

Til
Kolding Kommune

Dokumenttype
Rapport

Dato
Revideret marts 2020

MARINA CITY

RISIKOVURDERING AF NYTTIG- GØRELSE

MARINA CITY

RISIKOVURDERING AF NYTTIGGØRELSE

Revision 7
Dato rev. 04-03-2020
Udarbejdet af CABR/LRSB
Kontrolleret af DOH
Godkendt af CABR
Beskrivelse Risikovurdering ved nyttiggørelse

Ref. 1100029198
Dokument ID 1100029198-379938492-5
Version 7,0

Rambøll
Prinsensgade 11
DK-9000 Aalborg
T +45 5161 1000
F +45 5161 1001
www.ramboll.dk

INDHOLD

1.	INDLEDNING	1
1.1	Formål og baggrund	1
1.2	Metode for risikovurdering	1
2.	MARINA CITY – NYTTIGGØRELSE	2
2.1	Beliggenhed	2
2.2	Opbygning og indretning.	2
2.2.1	Nyttiggørelse i opfyldning øst	3
2.2.2	Nyttiggørelse i opfyldning vest	4
2.2.3	Afvanding i opfyldning øst og vest	5
2.2.4	Generelt for nyttiggørelse	6
2.3	Materiale til nyttiggørelse	6
2.3.1	Flyveaske og slagger	7
2.3.2	Bagharp/finstof fra ballastrensning	8
2.3.3	Forurennet jord fra andre bygge- og anlægsprojekter	9
2.3.4	Betonsand	9
2.3.5	Byggeaffald	9
3.	GEOLOGI, HYDROLOGI OG RECIPIENTER	10
3.1	Geologi	10
3.2	Hydrologi	12
3.3	Recipenter	12
3.4	Vandbalance	13
3.4.1	Vandbalance i opfyldning øst	15
3.4.1.1	Scenarie 1 – ingen nedsivning fra befæstede arealer	15
3.4.1.2	Scenarie 2 – nedsivning fra befæstede arealer	15
3.4.2	Vandbalance i opfyldning vest	16
3.4.2.1	Scenarie 1 – ingen nedsivning fra befæstede arealer	16
3.4.2.2	Scenarie 2 – nedsivning fra befæstede arealer	16
4.	TRIN I – OPBLANDING I RECIPIENTEN	16
5.	TRIN II – STOFTRANSPORT	18
5.1.1	Scenarie 2	19
6.	TRIN III – KILDESTYRKE	19
6.1	Nyttiggørelse af flyveaske og slagger	20
6.2	Nyttiggørelse af bagharp/finstof, forurennet jord fra anlægsprojekter, betonsand og byggeaffald	22
6.3	Baggrundskoncentrationer i området	25
7.	FORSLAG TIL GRÆNSEVÆRDIER	26
7.1	Opfyld med forskellige materialer	29
7.2	Udledning af overskudsvand	29
7.2.1	Fortrængningsvand	30
7.2.2	Overskudsvand ved tørholdelse	31
7.2.3	Opsummering af udledning af overskudsvand	32
7.3	Risiko overfor grundvand og arealanvendelsen på grunden	32
7.4	Risiko overfor arealanvendelsen af fremtidig strandpark	33
7.5	Habitatvurdering	34
8.	REFERENCER	35

BILAG

Bilag 1

Indretning af Marina City

Bilag 2

Oversigtskort - Opfyldning

Bilag 3

Opbygning af spunsvægge ved opfyldning øst

Bilag 4

Opbygning af spunsvægge ved opfyldning vest

Bilag 5

JAGG-beregning

Bilag 6

Datablad for betonsand

1. INDLEDNING

1.1 Formål og baggrund

I forbindelse med projektet Marina City, ny lystbådehavn og bydel ved Marina syd i Kolding, skal der ske en opfyldning til nyt landanlæg. Kolding Kommune ønsker at undersøge mulighederne for at nyttiggøre forurenede jord, flyveaske, slagge, betonsand, byggeaffald og bagharp/finstof i forbindelse med projektet, herunder modtagelse af jord fra andre anlægsprojekter. Der er i forbindelse med projektet udført flere forureningsundersøgelser af jord, jf. /8/.

Formålet med risikovurderingen er at vurdere, hvilke koncentrationer af forurenende stoffer, der kan tillades i opfyldningsmaterialerne uden, at dette giver anledning til en overskridelse af vandkvalitetskravene (VKK) anført i bilag 2 i bekendtgørelse om fastlæggelse af miljø for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand (BEK nr. 1625 af 19/12/2017)/14/.

Risikovurderingen indgår i ansøgningen om miljøgodkendelsen og danner baggrund for fastsættelse af maksimalt tilladelige koncentrationer af stoffer i flyveaske, jord mv. der må anvendes i opfyldningen således, at grænseværdier som anført i ovennævnte bekendtgørelse stadig overholdes. Beregningen er udført for at vise, hvor stor et spænd der er imellem de foreslåede grænseværdier og VKK.

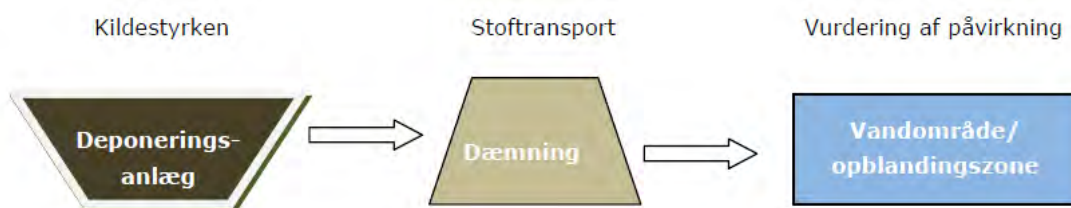
Endeligt opstilles forslag til grænseværdier for forurenende stoffer, der er baseret på beregningen, og samtidig overholder VKK med en god marginal.

Der er som udgangspunkt udført beregninger baseret på adskilte opfyldninger med nyttiggjorte materialer. Der er i afsnit 7.1 beskrevet situationen, hvor der sker sammenblanding af materialer i lagdeling.

1.2 Metode for risikovurdering

Formålet med udarbejdelse af en risikovurdering er som tidligere omtalt at beregne, hvilke koncentrationer af forurenende stoffer, der kan accepteres i materialer til opfyldning af nyt landområde således, at kriterierne for påvirkningen af recipienten (Lillebælt) overholdes. Ligeledes er risiko overfor drikkevandsressourcen og fremtidig arealanvendelse beskrevet.

Vurderingen tager udgangspunkt i den metode, som Miljøstyrelsen har anvist i den vejledende udtalelse om spulefelter /6/. Dette er selvom der ikke er tale om deponering, men nyttiggørelse. Metoden omfatter en beskrivelse af sammenhængen mellem kildestyrken, transport og miljøeffekt i recipienten af de tilladte forureningskomponenter. Princippet er skitseret på nedenstående Figur 1. risikovurderingen i nærværende rapport udføres i omvendt rækkefølge i forhold til vejledningen, for at bestemme hvilken kildestyrke, der ikke udgør en risiko for recipienten. Vurdering af påvirkning er beskrevet i afsnit 4 (trin I), stoftransport i afsnit 5 (trin II) og kildestyrken i afsnit 6 (trin III).



Figur 1-1. Hovedkomponenterne i en risikovurdering som beskrevet i den vejledende udtalelse/6/.

Ved kildestyrke forstås den mængde forurening, der kan frigives til vandfasen. Som input til en vurdering af kildestyrken er der i afsnit 2 beskrevet, hvordan de forskellige materialer der ønskes anvendt til opfyldningen tænkes anvendt og i hvilken mængde.

I samme afsnit beskrives analyseresultater af forureningsundersøgelser af jord, samt produktsammensætningen af flyveaske, slagge, byggeaffald og betonsand. Der er i beregningen taget udgangspunkt i opfyldning med 100 % af hvert enkelt materiale, for at kunne vurdere ud fra de specifikke parametre for hvert materiale.

I projektet ønskes der at nyttiggøre flere forskellige materialer sammen. Dette gør at risikovurderingen bygger på en række mere konservative antagelser. Beregninger og forudsætninger er derfor bevidst lavet for worst case scenarie af forholdene og forventes derfor meget konservative. I teksten er det efterfølgende beskrevet, hvor konservative estimerterne forventes at være og usikkerheden er så vidt muligt søgt kvantificeret.

2. MARINA CITY – NYTTIGGØRELSE

2.1 Beliggenhed

Marina City skal etableres i den indre del af Kolding Fjord, på et areal som i dag er delvist fjord. Arealet tilvejebringes ved opfyldning af fjorden. Arealet skal fremadrettet anvendes til lystbådehavn, bådoplæg og nyt beboelsesområde. Placering er markeret med en rød cirkel på Figur 2-1. Den fremtidige indretning af Marina City fremgår af Bilag 1.



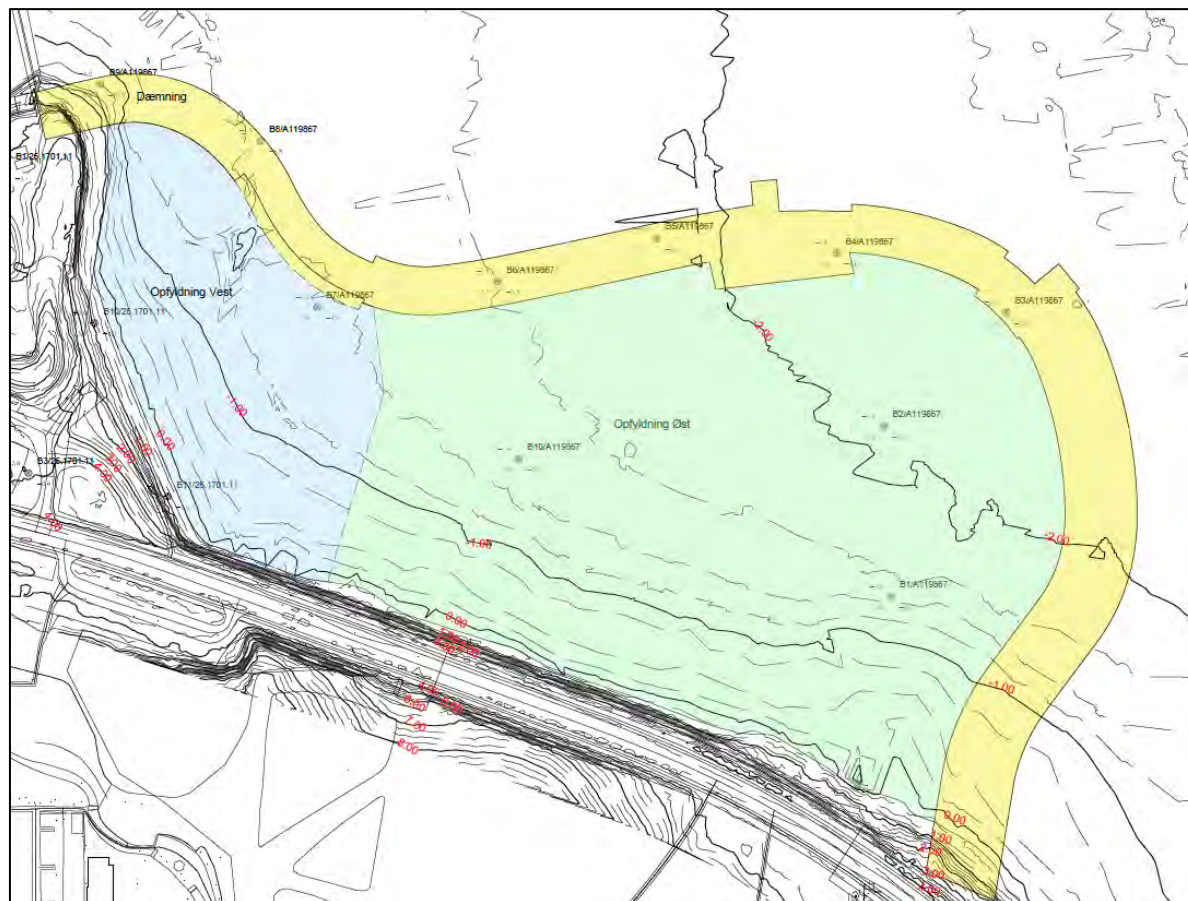
Figur 2-1. Placering af nyttiggørelse i projektet Marina City beliggende ud til Kolding Inderfjord.

2.2 Opbygning og indretning.

Opfyldningen af Marina City vil foregå i to adskilte områder, se Figur 2-2. Der vil ske en nyttiggørelse af materiale i områder "opfyldning vest" og "opfyldning øst". Det forventes at spunsvæggene er ca. 95 % vandtætte, hvorved det kun er en minimal vandmængde, der trænger igennem sam-

lingerne i spunsen. Der er i afsnit 7.2 vurderet på risikoen overfor arealanvendelsen af strandparken. Det forventes, at det samlede areal opfyldes med ca. 752.000 t løsvægt af lettere forurenede materialer og/eller produkter jf. restproduktbekendtgørelsen.

Nedenstående figurer fremgår også af bilag 3.



Figur 2-2. Kort over områder, hvor der vil ske opfyldning. Opfyldning vest er markeret med blå og opfyldning øst er markeret med grønt.

De to områder, hvor der ønskes nyttiggørelse af materialer vil blive opbygget forskelligt. Fælles for begge, vil der etableres en promenade ud mod kysten. Der vil som udgangspunkt ikke være en spunsvæg imellem de to opfyldningsområder. Der er i udbuddet lagt op til at den fremtidige entreprenør selv kan beslutte, hvorvidt opfyldning skal ske med eller uden tørpumpning af arealet til opfyldning. Dette betyder at der potentielt vil blive udledt oppumpet vand i forbindelse med tørhooldelse, ligeledes vil opfyldning uden tørpumpning bidrage til en udledning af fortrængt vand. Risikovurderingen vil tage udgangspunkt i worst case-scenariet, hvor kildestyrken svarer til koncentrationen i porevandet inden det udledes til Kolding Fjord. Uanset den valgte løsning, vil kildestyrken blive opblandet i Kolding Fjord ved udledning, hvorfor en udledningstilladelse til begge scenarier vil kunne tage udgangspunkt i de oplyste kildestyrker. Risikovurdering for de forskellige løsningsforslag i forbindelse udledning af fortrængningsvand og/eller oppumpet drænvand fremgår af afsnit 7.2. Der søges særskilt udledningstilladelse til fortrængningsvand og drænvand.

2.2.1 Nyttiggørelse i opfyldning øst

Opfyldning Øst har et areal på 48.975 m². Arealet har en kyststrækning på ca. 495 m. Opfyldning Øst vil blive anvendt til aktiviteter knyttet til anvendelsen af lystbådehavnen, butikker, restauranter, værksted mm. Dele af området vil blive befæstet, og store dele af den befæstede plads vil blive anvendt til veje og parkering. Der etableres dog to ubefæstede vinterbådopladspladser. Den

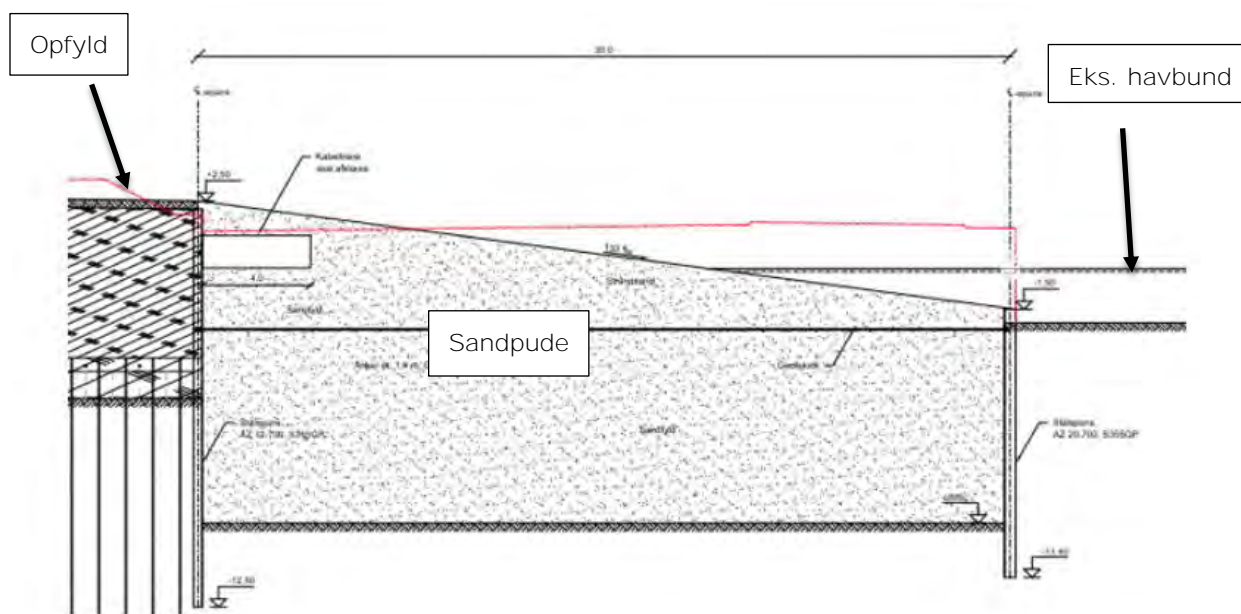
endelige udformning af områder er dog ikke helt på plads, men det forventes i forhold til afvanding at op mod 80 % af al overfladevand fra området, vil blive ledt til afvandingstrug for herefter at blive udledt til recipienten. Belægninger er asfalt, fliser, belægningssten og lignende tætte belægninger.

De ubefæstede områder vil blive beplantet og vil dermed have græsdække samt spredt dække af buske og træer. Heraf vil en hel del græsarealer blive opbygget på macadam.

I opfyldning øst vil der ske opfyldning på eksisterende havbund beliggende i kote -1,5 og -2,5 DVR90 til kote ca. +2,75 DVR90. Det forventes, at de øverste 0,5-0,75 m af opfyldningen vil udgøres af ren jord. Der kan som udgangspunkt ske nyttiggørelse med alle de beskrevne typer materiale i opfyldning øst.

Promenaden ud for opfyldning øst vil bestå af en dobbelt spunsvæg med en 20 m ren sandpude i mellem. Opbygningen ses af nedenstående Figur 2-3. Bundkoten i eksisterende havbund vil variere mellem kote -1,5 og -2,50 DVR90. Opfyldningen vil ske til kote +2,8 DVR90. Eksisterende havbund udgøres af gytje. Tværsnit af opbygningen af spunsvægge er også vedlagt i bilag 4.

I forbindelse med opfyldningen med nyttiggørelsesmateriale, vil der fordi eksisterende havbund består af gytje være risiko for sætninger. Derfor opfyldes der midlertidigt til kote ca. +4,7. Da der er variation i de forventede sætninger og dermed koten for opfyldning, anvendes en gennemsnitskote på -5 DVR90, som den kote der maksimalt vil ske opfyldning til. Opfyldningen vil ske over perioden august 2021 til december 2023, hvorefter området henligger i et års tid for forbelastning. Herefter opfyldes/afdækkes området med rene materialer. Det planlægges at al slutfærdigning er udført i marts 2025.



Figur 2-3. Opbygning af spunsvæg ud for opfyldning øst (Marinaparken).

