

Appendix 5

Projekt navn	Nordfyns Kom - Bogense Kystbeskyttelse og klimatilpasning
Kunde	Nordfyns Kommune
Projektleder	CMER
Projekt nummer	1311900146
Dokument ID	Skitseprojekt – Delstrækning 5
Udarbejdet af	MASV
Kvalitetssikret af	KKPO
Godkendt af	CMER
Version	0
Versionsdato	07-05-2020
Første udgivelsesdato	07-05-2020

Indhold

1.	Indledning	2
2.	Designgrundlag	2
3.	Stabilitetsundersøgelse	5
4.	Understrømning	6
5.	Sætninger	7
6.	Dimensionering af stenskråning	9

1. Indledning

På delstrækning 5 reguleres skråningsanlæggene på de eksisterende diger, så sikringskoten jf. opskylsskema fra TT opnås. På delstrækning 5 vest etableres der en ny stenskråning på forsiden af det eksisterende dige med hældning 1:3.

På delstrækning 5 midt og 5 øst reguleres skråningsanlæggene på de eksisterende diger, så det sikres, at de er min. 1:3 på for- og bagside. Dige-kronen forhøjes lokalt, hvor den måtte være under sikringskoten jf. opskylsskema fra TT.

Hvor det eksisterende dige reguleres og/eller forhøjes, fjernes eksist. beton og sten og evt. muld afrømmes. Da omfanget af reguleringen er relativ beskeden på strækning 5 midt og øst, indbygges der nyt muld, hvor der mangler materiale. Afslutningsvis sås der græs (digeblandning) på den regulerede overflade.

Med udgangspunkt i Danmarks Digitale Højdemodel fra 2015 er geometrien af det eksisterende dige indtegnet i programmet Optum G2.

Da hældningen og topkoten på tværsnittene på strækning 5 midt og 5 øst er tilstrækkelige, eftervises der kun stabiliteten af det eksisterende dige. Understrømningen for det eksisterende dige beregnes ligeledes. For strækning 5 vest eftervises stabiliteten, understrømning samt sætninger for det eksisterende- samt fremtidige dige. Dimensioneringen af stenskråningen på strækning 5 vest indgår ligeledes i dette dokument.

Tværsnit af de eksisterende- samt fremtidige diger fremgår af PDF'en " 1311900146_S5".

2. Designgrundlag

2.1 Konsekvensklasse

Der regnes med middel konsekvensklasse, CC2, og normal kontrolklasse.

2.2 Geometri

Diget udføres med flg. geometri:

- Eksist. topkote:	Vest: +3,60 m (middel) Midt: +4,50 m (middel) Øst: +2,80 m (middel)
- Fremtidig topkote:	Vest: +4,05 m (Stenskråning) Midt: +4,50 m Øst: +2,80 m
- Hældning forside:	1:3
- Hældning bagside:	1:3
- Vandspejl ved stormflod:	2,18 m
- Grundvandsspejl:	Iht. afsnit 0

Topkoten er valgt på baggrund af opskylsskemaet udarbejdet af TT. Der er ikke indregnet tillæg til den angivne opskylskote.

Der er lavet 3 tværsnit med udgangspunkt i Danmarks Digitale Højdemodel fra 2015. De tre tværsnit er repræsentativ for henholdsvis den vestlige-, midterste- og den østlige del af delstrækning 5.

2.3 Geoteknik

Der foreligger geotekniske rapport: "Bogense. Stegøvej m.fl. – Geoteknisk rapport no. 5 – Delstrækning 5 – Geoteknisk rapport for renovering/udbygning af dige." af 28-02-2020 udført af GeoSyd.

De geotekniske borer er udført i det alternative tracé. Men da disse er de eneste, der er foretaget, så anvendes disse til det eksisterende dige. Der er ikke udført nogle lagfølgeboringer, hvorfor det antages at der er muld. Den geotekniske rapport indeholder 2 geotekniske borer. Baseret på placeringen af de geotekniske borer undersøges disse for de dertilhørende tværsnit.

Boring G9

Jordart	Kote	c_{uk} [kN/m ²]	c'_k [kN/m ²]	ϕ_k [°]	γ/γ_m [kN/m ³]	k [m/dag]
Muld	+1,25	-	-	30*1	18/20*1	0,0864
Sand (Pg)	+0,15	-	-	34	18/20	40
Gytje	-1,00	25-60	0	25*1	15/15	0,00864
Ler	-2,95	60-100	0	26	19/20	0,00864
Moræneler	-4,25	75-350	7-20	28	21/21	0,00864

*1) Parameter fremgår ikke af den geotekniske rapport. Skønnet på basis af erfaringsmæssige værdier.

