

# Tørrmurer

Fagdag - Bruseksjonen og vegteknisk seksjon 7.3.2013

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 198



**Tittel**

Tørrmurer

**Title****Undertittel**

Fagdag - Bruseksjonen og vegteknisk seksjon  
7.3.2013

**Subtitle****Forfatter**

H.O. Hagen, E. Pytten, H. Bruun, K. Aunaas og  
O. Lahus

**Author****Avdeling**

Ressursavdelingen

**Department**

Planning and Engineering Services Division

**Seksjon**

Bruseksjonen og Vegteknisk seksjon

**Section****Prosjektnummer****Project number****Rapportnummer**

Nr. 198

**Report number**

No. 198

**Prosjektleder**

Olav Lahus

**Project manager****Godkjent av**

H.O. Hagen og E. Pytten

**Approved by****Emneord**

Tørrmurer  
Beregninger  
Eksempler

**Key words****Sammendrag**

Rapporten oppsummerer fagtema fra felles  
fagdag mellom Bruseksjonen og Vegteknisk  
seksjon med tørrmurer som tema.

**Summary**



# Internt kurs i tørrmurer

Sted: Vegkontoret i Kristiansand  
Dato: 7. mars 2013  
Tidpkt. 0900-1500

## Dagsplan

- 1 Innledning (OL)
- 2 Faglitteratur og håndbøker (HOH)
  - Liste over generelle fagbøker som brukes
  - Annen litteratur, rapporter etc
- 3 Geotekniske forhold (EP)
  - Grunnundersøkelser
  - Geoteknisk situasjon, stivhet, mobilisering, ruhet, etc.
  - Valg av geotekniske parametere
- 4 Beregningsprinsipper, beregningsgang (HOH)
  - Laster, statisk likevekt
  - Jordens bæreevne
  - Såleruhetens påvirkning på bæreevnen
- 5 Beregningsprogrammer (HB /HOH)
  - Beregningsprogram (Sleipnes, SV) v/HB
  - Beregningsprogram (HOH) v/HOH
- 6 Konstruksjonsprinsipper (EP)
  - Forbandt, drenering, etc.
- 7 Teknisk beskrivelse (HOH)
  - Eksempel på en beskrivelse
- 8 Tegninger (HOH)
  - Hva må en tegning inneholde
  - Eksempel på tegninger
- 9 Eksempler på bruk av tørrmurer (HOH /EP)
  - Tegninger, Bilder
  - Estetiske forhold



Statens vegvesen

01 - Innledning - Olav Lahus

# Fagdag Tørmurerer 2013-3-7





## Læringsmål

Etter fagdagen skal samtlige deltagere være i stand til å beregne, tegne og utarbeide konkurransegrunnlag D1 for tørmurerer på 3, 6, 9 og >9 m som tilfredsstillende kravene til teknisk godkjenning under ulike beregningsforutsetninger.



Statens vegvesen

## 02 – Faglitteratur og håndbøker – Hans Olav Hagen Fagdag Tørrmurer 2013–3–7



# Faglitteratur og håndbøker

## **Håndbøker fra SVV:**

- Hb 016 Geoteknikk i vegbygging
- Hb 182 Tørrmuring med maskin
- Tørrmur i vegbygginga

## **Annen faglitteratur:**

- Dimensjonering av tørrmurer og blokkmurer. Åsmund Eggestad
- Foundation Analysis and Design. 2. edition. Joseph E. Bowles



Statens vegvesen

## 03 – Geotekniske forhold – Ernst Pytten Fagdag Tørrmurer 2013–3–7





## Fagdag Bru og Vegteknisk, natursteinsmurer Grunnundersøkelser

- For å kartlegge grunnforhold på stedet må det utføres grunnundersøkelser.







# Fagdag Bru og Vegteknisk, natursteinsmurer Grunnundersøkelser

- Totalsonderinger
- Prøvetakning, poseprøver (friksjonsmateriale f. eks sand og grus)
- Prøvetakning, sylinderprøver (kohesjonsmateriale f. eks leire)
- Piezometer for registrering av poretrykk
- CPTU



Statens vegvesen Blankett nr. 497	TEGNINGSFORKLARING for geotekniske kart og profiler	Bilag 1A
--------------------------------------	--	----------

Opptegning i plan / på oversiktskart.  
TEGNINGSSYMBOLER  
Nummerering i henhold til borpunktliste GeoPlot.

Symbol	Metode	Anmerking	Symbol	Metode	Anmerking
●	2401 Dreiesondering	Sondering m. registrering av motstand.	■	2410 Setningmåling	Nivellingspunkt.
⊙	2402 Preveserie	Prøvene tatt med boringsredskap (skovbor, prøvetager, diamantkjernebor m.m.)	⊗	2411 S.P.T.	Standard Penetration Test
□	2403 Prøvegrop	Prøvene tatt i gropvegg.	⊛	2412 Fjellkontroll-boring	Boring ned til og i fjell.
⊠	2404 Prøvebelastning	Peler, terrengplater, fundamenter o.l.	⊖	2413 Poretrykksmåling	Inkludert måling av grunnvannstand.
○	2405 Enkel sondering	Sondering uten registrering av motst., f.eks. spyleboring, slagboring m.m.	⊕	2414 In situ permeabilitetsmåling	Infiltrasjonsforsøk, prøvepumping m.m.
⬇	2406 Dreietrykksondering	Måksjonsondering med automatisk registrering.	+	2415 Vingeboring	Måling av omrørt og omrørt udrenert skjærstyrke.
▽	2407 CPTU	Sondering der spissmotstand, lokal friksjon og poretrykk registreres under nedpressing	⌒	2416 Elektrisk motstand, korrosivitet etc.	
⊗	2408 Skrupleteforsøk	Kompressometer o.l.	⊞	2417 Helningsmåling	Inklinameter.
▼	2409 Ramsondering	Sondering der borstang slås ned. Stangdiometer, loddvækt og fallhøyde er normert. Og registreres.	⊕	2418 Totalsondering	Kombinasjonsboring gjennom løsmasser og fjell.

### NIVÅER OG DYBDER (i meter)

⊕ -1.5  
⊗ -3.7  
⊕ -18.5+3.0  
Ut for linjen : kote terreng eller elvebunn, sjøbunn ved boring i vann (12.8).  
Boret dybde i løsmasser (18.5). Evt. boret dybde i fjell angis etter plustegn (+3.0).  
Under linjen : sikker fjellkote.

### OPPTEGNING I PROFIL

Generelt

Terreng      xxx    xxx    Fjell      Vannstand

### FORBORING (Gjelder alle sonderingstyper)

Forboret      Forboret med trykkeutstyr

### AVSLUTNING AV BORING (Gjelder alle sonderingstyper)

Boring avsluttet      Ant. stein, blokk eller fast grunn.      Ant. fjell, berg. Ringbergindikator      Boret i ant. fjell      Boret i fjell og kjerne opptatt



## Fagdag Bru og Vegteknisk, natursteinsmurer

# Grunnundersøkelser

- Rutineanalyse av poseprøver  
Jordartsklassifisering, kornfordeling, humus  
Bildet viser grusig sand



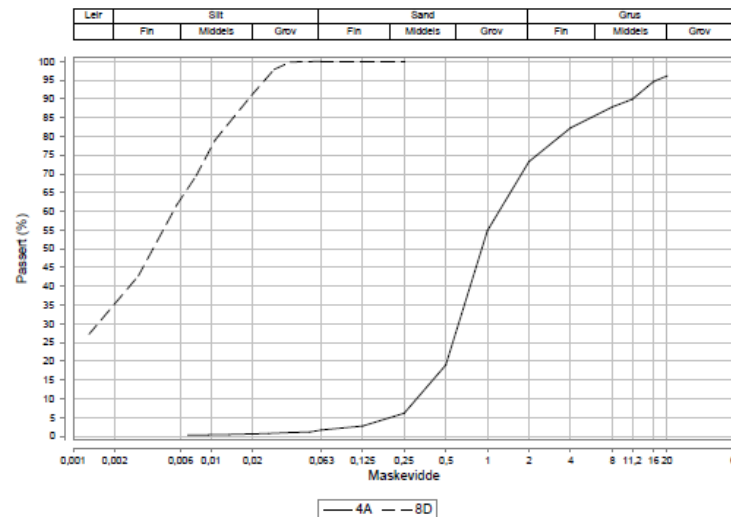
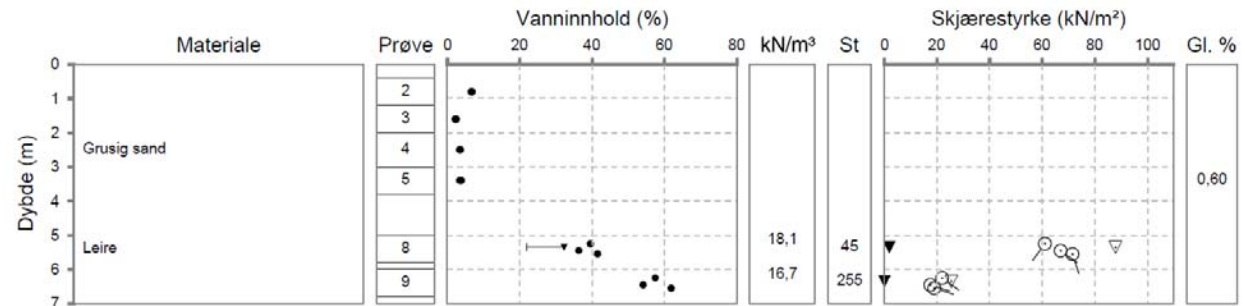
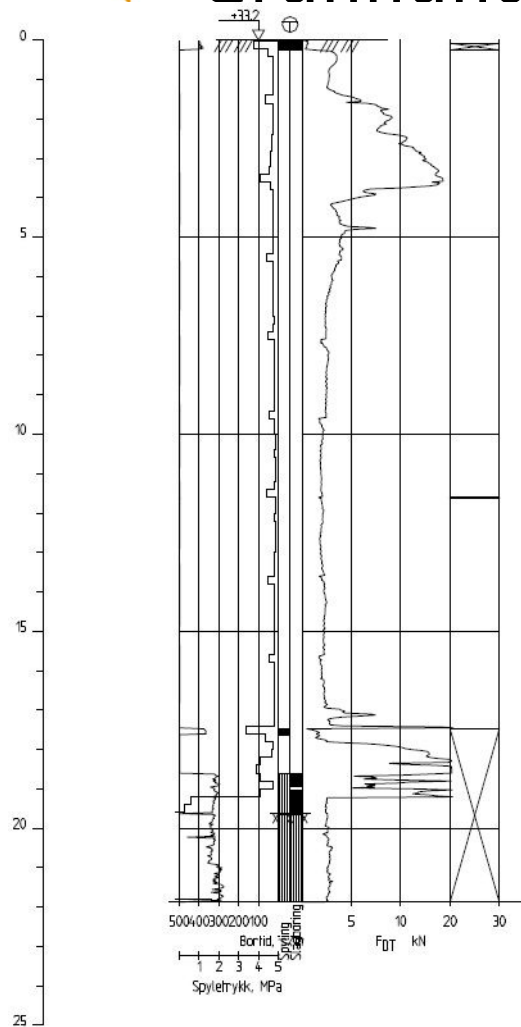
- Rutineanalyse av sylinderprøver  
I tillegg tyngdetetthet, vanninnhold  
konsistensgrenser, konus, enaks trykkforsøk,  
ødometer og treaks forsøk.  
Bildet viser kvikkleire





# Fagdag Bru og Vegteknisk, natursteinsmurer

## Grunnundersøkelser




Syltetype	Vegnr	HP	km <sup>2</sup> profil	Avst. el	Dybde	Jordart	Cu	TG
4A	RV41		-		2,0 - 3,0	Grusig sand	4,0	T1
8D	RV41		-		5,0 - 5,8	Leire	0,0	T4



# Fagdag Bru og Vegteknisk, natursteinsmurer

## Jordparametre

- Håndbok 016, Figur 2.39 viser anbefalte jordparametre for effektivspenningsanalyser
- Drenert situasjon, langtidsstilstand (friksjonsmaterialer)
- Udrenert situasjon, korttidstilstand, må gis spesiell oppmerksomhet for silt og leirer (kohesjonsmaterialer)
- Figur 2.39 

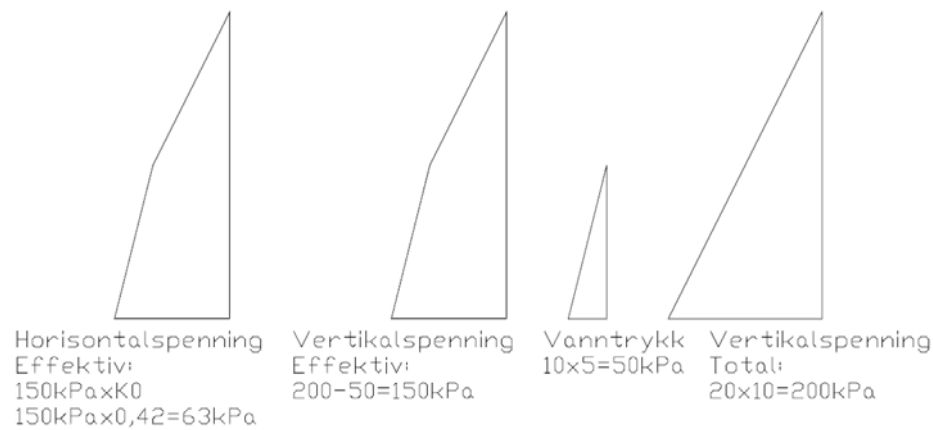
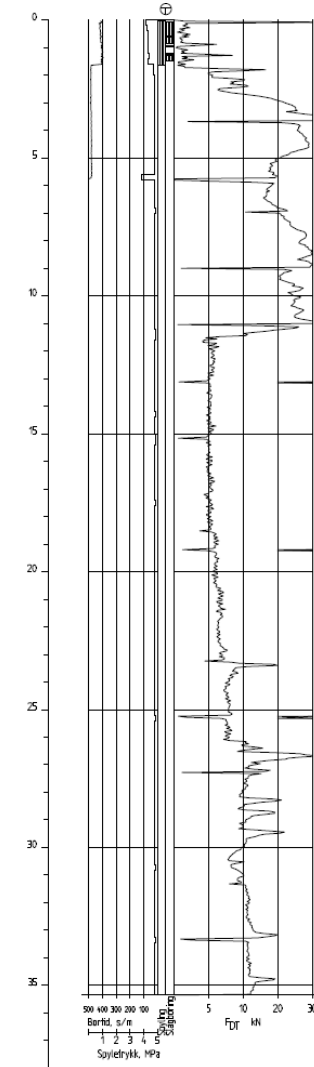
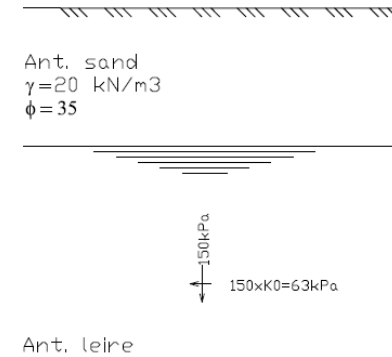
Plassering	Materiale	Dim. tyngdetetthet $\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	Karakteristisk indre friksjonsvinkel $\phi$		Attraksjon $a$ kN/m <sup>2</sup>		
			grader	tan $\phi$			
Bak og foran landkar og støttetur	Tilførte komprimerte Masser *	Sprengstein **	19	42	0,90	0 - 10	
		Grus	19	38	0,78	0	
		Sand	18	36	0,73	0	
	Naturlige, ikke komprimerte masser	Grus	19	35	0,70	0	
		Sand	17	33	0,65	0	
		Silt	18	31	0,60	0	
		Leire og leirig silt	Fast ***	20	26	0,49	0
			Bløt ***	19	20	0,36	0
		Under landkar-såle	Tilførte komprimerte Masser *	Sprengstein ** og ****	19	42/45	0,90/1,0
Grus *****	19			38/40	0,78/0,84	10	
Sand	18			36	0,73	10	
Naturlige, ikke komprimerte masser	Grus		Fast	19	38	0,78	0-10
			Løs	18	36	0,73	0-5
	Sand		Fast	18	36	0,73	0-10
			Løs	17	33	0,65	0-5
	Silt		Fast	19	33	0,65	0-10
			Bløt	18	31	0,60	0-5
	Leire og leirig silt		Fast ***	19	26	0,49	0-20
			Bløt ***	19	20	0,36	0-5



# Fagdag Bru og Vegteknisk, natursteinsmurer

## Spenninger i jord

- Vertikalspenninger  
Tyngdetetthet av jord x dybde + evt. terrenglast
- Horisontal spenninger  
Vertikalspenningen multipliseres med en faktor K  
I en uforstyrret situasjon kalles denne faktoren for  $K_0$ , eller hviletrykkskoeffisienten.





# Fagdag Bru og Vegteknisk, natursteinsmurer

## Spenninger i jord

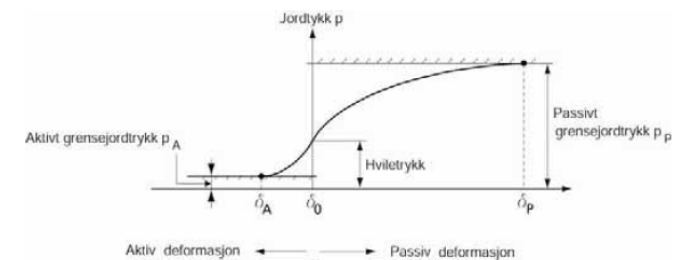
- Hviletrykkstilstand  
Den tilstand vi har i jorda initielt, dvs ingen deformasjoner.

$$K_0 = 1 - \sin\varphi$$

- Typiske verdier for  $K_0$  :

Sprengstein:	$K_0 = 0,33$
Sand:	$K_0 = 0,42$
Silt:	$K_0 = 0,5$
Leire:	$K_0 = 0,65$
Vann:	$\ll K_0 \gg = 1,0$

Jordtrykkene er deformasjonsavhengige. Det vil si at mobilisering av aktivt eller passivt jordtrykk fra en hviletrykkstilstand vil kreve deformasjon.



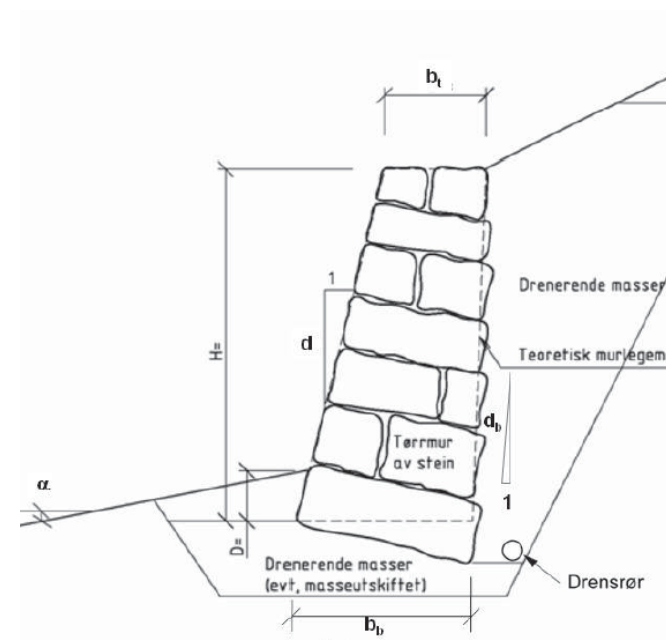
Figur 5.1 Sammenheng mellom jordtrykk og deformasjon.

## Fagdag Bru og Vegteknisk, natursteinsmurer

# Spenninger i jord

- Aktiv tilstand
- Typisk situasjon for støttemurer
- Konstruksjonen unnviker fra jorda
- Redusert jordtrykk mot mur i forhold til opprinnelig situasjon (hviletrykk)
- Mobilisering av aktivt jordtrykk krever deformasjon av mur
- Størrelsesorden 0,5% av støttekonstruksjonens høyde i leire, 0,1% i sand

(Håndbok 016, kap 5.1)



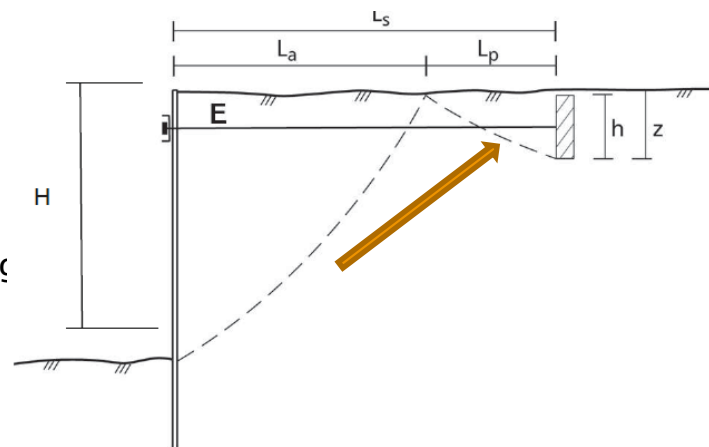


## Fagdag Bru og Vegteknisk, natursteinsmurer

# Spenninger i jord

- Passiv tilstand
- Konstruksjonen presses inn mot jorda
- Økt jordtrykk i forhold til opprinnelig situasjon (hviletrykk)
- Mobilisering av passivt jordtrykk krever betydelig større deformasjoner enn aktivt jordtrykk
- Størrelsesorden 2 - 3 % av konstruksjonshøyden

(Håndbok 016, kap 5.1)



# Fagdag Bru og Vegteknisk, natursteinsmurer

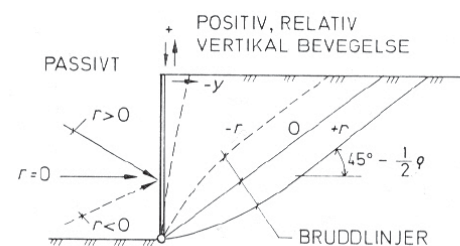
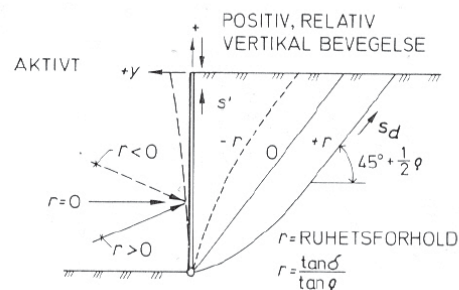
## Spenninger i jord

- Ruhet (klipp fra Håndbok 016, kapittel 5.1)

Ruheten  $r$  mellom en støttekonstruksjon og bakenforliggende jord kan defineres som forholdet mellom skjærspenningen  $\tau$  som er mobilisert langs støtteveggen og den mobiliserte skjærfastheten i jorda.

$$r = \frac{(p_A' + a) \tan \delta}{(p_A' + a) \tan \varphi_d} = \frac{\tan \delta}{\tan \varphi_d}$$

Retningen for  $\tau$  vil ha betydning for trykket mot veggen. Dersom deformasjonene er som vist i fig 5.2, defineres dette som positiv ruhet, jorda henger seg på veggen. Ved støttekonstruksjoner hvor relativbevegelsen mellom konstruksjon og jord vil bli motsatt rettet i et tilfelle med aktivt jordtrykk, defineres dette som negativ ruhet, jorda løfter veggen opp. For tilfeller med passivt jordtrykk vil retningen for  $\tau$  være motsatt av retningen for aktivt jordtrykk ved samme fortegn for  $r$ . De ulike variantene av fortegn for  $r$  er illustrert i figur 5.3.







## Fagdag Bru og Vegteknisk, natursteinsmurer

# Spenninger i jord

- Ruhet (klippet fra Håndbok 016, kapittel 9.2.1)

Ruhet $r$	Anvendelse
$r$ settes lik $1/\gamma_m$ for bruddgrense $f$ for bruksgrense	Benyttes når muren roterer om sålen, forskyves utover, eller dersom massene bak muren setter seg mer enn muren. Skjærspenningen $\tau$ er nedadrettet.
0	Benyttes når det ikke er noen relativ bevegelse mellom muren og de bakenforliggende massene. Skjærspenningen $\tau = 0$ .
- 0,5	Benyttes når muren synker i forhold til det bakenforliggende terrenget. Skjærspenningen $\tau$ er oppadrettet.

Figur 9.1 Ruhet,  $r$ .

Støttemurer på berg dimensjoneres normalt for  $r = 0$ . I enkelte tilfelle kan det være riktig å benytte en annen verdi. For eksempel kan det tenkes at skjærfastheten vil mobiliseres direkte mot muren dersom bakfyllmassene er dårlig komprimert.