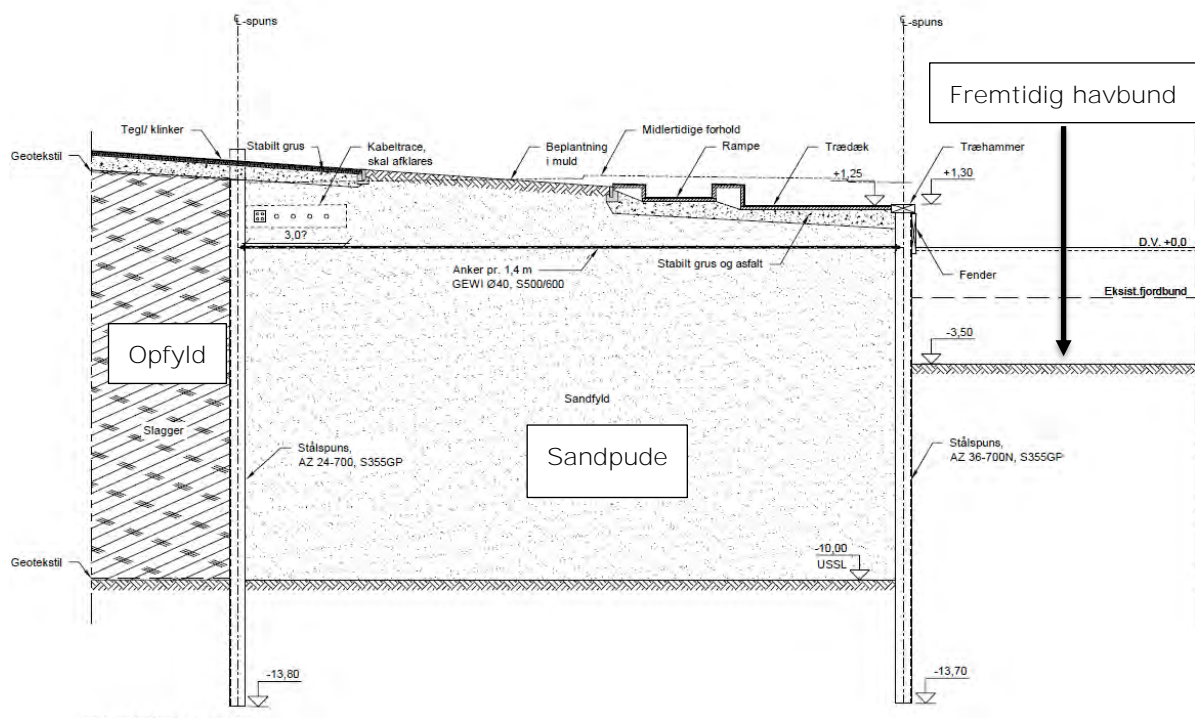
2.2.2 Nyttiggørelse i opfyldning vest

Opfyldning vest har et areal på ca. 16.500 m², og har en kyststrækning på ca. 158 m. Området vil primært blive anvendt til beboelse og aktiviteter tilknyttet anvendelsen af lystbådehavnen. Ligesom for opfyldning øst, vurderes det at op mod 80 % af al overfladevand, vil blive opsamlet og udledt til recipienten. Befæstede arealer er veje, parkering, stier, tagarealer og lignende. Belægninger er asfalt, fliser, belægningssten og lignende tætte belægninger.

De ubefæstede områder vil blive beplantet og vil dermed have græsdekke samt spredt dække af buske og træer. Heraf vil en hel del græsarealer blive opbygget på macadam.

I opfyldning vest vil der ske et jordbundsskift, hvorved store dele af den nuværende havbund bestående af gytje opgraves inden opfyldningen påbegyndes. Dette gøres for at sikre, at jordbunden er stabil nok til den fremtidige anvendelse. Der vil således kunne ske en opfyldning nyttiggjorte materialer. Det forudsættes, at kravene til anvendelse af slagge, flyveaske og byggeaffald i bygge- og anlægsprojekter anført i restproduktbekentgørelsen/12/ overholdes. Dette betyder, at den nuværende havbund afgraves til maksimalt kote -10 og min. kote -3 DVR90.

Promenaden ud for opfyldning vest vil bestå af en dobbelt spunsvæg med anker, se Figur 2-4. Der etableres ligeledes en sandpude af rent sand på 15-20 m mellem de to spunsvægge. De steder hvor sandpuden kun vil være 15 m, vil der på opfyldningssiden af spunsen blive opfyldt 5 m med rent sand, for at sikre 20 m ren sandpude. Tykkelsen af opfyldt i området vil variere betydeligt, bundkoten vil variere mellem kote -1,5 og -10 DVR90, men beregningen tager udgangspunkt i worst-case scenariet, hvor der vil ske opfyldning til kote -10 i hele opfyldningsområdet. Opbygningen af spunsvæggene er vist i bilag 5.



Figur 2-4. Opbygning af spunsvæg ud for opfyldning vest.

2.2.3 Afvanding i opfyldning øst og vest

Regnvandsafvandingen påregnes at ske via et lokalt system (LAR) hvor overfladevandet fra ubefæstede arealer men også fra en del af de befæstede arealer ledes til regnbede/grøfter og videre ud i havnen/fjorden. Fra disse regnbede/grøfter vil der også være en vis nedslivning.

I de udførte beregninger er det forudsat at tilstrømmende grundvand og infiltrerende regnvand frit kan passere spunsvæggene. Spunsvæggene rammes med dobbeltjern, hvor den ene samling presses sammen. Dette betyder at der vil være en lille revne, hvor der potentielt kan strømme vand igennem. Derudover vil der blive etableret dræn i selve spunsen for at modvirke at der kan ske opstuvning af vand bag spunsen.

Der er på nuværende tidspunkt ikke tiltænkt at etablere dræn af ubefæstede områder. Disse områder anlægges således at terrænet har fald ud mod anlagte grøfter i siden af arealerne, hvor vandet ledes til regnvandssystem, der udledes i fjorden. Som udgangspunkt vil de øverste ca. 0,5 m af ubefæstede arealer vil blive anlagt med ren jord, for at sikre at der ikke kan ske kontakt med forurenede jord i forbindelse med fremtidig arealanvendelse.

Der er i beregningen opstillet to scenarier, for at vise worst case i forbindelse med nedsivning af overfladevand fra afvandingssystemer. I scenarie 1 er situationen beskrevet, hvor overfladevand fra befæstede arealer udledes til havnebassinet, uden mulighed for nedsivning til opfyldet. Scenarie 2 beskriver situationen, hvor al overfladevand fra befæstede arealer nedsiver til opfyldet. I realiteten vil der ske en mindre nedsivning i grøfterne, hvorfor den aktuelle situation vil være tættere på scenarie 1 end scenarie 2.

2.2.4 Generelt for nyttiggørelse

I forbindelse med nyttiggørelsen skal det sikres, at der ikke sker en sammenblanding af de enkelte fraktioner. Med dette menes at fraktioner med forurenede jord skal fysisk adskilles fra fraktioner med flyveaske og slagge. Dette skyldes, at disse affaldsfraktioner kan påvirke hinanden, hvorved der udvaskes en øget mængde metaller. Det foreslås at anvende plastspuns eller lignende, der kan holde til den kemiske påvirkning fra opfyldet til at adskille de enkelte fraktioner, hvorved enkelte delområder kun indeholder forurenede jord mens øvrige kun indeholder f.eks. flyveaske. Adskillelsen skal sikre, at porevand fra flyveaske/slagge ikke ledes igennem områder opfyldt med forurenede jord. Det foreslås, at der opstilles vilkår til modtagekontrol og håndtering af de enkelte affaldsfraktioner i anlæggets miljøgodkendelse.

I forbindelse med udsivning fra området vil udsivende vand blive ledt igennem spunsvæggene. Eftersom spunsvægge ikke er 100% vandtætte, vil en vis vandmængde slippe igennem spunsvæggens samlinger og gennem anlagte dræn. I risikovurderingen tages der udgangspunkt i at porevandet frit kan passere spunsen. Der vil blive etableret drænhuller i spunsen for at sikre, at der ikke kan ske opstuvning af vand bag spunsen. Risikovurderingen tager udgangspunkt i et scenarie, der vil svare til fri passage mellem opfyldet og havnebassinet/Kolding Fjord. Et af løsningsforslagene til opfyldning af de to områder, er at der udlægges en membranbund med dræn, hvorved opfyldet drænes vertikalt. Dette udgør ikke en problematik i forhold til risikovurderingen, da det svarer til fri passage af porevandet til recipienten, hvilket er udgangspunktet i denne risikovurdering. Kildestyrket i drænvandet vil derfor maksimalt svare til de beregnede kildestyrker inden fortynding og transport igennem sandpuden.

I forbindelse med igangværende opfyldning vil der kunne ske direkte udledning af overskudsvand og/eller oppumpet vand i forbindelse med tørholdelse af området. Udledningen vil svare til de beregnede porevandskoncentrationer og eluatkoncentrationer inden fortynding og transport gennem sandpuden. Det er endnu ikke besluttet, hvorvidt der kun etableres et eller flere udledningspunkter, men idet opfyldning vil ske over en større årrække forventes det, at udledningen kan ske via et punkt. Udledningen i punktet er svarende til de oplyste kildestyrker i porevandet i opfyldet, og vil blive opblandet i havnebassinet inden det fortyndes i de frie vandmasser i Kolding Fjord. En udledningstilladelse vil derfor kunne tage udgangspunkt i de beregnede koncentrationer i risikovurderingen i forhold til fastsættelse af udlederkrav. Risikovurdering vedr. udledning af fortrængningsvand og/eller oppumpet drænvand i forbindelse med opfyldning fremgår af afsnit 7.2.

2.3 Materiale til nyttiggørelse

Det er oplyst, at der ønskes undersøgt muligheden for nyttiggørelse af lettere forurenede jord fra anlægsprojekter, bagharp/finstof flyveaske, slagge, byggeaffald og betonsand.

Rambøll har oplyst en række koncentrationer af de ønskede anvendte materialer. Data er baseret på typiske koncentrationer af forurenede jord til nyttiggørelse i lignende anlæg, erfaringsmæssige

koncentrationer af bagharp/finstof, Restproduktbekendtgørelsens kategorier for nyttiggørelse/12/ samt datablad for betonsand vedlagt som bilag 7.

2.3.1 Flyveaske og slagge

Det ønskes undersøgt om flyveaske og slagge kan nyttiggøres til opfyldning. Beregningen er udført på baggrund af kravene fra Restproduktbekendtgørelsens bilag 8/12/. Der arbejdes med kildestyrker svarende til de tre kategoriers koncentration i eluat, hvor der er angivet intervallet er der udført beregninger med den højeste værdi opgivet for intervallet. Det forventes, at slagge skal leve op til kravene der er stillet i restproduktbekendtgørelsen for anvendelse i anlægs- og byggeprojekter/12/.

Tabel 2.1. Inddeling af restprodukter og jord i kategorier, jf. Restproduktbekendtgørelsen/12/.

	Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3
	Faststofindhold mg/kg TS		
Arsen	0-20	>20	>20
Bly	0-40	>40	>40
Cadmium	0-0,5	>0,5	>0,5
Chrom, total	0-500	>500	>500
Chrom VI	0-20	>20	>20
Kobber	0-500	>500	>500
Kviksølv	0-1	>1	>1
Nikkel	0-30	>30	>30
Zink	0-500	>500	>500
	Koncentration i eluat µg/L		
Klorid*	0-150.000	0-150.000	150.000-3.000.000
Sulfat	0-250.000	0-250.000	250.000-4.000.000
Natrium	0-100.000	0-100.000	100.000-1.500.000
Arsen	0-8	0-8	8-50
Barium	0-300	0-300	300-4.000
Bly	0-10	0-10	10-100
Cadmium	0-2	0-2	2-40
Chrom, total	0-10	0-10	10-500
Kobber	0-45	0-45	45-2.000
Kviksølv	0-0,1	0-0,1	0,1-1
Mangan	0-150	0-150	150-1.000
Nikkel	0-10	0-10	10-70
Selen	0-10	0-10	10-30
Zink	0-100	0-100	100-1.500

*Resultat skal korrigeres for tilsat CaCl₂ i forbindelse med udvaskningstesten for jord

Det forudsættes i de videre beregninger at asken/slaggen ikke indeholder øvrige forureningsstoffer end de i Tabel 2.1 angivne. Ved klassificeringen af restprodukt skal der udføres faststofanalyser og udvaskningstest af de enkelte fraktioner, der skal anvendes til opfyldningen. Det skal derfor eftervises, at de konkrete fraktioner kan overholde de forudsætninger, der er givet i denne beregning.

Det er forudsat, at anvendelsen af flyveaske og slagge sker i henhold til /12/ i forhold til placering i forhold til grundvandsspejl, belægning mv.

Det er oplyst af Kolding Kommune, at det desuden forventes at flyveaske og slagge kan have et forhøjet indhold af molybdæn og vanadium. Disse tre stoffer er derfor medtaget i risikovurderingen, hvor der tages udgangspunkt i vandkvalitetskriteriet for stofferne, for at kunne beregne en acceptabel grænseværdi i eluat.

2.3.2 Bagharp/finstof fra ballastrensning

Bagharp og finstof fra ballastrensning forekommer som et finere restprodukt som følge af vedligeholdelse med banerealer, hvor skærver udskiftes. Bagharp/finstof har typisk et forhøjet indhold af oliestoffer.

Rambølls fagekspert på forurenede jord og grundvand har oplyst at bagharp/finstof fra ballastrensning typisk har et indhold af forurenende stoffer svarende til lettere forurenede jord, og almindeligvis håndteres stoffet som jord. Derved anvendes definitionen af lettere forurenede jord, jf. /16/, se nedenstående Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Indhold af forurenende stoffer i bagharp/finstof fra ballastrensning svarende til lettere forurenede jord.

Stof	Interval
Bly	40-400 mg/kg TS
Cadmium	0,5-5 mg/kg TS
Chrom, bortset fra Chrom VI	500-1.000 mg/kg TS
Kobber	500-1.000 mg/kg TS
Kviksølv	1-3 mg/kg TS
Zink	500-1.000 mg/kg TS
PAH-total*	4-40 mg/kg TS
Benz(a)pyren	0,3-3 mg/kg TS
Dibenz(a,h)anthracen	0,3-3 mg/kg TS
Kulbrinter C20-C25	100-300 mg/kg TS

* summen af de 7 PAH-forbindelser: fluoranthen, benz (b+j+k) fluoranthen, benz (a) pyren, di-benz (a,h) anthracen og indeno (1,2,3-cd) pyren

2.3.3 Forurenede jord fra andre bygge- og anlægsprojekter

Da det ønskes, at modtage jord fra andre anlægsprojekter, tages der udgangspunkt i grænseværdier i miljøgodkendelser til nyttiggørelse i andre lignende projekter, disse fremgår af Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Forventede maks. koncentrationer i forurenede jord fra andre anlægsprojekter.

Stof	Maks. koncentration
Bly	400 mg/kg TS
Cadmium	5 mg/kg TS
Chrom total	1.000 mg/kg TS
Chrom VI	20 mg/kg TS
Kobber	1.000 mg/kg TS
Nikkel	60* mg/kg TS
Zink	1.000 mg/kg TS
C6-C10 kulbrinter	25** mg/kg TS
>C10-C15 kulbrinter	40** mg/kg TS
C15-C20 kulbrinter	310** mg/kg TS
>C20-C35 kulbrinter	400** mg/kg TS
Sum af kulbrinter	400** mg/kg TS
BTEX total	10 mg/kg TS
Benzen	1,5 mg/kg TS
PAH total***	40 mg/kg TS
Benz(a)pyren	3 mg/kg TS
Dibenz(a,h)antracen	3 mg/kg TS

* kun hvor det er naturligt indhold af Nikkel ellers 30 mg/kg TS

** Reflabmetode 1

***Bestemmes som summen af flouranten, benz(b+j+k)flouranten, benz(a)pyren, dibenz(a,h)antracen og indeno(1,2,3- cd)pyren, i henhold til miljøstyrelsens vejledning nr. 6/1998. Alle øvrige stoffer skal vurderes særskilt.

Da bagharp/finstof håndteres og kategoriseres som jord, vil disse to fraktioner blive behandlet samlet under de forslåede maksimale koncentrationer til jord angivet i dette afsnit fremadrettet i vurderingen.

2.3.4 Betonsand

Der ønskes også mulighed for at anvende betonsand, som f.eks. kan leveres af Thyborøn Nordsøral A/S, datablad er vedlagt i bilag 7. Det er oplyst at betonsandet ikke indeholder problematiske indholdsstoffer, men har et højt saltindhold – det er oplyst at sandet har en pH på 9,7. Det er oplyst at betonsandet er jomfrueligt sand udvundet fra havbunden, og det forventes derved ikke at sandet indeholder problematiske stoffer. Sandet anvendes, som navnet antyder, normalt til fremstilling af beton i industrien.

Det har på nuværende tidspunkt ikke været muligt at indhente yderligere oplysninger end de i anførte bilag 7, hvorfor følgende er antaget om produktet:

- Betonsandet kan behandles som forurenede jord
- Betonsandet kan opfylde de samme krav, der vil blive stillet til jord fra anlægsprojekter

2.3.5 Byggeaffald

Det er oplyst at der ønskes at genindbygge byggeaffald af typen:

- Uglaceret tegl (mur- og tagsten)
- Beton
- Blandinger af materialer fra natursten, uglaceret tegl og beton.

Restproduktbekendtgørelsen /12/ giver mulighed for genanvendelse af byggeaffald. Bekendtgørelsen omfatter to kategorier af byggeaffald; sorteret, uforurenet byggeaffald, samt sorteret byggeaffald forurenet med visse stoffer. I samråd med Kolding Kommune, er det besluttet at der kun må benyttes restprodukter af byggeaffald, der ikke er forurenet med PCB. Dette skyldes, at der vil være risiko for udvaskning. Der stilles vilkår om at neddelt byggeaffald skal kunne overholde de opstillede grænseværdier for jord.

3. GEOLOGI, HYDROLOGI OG RECIPIENTER

3.1 Geologi

Regionalt er geologien i Kolding-området præget af ungt morænelandskab fra sidste istid med issøer og dødishuller. Projektområdet er således beliggende i området Skamlingebanken, der udgør en randmoræne skabt af Lillebæltsgletscher/1/.

Af historiske luftfotos ses at nuværende lystbådehavn lokalt ved projektområdet består af opfyld. Nærliggende boringer er i dette afsnit anvendt til at beskrive geologien i området. I nærliggende nærliggende boring DGU nr. 134.1523 træffes der muld fra 0,0-0,8 m u.t. efterfulgt af et sandlag til 4,75 m u.t., under dette lag findes et lag af ler på 0,5 m til boringens bund.

I området syd for projektområdet, det oprindelige landskab, er der i boring DGU nr. 134.398 truffet sand fra 0-4,2 m u.t. der underlejres af et glacialt moræneler fra 4,2 til 13,7 m u.t. mens der i boring DGU nr. 134.399 er truffet glacialt moræneler fra 0,0-14,1 m u.t. Disse to boringer er beliggende tæt på hinanden, hvilket betyder at der lokalt er stor forskel på tilstedeværelsen af de terrænære sandlag i området.

