

Teknisk notat

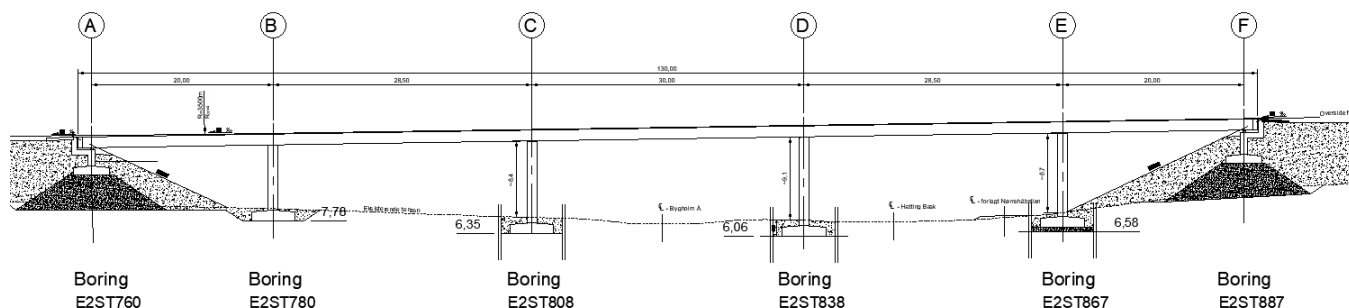
Projekt:	Vrøndingvej – E45. Bro over Bygholm Å		
Emne:	Vurdering af grundvandssænkning		
Forfatter:	MSR		
Dato:	03-09-2021	Projekt nr.:	1013515-01

Dokumenthistorie

Revision	Formålsbeskrivelse	Udarbejder	Tjekker	Godkender	Date
Rev 0.0	Vurdering af Grundvandssænkning	MSR			
Rev 1.0	Vurdering af Grundvandssænkning	MSR	MSV	FBW	04.05.2021
Rev 2.0	Vurdering af Grundvandssænkning	MSR	MSV	FBW	03.09.2021
Rev 3.0	Ændret beskrivelse af bortledningsanlæg	MSR			

1. Projektbeskrivelse

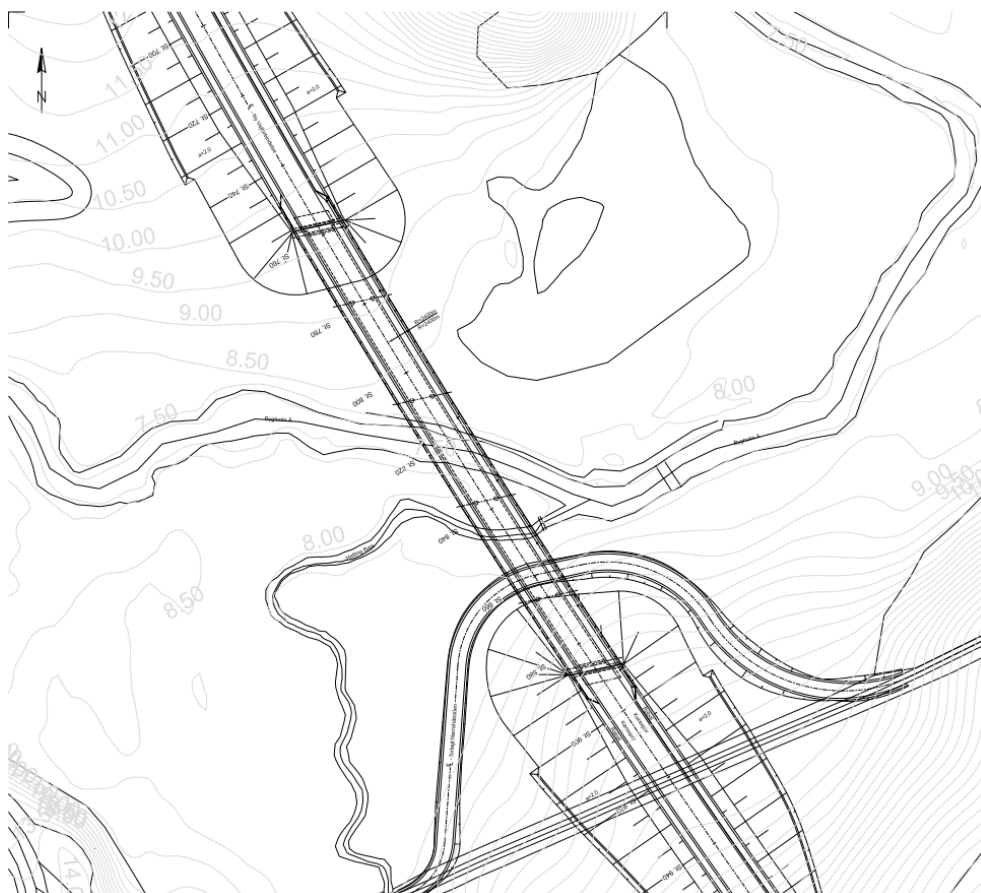
I forbindelse med etablering af en ny forbindelsesvej mellem Erhvervsområdet VEGA og E45 skal der blandt andet etableres en ny dalbro over Bygholm Å mellem Vrøndingvej – E45. Dalbroen er planlagt med 6 understøtningspunkter, som vist på Figur 1-1.