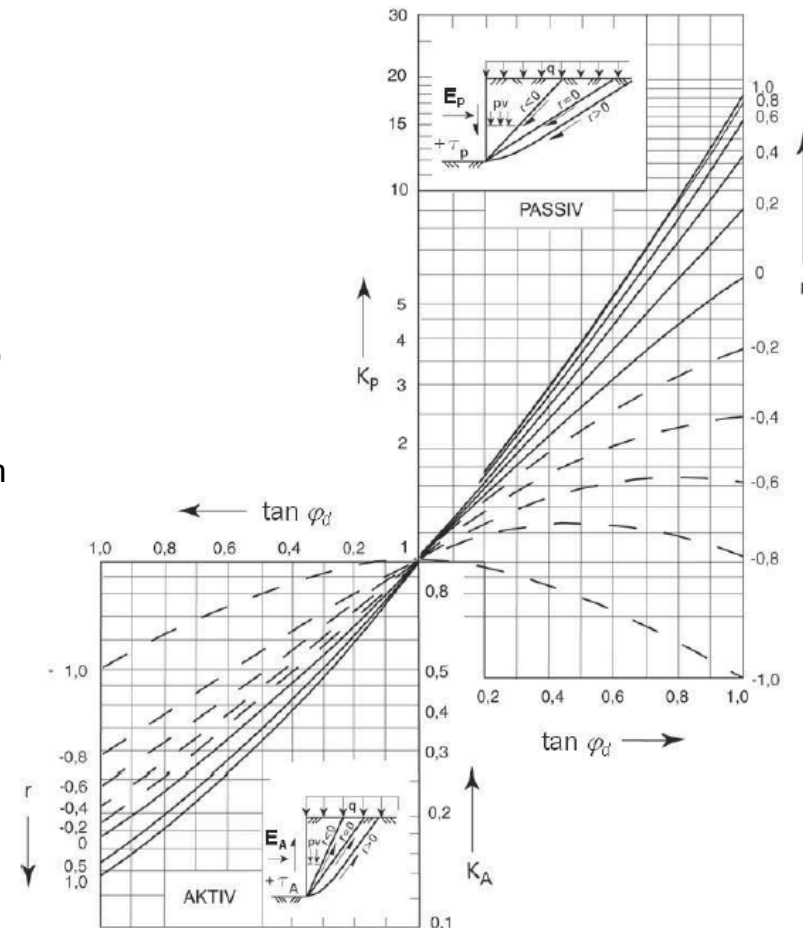
# Fagdag Bru og Vegteknisk, natursteinsmurer

## Spenninger i jord

- Jordtrykkskoeffisienter  $K_A$  og  $K_P$  (klipp fra Håndbok 016, kapittel 5.2)
- Fremgangsmåte for å finne  $K_A$
- Finn  $\tan \phi$  ( $35^\circ \longrightarrow \tan 35 = 0,7$ )
- Bestem ruhet (Liten mobilisering  $\longrightarrow +0,1$ )  
Kap. 9.2.1 sier  $1/\gamma m$  i bruddgrensetilstand

Positiv ruhet når jorda henger seg på veggen

- $K_A = 0,26$
- Jo mer ruhet desto større mobilisering av skjærstyrken i jorda og desto mindre horisontalt jordtrykk mot støtteveggen





# 04 – Beregningsprinsipper og beregningsgang – Hans Olav Hagen

## Fagdag Tørrmurer 2013–3–7



# Tørrmurer – beregningsgang

Hans Olav Hagen  
Bruseksjonen, Region sør





Tørrmurer i stein



eller, i tre??



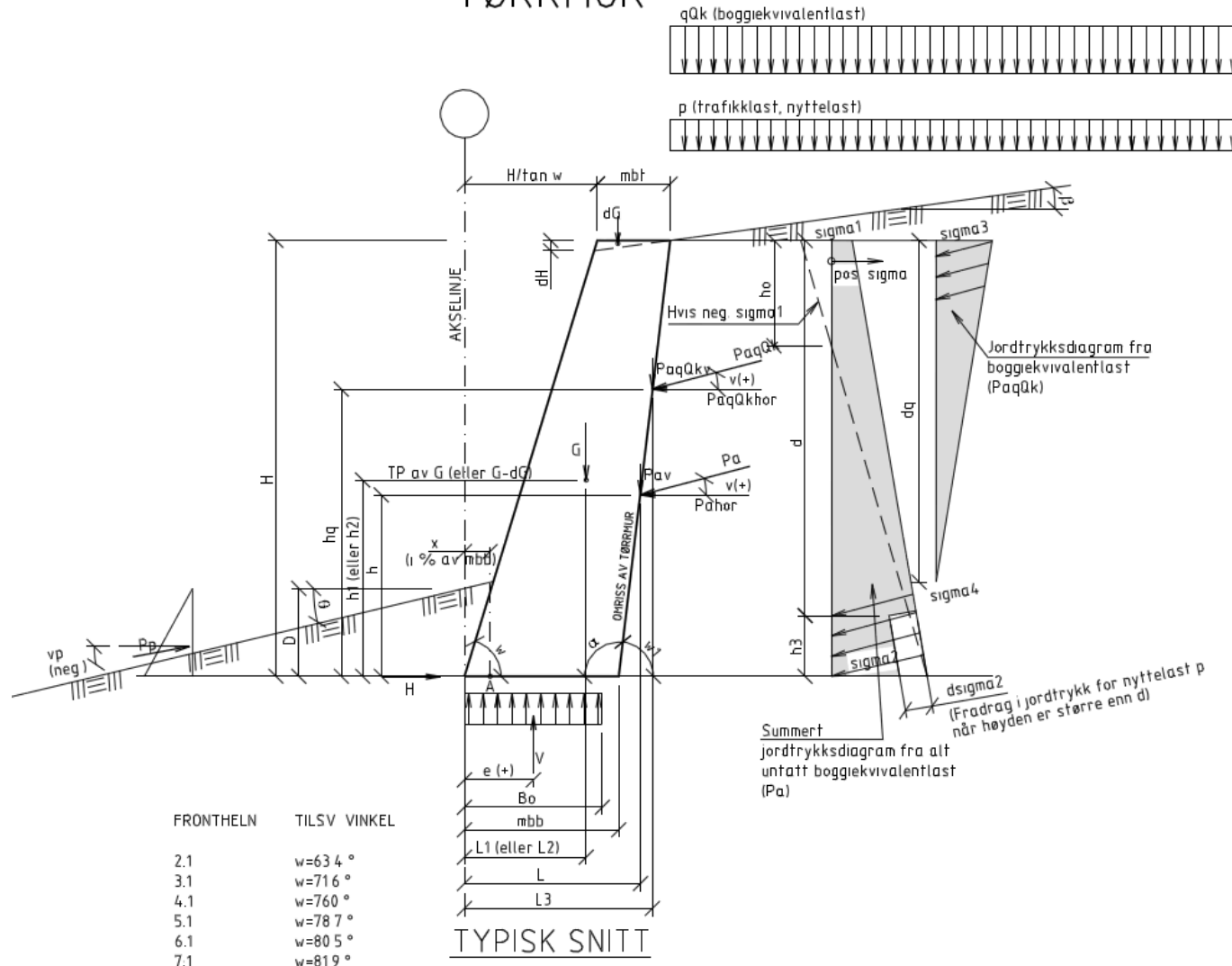
# 5 hovedpunkter

- Alle murer skal beregnes, dokumenteres og tegnes.
- En hver mur er unik i landskapet. Tenk utseende og estetikk, tenk helhet.
- Forme det nye terrenget og omgivelsene der det er nødvendig for et godt resultat.
- Beregninger, tegninger og beskrivelse er viktig for resultatet.
- Det samme gjelder byggeledelse og oppfølging på byggeplass.



# Beregningsprinsipper

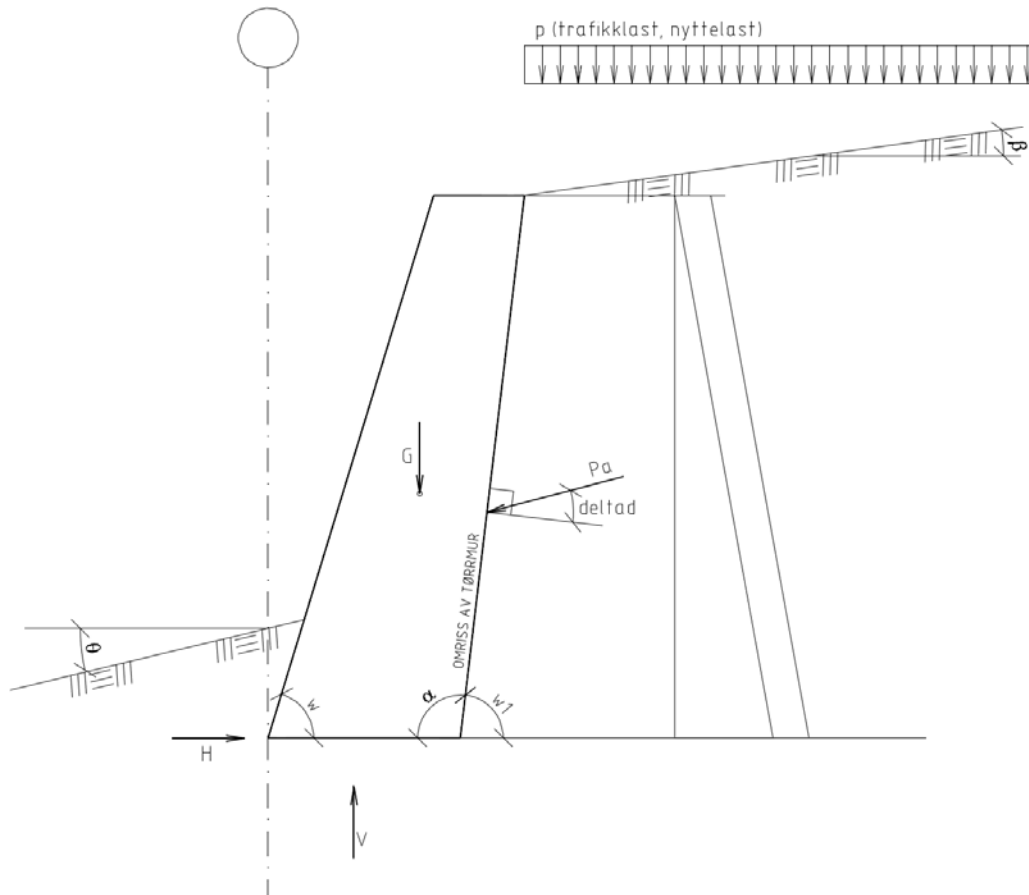
## TØRRMUR





# Beregningsprinsipper

## 1. Krefter som virker



### Krefter som virker på tørrmuren

- $G$  (egenvekt av mur)
- $P_a$  (jordtrykk fra jord og nyttelast)
- $V, H$  (Reaksjonskrefter fra jorden)

# Beregningsgang

2. **Bestemme geotekniske parametre**
3. **Sikkerhetsnivå og partialkoeffisienter**
4. **Murens geometri og ytre laster**
5. **Beregne krefter som virker på tørrmuren og deres angrepspunkt**
6. **Finne jordens reaksjonskrefter og angrepspunkt**
7. **Kontrollere stabilitet og ruhet**
8. **Beregne bæreevne**

# Beregningsgang

## 2. Bestemme geotekniske parametre

### Muren

- Tyngdetetthet av mur

### Bakfyll

- Romvekt av masser som bakfyll
- Karakteristisk friksjonsvinkel på bakfyll
- Attraksjon
- Ruhet

### Undergrunnen

- Vannstand
- Romvekt av masser i undergrunnen
- Karakteristisk friksjonsvinkel masser i undergrunnen
- Attraksjon
- Maks såleruhet

### 3. Sikkerhetsnivå og partialfaktorer

#### Konsekvensklasse

- CC1, CC2, CC3 (Hb 016 s 0-3) (NS-EN 1990:2002+NA:2008 tillegg B)

Konsekvensen av en skade inndeles i tre klasser etter NS-EN 1990:2002+NA:2008. Informativt tillegg B som vist i Figur 0. 1.

Konsekvens-klasse	Beskrivelse	Eksempel på bygg og anlegg
CC3	<b>Stor</b> konsekvens i form av tap av menneskeliv, <i>eller svært store</i> økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser	Tribuner, offentlige bygninger der konsekvensene av brudd er store (f.eks. en konserthall)
CC2	<b>Middels</b> stor konsekvens i form av tap av menneskeliv, <b>betydelige</b> økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser	Boliger og kontorbygg, offentlige bygninger der konsekvensene av brudd er betydelige(f.eks. et kontorbygg)
CC1	<b>Liten</b> konsekvens i form av tap av menneskeliv, og <b>små eller uvesentlige</b> økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser	Landbruksbygninger der mennesker vanligvis ikke oppholder seg (f.eks. lagerbygninger), drivhus

Figur 0. 1 Definisjon av konsekvensklasser

## Partialfaktorer iht. NS-EN 1997-1:2004+NA2008

Jordparameter	Symbol	Sett <sup>b,c,d</sup>	
		M1	M2
Friksjonsvinkel <sup>a</sup>	$\gamma_{\varphi}$	1,0	1,25
Effektiv kohesjon	$\gamma_c$	1,0	1,25
Udrenert skjærfasthet	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Enaksial fasthet	$\gamma_{qu}$	1,0	1,4
Tyngdetetthet	$\gamma_{\gamma}$	1,0	1,0
<p><sup>a</sup> Denne faktoren gjelder for <math>\tan \varphi'</math></p> <p><sup>b</sup> Hvor det er mer ugunstig skal karakteristisk fasthet av jord multipliseres med partialfaktoren.</p> <p><sup>c</sup> Partialfaktoren økes ut over ovenstående verdier når faren for progressiv bruddutvikling i sprøbruddsmaterialer ansees å være tilstede og når det kreves for å bringe den i overensstemmelse med anerkjent praksis for den anvendte analysemetoden og den forliggende problemstilling.</p> <p><sup>d</sup> Ved analyse av områdestabilitet slik forholdende framstår uten prosjekterte tiltak kan det hende at en vil finne en lavere partialfaktor enn ovenstående krav. Slike tilfeller vurderes i forhold til skredfare og områdestabilitet. Det vil normalt forutsettes at det prosjekterte tiltak gjennomføres på en måte som gir uendret eller økt partialfaktor og slik at faktorer som kan utløse brudd eller skred unngås.</p>			

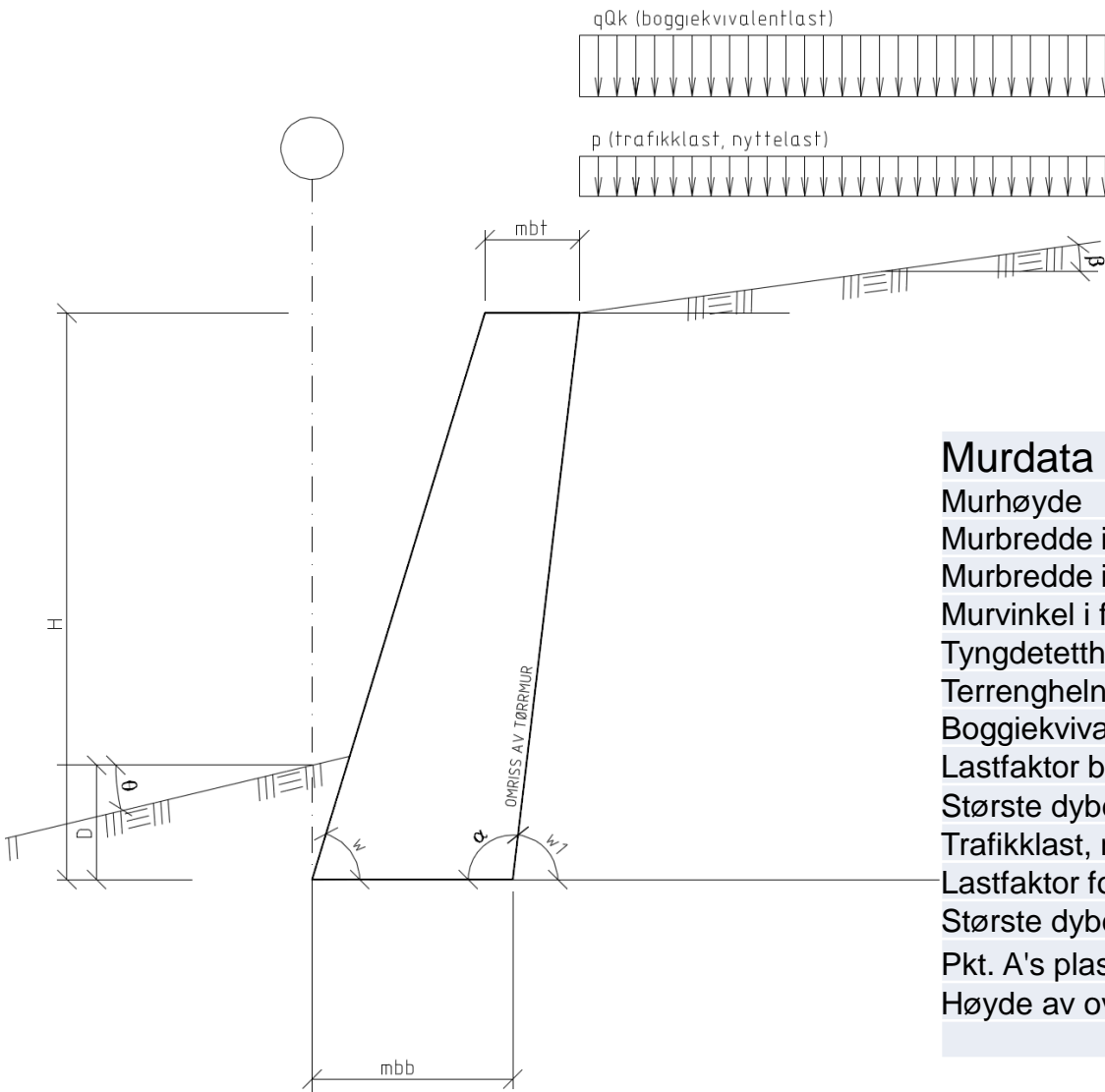
Figur 0. 2 Minimumsverdier for  $\gamma_M$  i henhold til NS-EN 1997-1:2004+Na:2008

## Partialfaktorer for bruddgrensetilstanden iht. SVV Hb 016 (s 0-8)

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

\* NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 krever at  $\gamma_M \geq 1,4$  ved totalspenningsanalyser

## 4. Murens geometri og ytre laster



### Murdata

Murhøyde	(m)	$H=$
Murbredde i topp	(m)	$mbt=$
Murbredde i bunn	(m)	$mbb=$
Murvinkel i fronten	(ggr.)	$w=$
Tyngdetetthet av mur	( $kN/m^3$ )	$g=$
Terrenghelning	(ggr.)	$\beta=$
Boggiekvivalentlast	( $kN/m^2$ )	$qQk=$
Lastfaktor boggiekv.last		$yfq=$
Største dybde for virkn. av b.ekv.l	(m)	$hq=$
Trafikklast, nyttelast	( $kN/m^2$ )	$p=$
Lastfaktor for trafikklast /nyttelast		$yfp=$
Største dybde for virkn. av traf.last	(m)	$d=$
Pkt. A's plassering	(% av $mbb$ )	$x=$
Høyde av overlaging	(m)	$D=$

## 5. Beregne krefter som virker på tørrmuren og deres angrepspunkt

Da må vi kjenne:

<b>Bakfyll</b>			
Romvekt jord	(kN/m <sup>3</sup> )	gamma=	
Kar. friksjonsvinkel	(ggr.)	Øk=	
Partialfaktor for bakfyll 1/f eller ym		ym=	
Attraksjon ved topp	(kN/m <sup>2</sup> )	a0=	
Attraksjon ved bunn	(kN/m <sup>2</sup> )	a=	
Ruhet		r=	
Murvinkel ved veggens bakside	(ggr.)	w1=	
Kar. veggfriksjonsvinkel	(ggr.)	delta=	Gitt ved r
Dim. friksjonsvinkel	(ggr.)	Ød=	Gitt ved Øk og ym
Dim. veggfriksjonsvinkel	(ggr.)	deltad=	Gitt ved r og ym
Dim. aktiv jordtrykkskoeffisient		Ka=	Beregnes etter Colomb



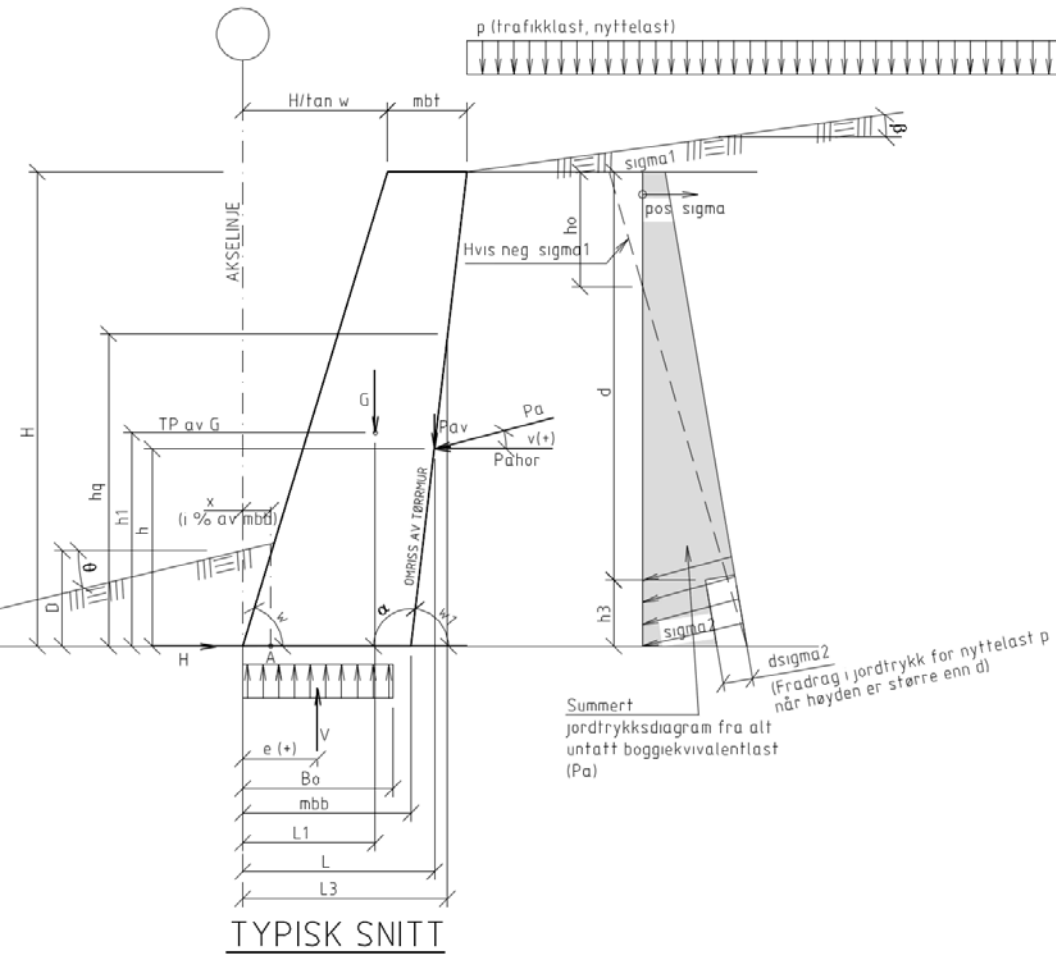


			6:1	5:1	4:1	3:1	2:1	1:1
<b>Murdata</b>								
Murhøyde	(m)	H=	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Murbredde i topp	(m)	mbt=	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Murbredde i bunn	(m)	mbb=	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Murvinkel i fronten	(ggr.)	w=	80.50	78.70	76.00	71.60	63.40	45.00
Tyngdetetthet av mur	(kN/m3)	g=	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00
Terrenghelning	(ggr.)	beta=	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toppskalk fjernet?		SF=	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei
Terrenglast	(kN/m2)	p=	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Lastfaktor terrenglast		yf=	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Største dybde for virkn. av terr.last	(m)	d=	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Pkt. A's plassering	(% av mbb)	x=	37%	37%	37%	37%	37%	37%
Høyde av overlagring	(m)	D=	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fundamentbredde	(m)	B=	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fundamenthøyde	(m)	t=	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

### Jorddata for bakfyll og undergrunn

<b>Bakfyll</b>								
Romvekt jord	(kN/m3)	gamma=	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0
Kar. friksjonsvinkel	(ggr.)	Øk=	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0
Mobiliseringsgrad 1/f eller ym		ym=	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
Attraksjon ved topp	(kN/m2)	a0=	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Attraksjon ved bunn	(kN/m2)	a=	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ruhet		r=	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
Alternativ lastfaktor for Ka		k=	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Murvinkel ved veggens bakside	(ggr.)	w1=	80.50	78.70	76.00	71.60	63.40	45.00
Kar. veggfriksjonsvinkel	(ggr.)	delta=	32.6	32.6	32.6	32.6	32.6	32.6
Dim. friksjonsvinkel	(ggr.)	Ød=	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7
Dim. veggfriksjonsvinkel	(ggr.)	deltad=	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5
Dim. aktiv jordtrykkskoeffisient		Ka=	0.204	0.193	0.177	0.153	0.111	0.029

			6:1	5:1	4:1	3:1	2:1	1:1
<b>Beregning av krefter og angrepspkt.</b>								
Horisontalspenning ved topp	(kN/m <sup>2</sup> )	sigma1=	1.5	1.4	1.3	1.1	0.8	0.2
Horisontalspenning ved bunn	(kN/m <sup>2</sup> )	sigma2=	17.0	16.1	14.8	12.8	9.3	2.4
Spenningsøkning pr. meter		s=	3.9	3.7	3.4	2.9	2.1	0.5
Avstand fra topp til pos. hor.spe		h0=	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Hor.spenningsfradrag pga. "d"		dsigma2=	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Virkeshøyden for spenningsfradrag		h3=	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Skalkhøyde	(m)	dH=	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Egenvekt mur inkl. skalk	(kN/m)	G=	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0
Egenvekt skalk	(kN/m)	dG=	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Egenvekt av såle	(kN/m)	Gs=	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Aktivt jordtrykk	(kN/m)	Pa=	37.1	35.1	32.3	27.9	20.2	5.2
Pa's vinkel ift. horisontalen	(ggr.)	v=	15.0	13.2	10.5	6.1	-2.1	-20.5
Hor. komponent av akt. jordtrykk	(kN/m)	Pah=	35.8	34.2	31.8	27.7	20.1	4.9
Vert. komponent av akt. jordtrykk	(kN/m)	Pav=	9.6	8.1	5.9	3.0	-0.7	-1.8
Summert vert.kraft fra jordtr.+attr	(kN/m)	Pv=	9.6	8.1	5.9	3.0	-0.7	-1.8
Hjelpestørrrelse. Vert. avstand fra såletopp til Pa før fratreck for dsigma2*h3	(m)	h4=	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44
Vert. avstand fra såletopp til Pa	(m)	h=	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44
Vert. avst. fra såletopp til tp. av G	(m)	h1=	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Vert. avst. fra sålet. til tp. av (G-dG)	(m)	h2=	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Hor avstand fra akse til Pa	(m)	L=	1.24	1.29	1.36	1.48	1.72	2.44
Hor avst. fra akse til tp. av G	(m)	L1=	0.83	0.90	1.00	1.17	1.50	2.50
Hor avst. fra akse til tp. av (G-dG)	(m)	L2=	0.83	0.90	1.00	1.17	1.50	2.50



**Generelt gjelder:**

$$\sigma_1 = K_a \cdot p v' + a \cdot (K_a - 1)$$

**Beregning av Pa:**

$$\sigma_1 = K_a \cdot y f p \cdot p + a_0 \cdot (K_a - 1)$$

$$\sigma_2 = K_a \cdot (\gamma \cdot H + y f p \cdot p) + a \cdot (K_a - 1)$$

$$P_a = (\sigma_1 + \sigma_2) / 2 \cdot H$$

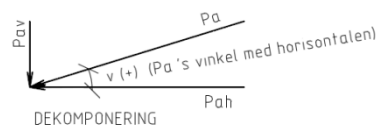
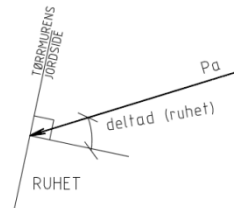
Husk at Pa (Colomb) står vinkelrett på jordsiden av tørrmuren når ruheten er 0. (Se skisse)

Tyngdepunktet av lastens angrepspunkt finnes, L og h.