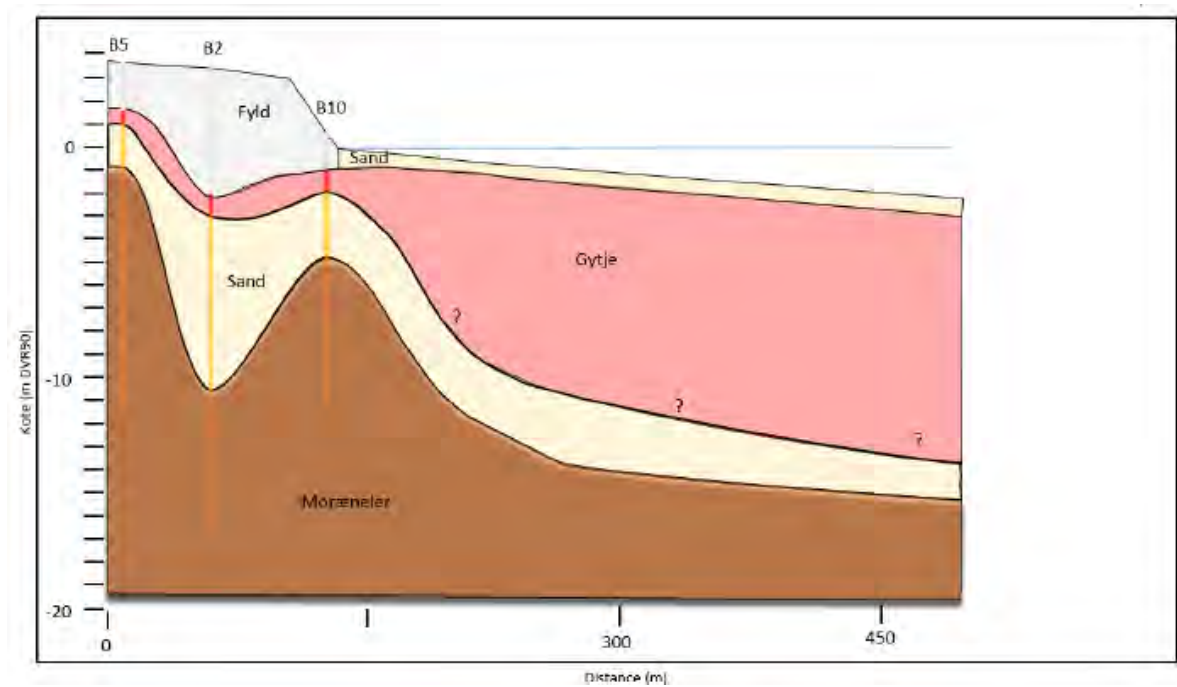
I forbindelse med projektet er der udført en geoteknisk undersøgelse med 10 boringer /9/. Boringerne er ført til 8 á 19 meter dybde under eksisterende terræn. I den geotekniske rapport, er tidligere resultater udført af COWI medtaget. Der er i boringerne truffet 1,1 á 7,6 m fyld samt postglaciale aflejringer af gytje, sand, ler og grus. Herunder er der truffet varierende jordbundsforhold af stedvis senglaciale ferskvandsaflejringer og smeltevandsaflejringer og glacialt sand, ler og moræneler.

COWI har udarbejdet en geologisk model for projektområdet /10/. Nedenstående tværsnit (Figur 3-1, Figur 3-2 og Figur 3-3) er baseret på en overordnet geofysisk kortlægning med refraktionsseismik og multielektrodeprofilering (MEP) i projektområdet. Modellen er suppleret med geofysisk data fra den geotekniske undersøgelse /8/ og eksisterende boringer.

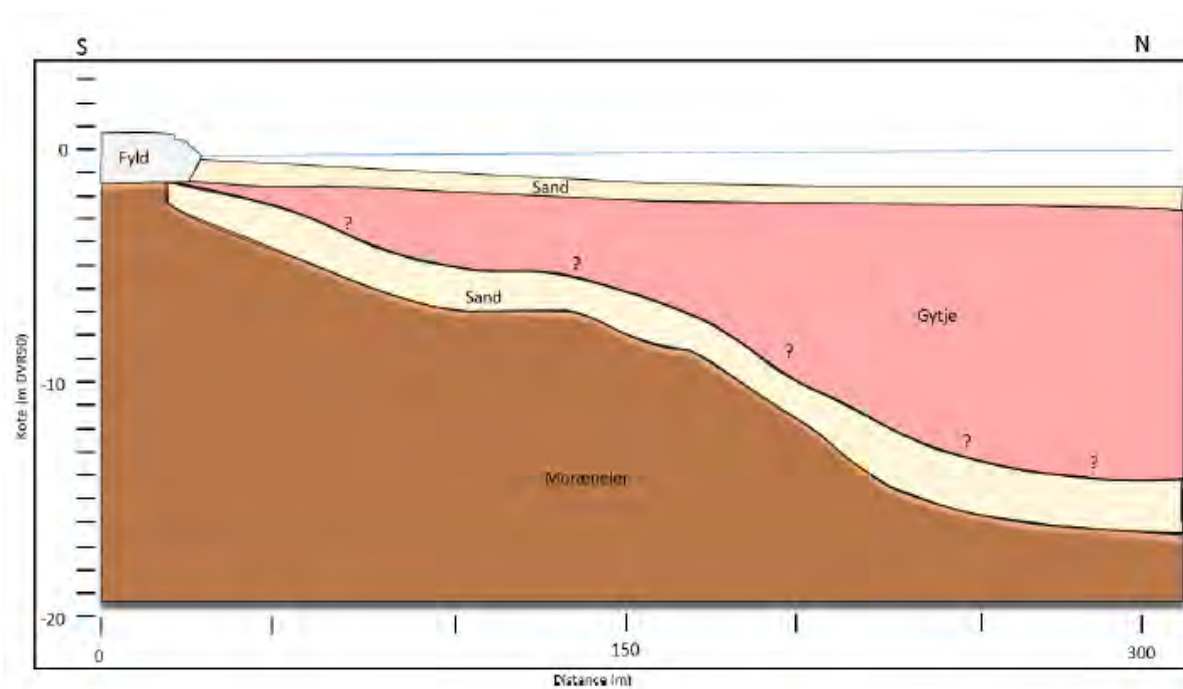
Undersøgelsesområde beskrives i /10/ som et lavvandet område med en maksimal vanddybde på 2,5 meter. De øverste 0,5-1,0 meter består af postglacial, marint sand der overlejrer 1-14 meter gytje. Gytjen tolkes underlejret af mellem-grovkornet, usortet senglacialt sand. Sandlaget er 3-8 meter. Sandet underlejres af fedt moræneler. Tykkelsen af moræneler vurderes i undersøgelsesområdet at være <10 m.



Figur 3-1. Placering af konceptuelle geologiske profiler.



Figur 3-2. Konceptuel geologisk profil af P1 af kortlægningsområdet.



Figur 3-3. Konceptuel geologisk profil af P3 (syd-nord).

3.2 Hydrologi

Der findes ingen hydrologiske oplysninger for området, der er placeret ud mod Kolding Fjord. Der er ikke drikkevandsinteresser inden for projektområdet.

Det vurderes ud fra regionale potentialekort at grundvandet i området løber mod Kolding Fjord. Der er i den geotekniske undersøgelse truffet terrænnært grundvand i det sandblandede fyldlag under den nuværende marina vest for projektområdet.

Der træffes i den geotekniske rapport et lokalt grundvandsspejl fra kote -0,7 til kote +1,3 DVR90.

3.3 Recipienter

Kolding Fjord udgør områdets væsentligste recipient. Kolding Fjord er en del af vandplanen for Lillebælt.

Kolding Fjord er en lille fjord med et areal på 15 km². Opholdstiden om sommeren er beregnet til 2-3 uger i inderfjorden, mens den i yderfjorden er mindre. Middeldybden er 5,2 m og den maksimale dybde er 15 m. Fjorden har ved munden en mindre tærskel beliggende på 12 m dybde/2/. Generelt er Kolding Fjord styret af forholdene i Snævringeren i Lillebælt, hvor der ofte er store strømhastigheder, der bevirker, at vandsøjlen oftest er homogen i den øvre del af vandsøjlen. På grund af den relativt lave vanddybde i inderfjorden sker der ofte en opblanding af hele vandsøjlen selv ved forholdsvis svage vindpåvirkninger. Afstrømningsoplandet er stort i forhold til inderfjordens areal. Fjorden er en type P3, lagdelt vandområde med middel saltholdighed og høj afstrømningsindeks/2/.

Ifølge den danske havnelods /3/ er forskellen mellem middelhøjvande og middellavvande på 0,2 m. Nordøstlige storme kan give en højvandstand på 1,5 m og vestlige storme op til 1,5 m lavvande. Udløb fra vandløb giver en østlig gående strøm i selve havnen, den østlig gående strøm skærer den gravede rende til havnen under en vinkel på ca. 45°

Følgende er et uddrag fra tidligere udførte notat angående hydrogeografiske forhold i Kolding fjord/4/. "Kolding Fjord har to gravede sejlrender, der fører ind til Kolding Havn. Der er i sejlrenderne garanteret en vanddybde på 7,3 m og har en bredde på 30 m. De resterende dele af Kolding Fjord har en naturlig vanddybde, svarende til en middel vanddybde på 5,2 m.

Kolding Fjord er præget af lave strømhastigheder og at området lokalt omkring Marina Syd primært er drevet af den vandføring, der kommer fra Kolding Å. Dette betyder at den dominerende strømningsretning omkring Marina Syd er udadgående (gående mod øst). Det kan dog ikke udelukkes, at høj vandstand i Lillebælt kan give anledning til en kortvarig indadgående strømning. Det vurderes at strømhastigheder sjældent overstiger 0,1 m/s, og at disse hastigheder kun opnås steder, hvor fjorden er snæver/4/.

Der forekommer forholdsvis små vandstandsvariationer ved Kolding Havn, hvilket betyder en begrænset vandudskiftning i den nye marina. Det vurderes at opholdstiden for vandet i den inderste del af fjorden er 2-3 uger."

I forbindelse med designet af den nye marina foreslås det at tænke forbedringer til vandudskiftning ind, hvorved det sikres, at vandkvaliteten i havnen er god /4/. Der stilles f.eks. forslag til at forbedre vandudskiftningen i området ved at etablere "huller" i yderværkerne således, at dele af vandvolumen ledes igennem bassinerne og derved gennemskyller dem, herved reduceres opholdstiden for vandet inde i det nye havnebassin, se nedenstående tegning /9/.

Det anbefales jf. /9/ at placeringerne, antallet samt størrelsen af hullerne i yderværkerne optimeres via en hydraulisk model.



Figur 3-4. Forslåede tiltag til forbedring af vandudskiftning i marinaen/9/.

3.4 Vandbalance

Kolding Å udløber umiddelbart nord for projektområdet, og løber ikke ud i marinaen. Det påtænkes dog at etablere huller i yderværkerne for at sikre tilstrækkeligt vandskifte i marinaen (se figur 3-4). Desuden er der et mindre vandløb umiddelbart vest for projektområdet, der i dag udløber i havnebassinet, dette bibeholdes.

I projektet vil terrænet på opfyldningen etableres med fald mod fjorden. Regnvand fra arealerne afledes lokalt via grøfter eller regnbede, i så vidt mulig udstrækning via åbne render. De eksisterende regnvandssystemer vil blive videreført i det nye landanlæg. Der eksisterer nogle overløbsbygværker langs med Skamlingvejen. Fremadrettet vil overfladevand blive afledt direkte til havnebassinet.

Opfyldning øst vil fremadrettet blive anvendt til delvis bebyggelse og delvis ubefæstet vinter bådoplæg. Bådoplægspladserne vil blive etableret i græsmakadam. Dele af opfyldning vest vil ligeledes blive anvendt til grønne områder, hvorved dele af arealet vil være ubefæstet.

Det er oplyst at det vurderes at 80 % af hvert område kan betegnes befæstet. Det forventes at 80 % af nedbørsmængden i området, vil blive afledt til et LAR-system, hvorfra det forventes at kunne blive udledt direkte i fjorden. Det betyder at det forventes, at der sker nedsivning på 20 % af arealerne. Visse dele af de befæstede arealer, vil bestå af fliser og belægningssten, som ikke kan betegnes som 100 % tætte ved etablering, det forventes derfor, at der vil kunne ske en mindre nedsivning fra arealer med disse belægninger, men at disse arealer over tid, vil blive mere tætte.

Der vil således være følgende opdeling af områderne:

	Opfyldning øst	Opfyldning vest
Befæstet areal	39.180 m ²	13.200 m ²
Ubefæstet areal	9.795 m ²	3.300 m ²
Samlet areal	48.975 m ²	16.500 m ²

I opfyldning vest vil der ske opfyld fra kote -3 til -10 m DVR90 (fastbund) til ca. kote 2 DVR90.

I opfyldning øst vil der ske opfyld fra eksisterende havbund beliggende i kote -1,5 til -2,5,0 DVR90 til ca. kote 2,0 DVR90. Da der forventes sætninger i området forventes der opfyldning ned til kote -5 DVR90.

Grundvandsspejlet i området er målt til kote -0,7 til + 1,3 DVR90, ved den udførte geotekniske undersøgelse /8/ men det må forventes at grundvandsspejlet på arealet på grund af nærliggende fjord vil følge vandspejlsvariationerne dog med nogen forsinkelse og amplitudedeformindskelse. Der er i masseberegningen indlagt, at der forventes at kunne træffe grundvand op til kote +1,0 DVR90.

Der forventes en nedsivning af nedbør på områder, hvor der ikke er befæstelse. Der forventes desuden et vis bidrag af nedsivning i forbindelse med regnvandsløsninger til bortledning af vand, f.eks. vandtrug. I nedenstående afsnit er der opstillet to scenarier, hvor der enten ikke sker nedsivning af overfladevand fra befæstede arealer (scenarie 1) eller hvor der sker nedsivning af al overfladevand fra opfyldningsområder (scenarie 2).

Der er beregnet en vandbalance for opfyldningen. Vandbalancen er baseret på en boksmodel, hvor variationer i geologi, grundvandspotentiale og infiltration kan indarbejdes. Modellens beregning af stofspredning tager udgangspunkt i massebevarelse, hvor den udstrømmende vandmængde er lig summen af den indstrømmende og den infiltrerende vandmængde.

Den indstrømmende vandmængde, Q_i , kan beregnes ud fra bredden af opfyldet (B), hydraulisk ledningsevne (K), den hydrauliske gradient (i) og opblandingsdybden i grundvandet (d):

$$Q_i = B * K * i * d$$

Den infiltrerende vandmængde Q_n , beregnes ud fra nettonedbøren (N) og arealet af opfyldningen uden befæstelse (A):

$$Q_n = N * A$$

Da vandbalancen ikke kan opstilles ens for de to områder er der udregnet en vandbalance for hvert område.

Der anvendes JAGG 2.1-programets værdi for nettonedbør i Kolding Kommune. Nettonedbør er den mængde nedbør der nedsiver, hvilket betyder det er den samlede mængde nedbør i området fratrukket fordampningen i området. JAGG modellen angiver en gennemsnitlig værdi for hele Kolding Kommune, hvorfor dette kan afvige fra den faktuelle nettonedbør i området. Nedbør og Fordampning måles af DMI på lokale stationer i kommunen.

3.4.1 Vandbalance i opfyldning øst

Forudsætninger for beregningen af vandbalance i opfyldning øst er følgende:

- Udsivningsstrækning (bredde af opfyld mod kysten) på 495 m.
- Ubefæstet areal: 9.796 m².
- Maks. tykkelse af opfyld under grundvandsspejl på 6,0 m (fra bundkote af opfyld inkl. sætninger -5 DVR90 til grundvandsspejl i +1,0 DVR90).
- Befæstede areal: 39.180 m²
- Hydraulisk ledningsevne er aflæst for mellemkornet sand i JAGG 2.1-programmet til 0,00005 m/s
- Hydraulisk gradient er bestemt ud fra regionale potentialekort til 0,001 m/m.
- Nettonedbør i området på 513 mm/år jf. JAGG 2.1-programmet.

3.4.1.1 Scenarie 1 – ingen nedsivning fra befæstede arealer

Med de ovenstående forudsætninger kan Q_i nu beregnes:

$$Q_i = 495 \text{ m} * 0,00005 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,001 * 6,0 \text{ m} = 4.683 \text{ m}^3/\text{år}$$

For opfyldning øst vil der desuden ske en infiltrering af regnvand på de ubefæstede arealer. Den infiltrerende vandmængde Q_n , kan ud fra ovenstående forudsætninger ligeledes beregnes:

$$Q_n = \frac{513 \text{ mm}}{\text{år}} * 9.795 \text{ m}^2 = 5.025 \text{ m}^3/\text{år}$$

Den udstrømmende vandmængde Q_u bliver således for opfyldning øst:

$$Q_u = 4.683 \frac{\text{m}^3}{\text{år}} + 5.025 \frac{\text{m}^3}{\text{år}} = 9.708 \text{ m}^3/\text{år}$$

3.4.1.2 Scenarie 2 – nedsivning fra befæstede arealer

Der opstilles desuden et worstcase scenarie, hvor alt overfladevand fra befæstede arealer nedsiver til opfyldning gennem regnvandsbede eller grøfter. Dette er meget konservativt, idet regnvand der ledes til grøftesystemer i stor grad vil udledes til havnebassinet fremfor at nedsive, men for at opstille den værste tænkelige situation, er der udført beregninger for situationen, hvor 100% af alt overfladevand nedsiver til opfyldning, og derefter udledes til recipienten.

Overfladevand fra de befæstede arealer beregnes:

$$Q_n = 513 \text{ mm}/\text{år} * 39.180 \text{ m}^2 = 20.099 \text{ m}^3/\text{år}$$

Herved bliver den udstrømmende vandmængde fra område ved nedsivning fra befæstede arealer:

$$Q_u = 20.099 \frac{\text{m}^3}{\text{år}} + 9.708 \frac{\text{m}^3}{\text{år}} = 29.807 \text{ m}^3/\text{år}$$

3.4.2 Vandbalance i opfyldning vest

Forudsætninger for beregningen af vandbalance i område B er følgende:

- Udsivningsstrækning (bredde af opfyld mod kysten) på 158 m.
- Ubefæstede areal: 3.300 m².
- Befæstede areal: 13.200 m².
- Maks. tykkelse af opfyld under grundvandsspejl på 11 m (fra bundkote -10 DVR90 til grundvandsspejl i +1,0 DVR90).
- Hydraulisk ledningsevne er aflæst for mellemkornet sand i JAGG 2.1-programmet til 0,00005 m/s
- Hydraulisk gradient er bestemt ud fra regionale potentialekort til 0,001 m/m.
- Nettonedbør i området på 513 mm/år jf. JAGG 2.1-programmet.

3.4.2.1 Scenarie 1 – ingen nedsivning fra befæstede arealer

Med de ovenstående forudsætninger kan Q_i nu beregnes:

$$Q_i = 158 \text{ m} * 0,00005 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,001 * 11 \text{ m} = 2.740 \text{ m}^3/\text{år}$$

For område B vil der desuden ske en infiltrering af regnvand på de ubefæstede arealer. Den infiltrerende vandmængde Q_n , kan ud fra ovenstående forudsætninger ligeledes beregnes:

$$Q_n = 513 \frac{\text{mm}}{\text{år}} * 3.300 \text{ m}^2 = 1.693 \text{ m}^3/\text{år}$$

Den udstrømmende vandmængde Q_u bliver således for opfyldning vest:

$$Q_u = 2.740 + 1.693 = 4.433 \text{ m}^3/\text{år}$$

3.4.2.2 Scenarie 2 – nedsivning fra befæstede arealer

Der opstilles desuden et worstcase scenarie, hvor alt overfladevand fra befæstede arealer nedsiver til opfyldning gennem regnvandsbede eller grøfter. Dette er meget konservativt, idet regnvand der ledes til grøftesystemer i stor grad vil udledes til havnebassinet fremfor at nedsive, men for at opstille den værst tænkelige situation, er der udført beregninger for situationen, hvor 100% af alt overfladevand nedsiver til opfyldning, og derefter udledes til recipienten.