Figur 1-1 - Dalbroen med angivelse af fundamentsunderkant og relevante geotekniske borer.

På Figur 1-1 er endvidere vist de relevante borer.

En plan af broen fremgår af Figur 1-2, som er et uddrag af tegning 1013515-11.



Figur 1-2 - Plan med beliggenheden af Dalbroen.

1.1. Forudsætninger

Der er ved beregningerne forudsat følgende:

- Fundamentsudgravning er ca. 5,5x10,5 m²
- Der regnes med at vandstanden i Bygholm Å kan stige 1 m
- Der er i boringerne nær Bygholm Å truffet Tørvelag tæt på overfladen. Der forventes derfor, ikke at være hydraulisk kontakt mellem det sandlag der pumpes i og åen.
- Det er forudsat, at der på begge sider af åen for det nærmeste fundament udføres en spunsgrube omkring fundamentet
- Det forudsættes, at grundvandsspejlet sænkes til ca. 0,5 m under fundamentsbund.
- Rækkevidden af sugespidsen er konservativt reduceret (mere vand) til 1/3 da pumpningen sker nær en å/sø ved de nærmeste vederlag og til 1/2 ved vederlag E.

Der er udført pejlinger af grundvandsspejlet af flere omgange i perioden november 2020 til april 2021. Pejlingerne er gengivet i Tabel 1-1.

Leje nr.	Boring	Pejlet Nov 2020	Pejlet Jan 2021	Pejlet April 2021
A	E2ST760	7,92		
B	E2ST780	7,53		
C	E2ST808	7,50	Over terræn	7,27
D	E2ST838	7,51	Over terræn	7,31
E	E2ST867	7,93	Over terræn	
F	E2ST887	7,93		

Tabel 1-1 – Pejling af grundvandsspejl

Udgravningskoter og det anvendte regningsmæssige grundvandsspejl (1 m over det målte grundvandsspejl) er angivet i Tabel 1-2.

Som det fremgår af Tabel 1-2, er det kun nødvendigt med en grundvandssænkning ved lejelinje nr. C, D og E., mens der ved Leje B kan blive tale om et nødberedskab ved højvande.

Leje nr.	FUK	Terrænkote	Udgravningskote	Regningsmæssig GVS	Bemærk
A	>10 m	9,58	+9,0	8,9	Ingen GV sænkning
B	7,8	9,07	7,6	8,5	Ingen GV sænkning ved normal vandstand
C	6,4	8,32	6,2	8,5	
D	6,0	7,92	5,9	8,5	
E	6,6	8,52	6,4	8,9	Lille sandpude
F	>12 m	11,03	10,4	8,9	Ingen GV sænkning

Tabel 1-2 - Udgravningskote og regningsmæssigt grundvandsspejl.

2. Jord- og hydrogeologiske forhold

Franck Geoteknik har udført en geoteknisk undersøgelse, som er afrapporteret i en geoteknisk parameterrapport, Rapport 2, rev.1, Sag: J20.1174 – Forbindelsesvej Vrøndingvej – E45, dateret 09.12.2020.

Der er generelt ved broen truffet Sand, fint – mellem. Ved Leje nr. C er der dog truffet sand Mellem – groft ned til kote +4,0. Dette lag afskæres af spunsvæggen omkring byggegruben, hvorfor laget ikke får betydning for grundvandssænkningen.

