk skjærflate går gjennom bakfyllmassene, dvs.:

Midlere friksjonsvinkel: $\phi_m = \phi_1 = 42,0^\circ$

Midlere attraksjon: $a_m = a_1 = 2,0 \text{ kPa}$

Helning av kritisk skjærflate settes lik:

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

Bæreevne/grunntrykk beregnes for mur fundamentert direkte på berg.

Terrenglast	Lastfaktor (Bruddgrense)
$q_k = 5,0 \text{ kPa}$	1,15
$q_{Qk} = 25,0 \text{ kPa}$	1,15
(q _{Qk} er boggiekvivalentlasten iht. Trafikklastforskriftens § 4)	
Boggiekvivalentlasten q _{Qk} blir tatt med i beregningene.	

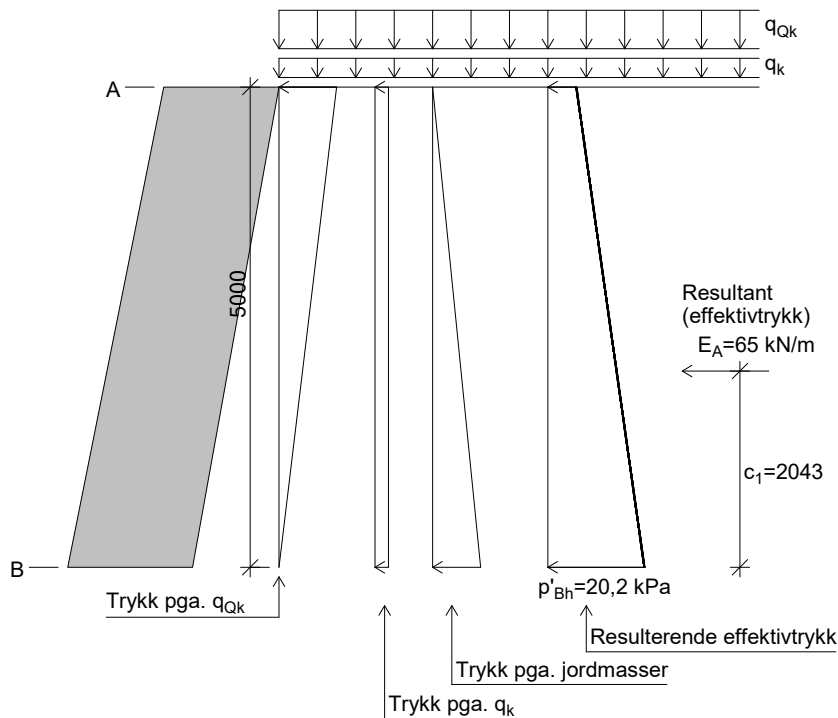
Tørrmur på berg

Bergsbygdavegen

2175-2230 Berg

Jordtrykk

(mål i mm)



$r_v = 0,30$ (ruhet for beregning av jordtrykk)

$$\tan\phi_d = \tan\phi_m/\gamma_M = \tan(42,0)/1,4 = 0,64, \quad \phi_d = \arctan(0,64) = 32,7^\circ$$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_v' + a) \quad (1) \quad a = a_m = 2,0 \text{ kPa}$$

$$K_A = 0,272 \text{ (Figur 6.2.1-1 i N-V220)}$$

$$\text{Bakre murhelning: } d_b = \frac{H}{\frac{H}{d} + b_t - b_b} = \frac{5,000}{\frac{5,000}{5,0} + 1,200 - 1,300} = 5,6$$

$$\tan\delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 10,2^\circ$$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^3\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(10,2^\circ + 32,7^\circ)}{\cos^3(10,2^\circ) \cdot \cos^2(32,7^\circ)} = 0,794$$

$$K_{A,\text{korrt}} = K_\delta \cdot K_A = 0,794 \cdot 0,272 = 0,216$$

Resulterende effektivt trykk beregnes iht. ligning (1) ovenfor

Ved beregningsmessig negativt trykk (dvs. strekk), negliseres dette, og trykket settes lik 0.