Overfladevand fra de befæstede arealer beregnes:

$$Q_n = 513 \frac{\text{mm}}{\text{år}} * 13.200 \text{ m}^2 = 6.772 \text{ m}^3/\text{år}$$

Herved bliver den udstrømmende vandmængde fra område ved nedsivning fra befæstede arealer:

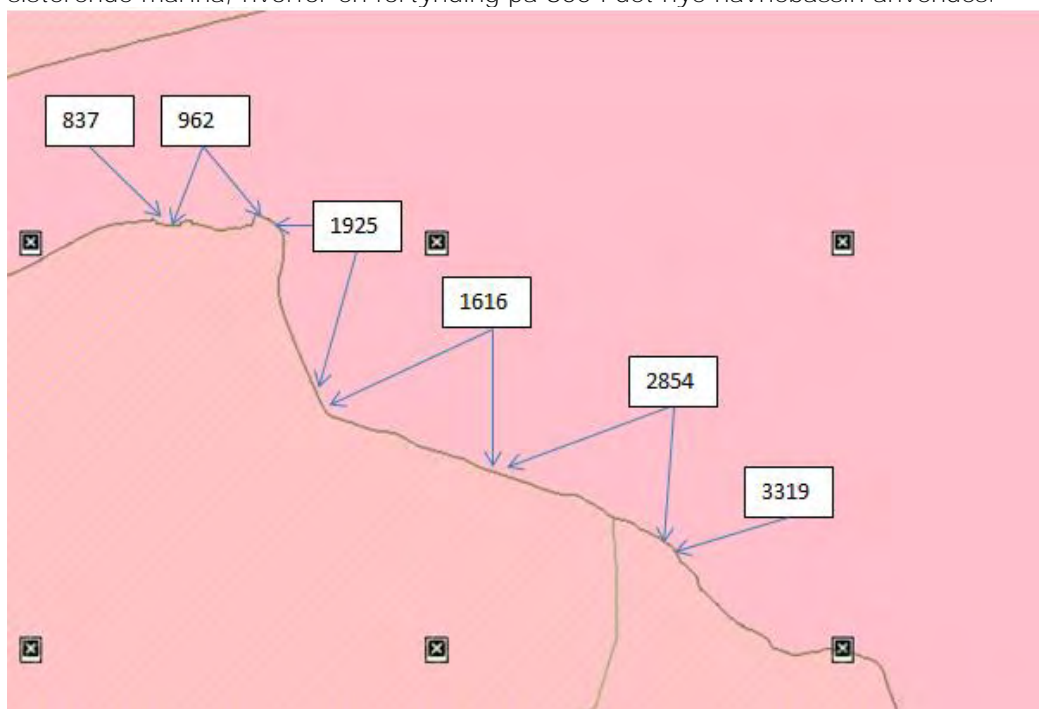
$$Q_u = 4.433 \frac{\text{m}^3}{\text{år}} + 6.772 \frac{\text{m}^3}{\text{år}} = 11.205 \text{ m}^3/\text{år}$$

4. TRIN I – OPBLANDING I RECIPIENTEN

Fortyndingen kan som udgangspunkt uden beregninger fastsættes til 10 gange for åbne kyster/13/. Den aktuelle fortynding kan fastsættes til en afvigende faktor fra 10 gange, når der er kendskab til lokale opblandingsforhold. Miljøstyrelsens beregningsportal, som kan lave fortyndingsberegninger fra kystnære depoter kan ikke umiddelbart anvendes ved udsivning til danske fjorde.

Region Syddanmark har ved hjælp af deres screeningsværktøj for fortynding i danske fjorde oplyst, at området omkring Marina City i dag har en fortynding på 837-3319 afhængigt af placeringen af målepunkt. Der vil derfor blive antaget at der er en minimumsfortynding i projektområdet på ca. 800. Fortyndingen der er angivet til 837 er for området ud for nuværende marina. Det vurderes,

at de fremtidige vandudskiftningsforhold i den nye marina vil være sammenlignelige med den eksisterende marina, hvorfor en fortynding på 800 i det nye havnebassin anvendes.



Figur 4-1. Opblanding ud for område, hvor Marina City vil blive opført, udtræk fra Region Syddanmarks Screeningsværktøj for opblanding i danske fjorde.

Der er i forbindelse med projektet udført en simpel beregning af fortyndingen i det nye bassin baseret på den gennemsnitlige vandudskiftning i eksisterende Marina som kontrol. Som beskrevet i afsnit 3.3, er der i Marinaen en forskel mellem middelhøjvande og middellavvande på 0,2 m. Det nye bassin vil være ca. 100.815 m². Dette giver en vandudskiftning udelukkende baseret på tidevandshændelser i bassinet på 20.163 m³/dag.

Den resulterende koncentration i bassinet, og derved fortyndingsfaktoren, kan nu bestemmes ud for følgende formel:

$$\text{fortyndingsfaktor} = (VS + V)/Qu$$

Hvor Qu er den udstømmende vandmængde beregnet i afsnit 3.4, VS er vandskiftet i havnen og V er volumen af det nye havnebassin. Qu sammenlagt for opfyldning øst og vest er 14.141 m³/år (9.708 m³/dag for øst + 4.433 m³/dag for vest), mens vandudskiftningen er 7.359.495 m³/år (20.163 m³/dag * 365 dage). Volumen af det nye havnebassin er beregnet ud fra en gennemsnitsdybde på 3,5 m, hvorved volumen er 352.853 m³.

Fortyndingsfaktoren kan nu fastslås ved:

$$= \frac{(7.359.495 \text{ m}^3/\text{år} + 352.853 \text{ m}^3)}{14.141 \text{ m}^3/\text{år}} = 545$$

Ovenstående formel kan også anvendes for scenariet, hvis al overfladevand nedsiver (scenarie 2). Herved fås en fortyndingsfaktor på 188. En fortyndingsfaktor på 188 vil være sat yderst konservativt, idet den er baseret på antagelsen af at al overfladevand nedsiver, hvilket ikke vil være tilfældet. Derudover er i ovenstående uanset scenarie, forudsat at vandskiftet i havnebassinet udelukkende er styret af tidevandshændelser. Skulle der blive etableret huller i yderværket, vil vandudskiftning i det fremtidige havnebassin blive større, hvorved fortyndingen vil være større. Ligeledes vurderes fortyndingen i de frie vandmasser i Kolding Fjord at være svarende til min. 800, som

oplyst af Region Syddanmark. Idet det mest realistiske scenarie, vurderes at være det, hvor al overfladevand ikke nedsiver, er en fortyndingsfaktor på 545 anvendt i risikovurderingen.

5. TRIN II – STOFTRANSPORT

Det er forudsat i beregningen at porevandet i opfyldningsmaterialet transporteres gennem spuns-vægge direkte ud til recipienten. Afhængig af hvilke stoffer der er tale om, kan der under denne transport ske væsentlig sorption og nedbrydning af stofferne, hvilket vil reducere porevandskoncentrationen inden udledning til recipienten.

Der er i det følgende konservativt antaget, at der ikke sker sorption af stofferne ved transport gennem sandpude mellem spunsvæg og opfyld.

For at vurdere nedbrydningen af de organiske forbindelser (PAH) er det nødvendigt at kende transporttiden gennem sandpuden beliggende ud mod kysten. Denne kan beregnes med forudsætningerne angivet i Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Forudsætninger for beregning af transporttid gennem dæmning – scenarie 1.

Parameter	Værdi		Bemærkning
Kyststrækning med udsivning	Opfyldning øst	495	Beliggende i en inderfjord.
	Opfyldning vest	158	
Vertikalt interval med udsivning	Opfyldning øst	6 m	Gennemsnitlig tykkelse af opfyld
	Opfyldning vest	11 m	
Perkolatdannelse	Opfyldning øst	7.757 m ³ /år	Beregnet i afsnit 3.4
	Opfyldning vest	4.433 m ³ /år	
Effektiv porøsitet	0,20		Standard fra JAGG for mellemkornet sand
Tykkelse af sandpude ved spuns-vægge	20 m		Sandpuden vil være ml. 15-30 m.
Halveringstid	100 dage		Gælder både for TBT og PAH.

Baseret på forudsætningerne kan porevandshastigheden v , beregnes gennem dæmningen:

Porevandshastighed:
$$v = \frac{\text{udsivende vandmængde fra opfyld } \frac{\text{m}^3}{\text{år}}}{\text{kystlinje med udsivning (m)} \times \text{vertikal udsivning (m)} \times 365 \text{ (dage)} \times \text{effektiv porøsitet}}$$

Opfyldning øst:
$$v = \frac{9.708 \frac{\text{m}^3}{\text{år}}}{495 \text{ m} \times 6,0 \text{ m} \times 365 \frac{\text{dage}}{\text{år}} \times 0,2} = 0,04 \text{ m/dag}$$

Opfyldning vest:
$$v = \frac{4.433 \frac{\text{m}^3}{\text{år}}}{158 \text{ m} \times 11 \text{ m} \times 365 \frac{\text{dage}}{\text{år}} \times 0,2} = 0,03 \text{ m/dag}$$

Med en tykkelse af sandpuden mellem spunsvæggene på minimum 20 m vil den gennemsnitlige transporttid gennem dæmningen være 500-572 dage (jf. beregningen $20 \text{ m}/0,04 \text{ m/dag} \approx 447$ og $25 \text{ m}/0,03 \text{ m/dag} \approx 572$).

Med den lange transporttid for vand gennem sandpuden, vil tidevandseffekten kun have en ubetydelig effekt på udvaskningen fra opfyldet.

Med en første ordens nedbrydning af de organiske stoffer med halveringstid på 100 dage som anbefalet i /6/ vil koncentrationen reduceres til ca. 2-5 % af den oprindelige kildestyrke

$(0,5^{(447/100)})$, $(0,5^{(572/100)})$). Det kan således forventes, at kildestyrken for PAH'er reduceres med min. 95 % under transporten. Der er ikke taget højde for sorption, som vil medføre en længere opholdstid i sandpuden end forudsat og dermed også en større nedbrydning. Beregningerne er dermed konservative for specielt de organiske stoffer (PAH'er).

For metaller antages, at disse transporteres med vandet uden nedbrydning eller sorption. I /6/ er der angivet anbefalede parameterverdier for sorption i sandpuden som for alle stoffer ligger i intervallet K_d 20-100 l/kg.

På grund af sorption vil transporttiden for stofferne som nævnt være længere. Denne retardation kan jf. /5/ beregnes ud fra;

$$R = 1 + \frac{(P_b * K_d)}{E}$$

Hvor;

R er retardationsfaktoren

P_b er dæmningsmaterialets volumenvægt

K_d er fordelingskoefficienten

E er dæmningsmaterialets effektive porøsitet

Under ovennævnte forudsætninger og med en antaget volumenvægt for dæmningsmateriale på $1,45 \text{ t/m}^3$ bliver retardationsfaktoren med en K_d i intervallet 20 til 100 l/kg således hhv. 146 til 726, hvilket svarer til en transporttid for stofferne gennem sandpuden på 179 til 1.138 år.

5.1.1 Scenarie 2

I det tilfælde hvor alt overfladevand fra befæstede arealer nedsiver, udføres samme beregning som i ovenstående afsnit, under de forudsætninger der er opstillet men med en perkolatdannelse svarende til Q_u i afsnit 3.4.1.2 og 3.4.2.2.

Der er i nedenstående tabel opført resultaterne baseret på scenarie 2:

Tabel 5.2. Resultater af beregning for transport og nedbrydning baseret på forudsætninger i scenarie 2.

	Opfyldning øst	opfyldning vest
Porevandshastighed	0,14 m/dag	0,09 m/dag
Transporttid gennem dæmning	145 dage	226 dage
Reducering af organiske stoffer	64 %	79%
Transporttid med sorption	58 år	450 år

Som det fremgår af tabellen, vil den øgede vandmængde til nedsivning medføre en hurtigere porevandshastighed, samt en kortere transporttid gennem dæmning hvorved reduceringen af organiske stoffer er mindre.

Det kan ud fra ovenstående beregning ses at der selvom vil ske nedsivning af al nedbør fra befæstede områder samt fra ubefæstede områder stadig vil ske en reduktion af organiske stoffer for den tid det vil tage vandet at transportere sig gennem sandpuden ud mod recipienten på min. ca. 64 %.

6. TRIN III – KILDESTYRKE

Formålet med risikovurderingen er at vurdere mulighederne for at nyttiggøre forskellige former for materialer til opfyldning, herunder flyveaske og forurennet jord fra andre projekter. Der er tages derfor udgangspunkt i mere generelle konservative fysisk/kemiske egenskaber for stofferne for at estimerer en kildestyrke.

I de foregående afsnit er der estimeret en konservativ fortynding i recipienten på 545 gange for **det udsivende vand og en konservativ bestemt nedbrydning af PAH'er på min. 50 %** under transporten gennem sandpude uden at tage højde for sorption, som reelt vil medføre en større nedbrydning.

Formålet er således ikke at finde de maksimale tilladte koncentrationer i opfyldet, men at vurdere inden for hvilket interval, koncentrationerne i opfyldet kan være. Der kan ved vurderingen opstilles et forslag til grænseværdier i hvert materiale til opfyldt, der sikre, at der med en god marginal, ikke sker en uacceptabel udsivning af forurenende stoffer til recipient og grundvand.

6.1 Nyttiggørelse af flyveaske og slagger

I forbindelse vurderingen af flyveaske og slagger, anvendes eulatkoncentrationerne angivet for de tre genanvendelseskategorier i restproduktbekendtgørelsen som kildestyrker. Da de maksimale udledningskrav til kategori 1 og 2 eulatkoncentration i bekendtgørelsen er de samme, opereres der med fremadrettet med to kategorier for maks. koncentration.

Tabel 6.1. Oversigt over generelle kvalitetskrav (VKK), og de oplyste forventede maks. kildestyrker inden fortynding.

Parameter	VKK	Kildestyrke før fortynding 545 gange Kategori 1/2	Kildestyrke før fortynding 545 gange Kategori 3	Krævet fortynding for at opfylde VKK Kategori 1/2	Krævet fortynding for at opfylde VKK Kategori 3
	µg/l	µg/l	µg/l		
Klorid**	-	150.000	3.000.000	-	-
Sulfat**	-	250.000	4.000.000	-	-
Natrium**	-	100.000	1.500.000	-	-
Arsen	0,11	8	50,00	73	455
Barium	5,8	300	4000	52	690
Bly	1,3	10	100	8	77
Cadmium	0,2	2	40,00	10	200
Chrom, total	3,4	10	500	3	147
Kobber	4,9	45	2000	9	408
Kviksølv	0,07*	0,1	1	1	14
Mangan	150	150	1000	1	7
Nikkel	8,6	10	70,00	1	8
Selen	0,08	10	30,00	125	375
Zink	7,8	100	1500	13	192

* baseret på den maksimale tilladte koncentration i recipient, da der ikke eksisterer generelle kvalitetskrav til kviksølv.** skal korrigeres for tilsat CaCl₂ i forbindelse med udvaskningstest. – der er ikke angivet VKK for parametrene Klorid, sulfat og Natrium.

Som det fremgår af Tabel 6.1 kræver opfyldning med flyveaske/slagger i kategori 1-2 jf. restproduktbekendtgørelsen maksimalt en fortynding på 125, mens flyveaske/slagger i kategori 3 kræver maksimalt en fortynding på ca. 700.

Der udføres beregninger for at flyveaske/slagger kan nyttiggøres i både opfyldning øst og vest. For at vurdere om eulatkoncentrationerne fra kategori 1-3 defineret i restproduktbekendtgørelsen/12/, er der udregnet den resulterende koncentration i recipienten i forbindelse med udvaskning. Det forudsættes i beregningen at eulatet fra flyveasken/slaggen udvaskes og opblandes i fjorden. Det forudsættes at udledningen fra opfyldet vil blive opblandet i fjorden og fortyndes min. 545 gange.

Tabel 6.2. Beregnede resulterende koncentrationer i recipient i forhold til VKK for opfyld.

Parameter	Resulterende koncentration i recipient – kategori 1-2	Resulterende koncentration i recipient – kategori 3	VKK
	µg/l	µg/l	µg/l
Klorid**	275,0	5.501	-
Sulfat	458,4	7.334	-
Natrium	183,4	2.750	-
Arsen	0,01	0,09	0,11
Barium	0,55	7,33	5,8
Bly	0,02	0,18	1,3
Cadmium	0,004	0,07	0,2
Chrom, total	0,02	0,92	3,4
Kobber	0,08	3,67	4,9
Kviksølv*	0,0002	0,002	0,07*
Mangan	0,28	1,83	150
Nikkel	0,02	0,13	8,6
Selen	0,02	0,06	0,08
Zink	0,18	2,75	7,8

* baseret på den maksimale tilladte koncentration i recipient, da der ikke eksisterer generelle kvalitetskrav til kviksølv.** skal korrigeres for tilsat CaCl₂ i forbindelse med udvaskningstest. – der er ikke angivet VKK for parametrene Klorid, sulfat og Natrium. Koncentrationer over gældende vandkvalitetskriterium er markeret med fed.

Som det fremgår af Tabel 6.2 vil opfyldning med materialer, der kan opfylde restproduktbekendtgørelsens krav til inddeling i kategori 1-2 ikke medføre en overskridelse af gældende kvalitetskrav til overfladevand. I forbindelse med opfyldning med kategori 3, vil dette medføre en overskridelse af VKK for barium, samt at koncentrationen af selen, kobber og arsen er tæt på VKK. I beregningen er der taget udgangspunkt i de maksimale koncentrationer inden for hver kategori, hvorved beregningen udgør worst case scenarie.

Der er ikke opstillet kvalitetskriterier for chlorid, sulfat og natrium. Det ventes ikke at koncentrationen af stofferne kan sammenlignes med drikkevand, og det forventes ikke at nyttiggørelsen med flyveaske og slagge svarende til kategori 1-3 i restprodukt bekendtgørelsen vil bidrage til en uacceptabel bidrag til recipient, jf. Tabel 6.2.

Der er i beregningen desuden ikke korrigeret for tilsat CaCl₂. Det skal eftervises ved udvaskningstest af påtænkt aske/slagge der ønskes anvendt, at materialet kan leve op til forudsætningerne i beregningen.

Det forventes, at der stilles krav for anvendelsen af restprodukter i henhold til restproduktbekendtgørelsen/12/ med hensyn til krav om tæt belægning og placering i forhold til grundvandsspejl og bebyggelse.

Det er oplyst at der udover de ovennævnte stoffer kan forekomme høje koncentrationer af vanadium og molybdæn i flyveaske og slagge. Disse stoffer er ikke omfattet af Restproduktbekendtgørelsens inddeling af restprodukter i kategorier. Der tages derfor udgangspunkt i en "baglæns" beregning af den maksimalt tilladelige koncentration i recipienten svarende til VKK.

Tabel 6.3. Oversigt over generelle kvalitetskrav (VKK) og beregnet kildestyrke før fortynding.

Parameter	VKK	Kildestyrke før fortynding
	µg/l	545gange µg/l
Vanadium	4,1	2236
Molybdæn	6,7	3654

For at vurdere om der kan tillades opfyldning af flyveaske/slagge skal de beregnede kildestyrker i Tabel 6.3 omregnes til koncentrationer i flyveaske/slaggen. Dette kan gøres baseret på fordelingskoefficienter (Kd værdier), som tager udgangspunkt i følgende lineære absorptionsisoterm:

$$C_s = K_d * C_v$$

Hvor C_s (mg/kg TS) er koncentrationen i flyveasken/slaggen og C_v (mg/l) er koncentrationen i porevandet. I tabel Tabel 6.4 er kildestyrken omregnet til µg/l for at kunne sammenholde resultatet med gældende vandkvalitetskriterier. I forbindelse med beregningen tages der det forbehold, at det ikke har været muligt at finde tilstrækkeligt litteratur på Kd-værdier i flyveaske og slagge, derfor er de anvendte Kd-værdier baseret på studier af jord og sediment/22//23/. Der er i begge tilfælde anvendt litteraturværdier fremfor de specifikke Kd-værdier for hhv. jorden og sedimentet i undersøgelsesområdet.