Erfaringsmæssigt er permeabilitetskoefficienten i sand, Fin-mellem.

$$k = 0,01 \cdot d_{10}^2 = 0,01 \cdot 0,1^2 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

Dette er verificeret af en række sigteanalyser udført på fint – mellem sand på et andet projekt i Horsensområdet. Der er her udført sigteanalyser på 9 forskellige prøver af fint-mellem sand. Permeabilitetskoefficienten er bestemt til mellem $2,5 \cdot 10^{-5}$ – $1,44 \cdot 10^{-4}$ m/s i de 9 prøver med en middelværdi på $6,2 \cdot 10^{-5}$ m/s

Der er tale om et frit vandspejl, der nedad afgrænses af et ler/siltlag, der i flere af boringerne truffet omkring kote -5 á -6.

3. Beskrivelse af Bortledningsanlæg

Grundet forholdene på lokaliteten etableres der spunsvægge omkring fundamentene. Disse har dog kun begrænset effekt på grundvandssænkningen, da spidsen af væggen stoppes i et stort sandlag, som ikke afskæres.

For alle brovederlag gælder, at grundvandssænkningen udføres med filtersatte sugespidses, som muliggør, at hullerne efterfølgende kan lukkes, så der ikke kan trænge overfladeforurening ned i det underliggende sandlag. Sugespidses har mindre sænkningstragt og er derfor mere skånsom for miljøet i den aktuelle situation.

Sugespidsesne placeres i en "ring" så tæt op ad spunsvæggen/udgravningen indvendig i byggegruben, som det teoretisk er muligt. Det nøjagtige antal vil fremgå ved beskrivelsen af det enkelte brovederlag. Vandmængden monitoreres ved at påsætte elektroniske måleure for hver af sugespidsanlæggene.

Vandet reinfileres i en række boringer placeret i en ring placeret ca. 25 m udenfor den ring, hvor vandet oppumpes. For at sikre tilstrækkelig kapacitet på reinfileringen forventes det mest optimalt, at foretage reinfileringen ved hjælp af 2-3 mindre filterboringer pr side filtersat i det sandlag, hvorfra vandet oppumpes, i alt ca 10 – 12 boringer pr. fundament. Det skal her bemærkes, at det vil være muligt at genanvende reinfileringspunkterne ved flere af brovederlagene, hvorved antallet af boringer reduceres.

Der etableret såvel alarmsystem og nødstrøm, så en stabil grundvandssænkning sikres og det sikres, at der ikke sker en unødigt påvirkning af omgivelserne.

For hver af reinfileringspunkterne påsættes måleure, så vandmængderne der reinfileres til enhver tid er kendt.

Udenfor reinfileringsringen etableres der en række pejleboringer, som muliggør pejling af grundvandsspejlet udenfor. Disse pejleboringer vil blive anvendt til at fastlægge hvor det oppumpede grundvand skal reinjiceres, så påvirkningen på miljøet bliver mindst muligt. Der skal således på hver af reinjiceringspunkterne være mulighed for at regulere den vandmængde, som reinjiceres. Der etableres minimum 4 pejleboringer udenfor reinfileringsringen ved hver brovederlag, til sikring af, at grundvandssænkingsanlægget er fuldt optimeret. Desuden etableres 2 pejleboringer tæt på udgravningen til verificering af at vandet er sænket til det ønskede niveau inden der udgraves under grundvandsspejlet.

Når der etableres et reinfilerationssystem vil påvirkningen udenfor reinfileringsringen være meget begrænset, og under alle omstændigheder mindre end den årlige variation, som bare af målingerne i Tabel 1-1 er større end 0,23 m. Det forventes derfor ikke, at grundvandssænkningen vil få nogen betydning for miljøet.

4. Beregning

Der installeres, i tråd med den geotekniske rapport, sugespidses som grundvandssænkingsanlæg.

Som tidligere nævnt skal der ikke sænkes vand ved leje A og F.

4.1. Brovederlag B

Som det fremgår af Tabel 1-1 og Tabel 1-2 vil der ved normal grundvandsstand ikke være brug for grundvandssænkning ved brovederlag B. Kun ved ekstraordinært højvandspejl, over kote +7,6 m, skal der foretages grundvandssænkning.

For at undgå risikoen for oversvømmelse og "ødelæggelse" af udgravningsbunden etableres der et grundvandssænkingsanlæg, som vil kunne fjerne grundvandet, såfremt grundvandet stiger til 1 m over det målte grundvandsspejl, altså til kote +8,5 m, se Tabel 1-2.