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2}$$

$$p'_{Av} = 5,0 \cdot 1,15 + 25,0 \cdot 1,15 = 34,5 \text{ kPa}$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Ah} = K_{A,\text{korrt}} \cdot (p'_{Av} + a) - a$$

$$p'_{Ah} = 0,216 \cdot (34,5 + 2,0) - 2,0 = 5,9 \text{ kPa}$$

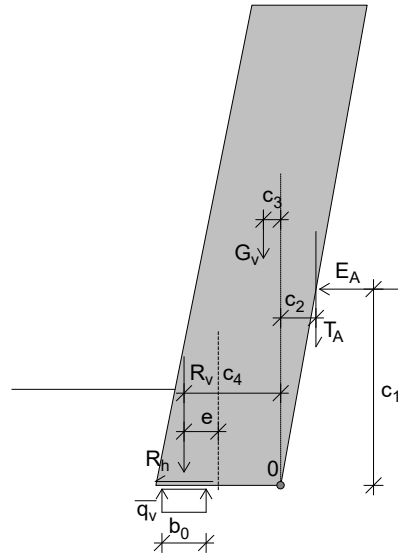
Nivå B (bunn mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 5,000 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1}$$

$$p'_{Bv} = 5,000 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,15 = 100,8 \text{ kPa}$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{korrt}} \cdot (p'_{Bv} + a) - a$$

$$p'_{Bh} = 0,216 \cdot (100,8 + 2,0) - 2,0 = 20,2 \text{ kPa}$$



$$R_h = E_A = 65 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (1,300 + 1,200) \cdot 5,000 \cdot 22,0 = 138 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{138} \cdot \left[\frac{5,000}{6} \cdot (1,300 - 1,200) \cdot 22,0 \cdot \left(1,300 - 1,200 - \frac{5,000}{5,6} \right) + 5,000 \cdot 1,200 \cdot 22,0 \cdot \left(1,300 - \frac{1}{2} \cdot 1,200 - \frac{1}{2} \cdot \frac{5,000}{5,0} \right) \right] = 0,181 \text{ m}$$

$$T_A = r_v \cdot \tan \phi_d \cdot \left(\frac{E_A}{H} + a \right) \cdot H = 0,30 \cdot 0,64 \cdot \left(\frac{65}{5,000} + 2,0 \right) \cdot 5,000 = 15 \text{ kN/m}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{2,043}{5,6} = 0,368 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A = 138 + 15 = 152 \text{ kN/m}$$

Moment om pkt. 0:

$$M_0 = E_A \cdot c_1 - T_A \cdot c_2 + G_v \cdot c_3$$

$$M_0 = 65 \cdot 2,043 - 15 \cdot 0,368 + 138 \cdot 0,181 = 153 \text{ kNm/m}$$

$$c_4 = M_0 / R_v = 153 / 152 = 1,005 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 1,005 - 0,5 \cdot 1,300 = 0,355 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 1,300 - 2 \cdot 0,355 = 0,460 \text{ m}$$

$$b_0 > b_b / 3 = 1,300 / 3 = 0,433 \text{ m (minimumsverdi)}$$

\Rightarrow Beregnet b_0 er større enn anbefalt minimumsverdi

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

$$\bar{q}_v = R_v / b_0 = 152 / 0,460 = 330 \text{ kN/m}^2$$

Kontroll av grunntrykk

Dimensjonerende trykkstyrke for bergmassen:

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

$$\Rightarrow f_g = 50000 / 2,00 = 25000 \text{ kN/m}^2 > \bar{q}_v \Rightarrow \text{OK}$$

Kontroll mot glidning

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

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

$$\mu \cdot R_v = 0,7 \cdot 152 = 106 \text{ kN/m} > 65 \text{ kN/m} \Rightarrow \text{OK}$$