Tabel 6.4. Omregning fra kildestyrke til koncentration i faststof. Til sammenligning er Miljøstyrelsens jordkvalitetskriterier anført.

Parameter	Kildestyrke	Kd	Jord koncentration	Jordkvalitetskriterium
	µg/l	l/kg	mg/kg	mg/kg
Vanadium	2236	3890	8698	-
Molybdæn	3654	851	3110	5

Som det fremgår af Tabel 6.4 vil der kunne opfyldes med molybdæn over gældende jordkvalitetskriterium. Der gøres opmærksom på at der fandtes begrænset litteratur for stofferne, og at Kd-værdierne påvirkes af pH og at der er stor usikkerhed på værdierne. Det anbefales derfor altid at udføre en udvaskningstest af de enkelte partier flyveaske/slagge til nyttiggørelse, for at sikre at koncentrationen i euladet ikke overstiger den maksimale kildestyrke og forslag til grænseværdi.

6.2 Nyttiggørelse af bagharp/finstof, forurenede jord fra anlægsprojekter, betonsand og byggeaffald

Erfaringsmæssigt behandles bagharp/finstof som lettere forurenede jord, hvorfor dette kan grupperes med forurenede jord fra anlægsprojekter i forbindelse med vurderingen. Det forudsættes i anvendelsen af betonsand, at dette kan opfylde de samme vilkår, der stilles til forurenede jord – selvom det er oplyst at der ikke forventes at findes miljøfremmede stoffer i sandet. For byggeaffald forudsættes at dette kan opfylde vilkårene for genanvendelse stillet i restproduktbekendtgørelsen/12/. Der er taget udgangspunkt i definition af lettere forurenede jord, med enkelte afvigelser, baseret på kendte forureninger.

I Tabel 6.5 er de relevante stoffer i opfyldt listet med generelle vandkvalitetskrav /14/.

Tabel 6.5. Oversigt over generelle kvalitetskrav (VKK) og beregnet kildestyrke før fortynding.

Parameter	VKK	Kildestyrke før fortynding 545 gange
	µg/l	µg/l
Kviksølv	0,07*	38
Nikkel	8,6	4.690
Cadmium	0,2	109
Kobber	4,9	2.672
Bly	1,3	709
Chrom total	3,4	1.854
Arsen	0,11	327
Zink	7,8	4254
C6-C10 kulbrinter	30**	16.361
>C10-C15 kulbrinter	30**	16.361
C15-C20 kulbrinter	30**	16.361
>C20-C35 kulbrinter	30**	16.361
Sum af kulbrinter	30**	16.361
Benz(a)pyren	0,00017	0,09
Benzen	8	4.363
Dibenz(a.h)anthracen	0,00014	0,08

*baseret på den maksimale tilladte koncentration i recipient, da der ikke eksisterer generelle kvalitetskrav til kviksølv.

**Der er ikke fastsat et kriterium for totalindhold af kulbrinter i forbindelse med udledning til recipienter. Når der ikke er fastsat kriterier for stoffer, kan de vurderes på baggrund af toksikologiske data i henhold til /11/. Herved fastsættes VKK således:

$$VKK = EC_{xx}/UF$$

VKK er vandkvalitetskriteriet for overfladevand (µg/l), EC_{xx} er effektkoncentrationen med x procents effekt og UF er usikkerhedsfaktor, der varierer mellem 10.000 og 1, alt efter størrelsen på datagrundlaget og muligheden for akkumulering /11/.

DMR har i forbindelse med § 19 ansøgninger på Vejle Havn, fremsøgt økotoksikologiske data for benzin i PAN-databasen /27/. Den laveste værdi for EC₅₀ var på 1.500 µg/l, og idet der blev fundet økotoksikologisk data for fisk, krebsdyr og alger samt to langtidsforsøg på to forskellige trofiske niveauer anvendtes en usikkerhedsfaktor på 50, jf. /11/. Herved udregnede de en VKK for kulbrinter svarende til benzin på 30 µg/l /7/. Til sammenligning er Miljøstyrelsens grundvandskvalitetskriterium 9 µg/l. Det vurderes, at den opstillede grænseværdi for kulbrinter på 30 µg/l kan anvendes i denne beregning.

For at vurderer om der kan tillades opfyldning af jord skal de beregnede kildestyrker i Tabel 6.5 omregnes til koncentrationer i jord. Dette kan gøres baseret på fordelingskoefficienter (K_d værdier), som tager udgangspunkt i følgende lineære absorptionsisoterm:

$$C_s = K_d \cdot C_v$$

Hvor C_s (mg/kg TS) er koncentrationen i jord og C_v (mg/l) er koncentrationen i porevandet. I nedenstående tabel er kildestyrkerne omregnet til µg/l for at kunne sammenholde med gældende VKK.

I Tabel 6.6 er omregningen fra kildestyrke til jordkoncentrationer foretaget vha. Kd-værdier. Kd-værdierne er standardværdier fra /5/, samt for parametrene kviksølv /6/ (i dæmningsmateriale), mens Kd for arsen og chrom er min. Kd anført i /15/. De beregnede jordkoncentrationer svarer til de koncentrationer som teoretisk kan medføre et bidrag svarende til VKK i recipienten (uden at tage højde for baggrundkoncentrationer). Det er derfor beregning af den maksimale koncentration i opfyldet, der ikke vil overskride VKK.

Tabel 6.6. Omregning fra kildestyrke til jordkoncentration. Til sammenligning er Miljøstyrelsens jordkvalitetskriterier og afskæringskriterier anført.

Parameter	Kildestyrke (Cv)	Kd	Jord koncentration	Jordkvalitets-Kriterium	Afskærings-kriterium
	µg/l	l/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Kviksølv	38	20	0,8	1	3
Nikkel	4.690	100	469	30	30
Cadmium	109	200	22	0,5	5
Kobber	2.672	1000	2.672	500	1000
Bly	709	700	496	40	400
Chrom	1.854	750	1.391	500	1000
Arsen	327	625	205	20,0	20,0
Zink	4.254	200	851	500	1000

* baseret på den maksimale tilladte koncentration i recipient, da der ikke eksisterer generelle kvalitetskrav til kviksølv.

Som det fremgår af Tabel 6.6, vil der kunne opfyldes med jord/sand med indhold af forurenende stoffer over jordkvalitets- og afskæringskriterierne for metaller, på nær kviksølv og zink, uden at dette påvirker recipienten over VKK.

Beregningen er udført således, at det beregnes hvad den maksimale jordkoncentration ville være, hvis udledningen fra opfyldningen ville svare til vandkvalitetskriterierne. Dette betyder imidlertid ikke, at der kan forventes at kunne opfyldes med jord svarende til de anførte maksimale jordkoncentrationer. Der vil i nedenstående afsnit 7 blive opført en række forslag til grænseværdier i materialet til opfyld.

Da der i afsnit 2.3.4. er angivet en række forslag til grænseværdier til modtagelse af jord, er der foretaget en beregning af kildestyrken baseret på disse koncentrationer.

Kildestyrken af kulbrinter og benzen er i Tabel 6.7 baseret på JAGG 2.1¹-beregning, der fremgår af bilag 6. For at gøre beregningen mest konservativ, er jordkarakteristikken sand valgt. Kildestyrkerne er beregnet ud fra de maksimalt opgivne koncentrationer i afsnit 2.3.2-2.3.3.

Det forudsættes at den beregnede porevandskoncentration i JAGG opblandes i fjorden, hvor den fortyndes min. 545 gange.

¹ Miljøstyrelsen har udviklet et regneark, som kan bruges i arbejdet med at risikovurdere forurenede grunde. Programmet kaldes for JAGG (Jord, Afdampning, Gas, Grundvand).

Tabel 6.7. Omregning fra maks. jordkoncentration til resulterende koncentration i recipient. Til sammenligning er vedtagne VKK anført.

Parameter	Maks. jord-konc.	Kildestyrke	Resulterende koncentration i recipient efter 545 gange fortynding.	VKK
	mg/kg TS	µg/l	µg/l	
C6-C10 kulbrinter	25	6409	11,75	30
>C10-C15 kulbrinter	40	322	0,59	30
C15-C20 kulbrinter	310	9	0,02	30
>C20-C35 kulbrinter	400	0,14	0,0003	30
Sum af kulbrinter	400	6739,5	12,36	30
Benz(a)pyren	3	0,007	0,00001	0,00017
Benzen	1,5	5595	10,26	8
Dibenz(a,h)anthracen	3	0,01	0,00002	0,00014

Kildestyrke er den beregnede porevandskoncentration angivet i JAGG 2.1-programmet. Porevandskoncentration er beregnet ud fra en fasefordelingsberegning med modulet oliestoffer. Herved kan det ud fra jordkoncentrationen beregnes, hvad koncentrationen i jordens porevand ved ligevægt er.

Der er for parametrene kulbrinter, benz(a)pyren, benzen og dibenz(a,h)anthracen udført en beregning for, hvad de maksimale angivne jordkoncentrationer i afsnit 2.3.3-2.3.4 ville medføre til i recipienten. Som det fremgår af Tabel 6.7, vil de anførte maksimale jordkoncentrationer ikke bidrage til et uacceptabelt bidrag i recipienten, på trods af at jordkoncentrationerne er over Miljøstyrelsens jordkvalitetskriterier.

Det bemærkes dog at den ønskede koncentration af benzen på 1,5 mg/kg TS bidrager til koncentration i recipienten over VKK. Der er desuden heller ikke taget højde for afdampning af benzen til det fremtidige indeklima ved beregningen.

6.3 Baggrundskoncentrationer i området

Opfyldningen vil blive placeret i et område, hvor der findes en række V1 og V2-kortlagte lokaliteter. Det vurderes at grundvandsstrømmen i området er gående mod nord, hvorved særligt V2-kortlagte lokaliteter beliggende opstrøms opfyldningen også kan bidrage til stofudsivning i havnebassinet.

Umiddelbart 200 m syd for Marina City ligger en V2-kortlagte lokalitet 621-00005, der er kortlagt som følge af tidligere anvendelse til losseplads i perioden 1938 til 1961. Det anslås at der er deponeret 200-300.000 m³ affald. Der er ikke kendskab til at der skulle være deponeret kemikalieaffald, men dette kan ikke udelukkes. Det vurderes at der primært er deponeret renovationsaffald/24/. Der er påvist jordforureninger med metaller og olieprodukter. Det kan derved forventes at grundvandet i området kan være påvirket af perkolat fra efterladt affald i området samt af indbygning af olieforurenet jord. Der er ikke udtaget så mange grundvandsprøver i forbindelse med undersøgelser på arealet, men der er konstateret indhold af olieprodukter op til 1.400 µg/l. I forbindelse med der er givet en § 8-tilladelse vurderede regionen i 2006 at lokaliteten ikke udgjorde en risiko overfor grundvandsressourcen/24/.

Sweco har i forbindelse med projektet Marina City udført en miljøhistorisk redegørelse for matrikel 124a, Kolding Markjorder 3 afd. samt del af matr. 17a Kolding Markjorder 1. afd, hvor eksisterende Marina er beliggende. Der findes ikke nogen oplysninger om opfyldningsmaterialet for området, men i forbindelse med tidligere udførte undersøgelser i området forventes op mod 2 meter fyld, samt forekomster af bygningsaffald og jord fra anlægsarbejder. Det kan ligeledes heller ikke udelukkes at der er sket opfyldning med slagge/flyveaske i området. Der er registreret tre miljøuheld

på arealet. I 2004 skete en forurening af havnebassinet fra et tankanlæg på havnen. I 2008 skete et overløb af 50-60 l diesel til Kolding Fjord, hvor der blev udlagt flydespærrer og opsamling blev igangsat. I 2011 skete der et spild af kølevæske og diesel på et delvist asfalteret og grusbelagt areal. Dette løb til afløb og videre i Kolding Fjord, hvor der blev udtaget prøver der påviste kulbrinter og BTEX over jordkvalitetskriteriet. Derudover vurderes det at der i forbindelse med oplag af lystbåde på arealet kan være risiko for forurening med metaller og TBT/25/. Ligeledes er der i forbindelse med den udførte geotekniske rapport for området umiddelbart vest for Marina City påvist **en jordforurening med PAH'er, bly, cadmium, nikkel og kulbrinter i forbindelse med anvendelsen til bådoplag/26/**.

På øvrige V1 og V2-kortlagte lokaliteter i området er der påvist forureninger med primært olieprodukter og PAH'er.

På baggrund af en gennemgang af de opstrømsliggende kortlagte forureningskilder samt kendskab til øvrige kilder i området vurderes det at der kan være risiko for grundvandet og recipienten Kolding Fjord kan have et forhøjet baggrundsniveau af lossepladsstoffer, metaller, tjæreprodukter og olieprodukter. I forbindelse med fastsættelsen af grænseværdier, er det derfor vigtigt at fastsætte grænseværdier, med en god margin til VKK, således at nyttiggørelsen ikke vil medføre en risiko for overskridelse af VKK.

7. FORSLAG TIL GRÆNSEVÆRDIER

Med baggrund i ovenstående beregninger og vurdering er der i tabel 7.1 opstillet forslag til grænseværdier for jord/betonsand/bagharp til nyttiggørelse på Marina City. Der er endvidere med de samme forudsætninger (fortynding og generelle Kd-værdier) beregnet et teoretisk bidrag til recipienten, hvis hele området indeholder materialet med de nye kriterier. Der er i tabellen tilføjet en naturlig baggrundsværdi for metaller i saltvand. Baggrundsværdierne er ikke specifikke for Kolding Fjord, da det ikke har været muligt at finde dette. Der er til referencer anvendt baggrundskoncentrationer fundet ved Kalveboderne og Kongelunden (baseret på målinger ved Avedøre værket, Køge Bugt og Nordsøen). Der er udvalgt de maksimale koncentrationer fundet. Der forventes ikke en baggrundskoncentration af miljøfremmede stoffer i recipienten. Ønskes et baggrundsniveau i recipienten af miljøfremmede stoffer skal der udtages prøver, disse vil repræsentere baggrundsniveauet fra omkringliggende øvrige kilder til forøget indhold af miljøfremmede stoffer i recipienten. Dette er ikke udført i denne godkendelse, hvorfor der er opstillet forslag til kriterier, der angiver et råderum til øvrige diffuse kilder af stofferne. Bidraget til recipient i % af VKK er beregnet for VKK fratrukket baggrundskoncentrationen, på nær for arsen og zink, hvor VKK skal lægges sammen med baggrundskoncentration, jf./14/.

Dette beregnes således:
$$\frac{\text{Koncentration i recipient ved ny grænseværdi i } \mu\text{g/l}}{\text{VKK (}\mu\text{g/l)} - \text{baggrundskoncentration (}\mu\text{g/l)}} = \text{bidrag i \% af VKK}.$$

Da der er kendskab til en række potentielle bidrag af miljøfremmede stoffer i recipienten i området er der opsat grænseværdier med en god margin til VKK.

abel 7.1. Grænseværdi for jord

Parameter	Koncentrationer i jord	Forslag til nye kriterier	Bidrag til recipient	Naturlig baggrundskoncentration /17/	VKK	Bidrag i % af VKK med grænseværdier
	mg/kg TS	mg/kg TS	µg/l	µg/l	µg/l	%
Kviksølv	3	0,1	0,009	0,001	0,07*	13%
Nikkel	30 60**	30 60**	0,55 1,10	0,74	8,6	7% 14%
Cadmium	5	5	0,05	0,027	0,2	26%
Kobber	1000	1000	1,83	1,2	4,9 ²⁾	50%
Bly	400	200	0,52	0,22	1,3	49%
Chrom	1000	750	1,83	0,08	3,4	55%
Arsen	20	20	0,06	0,29	0,6 ¹⁾	7%
Zink	1.000	500	4,58	1,2	7,8 ¹⁾	51%
C6-C10 kulbrinter	25	25	11,8		30	39%
>C10-C15 kulbrinter	40	40	0,59		30	2%
C15-C20 kulbrinter	310	310	0,02		30	0,055%
>C20-C35 kulbrinter	400	400	0,0003		30	0,001%
Sum af kulbrinter	400	400	12,4		30	41%
BTEX total	10	5	-		-	-
PAH-total*	40	40	-		-	-
Benz(a)pyren	3	3	1,28*10 ⁻⁵		0,00017	8%
Dibenz(a,h)anthracen	3	3	1,83*10 ⁻⁵		0,0012	13%

*baseret på den maksimale tilladte koncentration i recipient, da der ikke eksisterer generelle kvalitetskrav til kviksølv/14/. ** ved naturligt forekommen koncentration. ¹⁾ Kvalitetskravet er denne koncentration af stoffet tilføjet den naturlige baggrundskoncentration/14/. ²⁾ Dette kvalitetskrav angiver den øvre koncentration af stoffet uanset den naturlige baggrundskoncentration/14/.

Som det fremgår af tabel 7.1, er de oplyste koncentrationer fra afsnit 2.3.2-2.3.3 som udgangspunkt overført som forslag til grænseværdier. Der er for parametrene kviksølv, bly, chrom, zink og BTEX-total lavet en nedjustering, på baggrund af ovenstående beregninger, derudover vurderes det at de oplyste koncentrationer ikke vil bidrage til en overskridelse af VKK. Det vurderes, at selv en mindre koncentration (1,0 mg/kg TS) af benzen i jorden, vil kunne udgøre en risiko overfor det fremtidige indeklima på opfyldningen, hvorfor det anbefales, kun at modtage jord uden et indhold af benzen, beregningerne viser dog at en koncentration på 1,0 mg/kg TS ikke vil bidrage til en overskridelse af VKK i recipienten – denne beregning anvendes til at lave en vurdering for grænseværdien for BTEX.

Grænseværdierne for sum PAH og BTEX er baseret på definition for lettere forurenede jord. Såfremt grænseværdierne for enkeltstofferne kan opfyldes, forventes det også at total kriterierne er opfyldt. Begge værdier er fastsat ud for de stoffer for laveste VKK i stofgruppen, dvs. benz(a)pyren og benzen.

Kolding Kommune har oplyst at der i kommunen findes et naturligt forhøjet indhold af nikkel i jorden. Derfor er det undersøgt hvorvidt en grænseværdi på 60 mg/kg TS i de tilfælde, hvor det

vurderes at nikkelkoncentrationen er naturligt forekommen kan anvendes. Som det fremgår af ovenstående tabel vurderes det, at det kan accepteres at modtage jord med et naturligt forhøjet indhold af nikkel, uden dette vil medføre en overskridelse af VKK.

I forbindelse med modtagelse af jord accepteres anvendelsen af 50 %-reglen i jordflytningsbekendtgørelse, da dette er almen praksis for kategorisering af jord. Dette skyldes, at reglen anvendes under forudsætningen af at jordpartiet kan betragtes som et parti stammende fra det samme areal, der indeholder de samme forureningskomponenter i omtrentlig samme koncentration. Det skal dog bemærkes, at for parametrene bly, chrom og zink, er grænseværdien fastsat til mindre end afskæringskriteriet (maks. kategori 2-jord). Derfor skal jorden klassificeres efter de fastsatte grænseværdier i tabel 7-1 og ikke afskæringskriteriet for disse tre stoffer. Da det ikke er almen praksis at anvende 50%-reglen for øvrige restprodukter, anbefales det ikke at anvende den for de øvrige materialer til opfyldning.