2.3.1 Boring G10

Jordart	Kote	c_{uk} [kN/m ²]	c'_k [kN/m ²]	ϕ_k [°]	γ/γ_m [kN/m ³]	k [m/dag]
Fyld: Muld	+1,05	-	-	30*1	18/20*1	0,0864
Fyld: Ler	+0,25	0	0	25	19/19*1	0,00864
Sand (Pg)	+0,05	-	-	34	18/20	25
Gytje	-2,15	25-60	0	25*1	15/15	0,00864
Sand (Pg)	-2,75	-	-	34	18/20	25
Gytje	-2,95	25-60	0	25*1	15/15	0,00864
Tørv	-3,25	25-50	0	25*1	13/13	0,864
Sand (Pg)	-3,45	-	-	34	18/20	40
Sand (Gc)	-4,25	-	-	38	19/20	25
Moræneler	-5,55	75-350	7-20	28	21/21	0,00864

*1) Parameter fremgår ikke af den geotekniske rapport. Skønnet på basis af erfaringsmæssige værdier.

2.3.2 Grundvandsspejl

Grundvandsspejlet fremgår af den geotekniske rapport:

Geotekniske rapport	VSP
G9	+0,40
G10	+0,25

2.4 Belastning

2.4.1 Overfladelast

I en højvandssituation antages det, at der ikke vil være en overfladelast på diget.

2.4.2 Vandtryk

I 2070 regnes der med vandstand i kote +2,18 m.

3. Stabilitetsundersøgelse

Stabilitetsundersøgelsen gennemføres i OptumG2.

3.1 Beregningsfiler

Beskrivelse	Filnavn
Delstrækning 5 - Geoteknik som boring G9 (Vestligt tværsnit)	D5 (G9) - Snit V
Delstrækning 5 - Geoteknik som boring G9 (Midt tværsnit)	D5 (G9) - Snit M
Delstrækning 5 - Geoteknik som boring G10 (Midt tværsnit)	D5 (G10) - Snit M
Delstrækning 5 - Geoteknik som boring G10 (Østligt tværsnit)	D5 (G10) - Snit Ø

3.2 Stages

Alle tilfælde analyseres vha. "lower bound" metoden (herefter LB), hvilket er konservativt, og "upper bound" metoden (herefter UB), hvilket er til den usikre side. Herefter anvendes middelværdien. Analysen laves for det eksisterende dige (eksist).

Stage navn	Analysis	Reduce strength in	Element type	Safety
LB-eksist	Strength Reduction	Solids	LB	User 1
UB-eksist	Strength Reduction	Solids	UB	User 1

3.3 Hovedresultater basisscenarioet

Hovedresultater fra Optum vedr. stabilitet af det eksist. dige:

Filnavn	Strength reduction factor (LB)	Strength reduction factor (UB)	Strength reduction factor (MEAN)
D5 (G9) - Snit V	1,149	1,188	1,1685
D5 (G9) - Snit M	1,691	1,744	1,7175
D5 (G10) - Snit M	1,841	1,845	1,843
D5 (G10) - Snit Ø	1,687	1,979	1,826

Konstruktionen er stabil ved en faktor på 1,00 – dog tilsigtes ingen faktorer på under 1,05. Det vil sige, at det eksisterende dige er stabilt.

3.4 Hovedresultater fremtidigt dige

Hovedresultater fra Optum vedr. stabilitet af det eksist. dige:

Filnavn	Strength reduction factor (LB)	Strength reduction factor (UB)	Strength reduction factor (MEAN)
D5 (G9) - Snit V	1,052	1,072	1,062

Konstruktionen er stabil ved en faktor på 1,00 – dog tilsigtes ingen faktorer på under 1,05. Det vil sige at det ombyggede dige er stabilt.

4. Understrømning

Understrømningen igennem diget er bestemt vha. Optum G2.

4.1 Stages

Alle tilfælde analyseres vha. "lower bound" metoden (herefter LB), hvilket er konservativt, og "upper bound" metoden (herefter UB), hvilket er til den usikre side. Herefter anvendes middelværdien.