Tørrmur på løsmasser

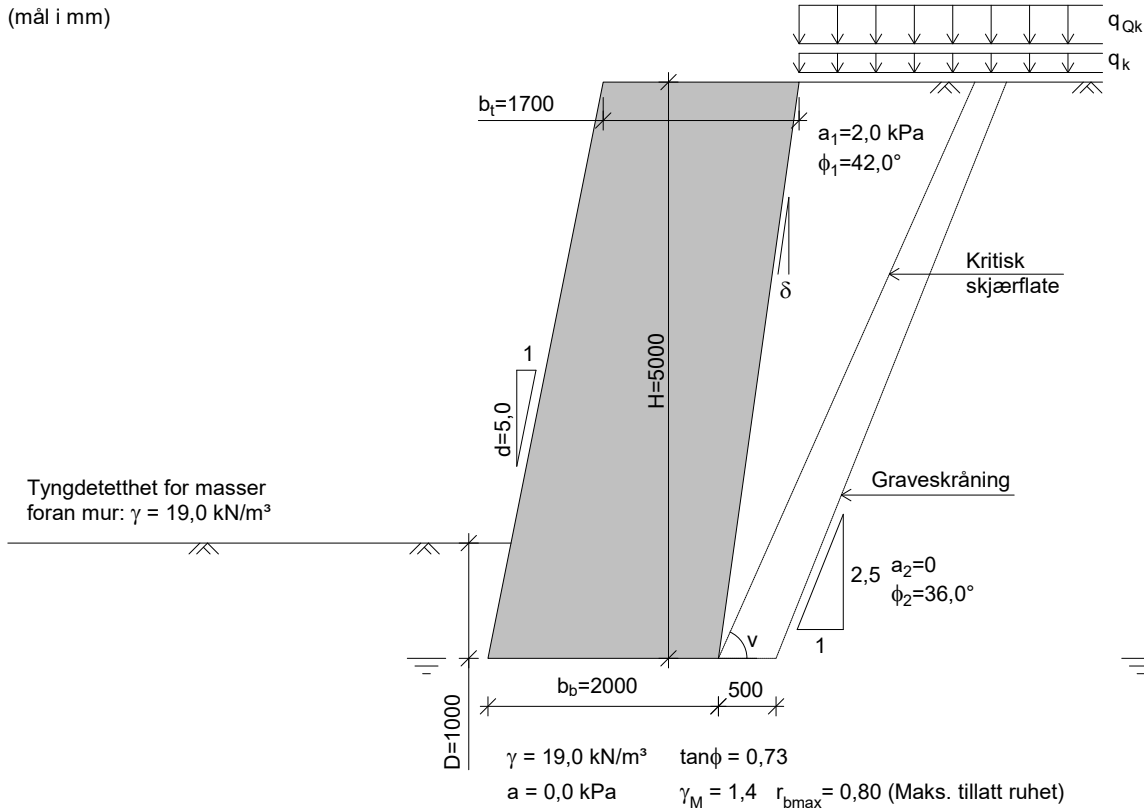
Bergsbygdavegen

2175-2230 Løsmasser

Beregnet 26.10.2025 Kl.21:20:39
(Programversjon 24.01)

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: CC2 Alvorlig

Bruddmekanisme : Nøytralt brudd

$\Rightarrow \gamma_M = 1,4$ (iht. Tab. 1.4.2-1 i Håndbok N200)

Ruhet for bakkant mur: $r_v = 0,3$

Kritisk skjærflate går gjennom bakfyllmassene, dvs.:

Midlere friksjonsvinkel: $\phi_m = \phi_1 = 42,0^\circ$

Midlere attraksjon: $a_m = a_1 = 2,0 \text{ kPa}$

Helning av kritisk skjærflate settes lik:

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

Bæreevnen beregnes for antatt homogen undergrunn.