Der er i tabel 7.1 anført baggrundskoncentrationer i recipienten. Disse baggrundskoncentrationer er imidlertid fra Nordsøen, da der ikke findes data fra Kolding Fjord. Da der er kendskab til øvrige udledninger og potentielle forureningskilder i nærheden kan det forventes, at der allerede findes en vis mængde af miljøfremmede stoffer i recipienten. Som det fremgår af tabellen er der opstillet grænseværdier, der giver en god margin til overholdelse af vandkvalitetskriteriet. Ovenstående beregning er baseret på en række konservative forudsætninger bl.a. en minimumsfortynding på 545 og at porevandet frit kan passere spunsvæggen. Det vurderes derfor, at det kan accepteres, at der anvendes grænseværdier, der svarer til et bidrag af ca. 50 % af VKK, da det vurderes at **beregningen "overvurderer" risikoen, som følge af konservative forudsætninger. For arsen ses der en høj baggrundskoncentration, der primært skyldes grundvandets indhold af arsen, hvis der antages at der findes en baggrundskoncentration på 2 µg/l i Kolding Fjord, er VKK 2,11 µg/l, hvorved grænseværdien for arsen vil medføre en koncentration i recipienten svarende til kun ca. 2 % af VKK.**

For anvendelsen af flyveaske forudsættes det at produktet kan leve op til de angivne krav oplyst i restproduktbekendtgørelsens bilag 8, skulle den konkrete aske have indholdsstoffer udover de anførte i skemaet i bilag 8/12/, skal der tages stilling til dette i en ny risikovurdering. Det vurderes, at den maksimale grænseværdi for barium, selen, kobber og arsen i kategori 3 ikke kan accepteres, der opstilles derfor nye maksimale grænseværdier for disse stoffer i Tabel 7.2.

For parametrene vanadium og molybdæn opstilles der følgende grænseværdier for eluatkoncentration for slagge og flyveaske under forudsætning af, at udsivningen må bidrage med 20% af vandkvalitetskravet:

Tabel 7.2. Grænseværdier for Ba, Cu, Se, As, V og Mo i flyveaske og slagge.

Parameter	Forstået grænseværdi µg/l	Bidrag til recipient µg/l	VKK µg/l	Bidrag i % af VKK med grænseværdier
Arsen	20	0,04	0,6	6%
Barium	1.000	1,8	5,8	32%
Kobber	1.000	1,8	4,9	37 %
Selen	15	0,03	0,08	34 %
Vanadium	447	0,82	4,1	20 %
Molybdæn	731	1,34	6,7	20 %

De opstillede grænseværdier er alle forudsat af at der sker en fuld opblanding i havnebassinet, hvorved der sker en vandudskiftning svarende til en fortynding på 545. Såfremt dette ikke er tilfældet, vil der være risiko for at ovenstående grænseværdier for både jord og flyveaske kan

bidrage til en koncentration i recipienten, der er højere end VKK. Derfor skal der ved markante ændringer i udformningen af marinaen foretages en ny risikovurdering, baseret på den reviderede fortynding.

7.1 Opfyld med forskellige materialer

Forudsætningen for beregningen for anvendelsen af de forskellige materialer er, at de ikke sammenblandes. Det vil sige hver beregning er udført med en antagelse af opfyldningen sker alene med det pågældende materiale. Det forventes som udgangspunkt at jord, slagge og bagharp/finstof kan sammenblandes, da disse ikke forventes at afvige markant fra hinanden med hensyn til fysiske egenskaber. I forhold til anvendelsen af betonsand er det oplyst at dette typisk har en pH-værdi over 9, men derudover ikke indeholder miljøfremmede stoffer.

Flyveaske og betonsand har som udgangspunkt en pH-værdi, der kan mobilisere en række stoffer i opfyldet. Det er især metallerne, som ved ændrede pH-værdier, lettere kan udvaskes til grundvand og recipient. Det kan være vanskeligt at beregne påvirkningerne fra f.eks. skiftevis opfyldning med aske og forurenede jord/slagge, da det afhænger af den enkelte askes fysiske/kemiske egenskaber, som på nærværende tidspunkt ikke er kendte. De vigtigste parametre for udvaskningen af metaller i opfyldet med forskellige materialer er dels L/S forholdet² og dels pH i væskefasen. Inden for et normalt pH-område 6-9, vil metaller kun i begrænset omfang være opløselige, ved en ændret pH i væsken vil metaludvaskningen derfor stige. Dertil kommer at mange metaller udvaskning er styret af sorption, der kan være afhængig af jordens indhold af organisk stof.

Generelt er det vanskeligt at generaliserer angående pH's betydning af mobilisering af metaller, da der desuden ved ændret pH kan dannes oxyanioner og komplekser der også har betydning for metallernes mobilitet. Generelt vil metallerne arsen, cadmium, nikkel og måske kviksølv være imobile ved høje pH-værdier, mens bly og dels zink kan mobiliseres ved høje pH værdier.

Flyveaske kan dog indeholde en del chlorid og andre salte, der kan kompleksere med nogle af metallerne, hvorved de mobiliseres. Afhængigt af hvilken type flyveaske, der anvendes til opfyld, kan flyveasken desuden have puzzolane egenskaber. Dette kan medføre at flyveasken sammen med f.eks. jord hærdner, når der kommer vand til, hvorved udvaskning af forurenende stoffer i materialet mindskes/20/. I /18/ er det beskrevet hvordan alkaline flyveasker kan bidrage til at stabiliserer jorden, hvorved udvaskning af kobber og bly mindskes, mens dannelsen og udvaskningen af Cr(IV) og As(III) fremmes. Disse er begge mere mobile og langt mere toksiske overfor organismer i vandmiljøet end Cr(III) og As(V) der optræder ved mere neutrale pH-værdier. Fælles for dette er at det afhænger af den konkrete flyveaskes fysiske/kemiske egenskaber.

Da der ønskes at foretage en opfyldning med forskellige materialer, og den aktuelle påvirkning imellem materialer er vanskelig at beregne med det nuværende kendskab til materialet (primært manglende oplysninger om typen af aske) forslås følgende:

- Opfyldning af materialer skal foregå i adskilte fraktioner (dvs. der må ikke være kontakt mellem forskellige fraktioner)

Dette vilkår skal sikre, at der ikke sker en øget udvaskning som følge af opfyld med sammenblandede materialer.

7.2 Udledning af overskudsvand

Udledning af overskudsvand og drænvand behandles særskilt, da de afhænger af den valgte løsning.

² Væske-faststof forhold, anvendt i forbindelse med batchudvaskningstest.

Det er oplyst, at selve udlægningen af opfyldningsmateriale, vil kunne ske på forskellig vis. De to primære løsningsforslag er opfyldning i vådt bassin og tørholdelse af bassin imens der sker opfyldning. I forbindelse med opfyldning til et vådt bassin, vil vand fortrænges, mens der ved tørholdelse, vil ske aktiv oppumpning af vand. Der er beskrevet scenarier for de to løsninger nedenfor.

For begge løsninger gælder at den maksimale kildestyrke for udledningen, vil svare til de beregnede kildestyrker for porevandet inden fortynding i recipienten og inden transport gennem sandpuden. Disse er opsummeret i nedenstående tabel, bemærk at der kun er oplyst den maksimale kildestyrke, hvorfor der ikke skelnes i mellem hvilke restprodukter, der vil ske opfyldt med.

Tabel 7.3. Maksimale kildestyrker ved de opstillede grænseværdier.

Parameter	Maksimal kildestyrke i porevand (µg/l)
Arsen	32
Barium	1.000
Bly	286
Cadmium	40
Chrom, total	1.000
Kobber	1.000
Kviksølv	5
Mangan	1.000
Nikkel	600
Selen	15
Zink	2.500
Vanadium	447
Molybdæn	731
C6-C10 kulbrinter	6.409*
>C10-C15 kulbrinter	322*
C15-C20 kulbrinter	9*
>C20-C35 kulbrinter	0,14*
Sum af kulbrinter	6.739,5*
Benz(a)pyren	0,007*
Dibenz(a,h)anthracen	0,01*

*Kildestyrker aflæst af JAGG-beregning.

7.2.1 Fortrængningsvand

Risikovurdering er udført i det tilfælde, at det vælges at opfylde område øst og vest med materialer indenfor 0,5 år. Ud fra bassinstørrelserne er det antaget, at der kan påfyldes ca. 900.000 m³ materiale i bassinerne. Det medfører, at der vil ske en fortrængning af vandet i havnebassinet svarende til 900.000 m³ på et halvt år.

Følgende er forudsat:

- Der påfyldes dagligt ca. 5.000 m³ materiale og fortrænges vand af tilsvarende volumen
- Påfyldning sker over en forholdsvis kort periode på 0,5 år
- Svarende til et samlet fortrængt vandvolumen på 900.000 m³
- Det opfyldte materiale kan med tid medføre udvaskning af metaller, PAH og kulbrinter jf. ovenstående risikovurdering
- Fortynding med indtrængende grund- og havvand eller nedbør er ikke medregnet
- Det vand, der fortrænges vil typisk være overfladenært vand, der for den volumenmæssigt største del ikke vil have været i kontakt med det tilfyldte materiale

For at vurdere risikoen er der opstillet 3 scenarier;

- Scenarie 1 svarende til dag 2, her er der samlet påfyldt 10.000 m³ materiale og efter fortrængning af de 5.000 m³ vand på dagen er der 890.000 m³ vand i bassinet

- Scenarie 2 svarende til et kvart år, her er der samlet påfyldt 450.000 m³ materiale og efter fortrængning af de 5.000 m³ vand på dagen er der 450.000 m³ vand i bassinet
- Scenarie 3 svarende til et halvt år, her er der samlet påfyldt 900.000 m³ materiale og efter fortrængning af de 5.000 m³ vand på dagen er der 0 m³ frit vand i bassinet

Scenarie 1:

De 10.000 m³ materiale har ligget max 1 døgn i bassinet. Det vurderes, at der ikke vil være opnået ligevægt mellem påfyldt materiale og vand pga. den korte tid, og at der dermed ikke vil ske nogen forurening af havvandet ved fortrængning af de 5.000 m³/dag

Scenarie 2:

De 450.000 m³ materiale har ligget 1-91 dage i bassinet. Det er tvivlsomt, at der har været tid til at der er opnået ligevægt mellem materiale og vand. Teoretisk set kan der være opnået ligevægt mellem det først tilfyldte materiale og porevandet, hvorimod der ikke vil være opnået ligevægt med det sidste tilfyldte materiale og vandet. Det først tilfyldte materiale vil for hovedparten være dækket af det nyest tilfyldte materiale. Evt. udvaskning fra det først tilfyldte materiale vil på baggrund af erfaringer fra forurenings-sager og stoffernes fordelingskoefficienter blive sorberet i det nyest tilfyldte materiale. Det vil ligeledes være overfladevandet, der skvulper over/fortrænges, og dette vil alt andet lige ikke have været i kontakt med det først tilfyldte materiale i særligt lang tid. Det vurderes usandsynligt, at der vil kunne ske en væsentlig forurening af havvandet ved fortrængning af de 5.000 m³/dag i dette scenarie

Scenarie 3:

De sidste 5.000 m³ materiale påfyldes og de i alt 900.000 m³ materiale har ligget i bassinet 0-182 dage. Det er sandsynligt, at der i det dybeste (først tilfyldte) materiale vil være opnået ligevægt mellem materiale og vand og at evt. udsivende eller udpresset vand fra dette materiale til dels vil strømme til det nyere påfyldte materiale, hvor de udvaskede stoffer igen vil sorbere og udfælde. Udvasning fra det nyere påfyldte materiale vurderes ikke at ske i væsentlig grad pga. manglende tid til at opnå ligevægt mellem opløsning, udfældning og sorption. Det er usandsynligt, at dette vand vil kunne forurene de sidste 5.000 m³ vand, der fortrænges.

7.2.2 Overskudsvand ved tørholdelse

Det er oplyst at uanset den valgte løsning til tørholdelse, vil der maksimalt blive blotlagt et areal svarende til 20.000 m² af den eksisterende havbund. Dette sikres ved at arbejde langs den eksisterende kystlinje f.eks ved at udlægge et arbejdsområde på 200 m x 100 m. På den blotlagte fjordbund udlægges et geonet, hvori opfyldningsmaterialet placeres. Opfyldningsmateriale anvendes herefter som et drænlag, der presser vand ud af den underliggende gytje. Det udpresede vand, vil afhængigt af den valgte løsning blive udledt som overskudsvand eller udledt via vertikale dræn i gytjen.

Anlægsarbejdet vil derfor bestå i en kontinuerlig tørpumpning af områderne til opfyldning, hvor anlægsarbejdet arbejder sig længere og længere ud i fjorden. Der vil ikke blive bortledt grundvand. Kun en begrænset del af det oppumpede drænvand vil have været i kontakt med fyldet. Ligeledes er der tale om kontinuerlig oppumpning i forbindelse med anlægsarbejde, hvorved der ikke når at indstille sig en ligevægt i mellem opfyldt og vandmængden. Det vurderes derfor at koncentrationen i vandet næppe vil svare til de beskrevne kildestyrker, såfremt der sker kontinuerlig oppumpning af vand.

Eksempel: Der er udlagt opfyld i de 40.000 m² af de i alt ca. 66.500 m². Der forventes at være sket opfyldning i en periode svarende til 0,5 år. Der udlægges opfyld på eksisterende fjordbund med en mægnighed på max. 3,5 m. Der forventes en samlet mængde vand til udledning svarende til mængden af indsvivende grundvand i området samt regnvand i anlægsperiode (beregnet efter ligning i afsnit 3.4 for en 200 m strækning) ~ 11.360 m³. Når dette udledes i det fremtidige havnebassin, fås en fortynding på ca. 680 jf. ligning i afsnit 4. Selv hvis det udledte drænvand ville

have opnået de beskrevne kildestyrker, ville det således ikke medføre en overskridelse af gældende vandkvalitetskriterier.

Uanset den valgte løsning, forventes der ved første opfyldning, at blive opfyldt i hele opfyldningsområdet til kote +3 á +5. Herefter forventes det at lade områderne hvile i min. 7 måneder, hvorefter sætningerne i den underliggende gytje vurderes. Det forventes at koten efter 7 måneder vil være +2 á +3, hvorfor der i visse områder, vil være behov for efterfyldning.

Skulle der være behov for sænkning af vandniveauet i opfyldningsområdet efter hvileperioden, kan det forventes at porevandets koncentration af stoffer vil svare til de oplyste kildestyrker inden fortynding og transport. Forventes som udgangspunkt, at anlægsområdet tørholdes efter behov.

7.2.3 Opsummering af udledning af overskudsvand

Det er på nuværende tidspunkt ikke fastlagt hvilken metode, der skal anvendes til opfyldningen af Marina City. Der er derfor i ovenstående to afsnit opstillet scenarier for overskudsvand ved:

- Opfyldning til vådt bassin
- Opfyldning til tørt bassin

Det forventes på nuværende tidspunkt, bundudskiftningen i opfyldning vest vil ske fra et vådt bassin. Det forventes på nuværende tidspunkt, at opfyldningen af område øst vil ske under tørholdelse. Den konkrete opfyldningsmetode afgøres af den valgte entreprenør, der skal udføre anlægsarbejdet.

Det er i afsnit 7.2.1 opstillet scenarier for en opfyldning, der vil medføre at vand fra bassinet bliver fortrængt. Som det fremgår af afsnittet vurderes opfyldningen til et vådt bassin ikke at medføre en udledning af fortrængningsvand til Kolding Fjord, der vil medføre en overskridelse af gældende vandkvalitetskriterier.

Der er i afsnit 7.2.2 opstillet et scenarie for tørholdelse af opfyldningsområdet. Som det fremgår af afsnittet vil tørholdelsen ske i etaper, hvorfor de primære vandmængder i forbindelse med tørholdelsen er drænvand og overfladevand, der udledes efter behov. Da der er tale om en mindre vandmængde, for at kunne holde arbejdsområdet tørt, vurderes det at drænvandet fra opfyldningen maksimalt vil medføre en kildestyrke svarende til de beregnede i risikovurdering. Det vurderes derfor at udledningen ikke vil medføre en overskridelse af gældende vandkvalitetskriterier i Kolding Fjord.

7.3 Risiko overfor grundvand og arealanvendelsen på grunden

Det vurderes på baggrund af nyttiggørelsens placering i et kystnært område uden drikkevandsinteresser og aktive indvindingsboringer, at nyttiggørelsen ikke udgør en risiko overfor drikkevandsressourcen i området.

I forbindelse med risikovurderingen er der taget hensyn til at arealet, hvor der vil ske nyttiggørelse skal anvendes til beboelse og opholdsarealer for mennesker efter endt opfyldning. Arealet vil efter endt nyttiggørelse blive efterfyldt med rent sand, da det forventes, at der vil ske sætninger i arealet. Det forventes derfor, at der som minimum vil være 0,5 m med rent sand under terrænet, men potentielt mere. Det forventes således, at fremtidigt ledningsnet i området kan ligges i rent sand, uden kontakt til forurenede jord/flyveaske/slagge. Det er endnu ikke afklaret, hvorvidt der på arealet vil være behov for etablering af en parkeringskælder. Såfremt der skal etableres en kælder, vil der være risiko for håndtering af opgravet forurenede jord/slagge/flyveaske afhængigt af mængden af efterfyldning i området, hvor den etableres.

I forbindelse med risiko overfor det fremtidige indeklima i bygningerne er det valgt ikke at modtage jord indeholdende benzen, da der vil være risiko for afdampning. I forbindelse med opfyldning med **forurenede jord indeholdende kulbrinter og PAH'er forventes disse fraktioner primært at bestå af** tunge kulbrinter, der er stærkt bundet til jorden og ikke let flygtige, og derved ikke vil udgøre en risiko overfor det fremtidige indeklima. Idet opfyldningen af marinaen potentielt vil tage flere år vurderes det at hovedparten af de stoffer, der er tilbage i jorden, er stoffer med en mindre tendens til udvaskning/afdampning, med en lav bionedbrydelighed og/eller stoffer som er stærkt bundet til jorden. Det forventes derfor at størstedelen af totalindholdet af kulbrinter i jorden anvendt til opfyldningen, vil bestå af den tungeste fraktion. Der er i forbindelse med projektet udført en JAGG-beregning for kulbrintefraktionerne C6-C10 (modelstof: n-octan), C10-C15 (modelstof: dodecan) og C25-C35 (pentacosan). Der er i bilag 5 anvendt følgende grænseværdier i jord: C6-C10 = 25 mg/kg, C10-C15 = 310 mg/kg TS og C25-C35 = 400 mg/kg TS. Som det fremgår af bilag 5, vil grænseværdien svarende til jordkvalitetskriteriet på 25 mg/kg TS, medføre en overskridelse af Miljøstyrelsens afdampningskriterium for C6-C10. Grænseværdien er imidlertid fastsat med baggrund i en maks. Koncentration, der ikke vil medføre et indeklimaproblem. Det vurderes derfor at såfremt grænseværdierne for de enkelte kulbrintefraktioner overholdes, at opfyldningen ikke vil udgøre en risiko overfor det fremtidige indeklima på Marina City.

7.4 Risiko overfor arealanvendelsen af fremtidig strandpark

Som tidligere nævnt vil der øst for opfyldningsområderne, hvor der vil ske nyttiggørelse af flyveaske, betonsand, slagge, forurenede jord og bagshap, etableres en ny Marinapark. Marinaparken vil blive etableret oven på en del af spunsvæggen, der indrammer opfyldning mod øst. Der er således ingen sandpude imellem området med opfyldning og strandparken, idet strandparken vil udgøre det øverste lag af sandpuden imellem opfyldet og den fremtidige kystlinje.

Det forventes at en spunsvæg uden membranlås er ca. 95 % vandtæt, hvilket betyder at det er en minimal vandmængde, der vil trænge ud igennem spunsvæggen til strandparken. Det vurderes, på baggrund af de oplyste koncentrationer i afsnit 2.3, at der ikke vil være risiko for sandet i strandparken vil opnå en jordkoncentration svarende til eller over jordkvalitetskriterierne. Det vurderes derfor at den primære risiko i forhold til arealanvendelsen vil være kontakt med udsivende vand fra opfyldet.