Stage navn	Analysis	Reduce strength in	Element type	Safety
LB-eksist	Strength Reduction	Solids	LB	User 1
UB-eksist	Strength Reduction	Solids	UB	User 1

4.2 Hovedresultater basisscenariet

Hovedresultater fra Optum vedr. understrømning for det eksist. dige:

Beregningsfil	Understrømning [m ³ /dag/m] (LB)	Understrømning [m ³ /dag/m] (UB)	Understrømning [m ³ /dag/m] (MEAN)
D5 (G9) - Snit V	1,6	1,6	1,6
D5 (G9) - Snit M	0,9	0,9	0,9
D5 (G10) - Snit M	0,6	0,6	0,6
D5 (G10) - Snit Ø	0,7	0,7	0,7

4.3 Hovedresultater fremtidigt dige

Hovedresultater fra Optum vedr. understrømning for det fremtidige dige:

Filnavn	Understrømning [m ³ /dag/m] (LB)	Understrømning [m ³ /dag/m] (UB)	Understrømning [m ³ /dag/m] (MEAN)
D5 (G9) - Snit V	1,5	1,6	1,55

5. Sætninger

På strækning 5 midt og 5 øst udføres der ingen regulering af det eksisterende dige. Der er derfor ikke udført sætningsberegning for disse strækninger.

Sætninger som følge af reovering af diget på strækning 5 vest beregnes i det følgende. Der er lavet sætningsberegning for tværsnittet med geoteknik som G9 og som G10.

Sætningsberegning for tværsnit 5 vest med geoteknik som G9:

S5 - Sætningsberegning		G9							
Spændingsforøgelse									
Lag	Sten		Total						
Rumvægt	20								
Tykkelse, Δh	1.2								
Spændingsforøgelse, $\Delta\sigma$	24		<u>24</u>						
Boreprofil									
Lag	OK lag	Rumvægt	w	Q	Sætningsgivende				
Muld	3.6	18							
Vandspejl	0.4								
Muld	0.4	10							
Sand	0.15	10							
Gytje	-1	5	52%	18% x					
Gytje	-2.35	5	100%	32% x					
Endelige sætninger									
Lag	OK lag	UK lag	Opr. σ	Ny σ	Q	δ [cm]		(σ er midt i jordlaget)	
Gytje	-1	-2.35	74.975	98.975	18%	8.69			
Gytje	-2.35	-2.95	79.85	103.85	32%	6.98			
Total						15.67			

Sætningsberegning for tværsnit 5 vest med geoteknik som G10:

S5 - Sætningsberegning		G10							
Spændingsforøgelse									
Lag	Sten		Total						
Rumvægt	20								
Tykkelse, Δh	1.2								
Spændingsforøgelse, $\Delta\sigma$	24		24						
Boreprofil									
Lag	OK lag	Rumvægt w	Q	Sætningsgivende					
Muld	1.05	18							
Vandspejl	0.25								
Sand	0.25	10							
Sand, gytjepræget	-1.55	10	80%	28% x					
Gytje	-2.15	5	93%	31% x					
Gytje	-2.95	5	103%	33% x					
Tørv	-3.25	3	111%	34% x					
Endelige sætninger									
Lag	OK lag	UK lag	Opr. σ	Ny σ	Q	δ [cm]			(σ er midt i jordlaget)
Sand, gytjepræget	-1.55	-2.15	35.4	59.4	28%	7.08			
Gytje	-2.15	-2.95	40.4	64.4	31%	10.14			
Gytje	-2.95	-2.95	42.4	66.4	33%	0.00			
Tørv	-3.25	-3.45	44.2	68.2	34%	2.77			
Total						19.99			

5.1 Hovedresultater fremtidigt dige

Hovedresultater fra sætningsberegningen:

Beregningsfil	Sætninger [cm]
D5 (G9) - Vest	16
D5 (G10) - Vest	20

Boring G10 er udført på den østlige del af strækning 5, men da denne medfører de største sætninger, anvendes denne. Det vil sige at sætninger for strækning 5 vest er 20 cm.

6. Dimensionering af stenskråning

KYSTSIKRING AF STRÆKNING 5 - VEST

KYSTSIKRING IFT. BØLGEOPSKYL

Litteratur: [RM] Rock Manual (2. udg., 2007)

På strækning 5 vest udføres der en ny stenskråning. Dimensionering af stenskråningen tager udgangspunkt i det eksisterende terræn (Der er anvendt Danmarks Højdemodel fra 2015) samt de analyserede bølgeforhold (år 2070). Det er forsøgt at tilpasse den nye stenskråning med den eksisterende skråning for at begrænse mængden af materialer til tilpasning og regulering af den eksisterende skrænt.