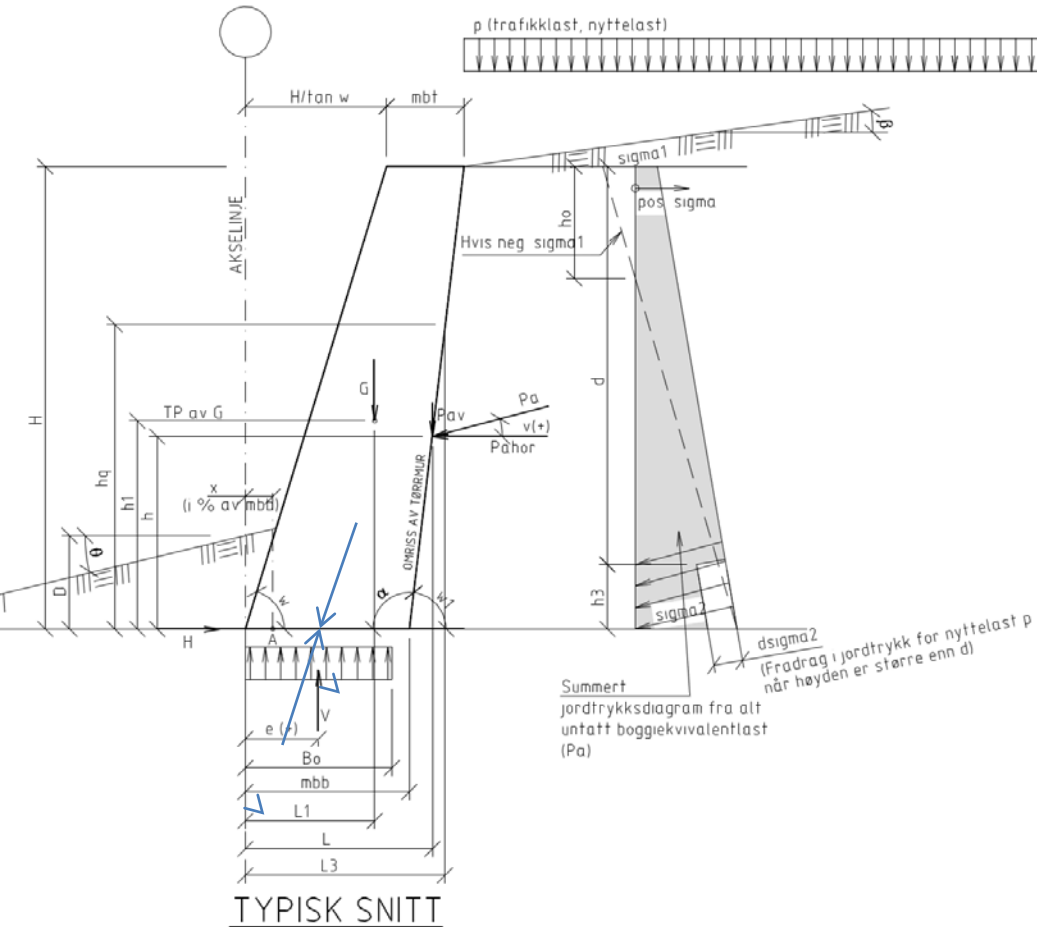
**Beregning av G:**

$$G = (mbt + mbb) / 2 \cdot H \cdot g$$

Tyngdepunktet av lastens angrepspunkt finnes, L1 og h1.



## 6. Finne jordens reaksjonskrefter og angrepspunkt



### Likevektsbetraktning

Summen av moment om et pkt. = 0

Summen av krefter vertikalt = 0

Summen av krefter horisontalt = 0

→ Finner  $V$  og  $H$

### Effektiv fundamentbredde, $B_o$

Generelt: (Forutsatt at  $e$  er pos.)

$B_o = 2 \cdot e$       maksimert til  $mbb$

Hb 016:

$B_o = (e - 0.05 \cdot mbb) \cdot 2$       maksimert til  $mbb$

Betyr:

Når  $V$  ligger slik at  $e < 0.55 \cdot mbb$ , bli det en reduksjon i  $B_o$ .

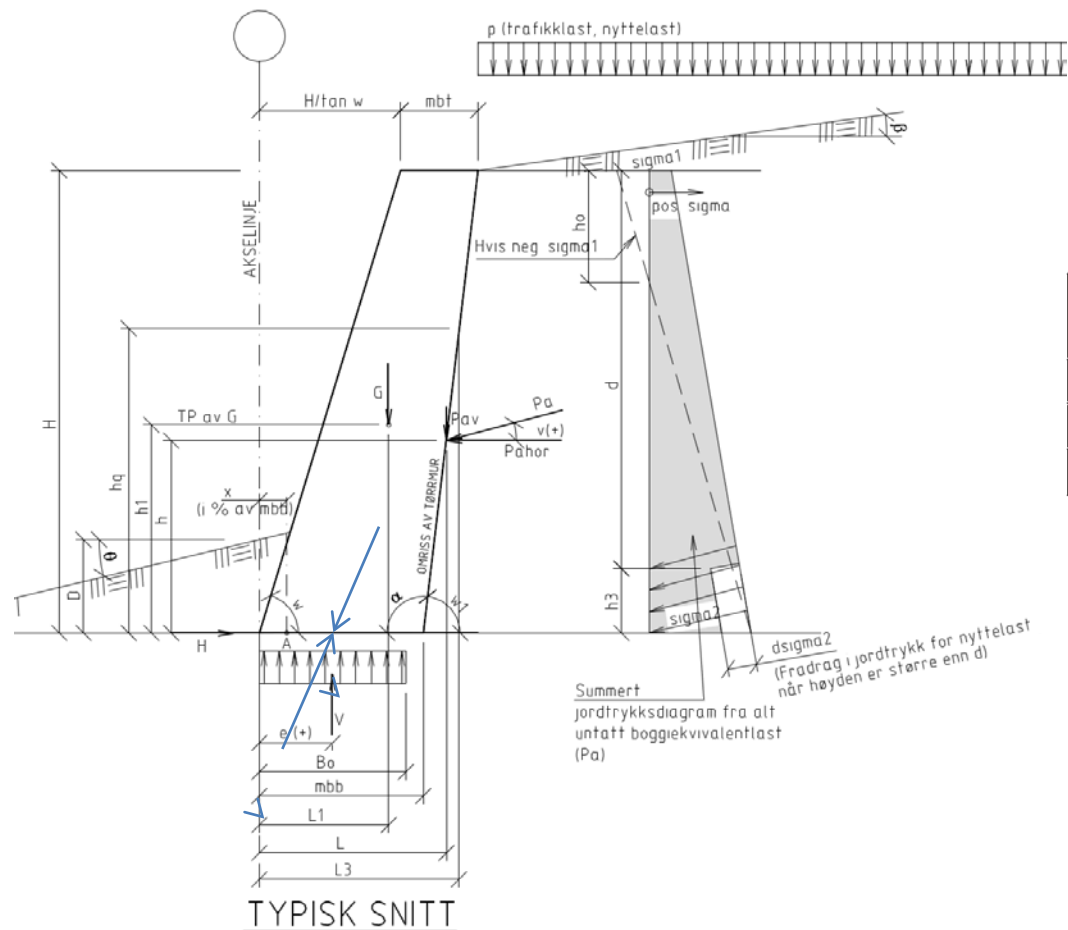
Når  $V$  ligger slik  $e > 0.55 \cdot mbb$  blir  $B_o = mbb$

### Overført grunntrykk, $q_v$ og $\tau_{uh}$

$$q_v = V/B_o$$

$$\tau_{uh} = H/B_o$$

## 7. Kontrollere stabilitet og ruhet



### Såleruhet

$$r_b = \frac{\tau_{\text{auh}}}{(q_v + a) \cdot \tan \theta_d}$$

### Kontrollér:

Horizontalt terreng foran støttemur og landkar		Skrått terreng foran støttemur og landkar	
ruhet $r_b$	materiale under såle	ruhet $r_b$	materiale under såle
$\leq 0,9$	sand, grus og sprengstein	$\leq 0,8$	grus og sprengstein
$\leq 0,8$	leire og silt *	$\leq 0,7$	leire, silt og sand*

\*Det forutsettes at leire/silt er uforstyrret, drenert og ufrossen, slik at fundamentet ikke kan gli på underlaget.

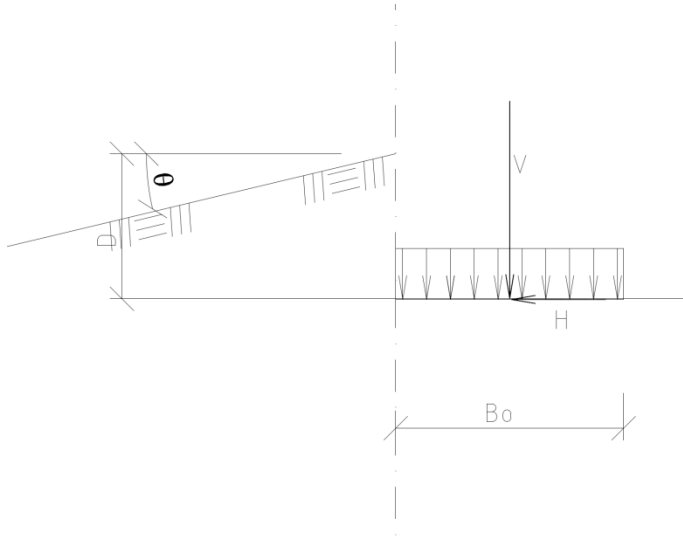
Figur 6.3 Krav til ruhet ved dimensjonering av støttemurer og landkar.

### Stabilitet

I bruddgrensetilstanden bør grunntrykkets resultant ligge innenfor midtre tredjedel av  $mbb$ .

$$e \geq \frac{1}{3} \cdot mbb$$

## 8. Beregne bæreevne (det viktigste)

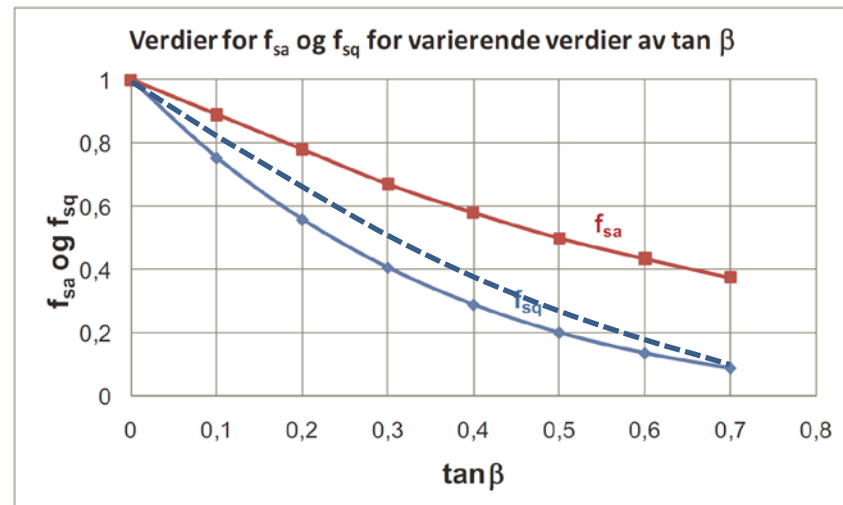


### Bæreevneformelen

$$\sigma v = f_{sq} \cdot \left( Nq \cdot p' + \frac{1}{2} \cdot Ny \cdot y' \cdot B_0 \right) + (Nq \cdot f_{sa} - 1) \cdot a$$

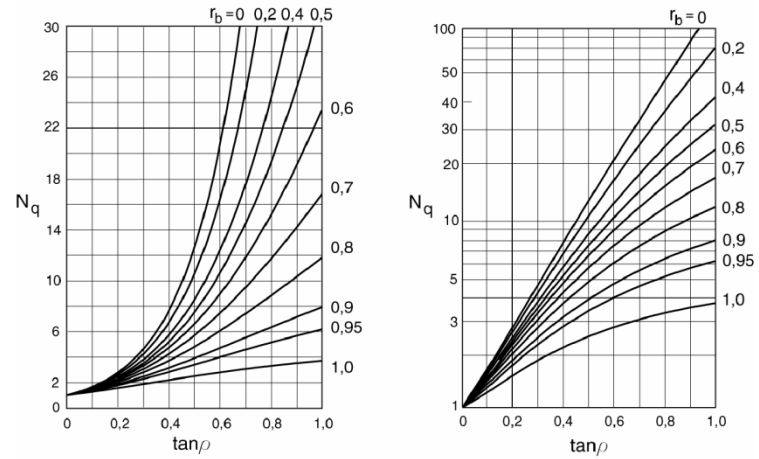
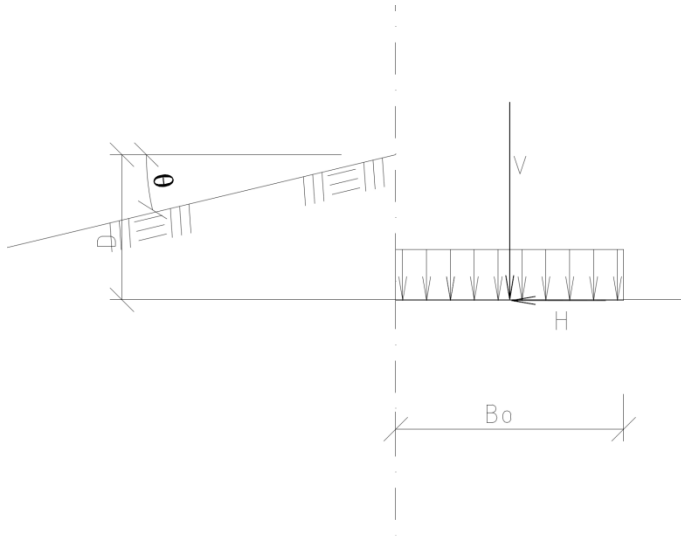
Hvor:

- $f_{sq}$  og  $f_{sa}$  er reduksjonsfaktorer for skrånende terreng foran sålen
- $Nq$  og  $Ny$  er bæreevnefaktorer som avhenger av såleruheten og dimensjonerende friksjonsvinkel
- $p'$  er effektivt overlagingstrykk ved sålen
- $y'$  er midlere effektiv tyngdetetthet under sålen inntil  $1,5 \cdot B_0$
- $B_0$  er effektiv sålebredde
- $a$  attraksjonen under sålen

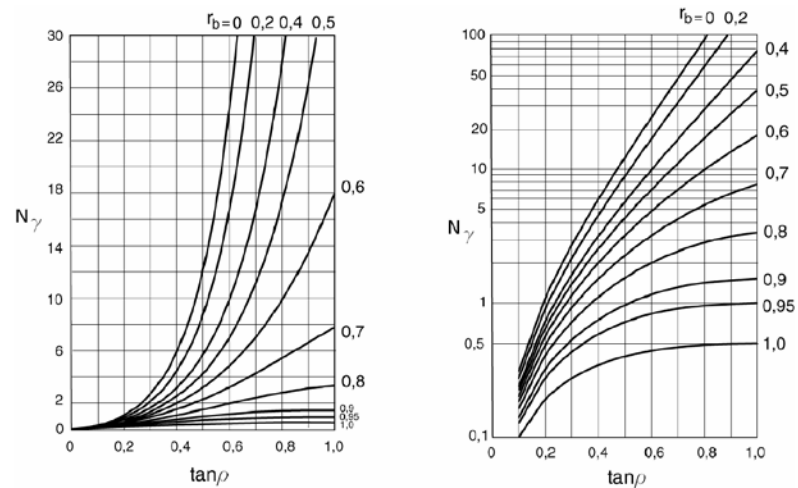


Figur 6.8 Reduksjonsfaktorer  $f_{sa}$  og  $f_{sq}$  – bæreevne i hellende terreng (bearbeidet ut fra Døssland, 1980, Ref. 1).

## Bæreevnefaktorer $N_q$ og $N_y$

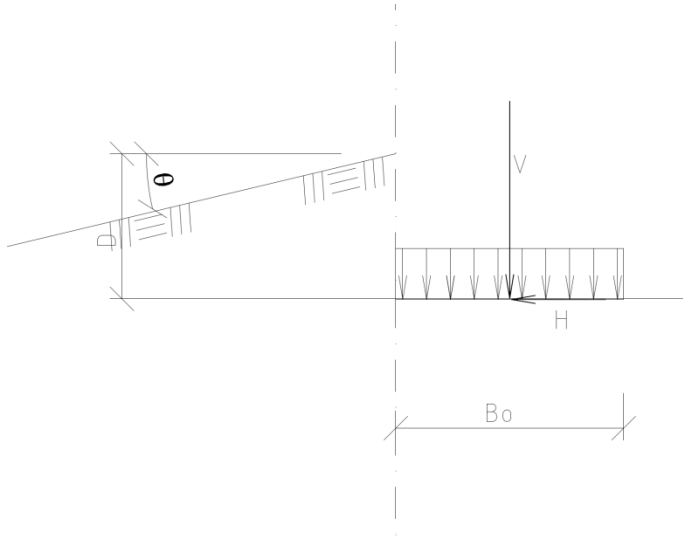


Figur 6.4 Bæreevnefaktor  $N_q$  vist med lineær og med logaritmisk skala. (etter Janbu m.fl. 1976)



Figur 6.5 Bæreevnefaktor  $N_\gamma$  vist med lineær og med logaritmisk skala. (etter Janbu m. fl. 1976)





## Bæreevneformelen

$$\sigma_v = fsq \cdot \left( Nq \cdot p' + \frac{1}{2} \cdot Ny \cdot y' \cdot Bo \right) + (Nq \cdot fsa - 1) \cdot a$$

## Hva som påvirker grunnens bæreevne

- Grunnvannsstanden
- Overlagringshøyden D
- Helning på terrenget foran muren
- Effektiv sålebredde Bo
- Horisontalkraftens størrelse (såleruheten rb)
- Attraksjonen



# 05 – Beregningsprogrammer – Hermann Bruun og Hans Olav Hagen

## Fagdag Tørmurerer 2013-3-7





Statens vegvesen



# Tørrmurregneark

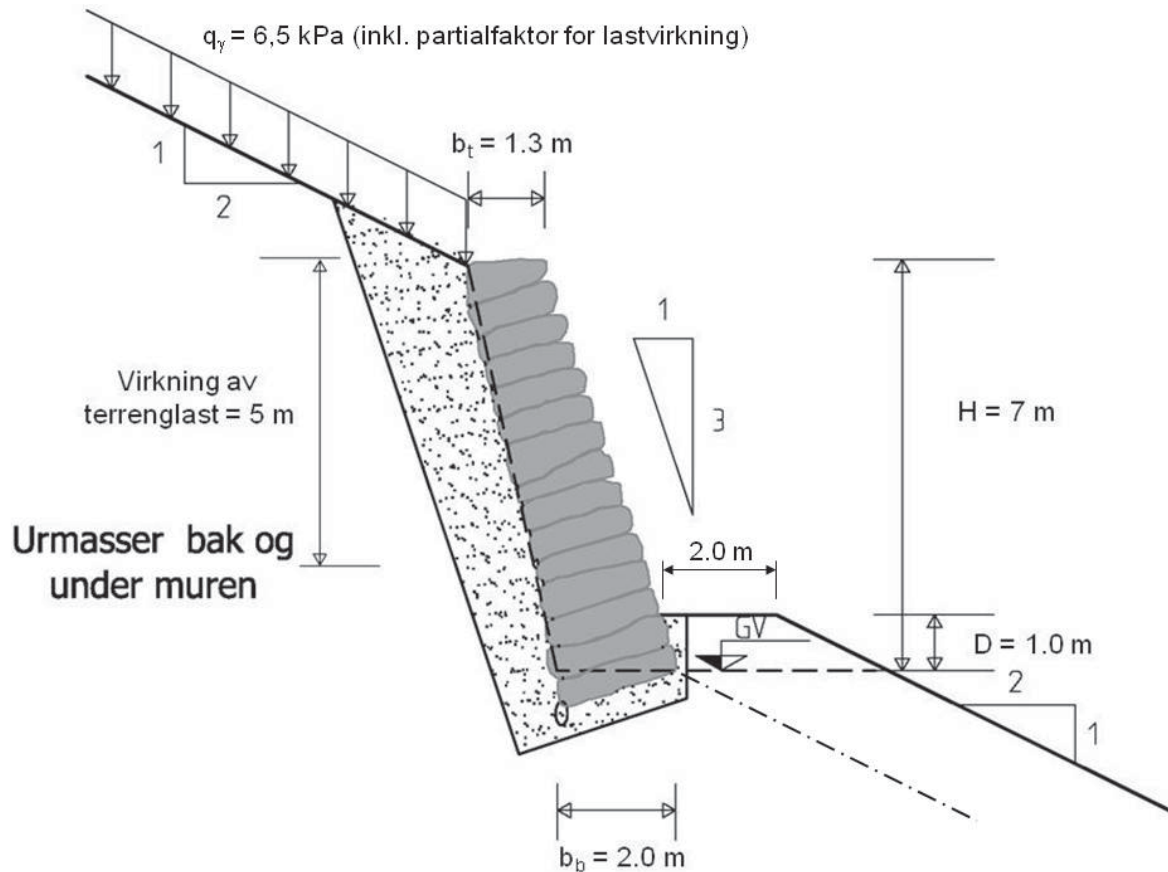
07.03.2013

Tørrmurregneark

Hermann Bruun  
Geoteknikk- og skredseksjonen  
Vegdirektoratet

## 9.6 BEREGNINGSEKSEMPLER

### 9.6.1 Tørrmur fundamentert på urmasser



Figur 9.16 Tørrmur på/mot faste morenemasser

#### a) Geotekniske parametere

Originale masser bak og under mur/bakfyllmasser:

$$\varphi = 42^\circ$$

$$a = 10 \text{ kPa}$$

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$(\gamma = 22 \text{ kN/m}^3 \text{ for selve muren})$$

#### b) Nyttelast på terreng bak mur

$$q = 5 \text{ kPa}$$

#### c) Geometri

Murhelning: 3:1

Murhøyde: 7 meter

Fotdybde mur: 1.0 meter

Murens bredde ved bunn: 2.0 meter

Murens bredde ved topp: 1.3 meter  
 Terrenghelning bak mur: 1:2  
 Terrenghelning foran mur: 1:2

d) Mobiliseringsgrad, partialfaktorer for lastvirkninger og materialfasthet

Bruddgrensetilstand:

Vekt av jord og mur,  $\gamma_{Gj,sup} = 1,0$   
 Nyttelast,  $\gamma_Q = 1,3$

$$q_y = q \cdot \gamma_Q = 5 \cdot 1,3 = 6,5 \text{ kPa}$$

Partialfaktor for materialfasthet:

Skadekonsekvens: alvorlig  
 Bruddmekanisme: seigt, dillatant  
 $\gamma_M = 1,3$  (Figur 0.1)

Hvis det er fare for at masser fra muren vil kunne falle ned på en eventuell nedenforliggende veg hvis brudd i muren skulle oppstå uten forvarsel, må høyere partialfaktor for materialfasthet benyttes.