Det forventes at Strandparken vil være påvirket af tidevandshændelser, hvorfor kildestyrkerne forventes at blive opblandet i indtrængende fjordvand. På baggrund af koncentrationer af kulbrinter i jorden svarende til lettere forurenede jord vurderes det, at kulbrinter ikke vil udgøre en risiko overfor strandparken.

For at vurdere, hvorvidt udsivningen af forurenende stoffer fra opfyldet vil udgøre en risiko, er de resulterende koncentrationer i recipienten sammenholdt med kvalitetskriterierne for drikkevand.

Tabel 7.4. Maks. resulterende koncentrationer i recipient sammenholdt med kvalitetskriterierne for drikkevand.

Parameter	Resulterende koncentration i recipient µg/l	Drikkevandskvalitetskriterium µg/l /21/
Chlorid	5.501	250.000
Sulfat	7.334	250.000
Natrium	2.750	175.000
Arsen	0,09	5
Barium	1,8	700
Bly	0,52	5
Cadmium	0,07	3
Chrom	1,83	50
Kobber	1,83	2.000
Kviksølv	0,009	1
Mangan	1,83	50
Nikkel	1,10	20
Selen	0,03	10
Zink	4,58	3.000
Benz(a)pyren	0,00001	0,010

Som det fremgår af Tabel 7.4, vil de resulterende koncentrationer i recipienten, og derved også indtrængende havvand under strandparken være langt under de maksimale drikkevandskvalitetskriterier. Det vurderes herved, at opbygningen af anlægget ikke vil udgøre en risiko overfor arealanvendelse af strandparken.

7.5 Habitatvurdering

Der henvises til miljørapport for Marina City – kapitel 11 om Natura 2000-områder og kapitel 14 om marinbiologiske forhold/28/, hvor miljøeffekterne som følge af opfyldning er vurderet med henblik på nærliggende naturområder og bilag IV-arter. Kort opsummeret er det vurderet, at såfremt gældende vandkvalitetskriterier overholdes ved nyttiggørelsen af jordlignende materialer, vurderes det at der nyttiggørelsen ikke vil have et omfang der vil påvirke de marinbiologiske forhold og/eller natura 2000-områderne i og omkring Kolding Fjord.

I risikovurderingen er der opstillet forslag til grænseværdier for materialer til opfyldning, der vil sikre at gældende vandkvalitetskriterier kan overholdes med en god margin. Derudover er risikovurderingens forudsætninger konservative, idet de bygger på fri passage mellem opfyld og fjorden, samt at vandudskiftningen i marinaen udelukkende er styret af tidevandshændelser. Det vurderes derfor, at opfyldningen ikke vil medføre en uacceptabel vandkvalitet i Kolding Fjord, hvorved marine bilag IV-arter samt nærmeste Natura 2000-område, vurderes ikke at blive påvirket som følge af projektet.

8. REFERENCER

- /1/ Grundvandskortlægning Vonsild-Agtrup området, By- og landskabsstyrelsens, Miljøministeriet, 2009.
- /2/ Vandplan 2010-2015. Lillebælt/Jylland. Hovedopland 1.11, Vanddistrikt Jylland og Fyn, Miljøministeriet, Naturstyrelsen, 2011.
- /3/ Det Danske Havnelod. <http://www.danskehavnelods.dk/#HID=176>
- /4/ Notat 05 – Hydrogeografiske forhold, Rambøll 2015.
- /5/ Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand, nr. 20/1996, Miljøstyrelsen.
- /6/ Vejledende udtalelse til brug for gennemførelse af en miljøkonsekvensvurdering for et bestående deponeringsanlæg for havbundssediment (spulefelter etc.) Miljøstyrelsen, 13. september 2010.
- /7/ Notat vedr. vurdering af § 19-ansøgninger på Vejle Havn – herunder vurdering af kvalitetskriterium for oliestoffer for Vejle Fjord. Dansk Miljørådgivning.
- /8/ Notat 01 – Geotekniske forhold, Kolding Lystbådehavn, Rambøll 2015.
- /9/ Kolding Kommune, Marina City Helhedsplan, Rambøll 2017.
- /10/ Kolding Marina City – Geofysisk Kortlægning, april 2017, COWI.
- /11/ Principper for fastsættelse af vandkvalitetskriterier for stoffer i overfladevand. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 4 2004.
- /12/ Restproduktbekendtgørelsen, BEK nr. 1672 af 15/12/2016.
- /13/ Fortynding langs danske kyster, DHI, Miljøstyrelsen, juni 2006.
- /14/ Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand. BEK nr. 1625 af 19/12 2017.
- /15/ Kemiske stoffer, vurdering af stoffer i forhold til farlighed i grundvandet, By- og landskabsstyrelsen, Miljøministeriet, 2010.
- /16/ Bekendtgørelse om definition af lettere forurenede jord. BEK nr. 554 af 19/05/2010.
- /17/ Bidrag til VVM for Skærbækværket, bilag 24, december 2013, COWI.
- /18/ Stabilization of As, Cr, Cu, Pb and Zn in soil using amendments – A review, Kumpiene m. fl, 2006.
- /19/ Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg BEK nr. 1070 af 28/10/2019.
- /20/ Stabilisering med flyveaske, Vejdirektoratet, rapport nr. 532, marts 2015.
- /21/ Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg, BEK nr. 1070 af 28/10/2019.
- /22/ Måde Havnedeponi, bilag 4, Udledning og fortynding af forurenede vand, juni 2013, Naturstyrelsen.
- /23/ Solid/liquid partition coefficients (Kd) for selected soils and sediments at Forsmark and Laxemar-Simpevarp, Sheppard m. fl, Geological survey of Sweden, 2009.
- /24/ Region Syddanmarks arkivmateriale om lokalitet 621-00005.

- /25/ [Notat: Historisk redegørelse – Marina City Kolding, Sec, 2016.](#)
- /26/ [Geoteknisk- og miljøteknisk undersøgelsesrapport nr.1, Kolding Marina City, område H, 2018, Sweco.](#)
- /27/ www.pesticideinfo.org
- /28/ [Udkast til miljøvurdering af Marina City, dateret 7. juli 2018. Kapitel 11 og 14, NIRAS.](#)

BILAG 1
INDRETNING AF MARINA CITY



- Signaturforklaring**
- Ny kote
 - Ekst. kote
 - Beton
 - Asfaltbeton
 - Asfalt
 - Fortovsfliser
 - Tæppeak
 - Tegbelægning
 - Tegbelægning, fliset
 - Græstribesdække
 - Stabilguld på kurbæner opådg.
 - Stemme på stier
 - Guld på p-pladser
 - Græsmaatarom under parkeringspladser
 - Sand - strand
 - Ekstaterende skov
 - Nye træ
 - Planenheder i lagbelægning
 - Belysning - Marinapark
 - Belysning - Promenade
 - Belysning - Parkering/ oplag/ veje/ stier
 - Bompuflert
 - Stenkastning langs træpromenade
 - Ekst. 1 Støjskærm
 - Ekst. 2 Støjskærm
 - Ekstaterende kystforly
 - Vandløb
 - Algermering
 - Højvandsdækning
 - Lavpartier
 - Entrepresogramme

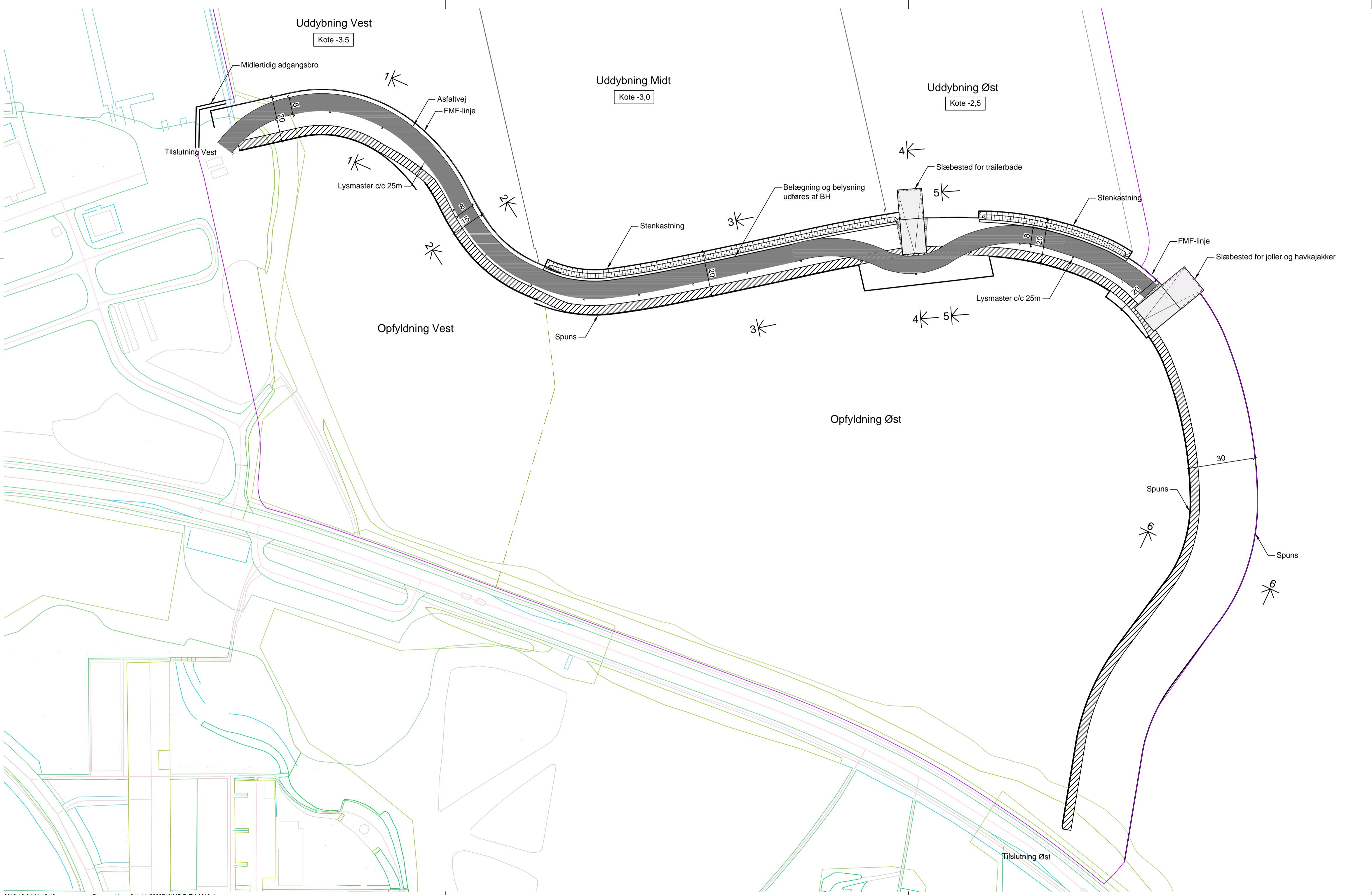
Rev.	Dato	Udarb.	Kontrol	Godkendt
A	2019-10-30	AJG	KVN	RJG
Sag	18-015	MM	1:1000	FR TLP 18-015-001
Projektforslag Marina City Kolding Oversigtsplan 1000				
■ Træskulptur - Schenker AS - Klostertop 4X, 1 - 8000 Aahus C - E, 85 18 68 00 □ ING. AF CONRAD - Viborgvej 1 - 7400 Herning - E, 97 22 11 33 □ BYGGERISSE - Kolding Kommune - Nyhavn 11 - 6000 Kolding - E, 75 75 75 75				

SCHÖNHERR

■ Skulptur og 1. ud
 1000 Aahus C
 Tlf. 85 18 68 00
 □ Etableret RC-4 TV.
 1250 Aahus C
 Tlf. 33 18 81 80
 email@schonherr.dk
 www.schonherr.dk

Tagning
 Rev.
TLP 18-015-006 A

BILAG 2
OVERSIGTSKORT - OPFYLDNING



NOTE:

Koter er i meter i.h.t DVR 90
 Ubenævnte mål er i m.
 Koordinater er i DKTM 2.

HENVISNING:

- MC-D-TH-8851 Tværsnit 1, Promenade med kajanlæg
- MC-D-TH-8852 Tværsnit 2, Promenade med kajanlæg
- MC-D-TH-8853 Tværsnit 3, Promenade med stenkastning
- MC-D-TH-8854 Tværsnit 4, Slæbested med servicekaj
- MC-D-TH-8855 Tværsnit 5, Servicekaj
- MC-D-TH-8856 Tværsnit 6, Marinapark

SIGNATUR:

- Entreprisegrænse
- Ledningstracé
- FMF-linje Fremtidig Marina Front

FORELØBIG 2019-12-05

REV.	DATO	BEMÆRKNINGER	PROJ/TEGN.	KS
1				
2				
3				

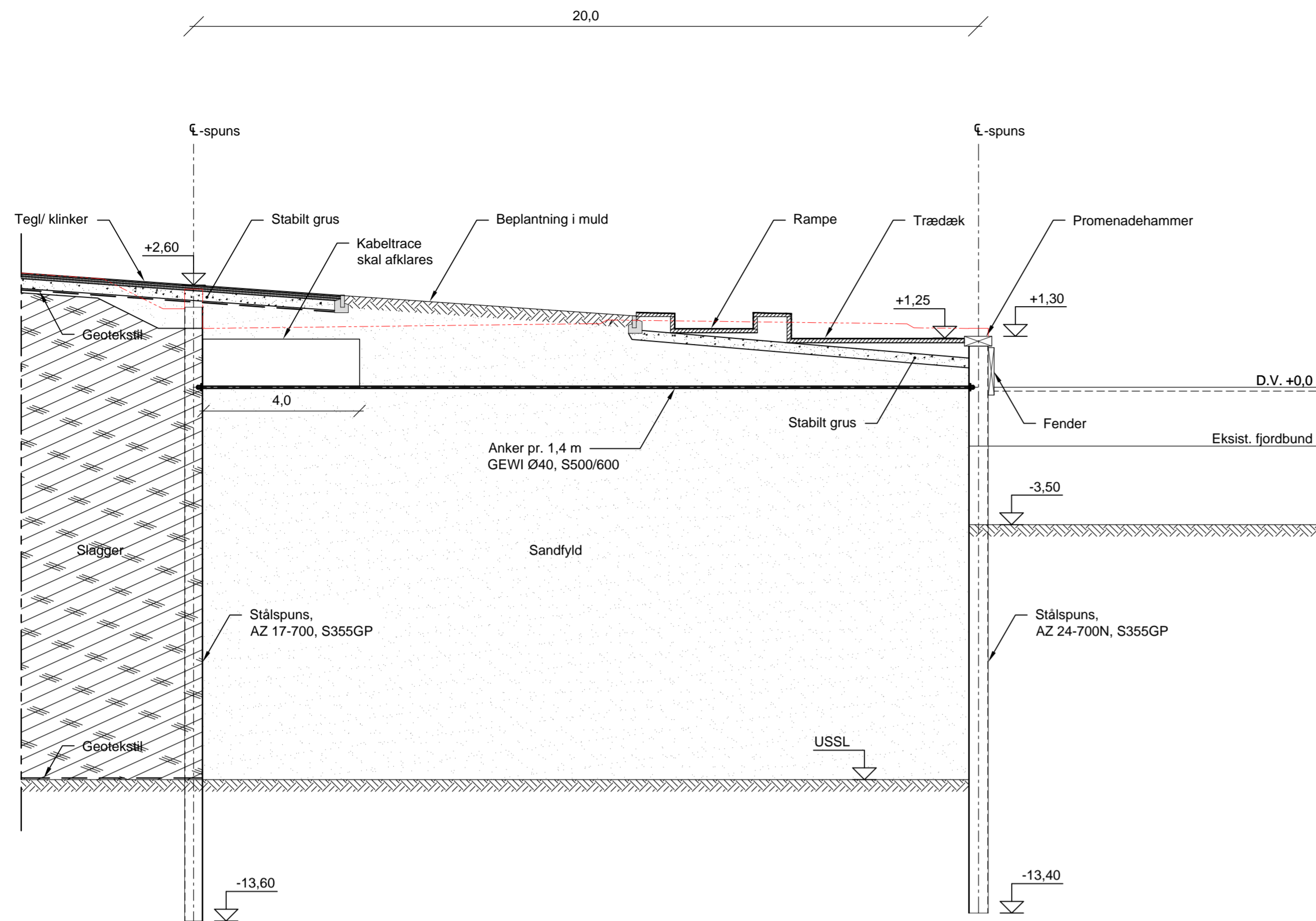
Indholder FOT-data fra Geodatastyrelsen og Danske Kommuner. Sommer 2018.

By- og Udviklingsforvaltningen
 Marina City
 Nytorv 11, 6000 Kolding
 Telefon 79 79 79 79

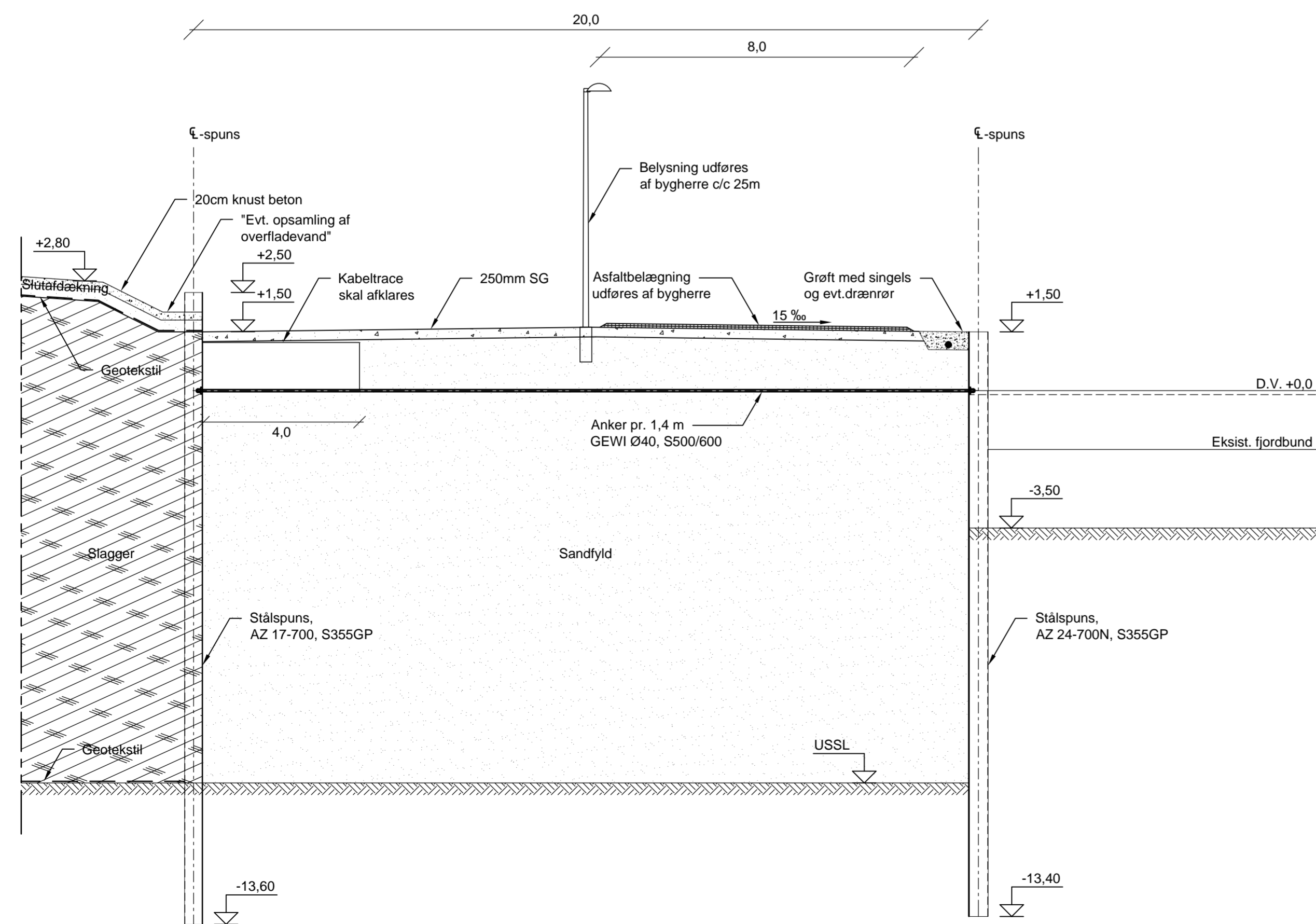
Marina City
 E1 Marine Anlægsarbejder
 Plantegning
 Situationsplan
 Midlertidige forhold

PROJEKTNR.	SAGS NR.	PROJ/TEGN.	KS.	DATO	MÅL	TEGN. NR.
MC-D	1100034400	KAK	FRBH	2019-1x-xx	1:1000	MC-D-TH-0210D

BILAG 3
OPBYGNING AF SPUNSVÆG VED
OPFYLDNING VEST



TVÆRSNIT 1-1, 1:100
Fremtidige forhold



TVÆRSNIT 1-1, 1:100
Midlertidige forhold

NOTE:

Koter er i meter i.h.t DVR 90
Ubenevnte mål er i m.