4.1.1. Vandmængde

GVS	= +8,5 →
h_0	= 13,5 m
Sænkning = 7,6-0,5	= +7,1 →
h_w	= 12,1 m
R	= 50 m
$r = \sqrt{\frac{10,5 \cdot 5,5}{\pi}}$	= 4,3 m
$Q = \frac{(h_0^2 - h_w^2) \cdot \pi \cdot k}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)} = \frac{(13,5^2 - 12,1^2) \cdot \pi \cdot 1 \cdot 10^{-4}}{\ln\left(\frac{50}{4,3}\right)} = 0,0046 \text{ m}^3/\text{s}$	= 16 m ³ /t
$\Sigma Q_{\text{Auger}} = 4 \cdot 7 \cdot 24 \cdot 16$	= 10.750 m ³

4.1.2. Antal spidser og reinfiltrationspunkter

I de aktuelle jordbundsforhold kan sugespidses ca. 1 m³/t/spids. Omkredsen af fundamentet er ca 38 m. Sugespidses bør ikke installeres med større afstand end 2 m, hvorfor der ved Brovederlag B forventes installeret 19 stk filterkastede sugespidses. Sugespidsesne etableres i samme anlæg, da det kun skal bruges i forbindelse med højvande.

Der etableres 2 reinfiltrationsboringer i retning af vederlag A, mens der for de øvrige 3 retninger etableres 1 reinfiltrationsboring. Nogle af reinfiltrationsboringerne for Brovederlag C anvendes tillige som reinfiltrationsboringer for brovederlag B, hvorfor disse etableres inden udgravningsarbejdet igangsættes.

4.2. Brovederlag C

For at undgå risikoen for oversvømmelse og "ødelæggelse" af udgravningsbunden etableres der et grundvandssænkingsanlæg, som vil kunne fjerne grundvandet, såfremt grundvandet stiger til 1 m over det målte grundvandsspejl, altså til kote +8,5 m.

4.2.1. Vandmængde

GVS	= +8,5 →
h_0	= 13,5 m
Sænkning = 6,2-0,5	= +5,7 →
h_w	= 10,7 m
R	= 50 m
$r = \sqrt{\frac{10,5 \cdot 5,5}{\pi}}$	= 4,3 m

$$Q = \frac{(h_0^2 - h_w^2) \cdot \pi \cdot k}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)} = \frac{(13,5^2 - 10,7^2) \cdot \pi \cdot 1 \cdot 10^{-4}}{\ln\left(\frac{50}{4,3}\right)} = 0,0087 \text{ m}^3/\text{s} = 31 \text{ m}^3/\text{t}$$

$$\Sigma Q_{\text{Auger}} = 4 \cdot 7 \cdot 24 \cdot 31 = 20.850 \text{ m}^3$$

4.2.2. Antal spidser og reinfiltrationspunkter

Ved vederlag C skal der installeres ca. 31 stk. filtersatte sugespidser for at kunne fjerne vandet, svarende til en c/c-afstand på ca. 1,2 m. Spidserne etableres på mindst 2 anlæg.

Der etableres 3 reinfiltrationsboringer på alle sider, svarende til i alt 12 re-infiltrationsboringer. Dette kan reduceres i det omfang nogle af boringerne fra nabovederlagene anvendes. Dette afklares på et senere tidspunkt, ligesom den nøjagtige placering af boringerne tillige afklares på et senere tidspunkt.

4.3. Brovederlag D

For at undgå risikoen for oversvømmelse og "ødelæggelse" af udgravningsbunden etableres der et grundvandssænkingsanlæg, som vil kunne fjerne grundvandet, såfremt grundvandet stiger til 1 m over det målte grundvandsspejl, altså til kote +8,5 m.

4.3.1. Vandmængde

GVS	= +8,5 →
h_0	= 13,5 m
Sænkning = 5,8-0,5	= +5,3 →
h_w	= 10,3 m
R	= 50 m
$r = \sqrt{\frac{10,5 \cdot 5,5}{\pi}}$	= 4,3 m
$Q = \frac{(h_0^2 - h_w^2) \cdot \pi \cdot k}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)} = \frac{(13,5^2 - 10,3^2) \cdot \pi \cdot 1 \cdot 10^{-4}}{\ln\left(\frac{50}{4,3}\right)} = 0,00975 \text{ m}^3/\text{s}$	= 35 m ³ /t
$\Sigma Q_{\text{Auger}} = 4 \cdot 7 \cdot 24 \cdot 35$	= 23.520 m ³

4.3.2. Antal spidser og reinfiltrationspunkter

Ved vederlag D skal der installeres ca. 35 stk. for at kunne fjerne vandet, svarende til 1 filtersat sugespids pr. meter. Spidserne etableres på mindst 2 anlæg.