Benytter partialfaktor,  $\gamma_M = 1,3$  i den videre beregningen ut fra situasjonen i Figur 9.16.

e) Ruhet

Benytter ruhet fra Figur 9.1. Siden en tørrmur ikke vil rotere monolitisk om sålen vil det ikke være riktig å benytte  $r_v = 1/\gamma_m$  som i tilfelle ville gi  $r_v = 1/1,3 = 0,77$ . Noe forskyvning og relativ bevegelse må imidlertid forventes og et anslag kan være  $r_v = 0,3$  for jordtrykksberegningene (bak mur). For krav til fundamentruhet, benyttes  $r_b \leq 0,8$  (skrått terreng foran mur og grus/sprengstein under fundament, se Figur 6.3 i kapittel 6) ved bæreevneberegningene.

f) Jordtrykks- og bæreevneberegning

$$\tan \varphi_d = \frac{\tan \varphi}{\gamma_M} = \frac{\tan 42^\circ}{1,3} = \frac{0,9}{1,3} = 0,693$$

$$s = \frac{\tan \beta}{\tan \varphi_d} = \frac{0,50}{0,693} = 0,722$$

$$t = (1 + r_v) \cdot (1 - s) = (1 + 0,3) \cdot (1 - 0,722) = 0,361$$

Helning av bakkant mur: 
$$d_b = \frac{H}{\frac{H}{d} + b_t - b_b} = \frac{7}{\frac{7}{3} + 1,3 - 2,0} = 4,29$$

$\tan(90-\delta) = d_b$  som gir  $90-\delta = 76,9^\circ$  og  $\delta = 13,1^\circ$

$K_\delta$  bestemmes etter kapittel 5.2.3 for  $\delta = 13,1^\circ$  og  $\varphi_d = 34,7^\circ$  gir  $K_\delta = 0,722$

$K_A$  bestemmes etter kapittel 5, Figur 5.5,  $t = 0,361$  og  $\tan \varphi_d = 0,693$  gir  $K_A = 0,375$

$$K_{A,korr} = K_{\delta} \cdot K_A = 0,722 \cdot 0,375 = 0,271$$

Last på terreng bak mur:  $q_y = 6,5$  kPa inkludert lastfaktor. Virkningen av terrenglasten regnes ned til 5 m dybde under murkronen.

### Samlet jordtrykk bak muren:

Finner først om verdien av leddet  $K_{A,korr} \cdot (p_y + a) - a = 0,271 \cdot (6,5 + 10) - 10 = -5,53$  er større eller mindre enn 0 og velger formeler for  $E_A$  og  $c_1$  ut fra dette.

$$E_A = \frac{5}{2} \cdot [K_{A,korr} \cdot (\gamma \cdot 5 + q_y + a) - a] + (H-5) \cdot [K_{A,korr} \cdot (\gamma \cdot 5 + a) - a] + \frac{H-5}{2} \cdot [K_{A,korr} \cdot \gamma \cdot (H-5)]$$

$$E_A = \frac{5}{2} \cdot [0,271 \cdot (19 \cdot 5 + 6,5 + 10) - 10] + (7-5) \cdot [0,271 \cdot (19 \cdot 5 + 10) - 10] + \frac{7-5}{2} \cdot [0,271 \cdot 19 \cdot (7-5)] = 97,7 \text{ kN/m}$$

Tilhørende momentarm om 0:

$$c_1 = \frac{1}{E_A} \cdot \left\{ \frac{5}{2} \cdot [K_{A,korr} \cdot (\gamma \cdot 5 + q_y + a) - a] \cdot \left[ \frac{5}{3} + (H-5) \right] + (H-5) \cdot [K_{A,korr} \cdot (\gamma \cdot 5 + a) - a] \cdot \frac{1}{2} \cdot (H-5) + \frac{H-5}{2} \cdot [K_{A,korr} \cdot \gamma \cdot (H-5)] \cdot \frac{1}{3} \cdot (H-5) \right\}$$

$$c_1 = \frac{1}{97,7} \cdot \left\{ \frac{5}{2} \cdot [0,271 \cdot (19 \cdot 5 + 6,5 + 10) - 10] \cdot \left[ \frac{5}{3} + (7-5) \right] + (7-5) \cdot [0,271 \cdot (19 \cdot 5 + 10) - 10] \cdot \frac{1}{2} \cdot (7-5) + \frac{7-5}{2} \cdot [0,271 \cdot 19 \cdot (7-5)] \cdot \frac{1}{3} \cdot (7-5) \right\} = 2,55 \text{ m}$$

### Vertikalresultanter:

Vekt av muren:

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{vegg} = 0,5 \cdot (2,0 + 1,3) \cdot 7 \cdot 22 = 254,1 \text{ kN/m}$$

Tilhørende momentarm om 0:

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

$$\frac{\frac{7}{6} \cdot (2 - 1,3) \cdot 22 \cdot \left( 2 - 1,3 - \frac{7}{4,29} \right) + 7 \cdot 1,3 \cdot 22 \cdot \left( 2 - 0,5 \cdot 1,3 - 0,5 \cdot \frac{7}{3} \right)}{254,1} = 0,08 \text{ m}$$

Skjærkraft på bakvegg med tilhørende momentarm (forenklet tilnærming):



$$\text{Vertikalresultant: } c_2 = -\frac{c_1}{d_b} = -\frac{2,55}{4,29} = -0,59 \text{ m}$$

$$T_A = r_v \cdot \tan \varphi_d \cdot \left(\frac{E_A}{H} + a\right) \cdot H = 0,3 \cdot 0,693 \cdot \left(\frac{97,7}{7} + 10\right) \cdot 7 = 34,9 \text{ kN/m}$$

$$R_v = G_v + T_A = 254,1 + 34,9 = 289 \text{ kN/m}$$

Tilhørende momentarm:

$$c_4 = (E_A \cdot c_1 + T_A \cdot c_2 + G_v \cdot c_3) / R_v = (97,7 \cdot 2,55 + 34,9 \cdot (-0,59) + 254,1 \cdot 0,08) / 289 = 0,85 \text{ m}$$

Vertikalresultantens eksentrisitet:

$$e = c_4 - \frac{b_b}{2} = 0,85 - \frac{2}{2} = -0,15 \text{ m}$$

Effektiv fundamentbredde:

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 2 - 2 \cdot (-0,15) = 2,09 \text{ m}$$

$$b_0 \leq b_b = 2,0 \text{ m}$$

Benytter  $b_0 = 2,0$  m i de videre beregningene. Gjennomsnittlig vertikalspenning:

$$q_v = \frac{R_v}{b_0} = \frac{289}{2,0} = 144,5 \text{ kPa}$$

Antar de samme løsmassene under som bak muren, i tillegg antas grunnvannstanden å ligge i underkant av fundamenteringsnivået. I bæreevneberegningene er det også tatt hensyn til hellende terreng foran muren samt at muren har en dybde på 1.0 meter under den horisontale delen av terrenget foran muren som har en utstrekning på 2,0 m. Som et gjennomsnitt hvor det er tatt hensyn til terrenggeometrien foran muren, dimensjon på mulig bruddfigur og grunnvannstand ved underkant fundament er virkning av overdekningen satt til  $p' = 19 \cdot 1,0$  kPa.

Ruhet i fundamentfuge:

$$r_b = \frac{E_A}{b_0 \cdot (q_v + a_{\text{under}}) \tan \varphi_{\text{under}}} = \frac{97,7}{2,0 \cdot (144,5 + 10) \cdot 0,693} = 0,46$$

$$\text{Krav } 1: r_b \leq 0,8 \rightarrow 0,46 \leq 0,8 \rightarrow \text{OK}$$

Bæreevne:

$N_q$  bestemmes etter kapittel 6, Figur 6.4,  $r_b = 0,46$  og  $\tan \varphi_d = 0,693$  gir  $N_q = 16$

$N_\gamma$  bestemmes etter kapittel 6, Figur 6.5,  $r_b = 0,46$  og  $\tan \varphi_d = 0,693$  gir  $N_\gamma = 14$

$f_{sq}$  bestemmes etter kapittel 6, Figur 6.8 for  $\tan \beta = 0,50$  gir  $f_{sq} = 0,20$

$f_{sa}$  bestemmes etter kapittel 6, Figur 6.8 for  $\tan \beta = 0,50$  gir  $f_{sa} = 0,50$

$$\begin{aligned} \sigma_v &= f_{sq} \cdot (N_q \cdot (\gamma_{\text{over}} \cdot D) + 0,5 \cdot N_\gamma \cdot \gamma'_{\text{under}} \cdot b_0) + (N_q \cdot f_{sa} - 1) \cdot a \\ &= 0,20 \cdot (16 \cdot 19 \cdot 1,0 + 0,5 \cdot 14 \cdot (19 - 9,8) \cdot 2) + (16 \cdot 0,50 - 1) \cdot 10 = 156,6 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$q_v < \sigma_v \text{ dvs. OK}$$

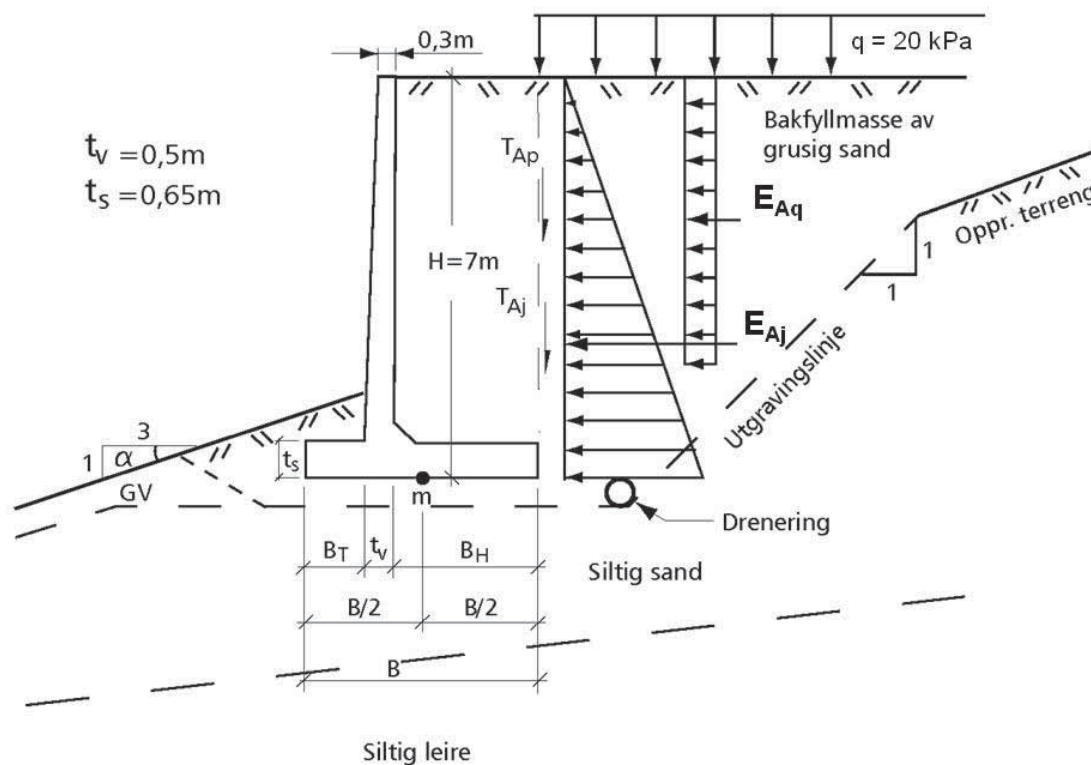
Siden vertikalresultantens eksentrisitet  $e = -0,15$  m, betyr det at muren vil ha en tendens til å lene seg noe mot bakenforliggende masser. Avhengig av relativ bevegelse mellom mur og bakfyllmassene kan det bety lavere  $r$  og eventuelt negativ verdi for  $r$ .

Effekten av dette kan kontrolleres ved å gjenta hele beregningsgangen med en lavere  $r$ , for eksempel  $r = 0,2$ . Dette gir en eksentrisitet på  $e = -0,04$  m og en effektiv sålebredde på  $b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 2 - 2 \cdot (-0,04) = 1,88$  m samtidig som kravet til  $\sigma_v = 149,4 \geq 147,4 = q_v$  tilfredsstilles.

#### KONKLUSJON

En 7,0 m høy tørrmur med helning 3:1 og fotdybde 1,0 m har tilstrekkelig sikkerhet med tykkelse på henholdsvis 2,0 og 1,3 m i bunn og topp.

#### 9.6.2 Vinkelmur på lagdelt grunn



Figur 9.17 Vinkelmur på lagdelt grunn.

#### a) Geotekniske parametere for massene

Bakfyllmasse:

Grusig sand:

$$\tan\varphi = 0,75$$

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$a = 0$$

Masser under fundament:



# Bakgrunn

- Regnearket baserer seg delvis på en mal opprinnelig utarbeidet av Karl Sigurd Fredriksen (rapport nr. 101 i Laboratorieserien) og deretter videreutviklet av Ove Lars Strømme (Region midt), Arild Sleipnes (Region nord) og Hermann Bruun (Vegdirektoratet).

OPPDRAKSNR.:		<b>Dimensjonering av tørrmur i henhold til håndbok 016 - kap. 9</b> <i>Revisjon 2.0 - 1. mars 2015</i> <b>For håndbok 185 (2009)</b>
PROSJEKT:		
PROFIL:		
KOMMENTARER:		
<b>INNDATA</b>		
<b>Geometri av mur og terrengforhold foran og bak mur</b>		
$\gamma_m$	materialfaktor	1.30
$1/M_{\text{anD}}$	terrenghelling avverfakt for muren	2.00
H	murhøyde inkl. ferdigkle	7.0
d	murens halinhø	3.0
b	murens bredde ved bun	2.0
$1/M_{\text{anD}}$	terrenghelling foran muren	2.00
$f_{1,2}$	rothåll muren	0.30
<b>Masser bak murea (middel av baktyll og originale løsmasser) for beregning av jordtrykk</b>		
$\alpha/\beta$	attraksjonsfak. attraksjon bak mur	10.0
$\phi_{1,2}$	friksjonsvinkel for matr. bak muren	42.0
<b>Masser under eller foran murea for bæreevneberegningene</b>		
$\alpha_{\text{under}}$	attraksjon under mur	10.0
$\phi_{\text{under}}$	friksjonsvinkel for matr. under muren	42.0
<b>BEREGNING AV JORDTRYKK OG LASTER</b>		
$1/M_{\text{anD}}$	mak. friksjonsvinkel bak mur	6.69
$1/M_{\text{anD}}$	mak. friksjonsvinkel under mur	6.69
$\rho$	høllende terreng bak mur	0.722
$K_a$	skarr. jordtrykkkoeffisient	0.375
$K_{a, \text{terr}}$	skarr. jordtrykkkoeffisient	0.271
$E_a$	ramlet jordtrykk på bakkest mot	97.6
$G_a$	murens vekt	254.1
$T_a$	skjærkraft på bakkekrøin	34.8
$R_a$	vertikalraft mot	219.9
$c$	vertikalraft mot mur	-0.21
$q_a$	vertikalraft mot mur	144.5
$f_1$	RUHETIFUNDAMENTFUGE	0.454
<b>Krav til maksimal reket i fundamentfuge innfridd</b>		
$N_1$	bæreevnefaktor	12.9
$f_{1,2}$	rothåll for høllende terreng	0.20
$\sigma_a$	TILLATT OVERFØRT FUNDAMENTTRYKK	193.5
<b>Krav til maksimal tillatt overført fundamenttrykk innfridd</b>		



# Oppbygging

- Prosjektidentifisering, inndata, beregninger til venstre og innenfor et A4-ark
- Orientering om historikk, forutsetninger osv. til høyre som kan inkluderes ved utskrift.

OPPDRAGSNR.:  
PROSJEKT:  
PROFIL:  
KOMMENTARER:

**Dimensjonering av tørrmurer i henhold til håndbok 016 - kap. 9**

Korjeien 2.0 - 1. mars 2013

**For håndbok 185 (2009)**

**INNDATA**

Geometri av mure og terrengforhold foran og bak mur		
$T_{\text{m}}$	murteffektivitet	1.20
$W_{\text{ford}}$	terrengskråning overfor bak mur	2.00
$H$	murhøyde inkl. fordykkelse	7.00
$d$	murens hullbredde	3.00
$b$	murens bredde ved topp	4.00
$W_{\text{fond}}$	terrengskråning foran mur	2.00
$r_1$	rotet bak mur	0.30
$r_2$	rotet foran mur	0.30
Masser bak mure (middel av bakfyll og original løsmasser) for beregning av jordtrykk		
$\gamma_{\text{bak}}$	ettersjånings- og strukturalter bak mur	19.0
$\gamma_{\text{bak}}$	ettersjånings- og strukturalter bak mur	19.0
Masser under eller foran mure for bæreevneberegning		
$\gamma_{\text{under}}$	ettersjånings- og strukturalter under mur	19.0
$\gamma_{\text{under}}$	ettersjånings- og strukturalter under mur	19.0

**BEREGNING AV JORDTRYKK OG LASTER**

$t_{\text{jord}}$	mak. friksjonsvinkel bak mur	0.65
$t_{\text{jord}}$	mak. friksjonsvinkel under mur	0.44
$\alpha$	hullbredde terreng bak mur	0.72
<b>skråningsfaktor for bakfyll</b>		<b>0.75</b>
$K_a$	horisontalt jordtrykkkoeffisient	0.375
$E_a$	resultat jordtrykk på akkumulert mur	192.1
$Q_a$	murens vekt	411.4
$T_a$	sluttkraft på akkumulert mur	34.5
$R_a$	vertikal resultat	464.0

**BEREGNING AV BÆREEVNE**

$c$	vertikal resultat	0.49
$q_v$	vertikal belastning, grunnomsatt	172.9
$r_1$	ROHETT FUNDAMENTTRYKK	4.77
<b>ROHETT FUNDAMENTTRYKK</b>		<b>4.77</b>
$N$	horisontal belastning	0.8
$r_2$	rotfaktor for bakfyll bak foran	0.35
$q_v$	TILLATT OVERBÆRER FUNDAMENTTRYKK	24.5

**Beskrivelse av regneark for dimensjonering av tørr-natursteinmurer**

Regnearket baserer seg på de i maloppgitt utarbeidet av Karl Bjørnd Pedersen (rapport nr. 101 i Laboratorierapport) og beretter videreutviklet av Ole Lars Strømme og Arvid Skjerve.

Regnearket beregner jordtrykk mot helningsfaste og murhøyden i sene for målt belastning bak murhøyden som hos Pedersen. Den er fult og E- og punkt for beregning av moment og momentarm til basen av mure. Negative jordtrykk i toppen av muren deler i dem som er angitt for massene bak muren i regnearket i beregningene. Skjematisk T på bakfyllingen er også nevnt i beregningene.

Regnearket benytter samme notasjon som håndbok 016, 6. utgave 2010 og de henviser til figur 9.8 og kap. 9.3.

Det er lagt til rutiner for automatisk beregning av faktorene  $K_a$ ,  $K_b$ ,  $N$ ,  $L$  og  $q_v$ . Formeltekst er i henhold til 2010 utgaven av håndbok 016. I dette ligger også de nødvendige justeringer med hensyn til helningsfaste terreng foran og bak muren samt helling av bakfyllingen i forbindelse med beregning av jordtrykk og bæreevne. Nyligste forside utgitt nr. 18/10/2009.

Rutinen til kontroll fundamenttrykk gjelder for grunn og bergingen under alle ved samme eller 18.22" og for alle ved mindre grunntrykk. Skjematisk foran side er angitt i 1.8.22" og mindre enn 10. Effektiv bredde  $b_v$  av muren er 80% av grunntrykket under minus 2 ganger grunntrykket eksponert med foran. I tillegg er det lagt inn kontroll om at  $b_v$  ikke skal være større enn total bredde av grunn og bakfylling eksponert med foran. Effektiv bredde av grunntrykket,  $b_v$ , kan kun med beregningen av  $q_v$  dersom vertikal resultatet er negativt.

Det er viktig å være klar over at regnearket har dimensjonering ved bruk av mure i murene omgjøring i hvert enkelt tilfelle kan fortolkes i 6.4.1. Regnearket er utarbeidet. Ved beregning av bæreevne med mure i murene effektiv grunntrykket muren,  $q_{\text{eff}}$  med helling til diode 1.5. Ved beregning av  $N$  i sene. Omgivende terreng på  $\gamma_{\text{bak}}$  med  $\gamma_{\text{bak}}$  9.8 og grunntrykket (rapport nr. 1.8.22" og  $\gamma_{\text{bak}}$ ). Ved grunntrykket  $q_v$  om under beregning av murene er vertikal resultatet  $q_v$  for beregning av overføring foran over murens på verdi for  $q_v$ . Legg merke til definisjon av forside i figuren overfor.

Det er lagt inn en tabell i henhold til figur 9.7 når muren er basen.



# Inndata

- All notasjon iht. håndbok 016 Geoteknikk i vegbygging (2010)
- Regnearket er utarbeidet iht. kapittel 9.3 og 9.6

## INNDATA

### Geometri av mur og terrengforhold foran og bak mur

$\gamma_m$	materialfaktor	1.30			
$1/\tan\beta$	terrenghelning over/bakenfor muren	2.00	$q_\gamma$	last bak muren inkl. lastfaktor	6.5
H	murhøyde inkl. fotdybde	7.0	D	murens fotdybde	1.0
d	murens helning	3.0	$b_b$	ekstra bredde av bunnblokk(er)	0.0
b	murens bredde ved bunn	2.0	$b_t$	murens bredde øverst	1.3
$1/\tan\alpha$	terrenghelning foran muren	2.00			
$r_v$	ruhet bak muren	0.30	$\gamma_{vegg}$	spes. tyngde for muren	22.0

### Masser bak muren (middel av bakfyll og originale løsmasser) for beregning av jordtrykk

$a/a_e$	attraksjon/ekv. attraksjon bak mur	10.0	$\gamma_{bak}$	spesifikk tyngde bak muren	19.0
$\phi_{bak}$	friksjonsvinkel for matr. bak muren	42.0			

### Masser under eller foran muren for bæreevneberegningene

$a_{under}$	attraksjon under mur	10.0	$\gamma'_{under}$	midl. eff. tyngde for matr. under mur	9.2
$\phi_{under}$	friksjonsvinkel for matr. under muren	42.0	$\gamma'_{over}$	eff. tyngde for matr. over muren	19.0



## Beregninger

- Regnearket forutsetter at brukeren har erfaring med beregning av tørrmurer og gir i liten grad advarsel ved feil i inngangsdata.
- Det er lagt inn noen feilmeldinger ved bruk som fremkommer som vist

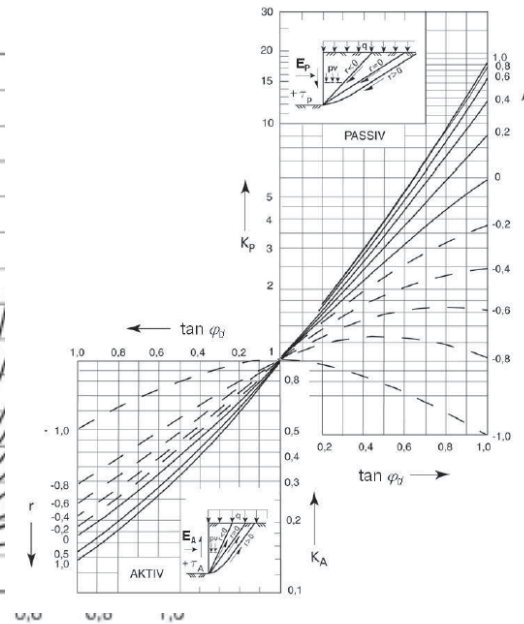
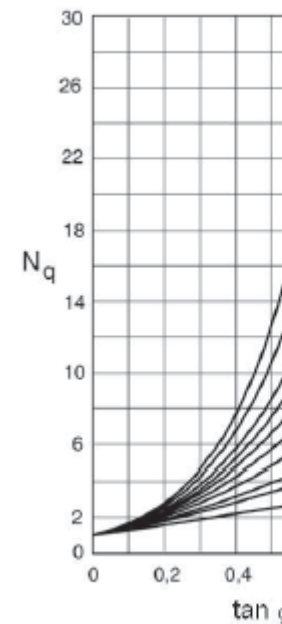
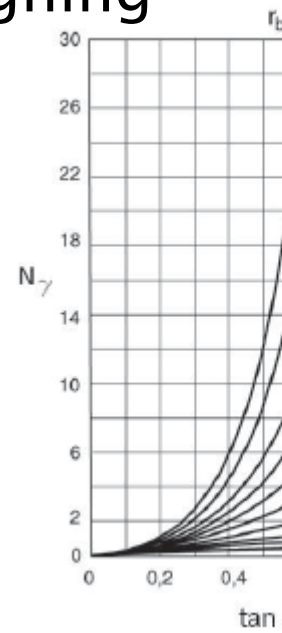
BEREGNING AV JORDTRYKK OG LASTER					
$\tan\rho_{\text{bak}}$	mob. friksjonsvinkel bak mur	0.69	$d_b$	helning av bakkant mur	-19.09
$\tan\rho_{\text{under}}$	mob. friksjonsvinkel under mur	0.44	$\delta$	murhelning for $K_s$ -beregning	177.0
S		0.788			0.388
NB! Helningen for bakskr�ningen er negativ, forenklet beregning kfr. figur 9.7 HB016					
$K_A$	ukorr. jordtrykkskoeffisient	0.375	$K_S$	korreksjon for hellende vegg	1.000
$K_{A \text{ korr}}$	korrigert jordtrykkskoeffisient	0.375			
$E_a$	samlet jordtrykk på bakkant mur	192.1	$C_1$	tilhørende momentarm	2.53
$G_v$	murens vekt	411.6	$C_3$	tilhørende momentarm	1.58
$T_A$	skj�erkraft på bakskr�ning	54.5	$C_2$	tilhørende momentarm	0.13
$R_v$	vertikalresultant	466.0	$C_4$	tilhørende momentarm	2.45
BEREGNING AV BÆREEVNE					
e	vertikalresultantens eksentrisitet	0.45	$b_0$	effektiv fundamentbredde	2.69
$q_v$	vertikalspenning, gjennomsnittlig	172.9			
$r_b$	RUHET I FUNDAMENTFUGE	0.877		Krav til $r_b$ , mindre eller lik	0.70
NB! Krav til maksimal ruhet i fundamentfuge overskredet					
$N_y$	bæreevnefaktor	0.9	$N_q$	bæreevnefaktor	3.7
$f_{sq}$	red.faktor for skrånende terreng	0.20	$f_{sa}$	red.faktor for skrånende terreng	0.66
$\sigma_v$	TILLATT OVERFØRT FUNDAMENTTRYKK	30.5		Krav $\sigma_v > q_v$ og $r_b < \text{krav}$	Nei
NB! Krav til maksimalt tillatt overført fundamenttrykk overskredet					





## Automatisk beregning

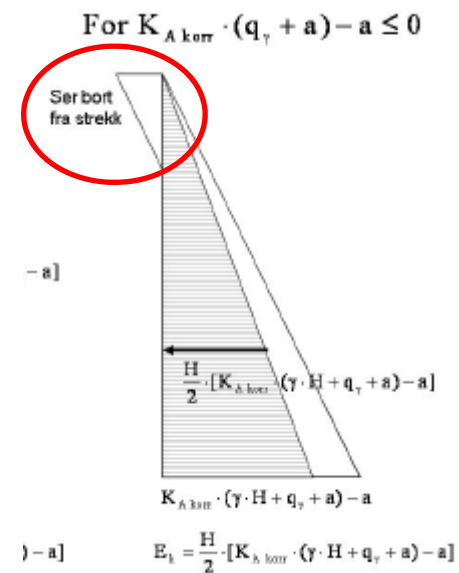
- Det er lagt til rutiner for automatisk beregning av faktorene  $K_A$ ,  $K_\delta$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$ ,  $f_{sq}$  og  $f_{sa}$ . Formelverket er i henhold til 2010 utgaven av håndbok 016.