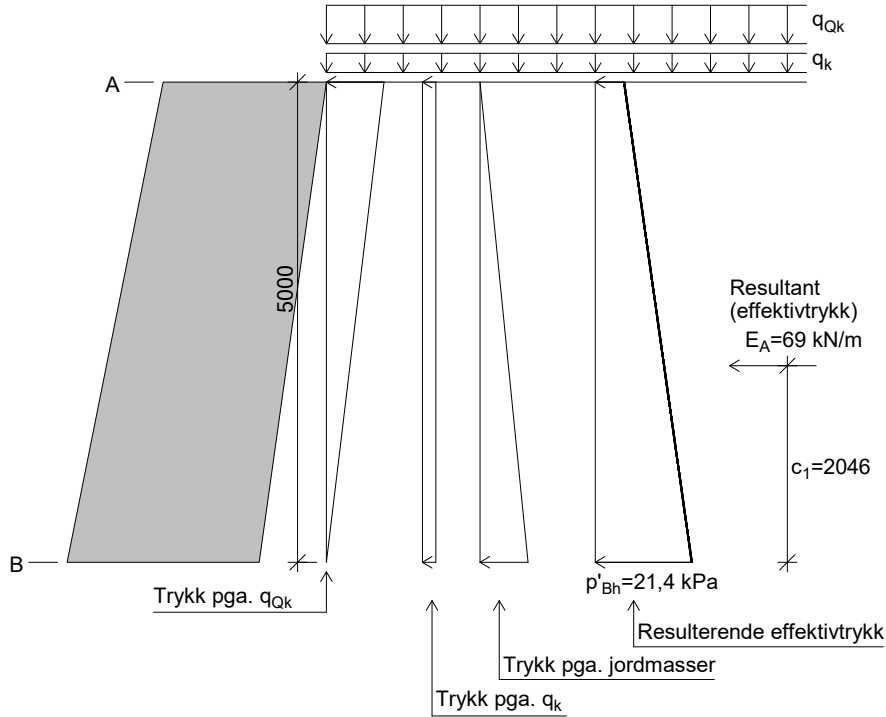
Bæreevnen regnes dykket, dvs. kritisk skjærflate antas å gå gjennom masser som ligger under grunnvannsstanden.

Terrenglast	Lastfaktor (Bruddgrense)
$q_k = 5,0 \text{ kPa}$	1,15
$q_{Qk} = 25,0 \text{ kPa}$	1,15
(q _{Qk} er boggiekvivalentlasten iht. Trafikklastforskriftens § 4)	
Boggiekvivalentlasten q _{Qk} blir tatt med i beregningene.	

Tørrmur på løsmasser

Bergsbygdavegen
2175-2230 Løsmasser

Jordtrykk
(mål i mm)



$r_v = 0,3$ (ruhet for beregning av jordtrykk)

$$\tan\phi_d = \tan\phi_m/\gamma_M = \tan(42,0)/1,4 = 0,64, \quad \phi_d = \arctan(0,64) = 32,7^\circ$$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_v' + a) \quad (1) \quad a = a_m = 2,0 \text{ kPa}$$

$$K_A = 0,272 \text{ (Figur 6.2.1-1 i N-V220)}$$

$$\text{Bakre murhelning: } d_b = \frac{H}{\frac{H}{d} + b_t - b_b} = \frac{5,000}{\frac{5,000}{5,0} + 1,700 - 2,000} = 7,1$$

$$\tan\delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 8,0^\circ$$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^3\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(8,0^\circ + 32,7^\circ)}{\cos^3(8,0^\circ) \cdot \cos^2(32,7^\circ)} = 0,836$$

$$K_{A,\text{korrt}} = K_\delta \cdot K_A = 0,836 \cdot 0,272 = 0,227$$

Resulterende effektivt trykk beregnes iht. ligning (1) ovenfor

Ved beregningsmessig negativt trykk (dvs. strekk), negliseres dette, og trykket settes lik 0.

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2}$$

$$p'_{Av} = 5,0 \cdot 1,15 + 25,0 \cdot 1,15 = 34,5 \text{ kPa}$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Ah} = K_{A,\text{korrt}} \cdot (p'_{Av} + a) - a$$

$$p'_{Ah} = 0,227 \cdot (34,5 + 2,0) - 2,0 = 6,3 \text{ kPa}$$

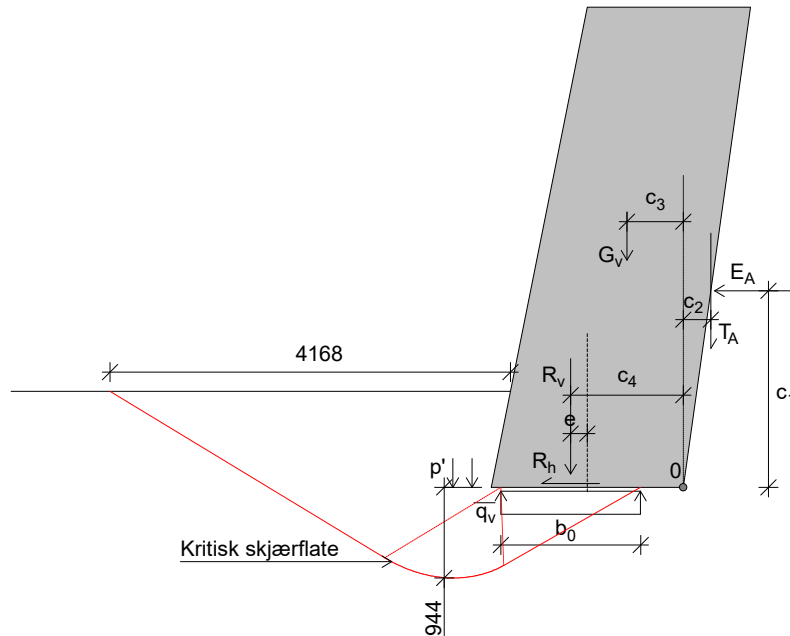
Nivå B (bunn mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 5,000 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1}$$