Der etableres 3 reinfiltrationsboringer på alle sider, svarende til i alt 12 re-infiltrationsboringer. Dette kan reduceres i det omfang nogle af boringerne fra nabovederlagene kan anvendes. Dette afklares på et senere tidspunkt, ligesom den nøjagtige placering af boringerne tillige afklares på et senere tidspunkt.

4.4. Brovederlag E

For at undgå risikoen for oversvømmelse og "ødelæggelse" af udgravningsbunden etableres der et grundvandssænkingsanlæg, som vil kunne fjerne grundvandet, såfremt grundvandet stiger til 1 m over det målte grundvandsspejl, altså til kote +8,9 m.

4.4.1. Vandmængde

GVS	= +8,9 →
h_0	= 13,9 m

$$\begin{aligned}
 \text{Sænkning} &= 6,4-0,5 && = +5,9 \rightarrow \\
 h_w & && = 10,9 \text{ m} \\
 R & && = 75 \text{ m} \\
 r &= \sqrt{\frac{10,5 \cdot 5,5}{\pi}} && = 4,3 \text{ m} \\
 Q &= \frac{(h_0^2 - h_w^2) \cdot \pi \cdot k}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)} = \frac{(13,9^2 - 10,9^2) \cdot \pi \cdot 1 \cdot 10^{-4}}{\ln\left(\frac{75}{4,3}\right)} = 0,00818 \text{ m}^3/\text{s} && = 30 \text{ m}^3/\text{t} \\
 \sum Q_{4\text{uger}} &= 4 \cdot 7 \cdot 24 \cdot 30 && = 20.160 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

4.4.2. Antal spidser og reinfiltrationspunkter

Ved vederlag E skal der installeres ca. 30 stk. filtersatte sugespidser for at kunne fjerne vandet, svarende til en c/c-afstand på 1,2 m. Spidserne etableres på mindst 2 anlæg.

Der etableres 3 reinfiltrationsboringer på alle sider, svarende til i alt 12 re-infiltrationsboringer. Dette kan reduceres i det omfang nogle af boringerne fra nabovederlagene kan anvendes. Dette afklares på et senere tidspunkt, ligesom den nøjagtige placering af boringerne tillige afklares på et senere tidspunkt.

5. Samlet vandmængde

Den samlede vandmængde i byggeperioden forventes med et tillæg på 10% på det nuværende grundlag at udgøre:

$$\sum Q_{total} = 1,1 \cdot (10750 + 20850 + 23520 + 20160) = 82810 \approx 85000 \text{ m}^3$$

6. Tiltag til sikring af vandmængde

Der er i projektet fokus på, at de ovenstående vandmængder overholdes, hvorfor grundvandssænkningen følges tæt, således grundvandsreducerende foranstaltninger kan igangsættes i tilfælde af, at der mod forventning registreres større vandmængder.

De tiltag, som vil blive aktuelle at igangsætte, kan blandt andet være:

- Planlægning af arbejdet i perioder uden højt grundvandsspejl. Såfremt grundvandsspejlet ligger i det niveau, som fremgår af Tabel 1-1, vil vandmængden kunne reduceres med ca. 35%, hvorfor en planlægning af arbejdet vil have stor indflydelse på vandmængderne.
- Såfremt dette ikke kan gøres, vil det være muligt at udgrave til ned til grundvandsspejlet inden grundvandssænkningen igangsættes. Planlægges arbejdet således, at det kun er nødvendigt at have grundvandssænkningen til at køre i 3 dage mindre end de 4 uger, vil vandmængden, af den grund alene, blive reduceret med ca. 10%.
- Med en groutning af bunden mellem spunsvæggene vil det være muligt at reducere permeabilitetskoefficienten i sandet inde i spunskassen og derved sikre, at der ikke strømmer mere vand end tilladt til byggegruben
- Forlængelse af spuns ved de fundamenter, som giver mest vand – Mindre effekt
- Våd udgravning.

Hvilke af ovenstående der iværksættes afhænger af de registrerede tilstrømninger.

Specielt i opstartsfasen vil der være en løbende opfølgning på de oppumpede vandmængder. Der vil i hele byggeperioden være en ugentlig afrapportering af vandmængderne og hvorvidt nye tiltag er nødvendige på det aktuelle brovederlag og de øvrige brovederlag. Herved sikres det, at den estimerede vandmængde ikke overskrides.