## Forutsetninger

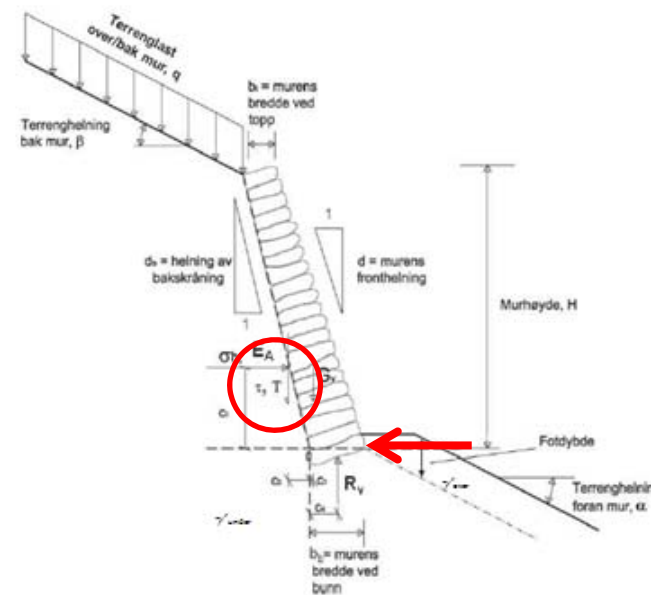
- Negative jordtrykk i toppen av muren (aktuelt dersom attraksjon angis for massene bak muren) neglisjeres i beregningene.





## Forutsetninger

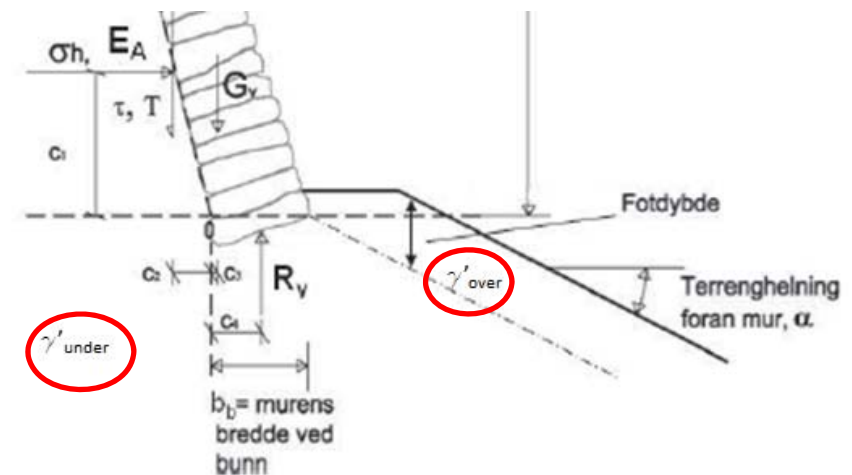
- Regnearket beregner jordtrykk mot hellende bakflate av murfronten
- Skjærkraft,  $T$  på bakskråningen er medtatt i beregningene.
- Passivt mottrykk foran murfot neglisjeres





## Bæreevne

- Ved beregning av bæreevne må man gi inn midlere effektiv tyngdetetthet under muren,  $\gamma'_{\text{under}}$  med virkning til dybde inntil  $1,5 \times B_0$  ved beregning av  $N_g$  leddet.
- Grunnvann i terreng gir  $\gamma'_{\text{under}} = \gamma_{\text{under}} - 9.8$  og grunnvann dypere enn  $1,5 \times B_0$  gir  $\gamma' = \gamma$ . Ved grunnvann f.eks. 2 m under terreng må midlere verdi vurderes skjønnsmessig.
- For beregning av overlaging foran/over murfot gis verdi for  $\gamma'_{\text{over}}$



$\gamma'_{\text{under}}$	midl. eff. tyngde for matr. <b>under</b> mur	9.2
$\gamma'_{\text{over}}$	eff. tyngde for matr. <b>over</b> murnivå	19.0





Statens vegvesen

## 06 – Konstruksjonsprinsipper- Ernst Pytten Fagdag Tørmurerer 2013-3-7





# Fagdag Bru og Vegteknisk, natursteinsmurer

## Historikk

08.03.2013

Konstruksjonsprinsipper

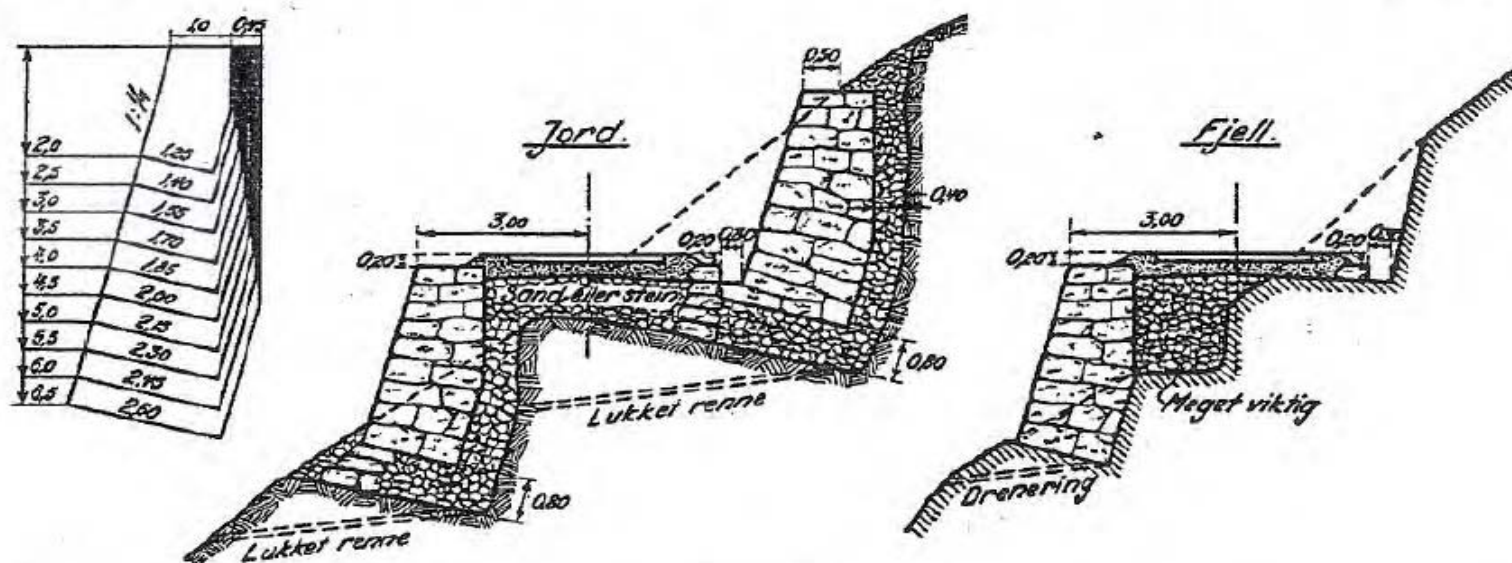


Fig. 301.

Murene dimensjoneres i Statsbanene etter det i fig. 301 angitte skjema. Den sedvanlige anordning i jordlende og fjellterreng er vist i samme figur.

Fig. 20: Utdrag fra læreboka "Vei- og jernbanebygging fra 1941". Her står det mykje om bygging av støttemurar. Forfatteren professor Kolbjørn Heje tvilte den gongen på om "jernbetong" var eigna til støttemurar.



Statens vegvesen

## Fagdag Bru og Vegteknisk, natursteinsmurer Historikk



Fig. 13:  
«Storemuren» mellom Sandane og Reed i Nordfjord. Muren er 55 m lang og største høgd er 21 m. Muren vart bygd i 1880-åra, og er eit prov på godt handverk.



Statens vegvesen

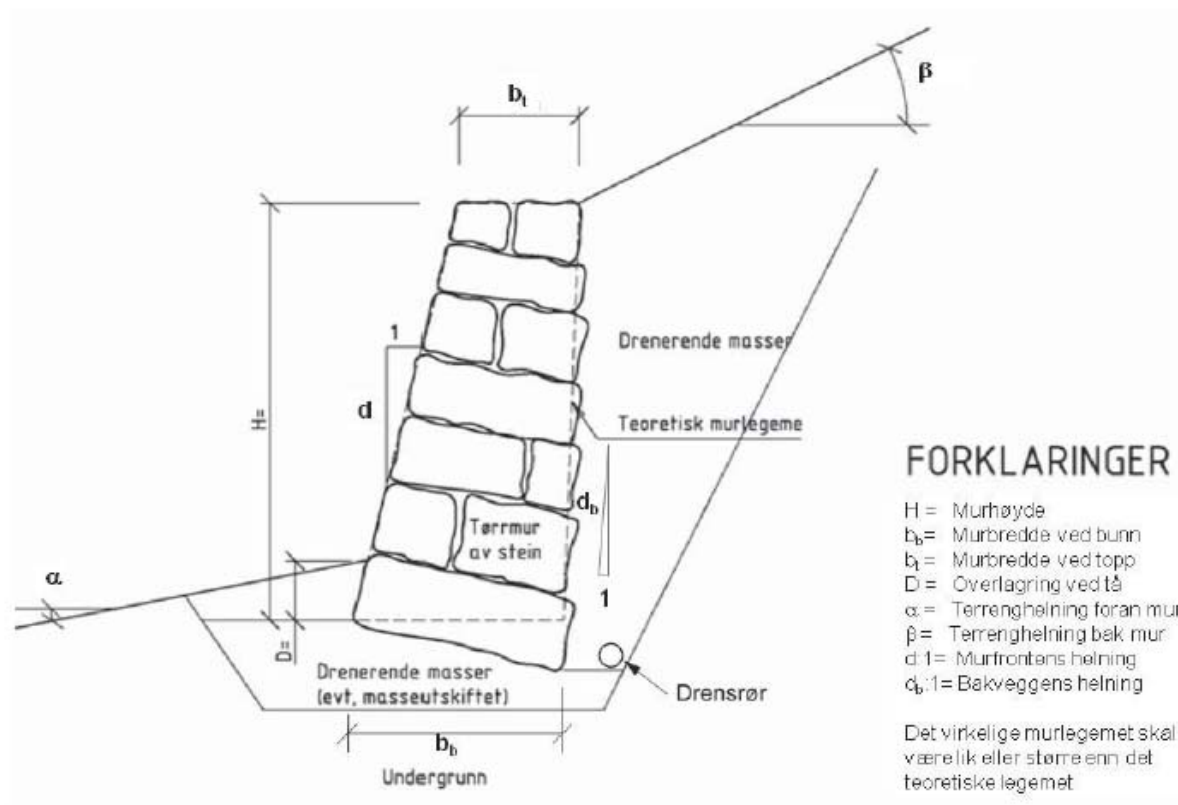
## Fagdag Bru og Vegteknisk, natursteinsmurer Historikk



*Fig. 21: Overingeniøren inspiserer steintransporten.*



# Fagdag Bru og Vegteknisk, natursteinsmurer Konstruksjonsprinsipper



Figur 9.5 Snitt av maskinmurt tørrmur.



## Fagdag Bru og Vegteknisk, natursteinsmurer

# Konstruksjonsprinsipper

- Drenering for å unngå oppbygging av poretrykk bak muren og teleproblemer
- Bak og under mur skal det tilbakefylles drenerende og masser i teleklasse T1
- Drensrør skal føres til frostfritt utløp
- Skal bygges med forbandt alle retninger.  
Bredde = 1,5 x Høyde
- Toppstein bør være så tung at den ikke kan løftes for hånd
- Nederste stein bør fortrinnsvis ha full murbredde
- Blokkene sak legges med helning bakover tilnærmet vinkelrett på murfronten
- Nederste stein skal ha min. 0,5 m overdekning
- Fugene skal ikke fylles med mindre stein
- Alle støttemurer skal kontrolleres for stabilitet og bæreevne





# 07 - Teknisk beskrivelse - Hans Olav Hagen

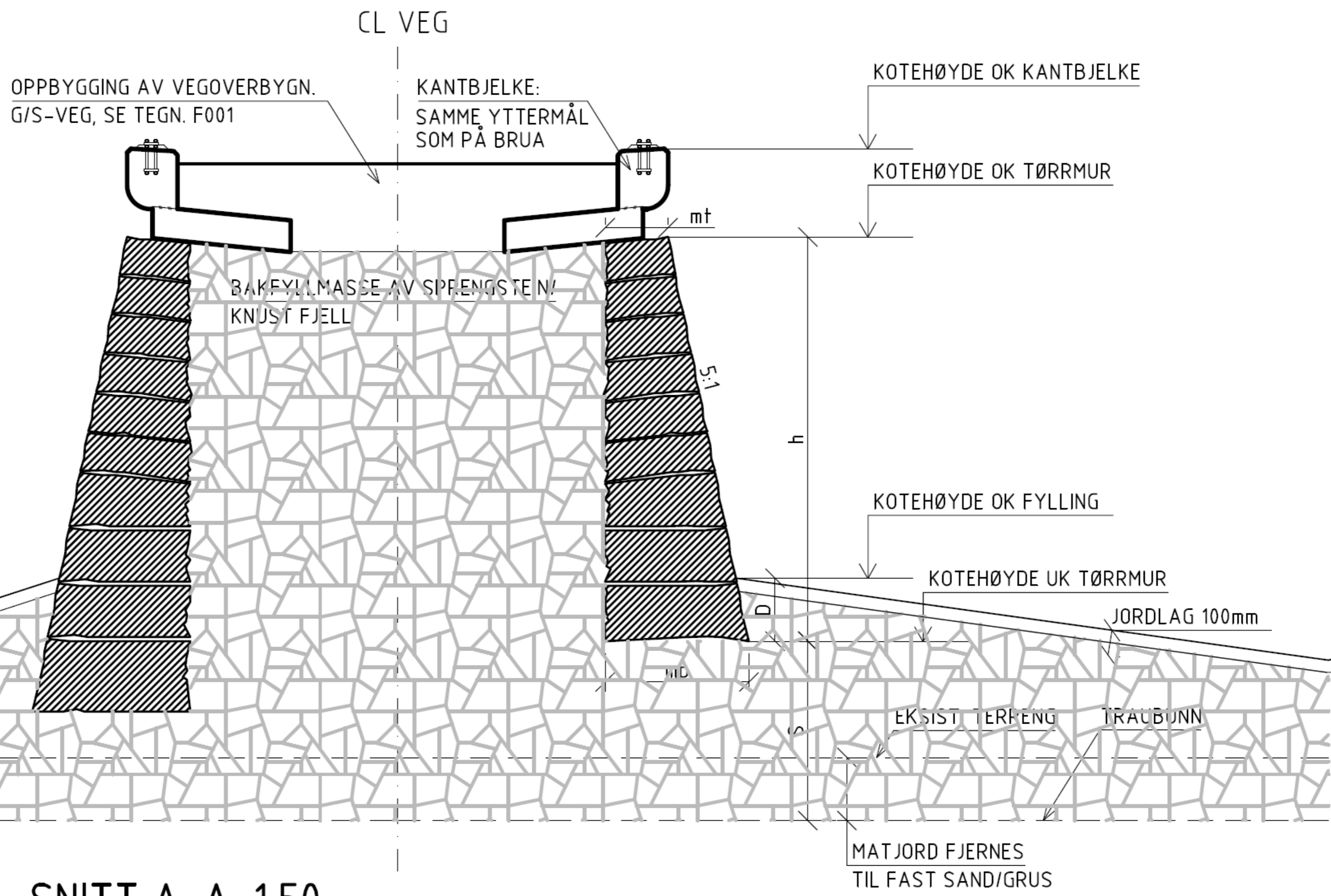
## Fagdag Tørmurerer 2013-3-7



Eksempel på beskrivelse av tørmur  
Hans Olav Hagen  
Bruseksjonen, Region sør



11.520
10.82
7.26
0.50
0.80
3.56
7.26
6.07
5.57
1.69
8.41
1.15



**SNITT A-A, 1:50**



Prosjekt: ØVRE IME G/S-BRU

Side E 1

Sted: B2 VEGRAMPER

Element: F7 TØRRMURER AV NATURSTEIN

Prosess	Beskrivelse	Enhet	Mengde	Enh.pris	Pris
---------	-------------	-------	--------	----------	------

## 0 F7 TØRRMURER AV NATURSTEIN

Dette elementet omfatter tørmurene i g/s-vegens ramper, fra uk mur til topp mur. Murene er vist på tegningene K30, K31, K32, K33. Elementet omfatter selve tørmurene og bakfyllet mellom murene.

Masseutskifting under tørmur er medtatt i annet element.

Tilbakefylling foran ferdige tørmurer, samt jordkledning, er medtatt i annet element.

Øvrige arbeider som, betongfundamenter for rekkverk, rekkverk, vegoppbyggingen med asfalt m.m er medtatt i annet element.

### 71.1 MURER AV NATURSTEIN

a) Omfatter tørmur og bakfyllmasser inn til cl av g/s-veg for 4 tørmurer i g/s-veg ramper. (Masseutskifting, oppfylling og komprimering av underlag for tørmurene er medtatt i andre elementer.)

b) Steinen som brukes må være tilnærmet lik i alle murene for å få et godt helhetsbilde.

Normal steinhøyde skal være i området 350-500 mm. Steinene skal ha rimelig parallele og plane sider; normal lengde på steinen skal være i området 1.5 - 3 ganger steinhøyden. Det er en fordel om steinen har den krevde bredde som kreves i muren. Hvis ikke, må det mures med forbandt også i bredden.

Bakfyllmassen skal være av sprengstein og knust fjell. Massene i den nærmeste sonen mot tørmuren skal være med gradering tilsvarende Fk 0-120. Øvrige masser med gradering tilsvarende forsterkingslag prosess 53.

c) Alle murene må lages over samme lest, slik at de til sammen fremstår som en helhet. Murene skal ha fronthelning 5:1 og skal mures med forbandt i alle retninger. Det skal mures slik at det blir jevnest mulige fuger. Utfyllende småstein i fuger skal ikke forekomme. Skiftene skal legges tilnærmet parallelt med toppen av murkrona slik at man unngår skalkkapping av steinen ved toppen.

Sum denne side:

Akkumulert Element F7 :




Prosjekt: ØVRE IME G/S-BRU

Side E 2

Sted: B2 VEGRAMPER

Element: F7 TØRRMURER AV NATURSTEIN

Prosess	Beskrivelse	Enhet	Mengde	Enh.pris	Pris
	<p>Hvis det brukes betong som underlag /støtte inni muren, skal betongen ikke være synlig fra utsiden. Evt. betong skal ha tilstrekkelig styrke og bestandighet.</p> <p>For at grunnen under murene skal ha tilstrekkelig bæreevne, må tilbakefyllingen med steinmasser utenfor murene utføres innen murene har oppnådd <math>\frac{3}{4}</math> av endelig høyde.</p> <p>Eksempel på utførelse vedr. steintype, steinstørrelse og fugestørrelse:</p> 				
	<p>d) Alle murbreddemål er minimumsmål. Tillatt avvik horisontalt i forhold til teoretisk linje for murtopp er +/- 30 mm Tillatt avvik vertikalt i forhold til teoretisk linje for murtopp er +/- 30 mm. Tillatte lokale sprang fra stein til stein horisontal og vertikalt ved murtopp er 25 mm.</p> <p>x) Mengden måles som horisontal lengde av tørrmur x prosjektert høyde av tørrmur og omfatter både selve tørrmuren og bakfyllmassen inn til cl g/s-veg. Enhet: m<sup>2</sup></p>				
71.101	<b>Murer med minimumsbredder mt=0.40 og mb=0.40</b>	m <sup>2</sup>	79	-----	
71.102	<b>Murer med minimumsbredder mt=0.45 og mb=0.60</b>	m <sup>2</sup>	14	-----	

Sum denne side:

Akkumulert Element F7 :



Prosjekt: ØVRE IME G/S-BRU

Side E 3

Sted: B2 VEGRAMPER

Element: F7 TØRRMURER AV NATURSTEIN

Prosess	Beskrivelse	Enhet	Mengde	Enh.pris	Pris
71.103	Murer med minimumsbredder mt=0.50 og mb=0.80	m <sup>2</sup>	193	-----	-----
71.104	Murer med minimumsbredder mt=0.50 og mb=0.90	m <sup>2</sup>	20	-----	-----
71.105	Murer med minimumsbredder mt=0.50 og mb=1.00	m <sup>2</sup>	59	-----	-----
71.106	Murer med minimumsbredder mt=0.50 og mb=1.10	m <sup>2</sup>	27	-----	-----
71.107	Murer med minimumsbredder mt=0.60 og mb=1.20	m <sup>2</sup>	35	-----	-----
71.108	Murer med minimumsbredder mt=0.65 og mb=1.40	m <sup>2</sup>	25	-----	-----

Sum denne side:

Sum Element F7 ,Overføres til anbudsskjema side G 2 :



Statens vegvesen

## 08 - Tegninger - Hans Olav Hagen Fagdag Tørmurerer 2013-3-7



# **Tørrmurer – tegninger og eksempler**

**Hans Olav Hagen  
Bruseksjonen, Region sør**







# Tegninger for tørrmur

## Forklaringer på tegningen

### FORUTSETNINGER FOR STØTTEMURER

FØLGENDE FORUTSETNINGER ER LAGT TIL GRUNN FOR UNDERGRUNNEN OG BAKFYLLMASSER VED BEREGNING AV TØRRMURENE:

#### UNDERGRUNNEN

1. KONSEKVENSKLASSE CC2, ALVORLIG
2. SEIGT, DILATANT BRUDD
3. SAND /GRUS  $\phi_k = 35^\circ$
4.  $a = 5 \text{ kN/m}^2$
5. VANNSTAND KAN GÅ TIL SÅLENIVÅ AV TØRRMUR
6. TELEFARLIGHETSKLASSE T1

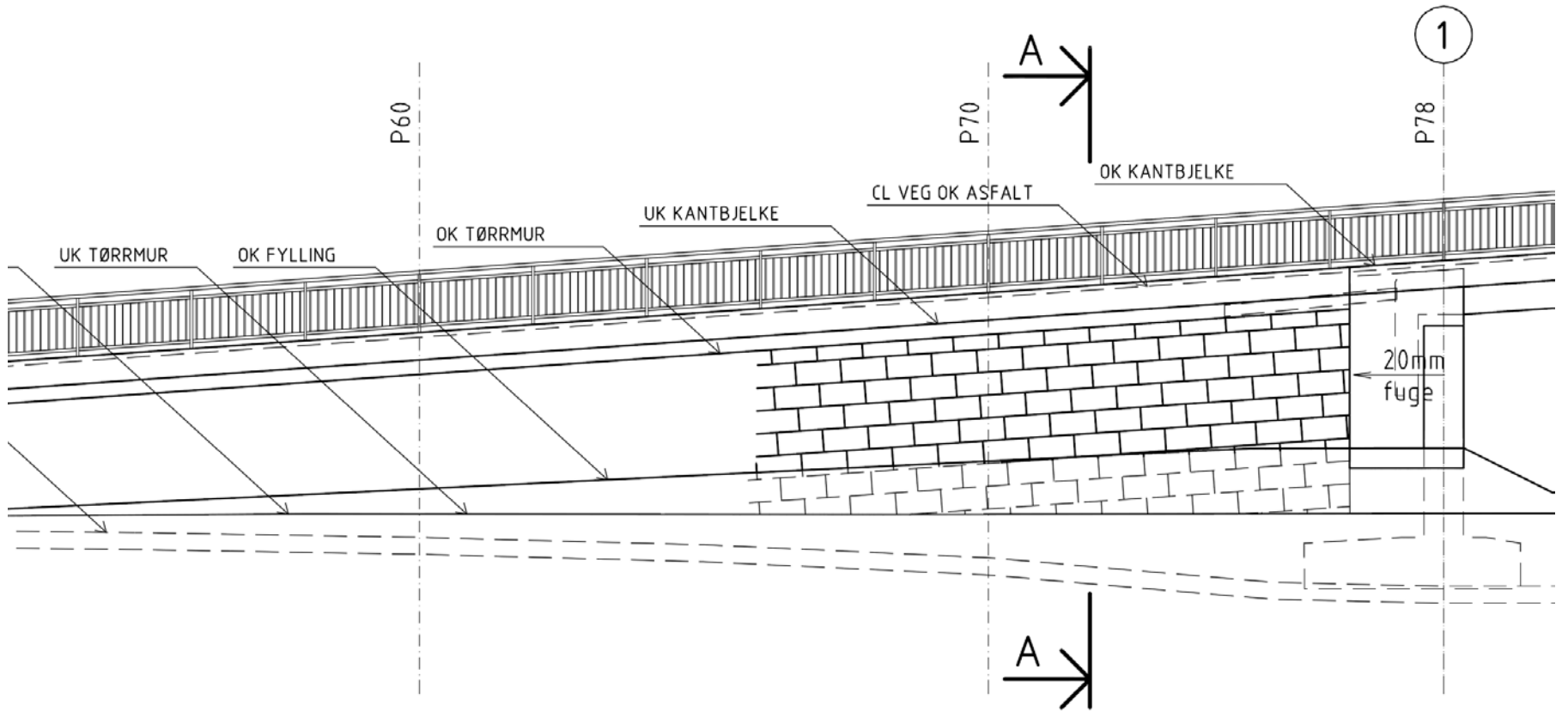
#### BAKFYLLMASSER

1. KONSEKVENSKLASSE CC2, ALVORLIG
2. SEIGT, DILATANT BRUDD
3. SPRENGSTEIN  $\phi_k = 42^\circ$
4.  $a = 5 \text{ kN/m}^2$
5. DRENERTE FORHOLD

DERSOM DET UNDER UTFØRELSEN SKULLE FREMKOMME FORHOLD SOM AVVIKER FRA FORUTSETNINGENE, MÅ PROSJEKTERENDE KONTAKTES.