Indgangsparametre

Kystsikringens hældning	$\alpha := \text{atan}\left(\frac{1}{3}\right) = 18.43 \text{ deg}$	
Signifikant bølgehøjde (år 2070)	$H_s := 1.0\text{m}$	jf. opskylsskema fra TT
Bølgeperiode (år 2070)	$T_p := 5.8\text{s}$	jf. opskylsskema fra TT
Opskylskote (år 2070)	$K_t := 4.03\text{m}$	jf. opskylsskema fra TT

Stenstørrelser i dæklag

Hudsons formel anvendes til bestemmelse af stenstørrelser i dæklaget.

Rumvægt af dæksten	$\rho_r := 2.65 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$
Rumvægt af vand	$\rho_w := 1.03 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$
Stabilitetsfaktor iht. [RM]	$K_D := 3.5$
Middelvægt af dæksten	$W_{50} := \frac{\rho_r \cdot H_s^3}{K_D \cdot \left(\frac{\rho_r}{\rho_w} - 1\right)^3 \cdot \cot(\alpha)} = 64.87 \text{ kg}$

Fraktion vælges som standardfraktioner
iht. DS/EN 13383

Middelfraktion, vægt	$W_{\text{dæk.50.min}} := 80\text{kg}$	$W_{\text{dæk.50.maks}} := 120\text{kg}$
	$W_{\text{dæk.50}} := \text{mean}(W_{\text{dæk.50.min}}, W_{\text{dæk.50.maks}}) = 100.00\text{kg}$	
Middelfraktion, dimension	$d_{\text{dæk.50}} := 0.35\text{m}$	
Totalfraktion, vægt	$W_{\text{dæk.15}} := 40\text{kg}$	$W_{\text{dæk.85}} := 200\text{kg}$
Totalfraktion, dimension	$d_{\text{dæk.15}} := 0.25\text{m}$	$d_{\text{dæk.85}} := 0.43\text{m}$

Stenstørrelser i filterlag

Filterlagets stenstørrelser bestemmes vha. filterkriterierne iht. Thompson & Shuttler (1976).

$$\text{Mindste dimensioner iht. filterkriterier} \quad d_{85} := \frac{d_{\text{dæk.15}}}{4} = 0.06 \text{ m} \quad d_{50} := \frac{d_{\text{dæk.50}}}{7} = 0.05 \text{ m} \quad d_{15} := \frac{d_{\text{dæk.15}}}{7} = 0.04 \text{ m}$$

Der vælges håndsten med fraktion 70-200 mm.

Middelfraktion, dimension $d_{f.50} := 0.135 \text{ m}$

Totalfraktion, dimension $d_{f.15} := 0.07 \text{ m}$ $d_{f.85} := 0.2 \text{ m}$

Kontrol af filterkriterier for valgt fraktion

$$f_{85} := \text{if} \left(\frac{d_{\text{dæk.15}}}{d_{f.85}} \leq 4, \text{"ok"}, \text{"for små"} \right) = \text{"ok"}$$

$$f_{50} := \text{if} \left(\frac{d_{\text{dæk.50}}}{d_{f.50}} \leq 7, \text{"ok"}, \text{"for små"} \right) = \text{"ok"}$$

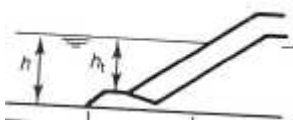
$$f_{15} := \text{if} \left(\frac{d_{\text{dæk.15}}}{d_{f.15}} \leq 7, \text{"ok"}, \text{"for små"} \right) = \text{"ok"}$$

Den valgte fraktion overholder filterkriterierne jf. ovenstående. Filterstenene udlægges med en lagtykkelse på 300 mm

Fodsikring

Fodsikringen dimensioneres i henhold til afsnit 5.2.2.9 i [RM]

Fodsikringen etableres med en længde på 3 meter. Vandstanden er placeret i +2,18 m (år 2070)



Højde af fod $h_f := 0.30 \text{ m}$

Vanddybde ved siden af fod ved designdybden $h := 2.04 \text{ m}$ Opmålt i Auto cad

Vanddybde over fod ved designdybden $h_t := h - h_f = 1.74 \text{ m}$

Forhold mellem h_t og h $\frac{h_t}{h} = 0.85$

$$\Delta := \frac{\rho_r}{\rho_w} - 1 = 1.57$$

Stabilitetsforhold iht. RM
Figur 5.73

$S_f := 6.7$ (H.s/ Δ D.u50 jf. [RM])

$$D_{u50} := \frac{H_s}{\Delta \cdot S_f} = 0.09 \text{ m}$$

$$M_{50} := D_{u50}^3 \cdot \rho_r = 2.26 \text{ kg}$$

Der vælges samme fraktion som filterstenene 70mm-200mm (2-15 kg) med en lagtykkelse på 300 mm