$$p'_{Bv} = 5,000 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,15 = 100,8 \text{ kPa}$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{korrt}} \cdot (p'_{Bv} + a) - a$$

$$p'_{Bh} = 0,227 \cdot (100,8 + 2,0) - 2,0 = 21,4 \text{ kPa}$$



$$R_h = E_A = 69 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (2,000 + 1,700) \cdot 5,000 \cdot 22,0 = 204 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{204} \cdot \left[\frac{5,000}{6} \cdot (2,000 - 1,700) \cdot 22,0 \cdot (2,000 - 1,700 - \frac{5,000}{7,1}) + 5,000 \cdot 1,700 \cdot 22,0 \cdot (2,000 - \frac{1}{2} \cdot 1,700 - \frac{1}{2} \cdot \frac{5,000}{5,0}) \right] = 0,586 \text{ m}$$

$$T_A = r_v \cdot \tan \phi_d \cdot \left(\frac{E_A}{H} + a \right) \cdot H = 0,30 \cdot 0,64 \cdot \left(\frac{69}{5,000} + 2,0 \right) \cdot 5,000 = 15 \text{ kN/m}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{2,046}{7,1} = 0,286 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A = 204 + 15 = 219 \text{ kN/m}$$

Moment om pkt. 0:

$$M_0 = E_A \cdot c_1 - T_A \cdot c_2 + G_v \cdot c_3$$

$$M_0 = 69 \cdot 2,046 - 15 \cdot 0,286 + 204 \cdot 0,586 = 256 \text{ kNm/m}$$

$$c_4 = M_0 / R_v = 256 / 219 = 1,172 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 1,172 - 0,5 \cdot 2,000 = 0,172 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 2,000 - 2 \cdot 0,172 = 1,456 \text{ m}$$

$$b_0 > b_b / 3 = 2,000 / 3 = 0,667 \text{ m (minimumsverdi)}$$

\Rightarrow Beregnet b_0 er større enn anbefalt minimumsverdi

iht. Håndbok N-V220 pkt. 10.3.2.9), dvs. OK

$$\bar{q}_v = R_v / b_0 = 219 / 1,456 = 150 \text{ kN/m}^2$$

Bæreevne (effektivspenningsanalyse):

$$\text{Krav 1: } r_b \leq r_{b\text{max}} = 0,80, \quad r_b = \frac{R_h}{b_0 \cdot (q_v + a) \cdot \tan \phi_d}$$

$$a = 0 \text{ kPa}$$

$$\tan \phi_d = \tan \phi / \gamma_M = 0,73 / 1,4 = 0,52, \quad r_b = \frac{69}{1,456 \cdot (150 + 0) \cdot 0,52}$$

$$r_b = 0,61 < r_{b\text{max}} \Rightarrow \text{krav 1 er OK}$$

$$\text{Krav 2: } \bar{q}_v \leq \bar{\sigma}_v = N_q \cdot (p' + a) + \frac{1}{2} N_\gamma \cdot \gamma' \cdot b_0 - a$$

$$p' = 19,0 \cdot 1,00 = 19,0 \text{ kN/m}^2$$

$$N_q = 7,0, \quad N_\gamma = 3,4, \quad \gamma' = 19,0 - 10 = 9,0 \text{ kN/m}^3 \text{ (dykket)}$$

$$\bar{\sigma}_v = 156 \text{ kN/m}^2 > \bar{q}_v \Rightarrow \text{krav 2 er OK}$$

$$\bar{q}_v / \bar{\sigma}_v = 0,97$$