# UTFØRELSE AV TØRRMURER

1. MATJORDLAGET OG EVENTUELT HUMUSHOLDIG TOPPLAG FJERNES TIL FAST, JOMFRUELIG SAND/GRUS  
(DE ANTATTE KOTEHØYDER ER VEILEDENDE OG MÅ VURDERES PÅ STEDET.)
2. OPPBYGGING TIL UNDERKANT TØRRMUR MED FORSTERKNINGSLAG AV KNUSTE STEINMATERIALER IHT, PROSESS 53.
3. TØRRMURENE PÅ BEGGE SIDER BYGGES OPP OG TILBAKEFYLLES SKIFTVIS. DET TILSTREBES Å LEGGE SKIFTENE PARALLELE MED TOPP TØRRMUR SLIK AT MAN UNNGÅR SKALKKAPPING AV STEINEN. MUREN SKAL BYGGES MED FORBANDT, OGSÅ I TVERRETNING HVIS DET BRUKES MER ENN ÉN STEIN I BREDDEN.
4. BAKFYLLMASSEN SKAL VÆRE AV SPRENGSTEIN OG KNUST FJELL. MASSENE I DEN NÆRMESTE SONEN MOT TØRRMUREN SKAL VÆRE MED GRADERING TILSVANDENDE FK 0-120. ØVRIGE MASSER MED GRADERING TILSVARENDE FORSTERKINGSLAG PROSESS 53.
5. KOMPRIMERING MED HÅNDHOLDT UTSTYR (VIBROPLATE). KOMPRIMERINGEN MÅ TILPASSES KONSTRUKSJONEN.
6. TILBAKEFYLLINGEN MED STEINMASSE UTENFOR MURENE (UNTATT JORDKLEDNING) MÅ GJØRES INNEN MUREN ER BYGGET CA.  $\frac{3}{4}$  AV HØYDEN. (AV HENSYN BÆREEVNE I UNDERGRUNNEN.)
7. ALLE MURBREDDEMÅL ER MINIMUMSMÅL.  
TILLATT AVVIK HORIZONTALT I FORHOLD TIL TEORETISK LINJE FOR MURTOPP ER +/- 30 mm  
TILLATT AVVIK VERTIKALT I FORHOLD TIL TEORETISK LINJE FOR MURTOPP ER +/- 30 mm.  
TILLATTE LOKALE SPRANG FRA STEIN TIL STEIN HORIZONTAL OG VERTIKALT VED MURTOPP ER 25 mm.

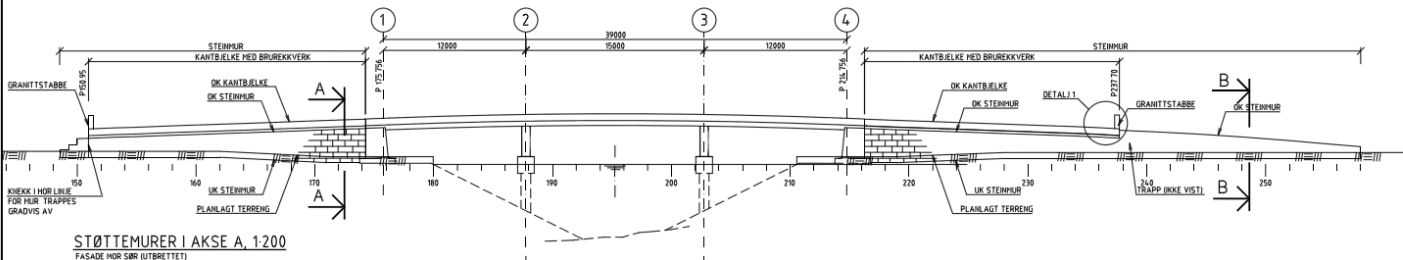




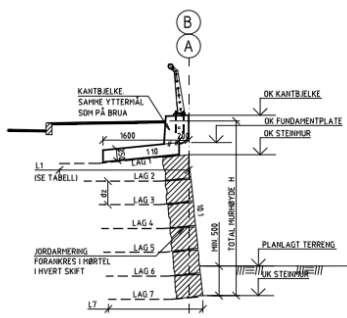
# GEOMETRITABELL FOR MUR

		P30	P35	P40	P45	P50	P55	P60	P65	P70	P75
KOTEHØYDE CL VEG OK ASFALT		8.260	8.600	8.950	9.300	9.650	10.000	10.350	10.700	11.050	11.400
KOTEHØYDE OK KANTBJELKE		8.380	8.720	9.070	9.420	9.770	10.120	10.470	10.820	11.170	11.520
KOTEHØYDE OK TØRRMUR		7.68	8.02	8.37	8.72	9.07	9.42	9.77	10.12	10.47	10.82
KOTEHØYDE UK TØRRMUR		7.04	7.05	7.07	7.15	7.22	7.24	7.27	7.26	7.26	7.26
MURBREDDE TOPP (min. bredde)	mt=	0.40	0.40	0.40	0.40	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
MURBREDDE BUNN (min.bredde)	mb=	0.40	0.40	0.40	0.40	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
MURHØYDE	h=	0.65	0.97	1.30	1.57	1.85	2.18	2.50	2.86	3.21	3.56
KOTEHØYDE PARKERINGSPLASS		7.04	7.05	7.07	7.15	7.22	7.24	7.27	7.26	7.26	7.26
ANTATT KOTEHØYDE EKSIST. TERRENG		7.20	7.10	7.00	7.00	7.00	6.93	6.86	6.68	6.50	6.07
ANTATT KOTEHØYDE TRAUBUNN		6.70	6.60	6.50	6.50	6.50	6.43	6.36	6.18	6.00	5.57
ANTATT HØYDE STEINPUTE UNDER MUR	S=	0.34	0.45	0.57	0.65	0.72	0.81	0.91	1.08	1.26	1.69
KOTEHØYDE OK FYLLING MOT MUR		7.04	7.05	7.07	7.15	7.22	7.46	7.70	7.95	8.20	8.41
OVERLAGRINGSHØYDE	D=	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.43	0.68	0.93	1.15

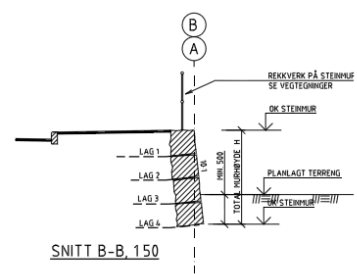
Farøy bru, Farsund



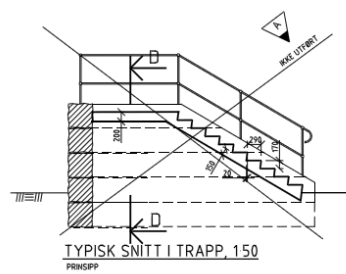
STØTTEMUR I AKSE A, 1:200  
FASADE NOR SØR (UTBRETET)



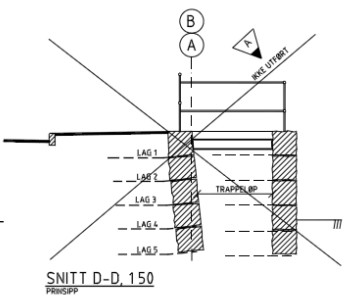
SNITT A-A, 1:50  
SE DIMENSJONERINGSTABEL FOR JORDARMERING



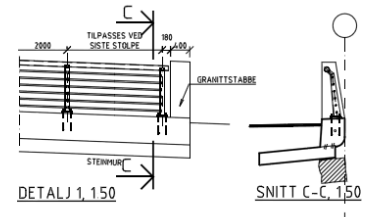
SNITT B-B, 1:50



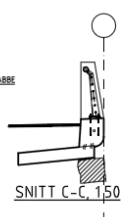
TYPISK SNITT I TRAPP, 150  
PRINSPP



SNITT D-D, 1:50  
PRINSPP



DETALJ 1, 1:50



SNITT C-C, 1:50

HØYDETABLEN FOR MURER I AKSE A, PÅ SØRSIDEN

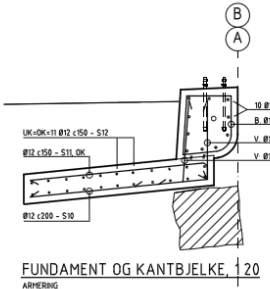
Pol nr.	UK steinmur	OK steinmur	OK kantbjelke	OK kantbjelke	Planlagt terreng	Total høyde H*
150.95	0.600	2.191	2.411	2.884	1.100	2.264
152	0.600	2.229	2.469	3.022	1.100	2.302
154	0.600	2.301	2.521	3.094	1.100	2.374
156	0.600	2.374	2.594	3.167	1.100	2.447
158	0.600	2.448	2.668	3.239	1.100	2.519
160	0.600	2.518	2.738	3.311	1.100	2.591
162	0.600	2.590	2.810	3.383	1.100	2.663
164	0.600	2.663	2.883	3.456	1.000	2.636
166	0.600	2.735	2.955	3.528	1.000	3.008
168	0.300	2.807	3.027	3.600	0.800	3.180
170	0.200	2.879	3.099	3.672	0.700	3.352
172	0.150	2.952	3.172	3.745	0.650	3.475
174	0.100	3.024	3.244	3.817	0.650	3.547
174.25	0.150	3.033	3.253	3.826	0.650	3.556
216.25	0.150	3.017	3.237	3.810	0.650	3.540
218	0.150	2.947	3.167	3.740	0.650	3.470
220	0.200	2.877	3.097	3.670	0.700	3.350
222	0.300	2.807	3.027	3.600	0.800	3.180
224	0.400	2.737	2.957	3.530	0.900	3.010
226	0.500	2.667	2.887	3.460	1.000	2.840
228	0.500	2.597	2.817	3.390	1.100	2.770
230	0.500	2.527	2.747	3.320	1.200	2.700
232	0.500	2.457	2.677	3.250	1.300	2.630
234	0.500	2.387	2.607	3.180	1.400	2.560
236	0.500	2.317	2.537	3.110	1.500	2.470
237.70	0.500	2.203	2.423	2.996	1.100	2.376
237.70	0.500	2.276	2.496	3.069	1.100	2.376
238	0.500	2.860	3.080	3.300	1.100	2.360
240	0.500	2.710	2.930	3.150	1.100	2.210
242	0.500	2.670	2.890	3.110	1.100	2.170
244	0.500	2.570	2.790	3.010	1.100	2.070
246	0.500	2.442	2.662	2.882	1.100	1.942
248	0.500	2.308	2.528	2.748	1.100	1.808
250	0.500	2.157	2.377	2.597	1.100	1.657
252	0.500	2.006	2.226	2.446	1.100	1.506
254	0.500	1.827	2.047	2.267	1.100	1.327
256	0.500	1.683	1.903	2.123	1.100	1.183
258	0.500	1.500	1.720	1.940	1.100	1.000

DIMENSJONERINGSTABEL FOR JORDARMERING (SE SNITT A-A)  
JORDARMERING SKAL HA KARAKTERISTISKE LÅNGTIDSSTYRKE HØST  $f_{tk} \geq 23$  MPa

	For høyde H $\leq 3.6$ m	For høyde H $\leq 3.0$ m	For høyde H $\leq 2.5$ m	For høyde H $\leq 2.0$ m	For høyde H $\leq 1.5$ m	For høyde H $\leq 1.0$ m
Minste antall armeringslag	n = 6	5	5	4	4	3
Største avstand mellom arm lag	s <sub>max</sub> = 0.67	0.60	0.57	0.53	0.47	0.47
Armeringslag 1 (søverst)	L1 = 2.70	2.50	2.20	1.90	1.70	1.40
Armeringslag 2	L2 = 2.20	1.90	1.70	1.60	1.40	1.40
Armeringslag 3	L3 = 2.00	1.80	1.70	1.60	1.40	1.40
Armeringslag 4	L4 = 2.00	1.80	1.70	1.60	1.40	1.40
Armeringslag 5	L5 = 2.00	1.80	1.70	1.60	1.40	1.40
Armeringslag 6	L6 = 2.00	1.80	1.70	1.60	1.40	1.40
Armeringslag 7	L7 = 2.00	1.80	1.70	1.60	1.40	1.40

UTFØRELSE:

- TIL MUREN PÅ SØRSIDEN BRUKES STEINEN FRA NORDSIDEN AV EKISTERENDE BRU (E BEST TILPASSENDE STENENE)
- TIL MUREN PÅ NORDSIDEN BRUKES STEINEN FRA SØRSIDEN AV EKISTERENDE BRU
- DET SKAL ALL TID SOM ET MINNER BRUKES JORDARMERING VED UK STENMUR OG HVERT SKIFT DESSETEN SKAL ANTALL ARMERINGSLAG OG AVSTANDEN MELLOM DISSE TILFØRES I TABELLEN
- ARMERINGSLENDENE FOR HVERT LAG ER GITT I TABELL OG MÅLES FRA FRONTOFFEN AV STEINMUREN OG IKKE VÆRE STYLVIG FRA UTSIDEN
- FOR Å SKRE FORHØRNINGEN AV ARMERINGSLENDENE I SKIFTENE SKAL DET BRUKES JORDFUKTIG BETONGRØRTEL I ALLE SKIFT. HØRTELEN SKAL FYLLE UT HULLROPENE, MEN IKKE BIDRA TIL Å IKKE TRYKKELEN PÅ FUGGENE. HØRTELEN AVSLUTTES CA 100 mm FRA FRONTOFFEN AV MUREN OG SKAL IKKE VÆRE STYLVIG FRA UTSIDEN
- SOM BAKFYLL I KONSTRUKSJONEN SKAL DET BRUKES VELGRADERT SPRENGSTEN MED  $D_{max} \leq 250$  mm, OG CU = 5
- HØT LANDKARVENGEN LEGGES STEPURENS LIV CA 20 mm INNENFOR VANGENS LIV (AV HENSYN TIL MULIGE DEFORMASJONER)
- MER UTFØRELSE OPPLYSNINGER ER GITT I BESKRIVELSE



FUNDAMENT OG KANTBJELKE, 20  
ARMERING

HENVISNINGER

FORKLARINGER

MÅL I mm  
MÅLKLASSE HA  
BETONGSPESIFIKASJON CSS, SV-40  
KONTROLLKLASSE UTVETET KONTROLL  
NYTTELAST 30 kN/m<sup>2</sup> NYTTELAST PÅ TERRENG  
TRERAKTLEKTER ALLE STYLVIGE HØRNER PÅSES MED TRERAKT 20x20  
FORSKALINGENDE SVYLIGE FLATER LANGSGÅENDE BORDFORSKALING  
HØYDER: ALLE HØYDER REFERERES TIL HGO S HØYDEGRUNNLAG

BØYELSTE SIDE ARMERINGSKVALITET ARMERINGSOVERDEKNING S1 B500C GENERELT 40 mm TL. 402 MONTERINGSLEGN 55 mm TL. KONSTRUKTIV ARMERING TILLÅTT AVVIK = 15 mm FOR MONTERINGSLEGN = 15 mm FOR KONSTRUKTIV ARMERING BETONGTOLER: SVV S PUBL. 78 GJELDER ARMERINGSSTOLER STÅNGHØRNINGER LØPESIDEARMERING ØMFARINGSKJUTTER FOR IM-ARMERING SKAL FORSKYVES SLK AT IKKE MER ENN HVER 2 STANG SK. BITES I SAMME GINT HVIS IKKE ANNET ER GITT SK. ØMFARINGSLENDENE VÆRE HØY 40-8

Tegn nr. K13 Rev. A

SOM BYGD-TEGNING

Rev.	Dato	Erstatning - endring	HØH	Kontr.	Godkj./sign.
A	16.11.2006	SOM BYGD			

Stasjons vegvesen

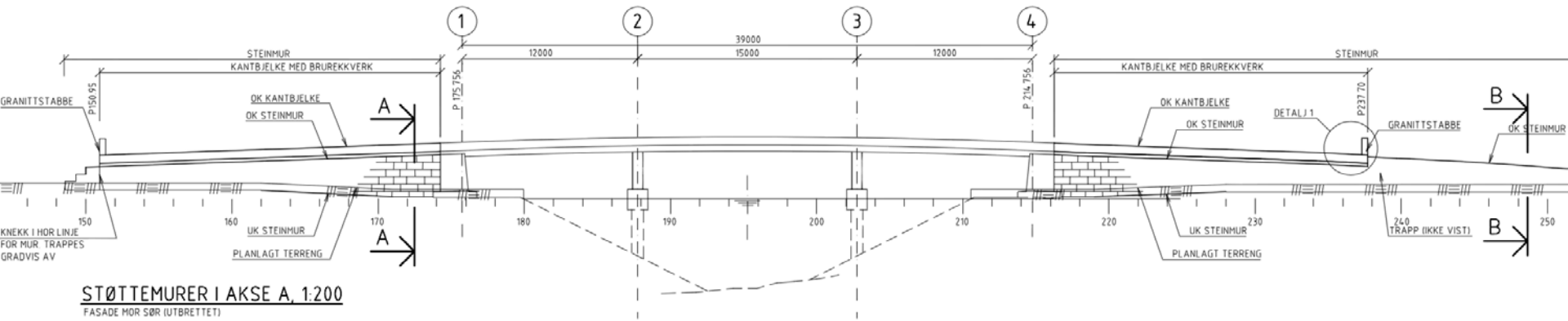
RV 04.3 Hp 03  
FARSUND - LYNGDAL X039

FARBY BRU, BRU NR. 10-1294  
SØTTEMURER FOR RIKSVEG I AKSE A

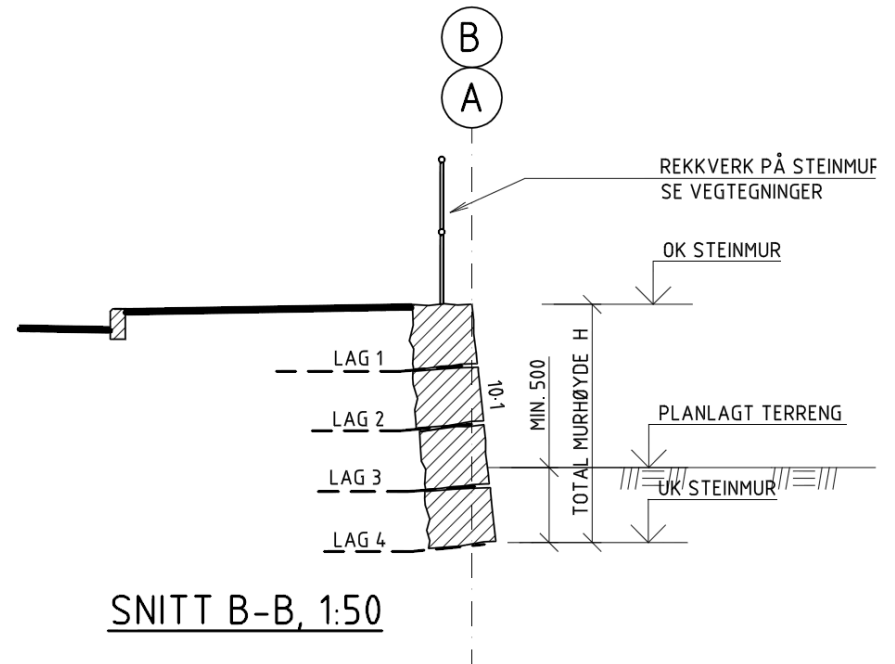
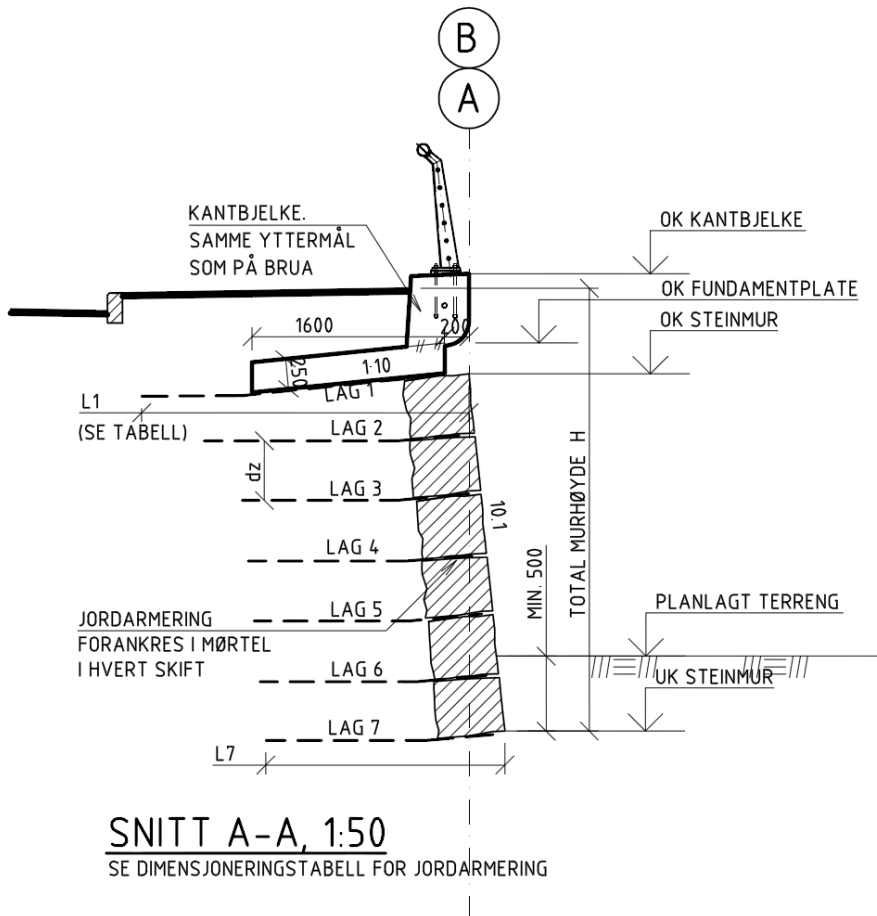
Produert av: Stasjons vegvesen Region sør, Br.

Tegn nr. K13 Rev. A





**STØTTEMURER I AKSE A, 1:200**  
 FASADE MØR SØR (UTBRETTEI)



## HØYDETABELL FOR MURER I AKSE A, PÅ SØRSIDEN

Pei nr.	UK steinmur	OK steinmur	OK fundamentplate	OK kantbjelke	Planlagt terreng	Total murhøyde H=
150.95	0.600	2.191	2.411	2.984	1.100	2.264
152	0.600	2.229	2.449	3.022	1.100	2.302
154	0.600	2.301	2.521	3.094	1.100	2.374
156	0.600	2.374	2.594	3.167	1.100	2.447
158	0.600	2.446	2.666	3.239	1.100	2.519
160	0.600	2.518	2.738	3.311	1.100	2.591
162	0.600	2.590	2.810	3.383	1.100	2.663
164	0.500	2.663	2.883	3.456	1.000	2.836
166	0.400	2.735	2.955	3.528	0.900	3.008
168	0.300	2.807	3.027	3.600	0.800	3.180
170	0.200	2.879	3.099	3.672	0.700	3.352
172	0.150	2.952	3.172	3.745	0.650	3.475
174	0.150	3.024	3.244	3.817	0.650	3.547
174.25	0.150	3.033	3.253	3.826	0.650	3.556
216.25	0.150	3.017	3.237	3.810	0.650	3.540
218	0.150	2.947	3.167	3.740	0.650	3.470
220	0.200	2.877	3.097	3.670	0.700	3.350
222	0.300	2.807	3.027	3.600	0.800	3.180
224	0.400	2.737	2.957	3.530	0.900	3.010
226	0.500	2.667	2.887	3.460	1.000	2.840
228	0.500	2.597	2.817	3.390	1.100	2.770
230	0.500	2.527	2.747	3.320	1.100	2.700
232	0.500	2.457	2.677	3.250	1.100	2.630
234	0.500	2.387	2.607	3.180	1.100	2.560
236	0.500	2.297	2.517	3.090	1.100	2.470
237.70	0.500	2.203	2.423	2.996	1.100	2.376
237.70	0.500	2.876			1.100	2.376
238	0.500	2.860			1.100	2.360
240	0.500	2.770			1.100	2.270
242	0.500	2.670			1.100	2.170
244	0.500	2.570			1.100	2.070
246	0.500	2.442			1.100	1.942
248	0.500	2.305			1.100	1.805
250	0.500	2.157			1.100	1.657
252	0.500	2.006			1.100	1.506
254	0.500	1.827			1.100	1.327
256	0.500	1.653			1.100	1.153
258	0.500	1.500			1.100	1.000

## DIMENSJONERINGSTABELL FOR JORDARMERING (SE SNITT A-A)

JORDARMERING SKAL HA KARAKTERISTISK LANGTIDSSYRKE MINST  $f_k=22$  KN

		For høyde H <= 3.6 m	For høyde H <= 3.0 m	For høyde H <= 2.5 m	For høyde H <= 2.0 m	For høyde H <= 1.5 m	For høyde H <= 1.0 m
Minste antall armeringslag	n =	6	5	5	4	4	3
Største avstand mellom arm.lag	dz =	0.67	0.60	0.57	0.53	0.47	0.47
Armeringslengde, lag 1 (øverst)	L1 =	2.70	2.50	2.20	1.90	1.70	1.40
Armeringslengde, lag 2	L2 =	2.20	1.90	1.70	1.60	1.40	1.40
Armeringslengde, lag 3	L3 =	2.00	1.80	1.70	1.60	1.40	1.40
Armeringslengde, lag 4	L4 =	2.00	1.80	1.70	1.60	1.40	1.40
Armeringslengde, lag 5	L5 =	2.00	1.80	1.70	1.60	1.40	
Armeringslengde, lag 6	L6 =	2.00	1.80	1.70			
Armeringslengde, lag 7	L7 =	2.00					

## UTFØRELSE:

- TIL MUREN PÅ SØRSIDEN BRUKES STEINEN FRA NORDSIDEN AV EKSISTERENDE BRU (DE BEST TILPASSENDE STEINENE)
- TIL MUREN PÅ NORDSIDEN BRUKES STEINEN FRA SØRSIDEN AV EKSISTERENDE BRU
- DET SKAL ALLTID SOM ET MINIMUM BRUKES JORDARMERING VED UK STEINMUR, OG I HVERT SKIFT. DESSUTEN SKAL ANTALL ARMERINGSLAG OG AVSTANDEN MELLOM DISSE TILFREDSSTILLE KRAVENE I DIMENSJONERINGSTABELLEN
- ARMERINGSLENGDEN FOR HVERT LAG ER GITT I TABELL OG MÅLES FRA FRONT STEINMUR. ARMERINGEN SKAL AVSLUTTES CA 100 mm FRA FRONTEN AV STEINMURERN OG IKKE VÆRE SYNLIG FRA UTSIDEN.
- FOR Å SIKRE FORANKRINGEN AV ARMERINGEN I SKIFTENE SKAL DET BRUKES JORDFUKTIG BETONGMØRTEL I ALLE SKIFT. MØRTELEN SKAL FYLLE UT HULROMMENE, MEN IKKE BIDRA TIL Å ØKE TYKKELSEN PÅ FUGENE. MØRTELEN AVSLUTTES CA. 100 mm FRA FRONTEN AV MUREN OG SKAL IKKE VÆRE SYNLIG FRA UTSIDEN
- SOM BAKFYLL I KONSTRUKSJONEN SKAL DET BRUKES VELGRADERT SPRENGSTEIN MED  $D_{100} < 250$  MM, OG  $C_{U} > 5$
- MOT LANDKARVANGEN LEGGES STEIMURENS LIV CA 20 mm INNENFOR VANGENS LIV (AV HENSYN TIL MULIGE DEFORMASJONER)
- MER UTFØRLIGE OPPLYSNINGER ER GITT I BESKRIVELSEN

















Rederiet  
Hotel

WELCOME TO  
SANDNES









Vigeland bru

















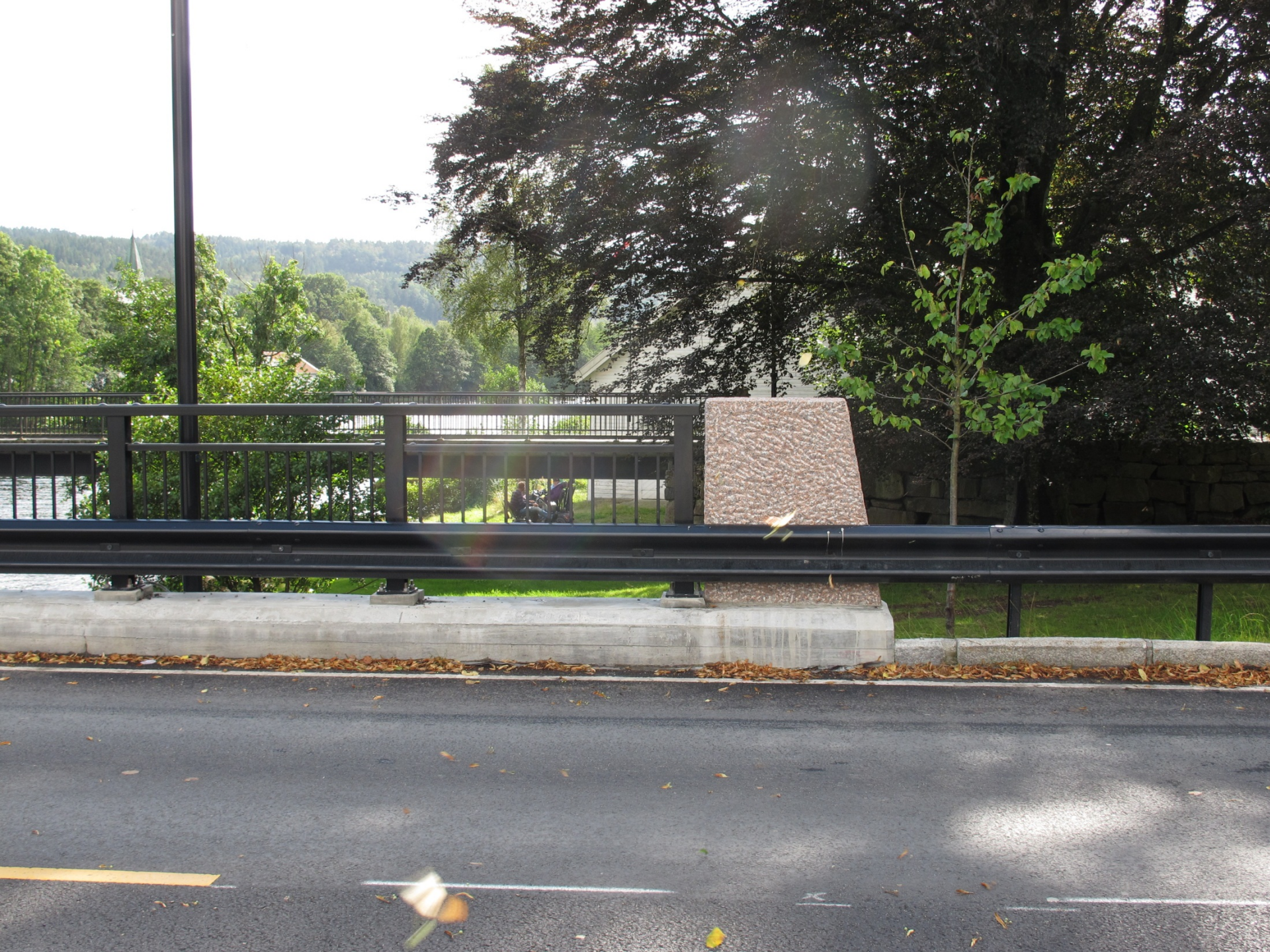














# Spangereidkanalen





















































# Murer i Lillehavn

















# 09 - Eksempler på bruk av tørrmurer - Hans Olav Hagen

## Fagdag Tørrmurer 2013-3-7

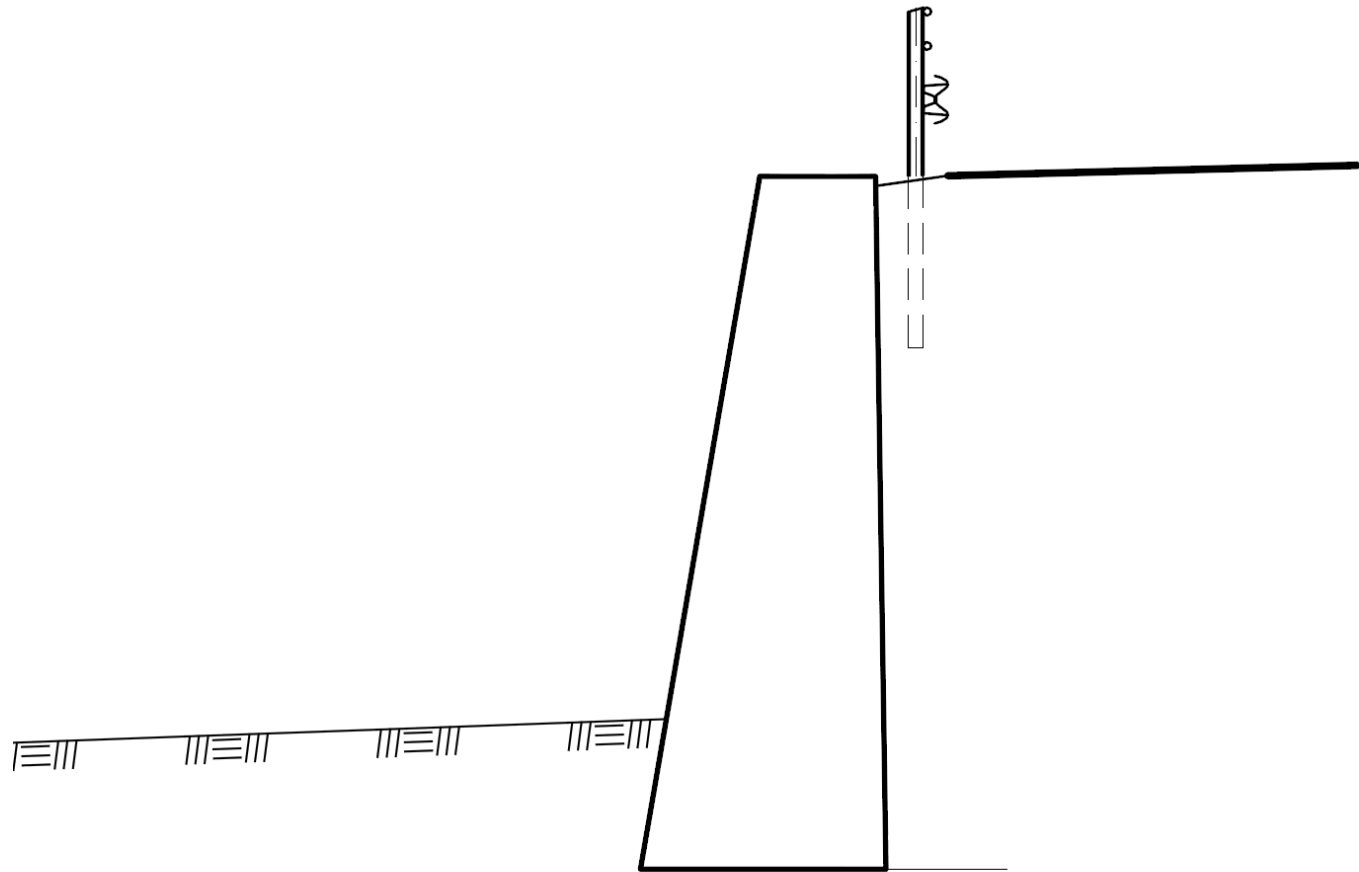


# **Tørrmurer – typer, utførelser, eksempler**

**Hans Olav Hagen  
Bruseksjonen, Region sør**



# Tørrmur typer



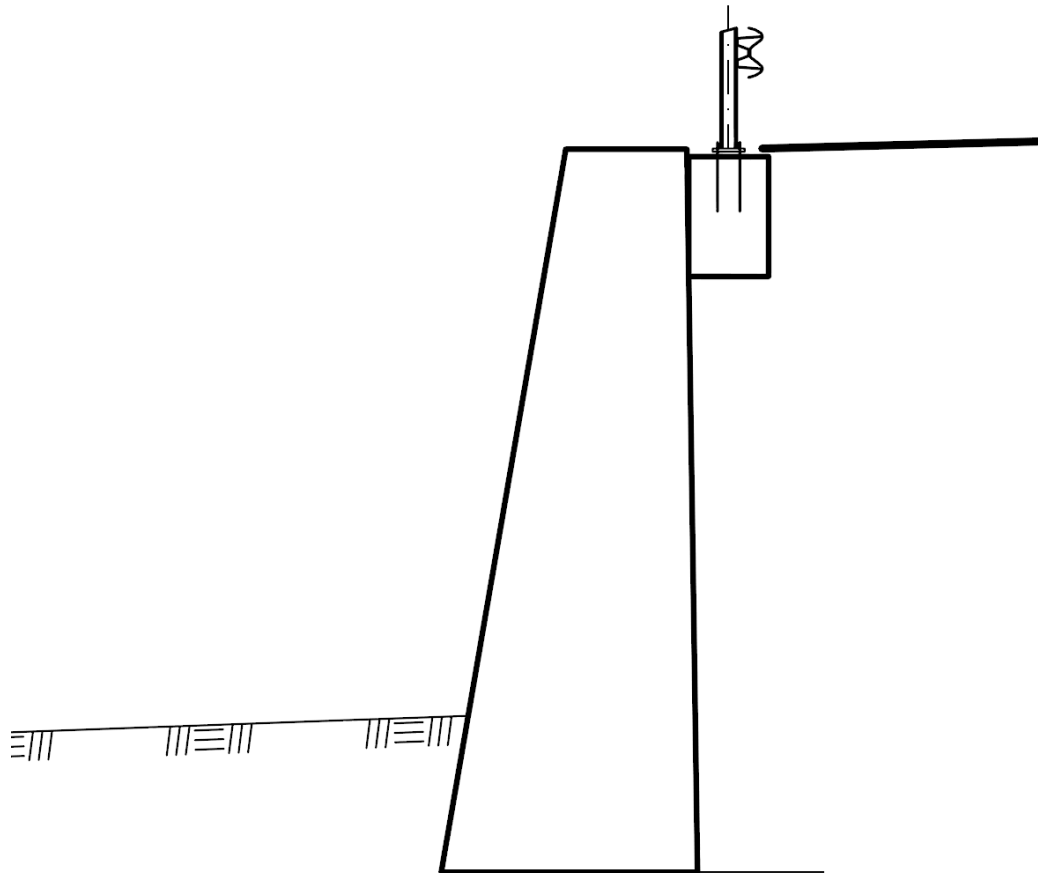
## TYPISK SNITT

TYPE 1

ENSIDIG FRONT

REKKVERK I JORD INNAFOR



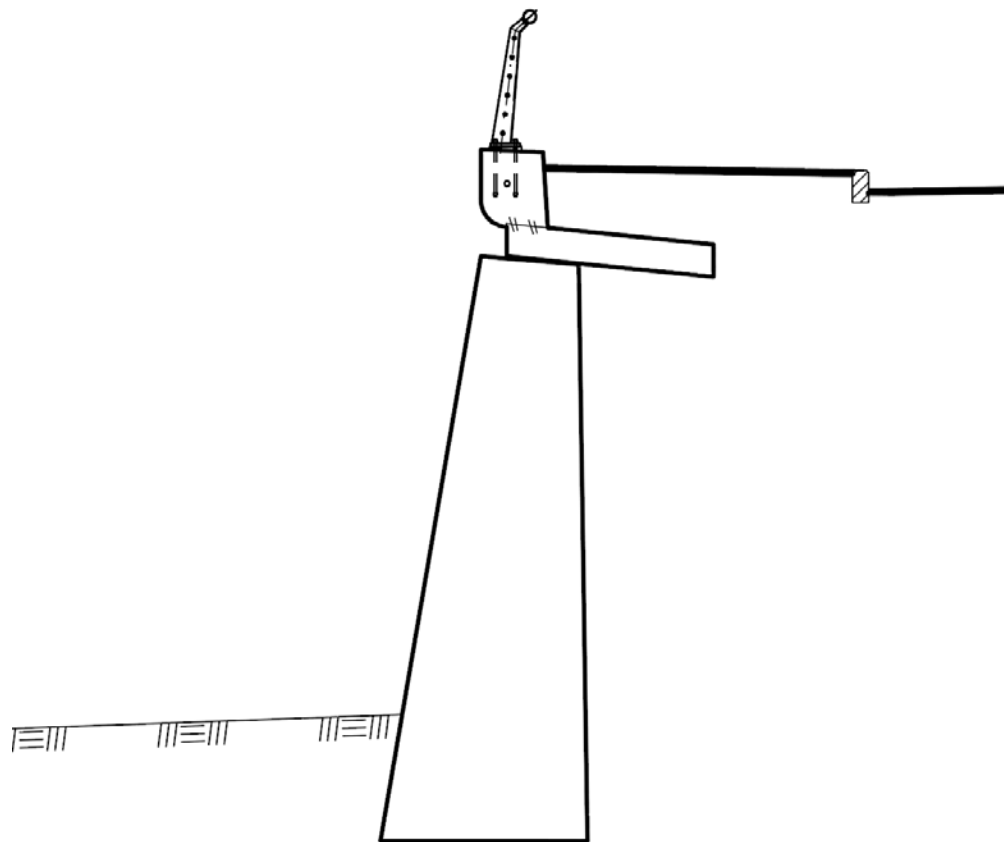


## TYPISK SNITT

TYPE 2

ENSIDIG FRONT

REKKVERK PÅ FUNDAMENT INNAFOR

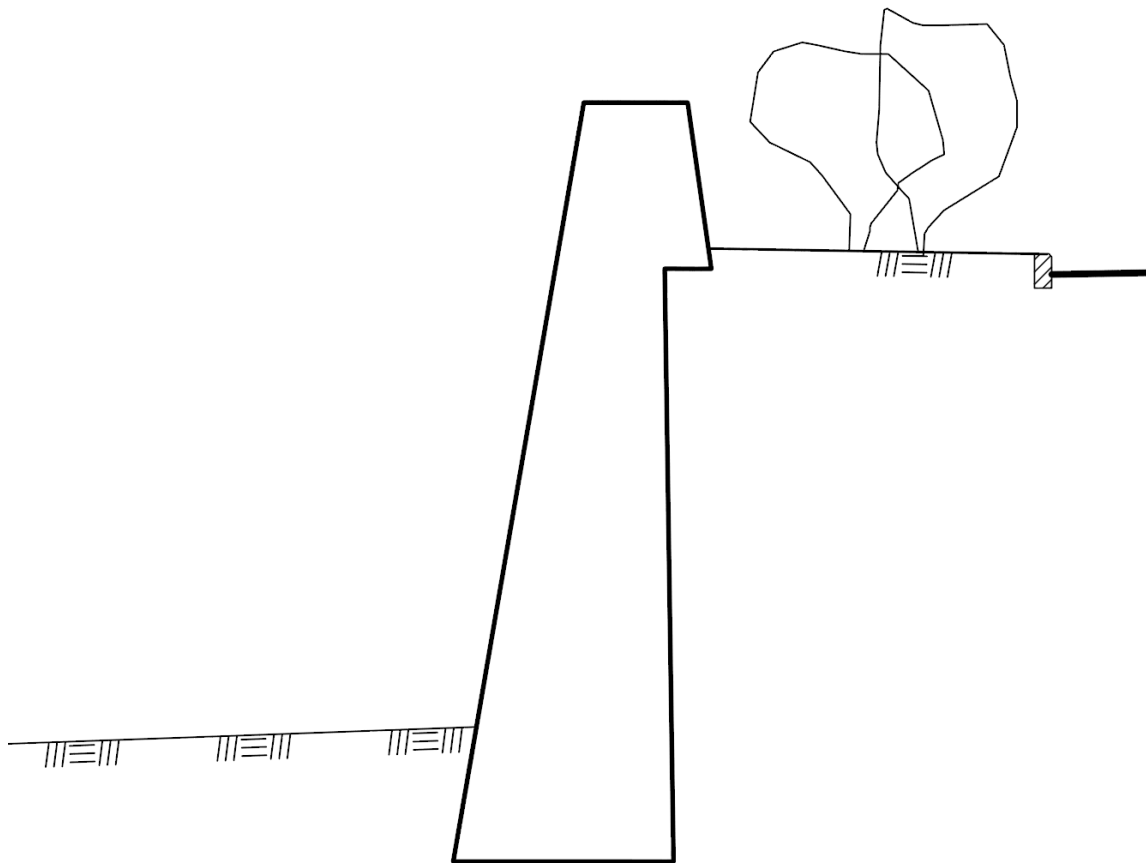


## TYPISK SNITT

TYPE 3

ENSIDIG FRONT  
KANTBJELKE PÅ TOPP



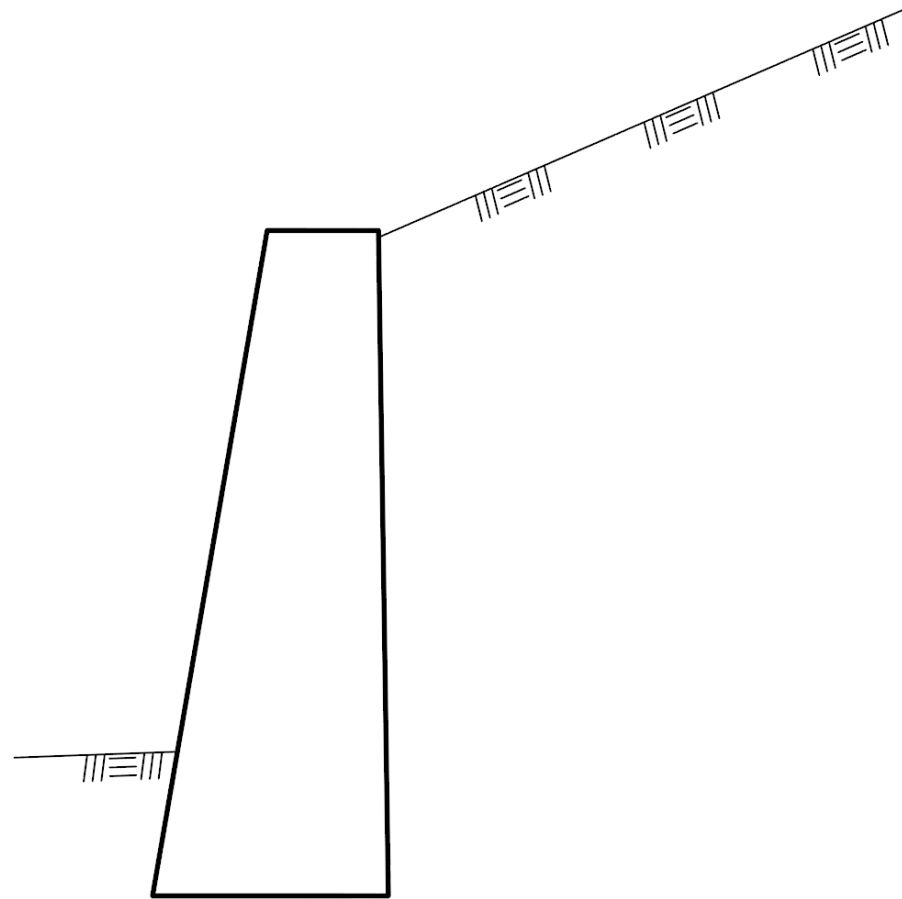


## TYPISK SNITT

TYPE 4

ENSIDIG FRONT  
TOSIDIG TOPP

---

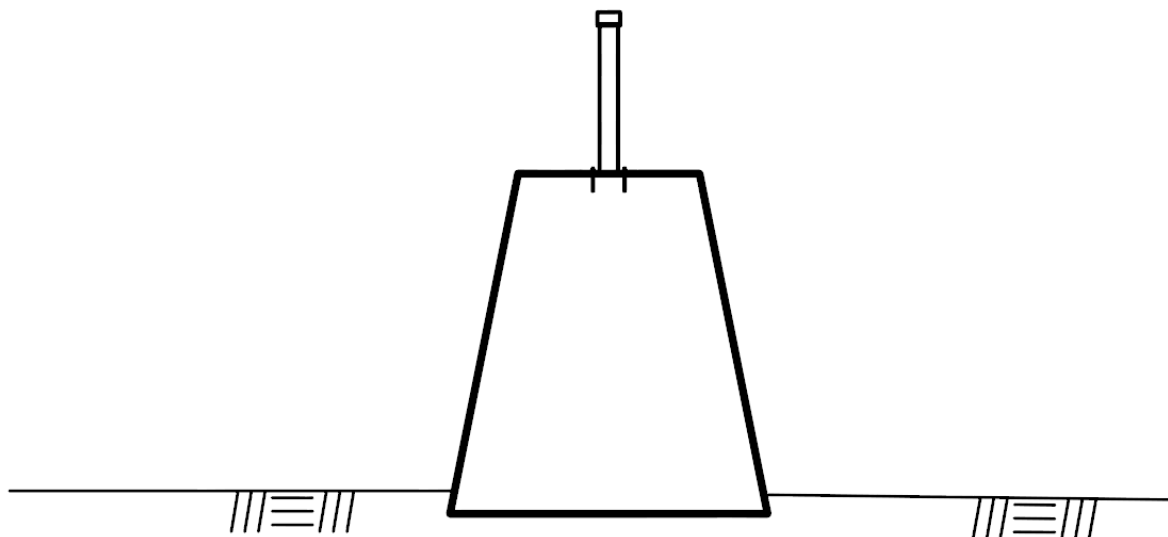


## TYPISK SNITT

TYPE 5

ENSIDIG FRONT





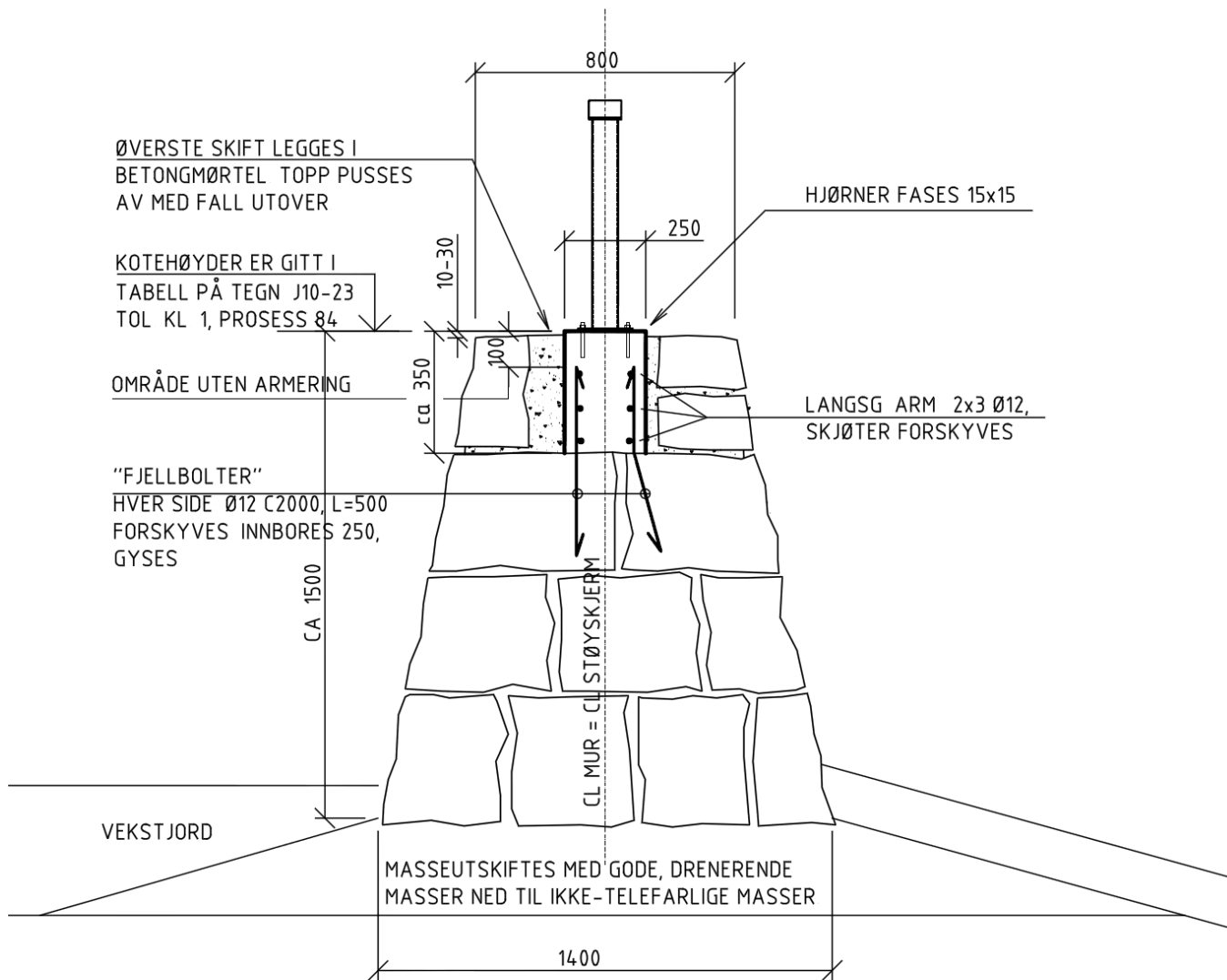
## TYPISK SNITT

TYPE 6

“KIRKEGÅRDSMUR”

TOSIDIG, MED STØYSKJERM





TYPISK SNITT I MUR, 1:20





RAFIKRSKOLE



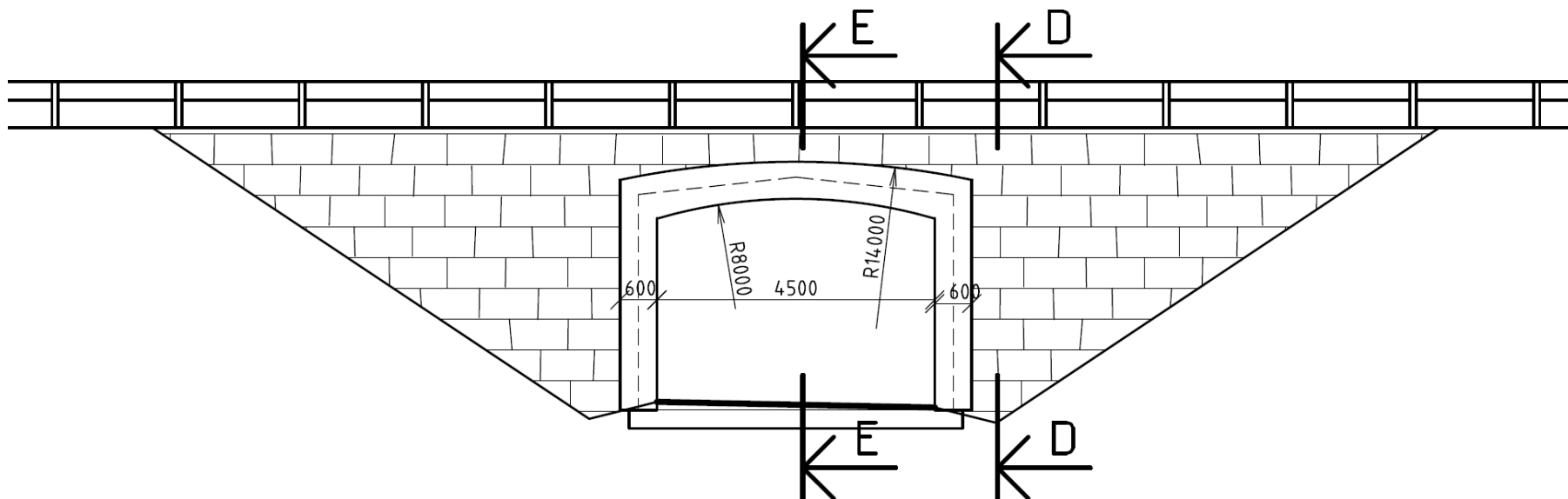




OVERGANGSREKKVERK  
I JORD (Hb 267, pkt. 2.4.1)

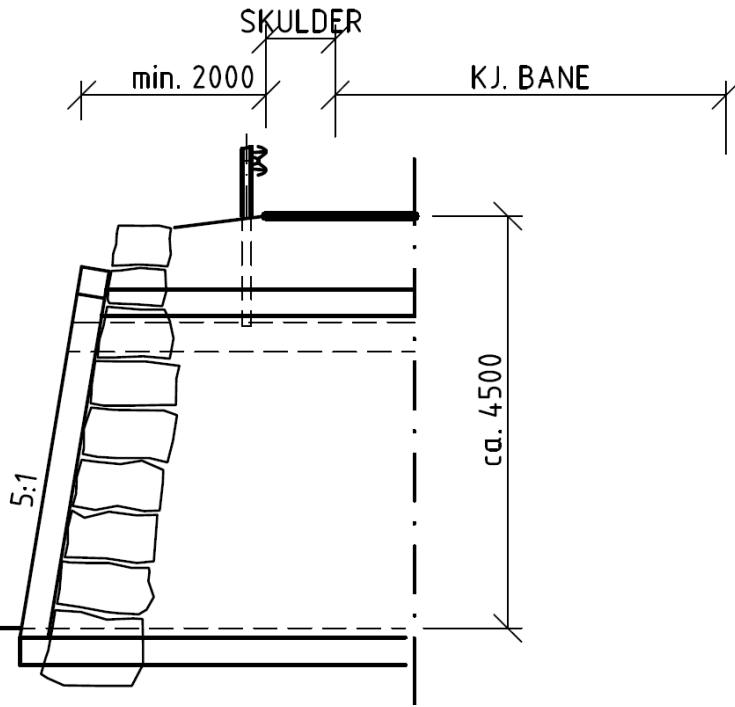
H2-REKKVERK (LAVT)  
(PÅ BETONGFUNDAMENT)

OVERGANGSREKKVERK  
I JORD (Hb 267, pkt. 2.4.1)

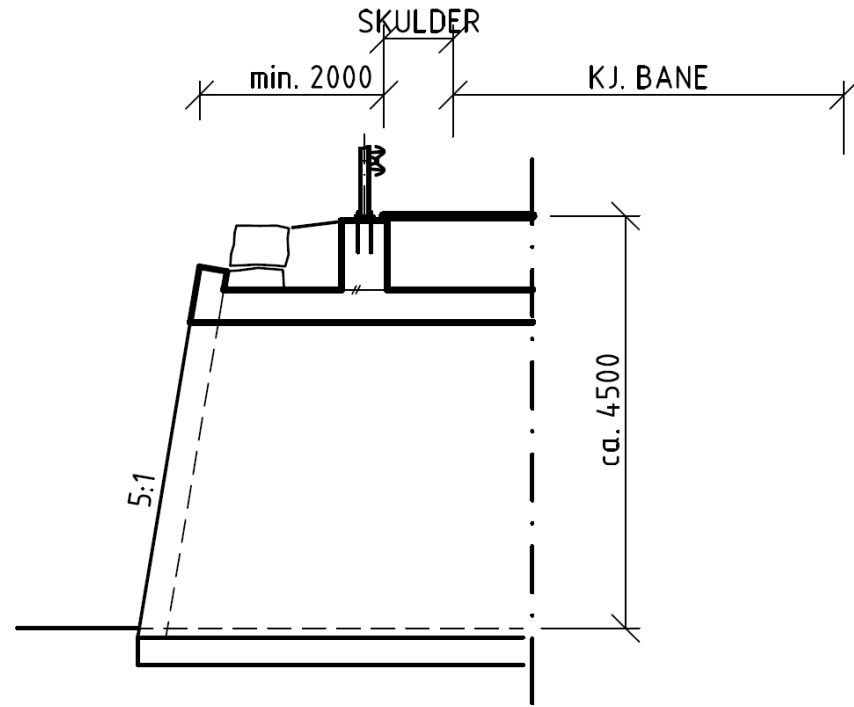


OPPRISS, 1:100





SNITT D-D, 1:100



SNITT E-E, 1:100

# Flere eksempler av variabel kvalitet

Eineid bru









Solheim bru





Fv 456 Vågsbygdveien









↑ Vågsbygd 456 ↑ Stavanger E 39

























Bjørndalssletta













# Felleskjøpet, Rigetjønn





Namnefjellet, Laudal











Badstuvollen, Hommeren











Fv 452 Leirdalen













E39, ved Fardalen











Farsund, Skråveien





STOPP  
ved rødt blink  
Tunnel stengt



60

60 km/h  
uten  
forhøyning







































Plassestøylene, Hovden





# Romsdalen, Ner Hole













Rugåna, Vennesla















**Ikke gjør slik:**









Fortøyning forbudt  
Båteribrygger  
fjernes uten varsel









BRAND 102

BRAND 102



BRAND 102





STOPP  
med det blått  
Tunnel-Årskilt















ROSINGS

MERAS







Gjør heller slik:

















RAFIKRSKOLE













**God tur! -  
Se helheten**







Statens vegvesen

## Kristian Aunaas



- Utdannet på NTNU:
  - Kombinert utdanning i konstruksjon og bygg- og anlegg med fordypning i geoteknikk
- Jobbet på Geoteknikk- og skredseksjonen i Vegdir. siden 2007
- Kontrollert veldig mange tørrmurer
- Arbeidsoppgaver inkluderer geoteknisk rådgivning (stabilitet, setninger, bæreevne, peler), kontroll og godkjenningsoppgaver, IKT-relaterte oppgaver



## Fagdag i tørrmurer

### Punkt som ofte medfører merknader ved kontroll/godkjenning

- Antall tørrmurer som går igjennom Geoteknikk- og skredseksjonen har økt jevnt og trutt de siste årene.
- Videre følger en gjennomgang av mangler i prosjektering vi oftest merker går igjen

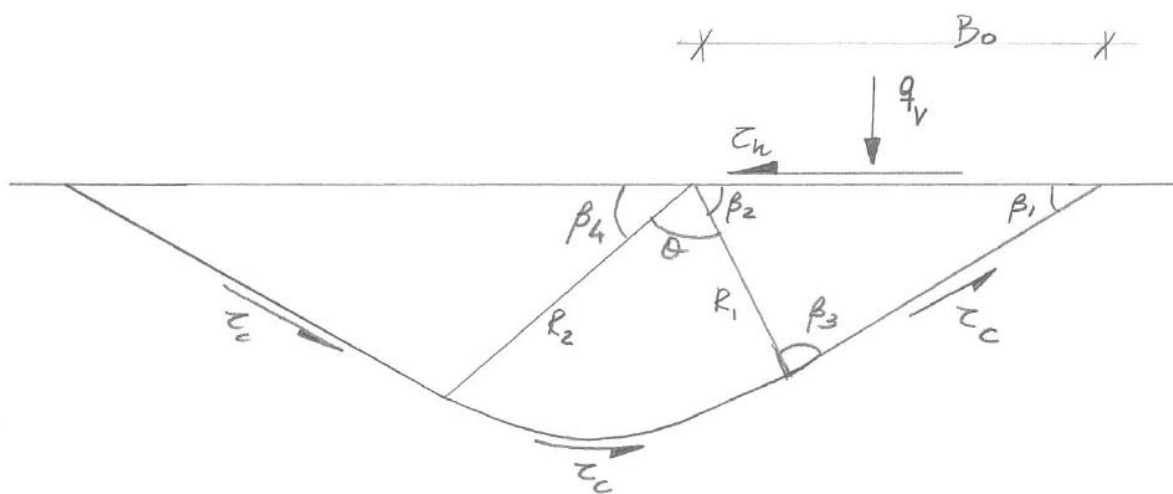




## Punkt som ofte medfører merknader ved kontroll/godkjenning

- Overdekning / fotdybde d

Nødvendig utstrekning av overdekning foran muren i forhold til u. k. mur undervurderes ofte. Ideelt sett bør overdekningen føres så langt fram at den dekker hele den aktuelle bruddfigur. I enkelte tilfeller er det prosjektert med overdekning bestående av en smal jord- eller stein-kile like foran murfronten. Noe avhengig av murfotens bredde har slik utførelse liten effekt på murens bæreevne.



$$\beta_1 = 45^\circ + \rho/2 - \omega$$

$$\beta_2 = 45^\circ + \rho/2 + \omega$$

$$\beta_3 = 90^\circ - \rho$$

$$\beta_4 = 45^\circ - \rho/2$$

$$\theta = \pi/2 - \omega = 90^\circ - \omega$$

$$R_1 = B_0 \frac{\sin \beta_1}{\sin \beta_3}$$

$$R_2 = R_1 e^{\theta \tan \rho}$$



## Punkt som ofte medfører merknader ved kontroll/godkjenning

- Grunnvannstand

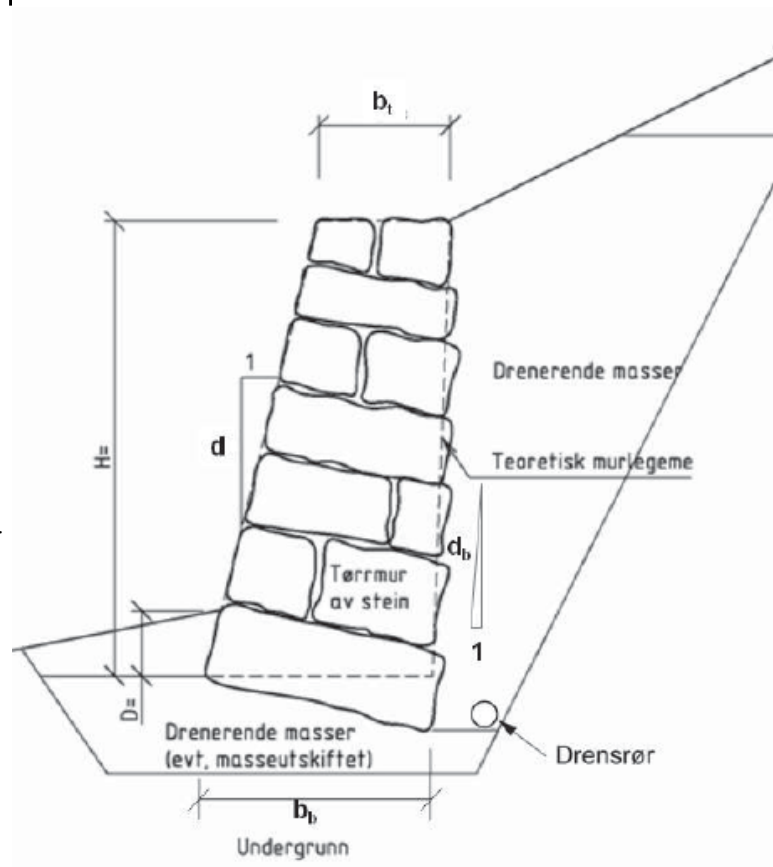
Variasjon i grunnvannstand kan ha store konsekvenser for murens bæreevne. Bestemmelse av kritisk grunnvannstand er derfor viktig. I denne sammenheng er vårt regneark noe mangelfullt.



## Punkt som ofte medfører merknader ved kontroll/godkjenning

- Graveskråning bak mur

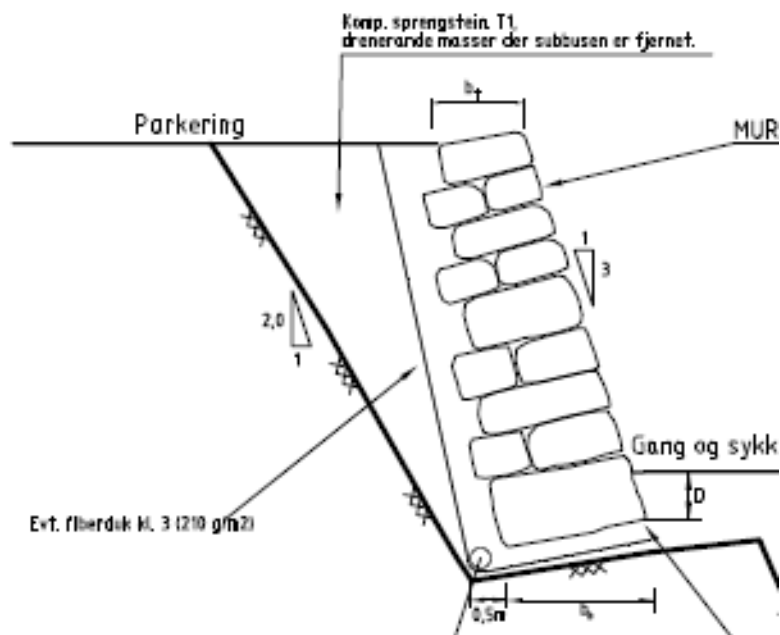
Av plasshensyn utføres gjerne graving bak planlagt mur med så bratt graveskråning som mulig / forsvarlig. Ved bratt graveskråning kan massene i bakenforliggende (og ofte mindre stabile) masser påvirke jordtrykket mot muren. I tillegg til sikkerhet for mannskap og eventuelle trafikanter, må nevnte effekter på jordtrykk mot mur vurderes.



## Punkt som ofte medfører merknader ved kontroll/godkjenning

- Jordtrykk pga trafikk bak mur

Avhengig av avstand mellom mur og trafikk kan det være aktuelt å benytte tilnæringsmodell for det jordtrykk trafikken påfører muren. Avhengig av usikkerhet i tilnæringsmodellen, anbefales noe konservativ modell.

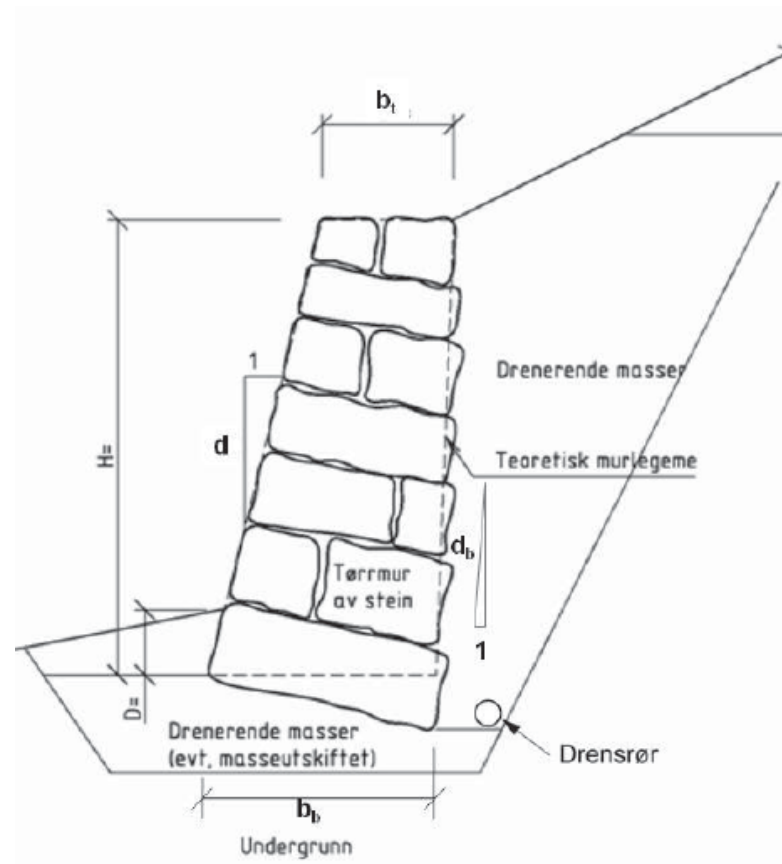




## Punkt som ofte medfører merknader ved kontroll/godkjenning

- Jordtrykk pga fylling bak mur (skråning bak mur)

Ved skråning bak muren kan det også være aktuelt å bruke tilnæringsmodell. Spesielt gjelder dette i tilfeller hvor skråningens utstrekning er vesentlig mindre enn murens høyde. Avhengig av usikkerhet i tilnæringsmodellen, anbefales noe konservativ modell.

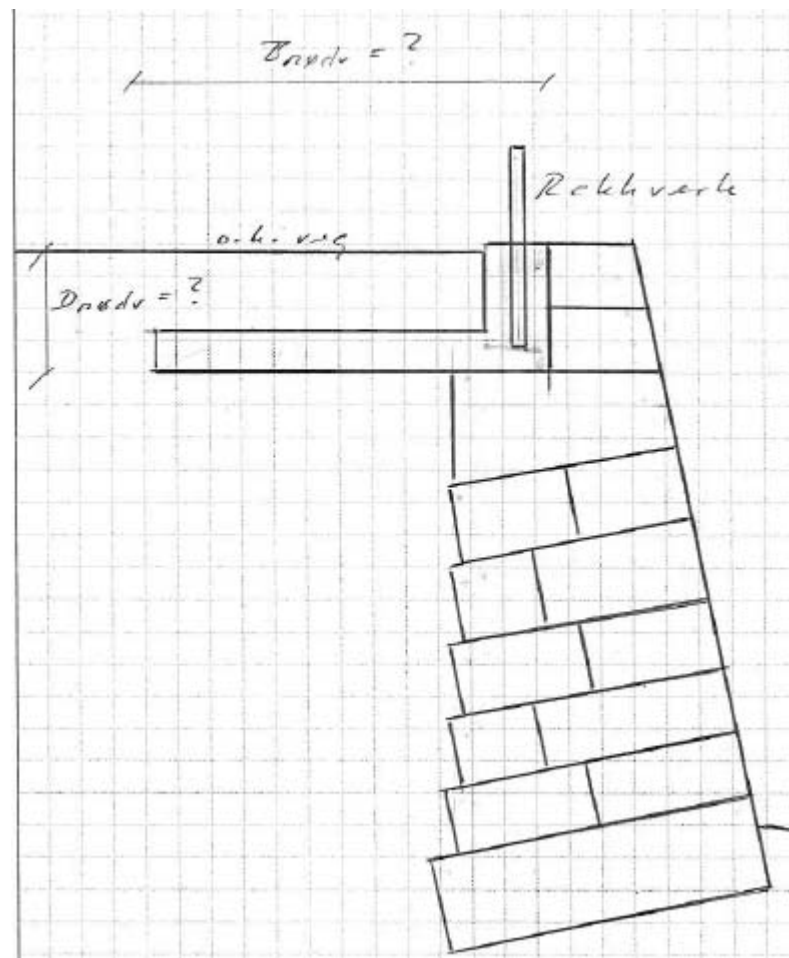


## Punkt som ofte medfører merknader ved kontroll/godkjenning

- Rekkverk

Når en mur støtter opp en veg, vil det være krav til rekkverk. Tørrmurer blir sjelden dimensjonert for å ta opp en påkjørsellast. I tillegg mangler rekkverk ofte på tegninger.

Vedlagte figur er et forslag til hvordan man kan lage en armert vinkelmur for innfesting av rekkverk. Tanken er å ta opp påkjørsellasten som friksjon.







Statens vegvesen  
Region sør  
Ressursavdelingen  
Postboks 723 Stoa 4808 ARENDAL  
Tlf: (+47 915) 02030  
firmapost-sor@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

**Trygt fram sammen**