SIGNATUR:

- USL Underside stærkt sætningsgivende lag
- Overside midlertidige forhold

MC-D-TH-8851B

FORELØBIG 2019-11-11

REV.	DATO	BEMÆRKNINGER	PROJ/TEGN.	KS
1				
2				
3				

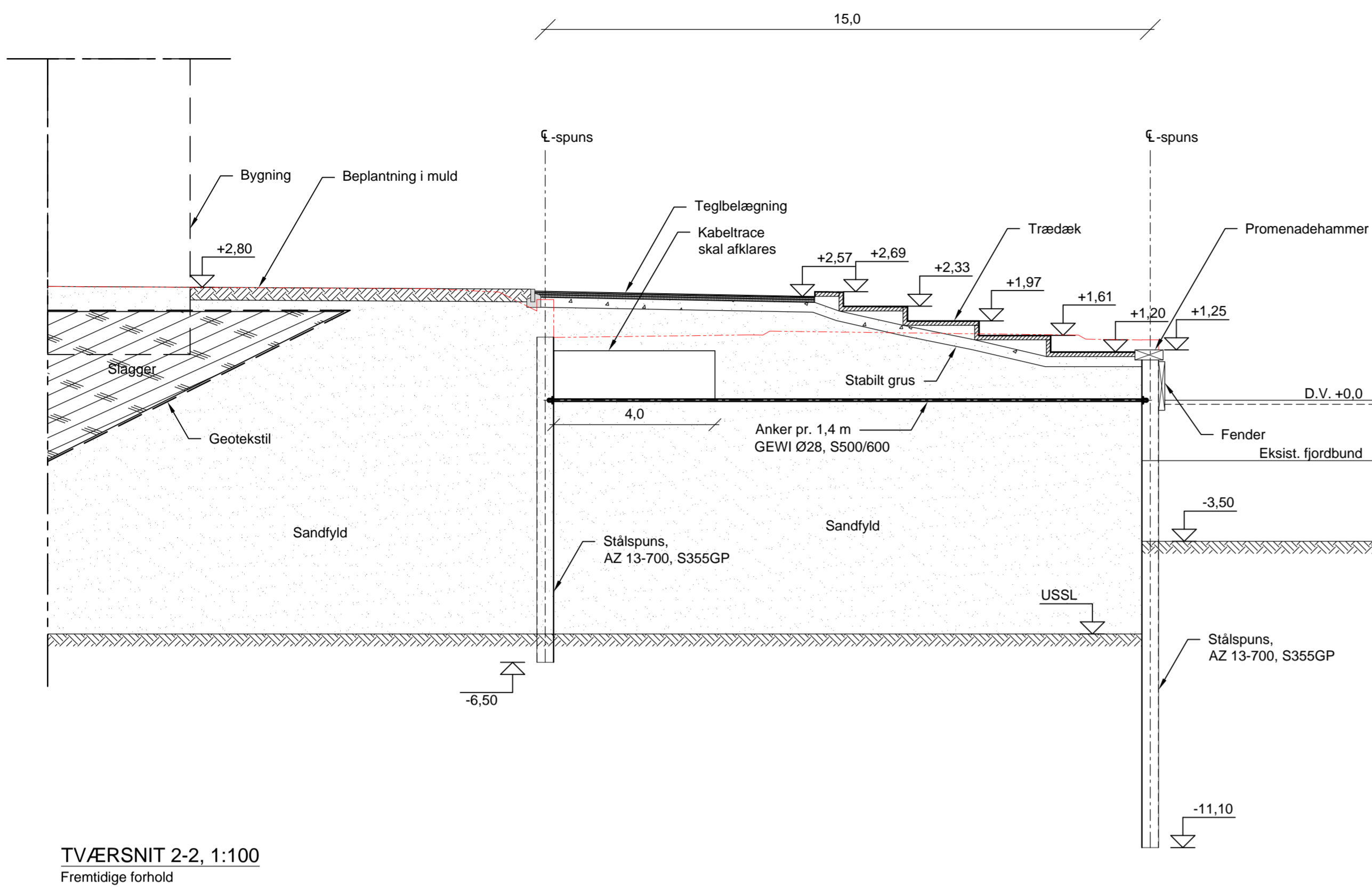


By- og Udviklingsforvaltningen
Marina City
Nytorv 11, 6000 Kolding
Telefon 79 79 79 79

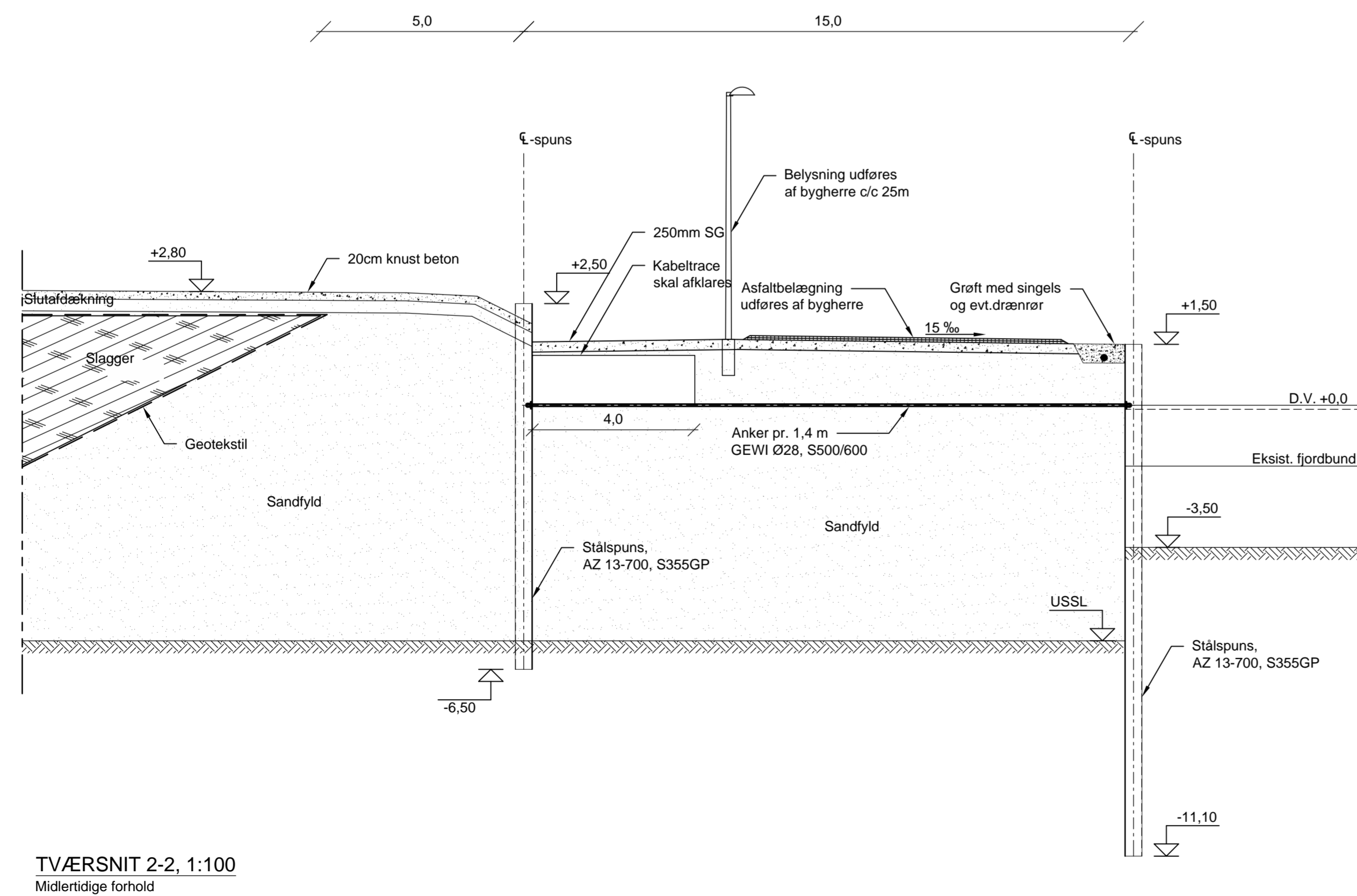
Marina City
E1 Marine Anlægsarbejder
Snittegning
Tværsnit 1, Promenade med kajanlæg
Midlertidige forhold og fremtidige forhold

PROJEKTNR.	SAGS NR.	PROJ/TEGN.	KS.	DATO	MÅL	TEGN. NR.
MC-D	1100034400	KAK	-	2019-1x-xx	1:100	MC-D-TH-8851B

FILNAVN: C:\pwwork\ramdk\kaka\0369749\MC-D-TH-8851.dwg



TVÆRSNIT 2-2, 1:100
Fremtidige forhold



TVÆRSNIT 2-2, 1:100
Midlertidige forhold

MC-D-TH-8852 B

NOTE:

Koter er i meter i.h.t DVR 90
Ubenevnte mål er i m.

SIGNATUR:

- USSL Underside stærkt sætningsgivende lag
- Overside midlertidige forhold

FORELØBIG 2019-11-11

REV.	DATO	BEMÆRKNINGER	PROJ/TEGN.	KS
1				
2				
3				



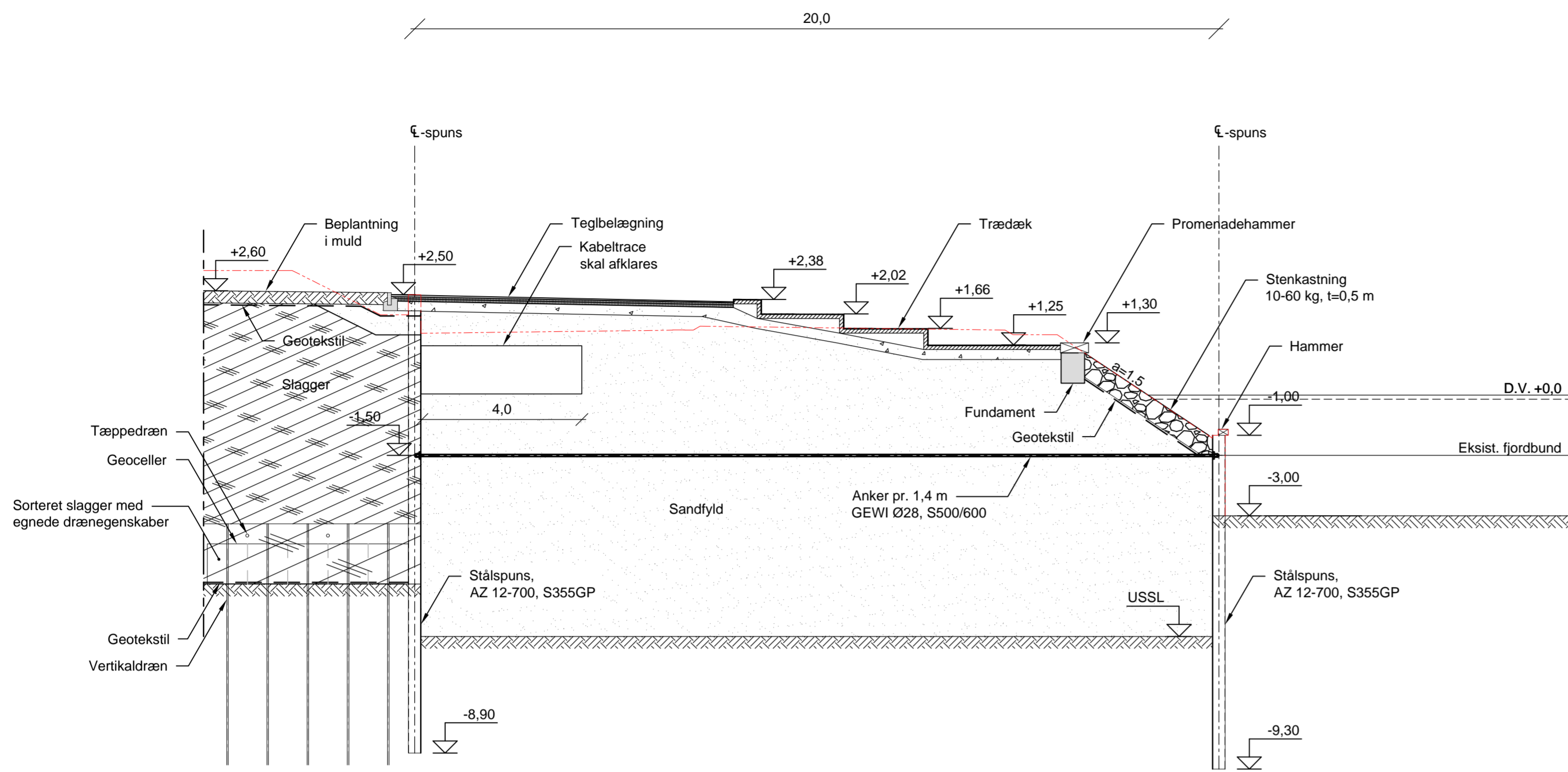
By- og Udviklingsforvaltningen
Marina City
Nytorv 11, 6000 Kolding
Telefon 79 79 79 79

Marina City
E1 Marine Anlægsarbejder
Snittegning
Tværsnit 2, Promenade med kajanlæg
Midlertidige forhold og fremtidige forhold

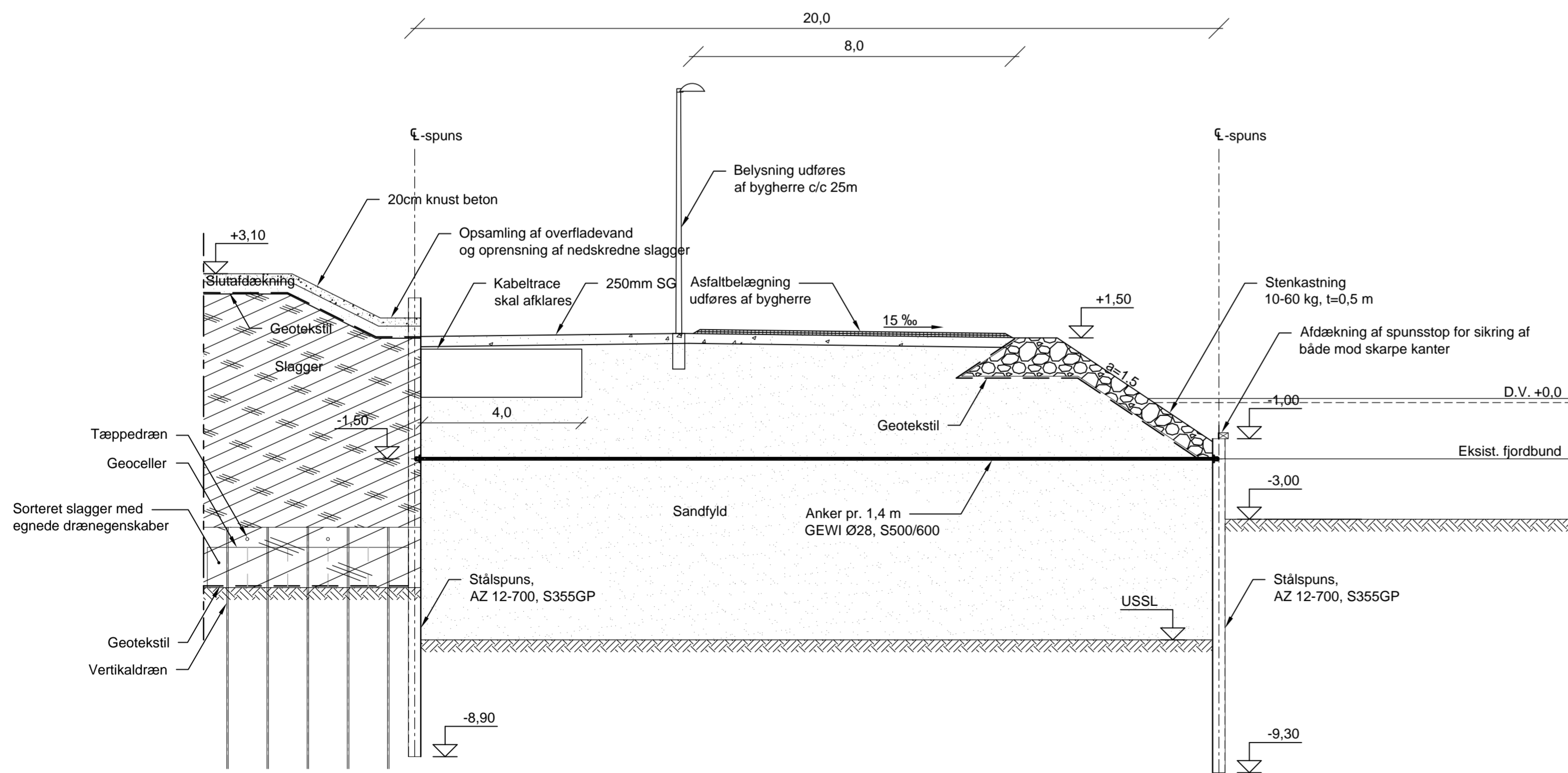
PROJEKTNR.	SAGS NR.	PROJ/TEGN.	KS.	DATO	MÅL	TEGN. NR.
MC-D	1100034400	KAK	-	2019-1x-xx	1:100	MC-D-TH-8852 B

FILNAVN: C:\pwwork\ramdk\kak\0369749\MC-D-TH-8852.dwg

BILAG 4
OPBYGNING AF SPUNSVÆG VED
OPFYLDNING ØST



TVÆRSNIT 3-3, 1:100
Fremtidige forhold



TVÆRSNIT 3-3, 1:100
Midlertidige forhold

NOTE:

Koter er i meter i.h.t DVR 90
Ubenaævnte mål er i m.

SIGNATUR:

- USSL Underside stærkt sætningsgivende lag
- Overside midlertidige forhold

MC-D-TH-8853 B

FORELØBIG 2019-11-11

REV.	DATO	BEMÆRKNINGER	PROJ/TEGN.	KS
1				
2				
3				

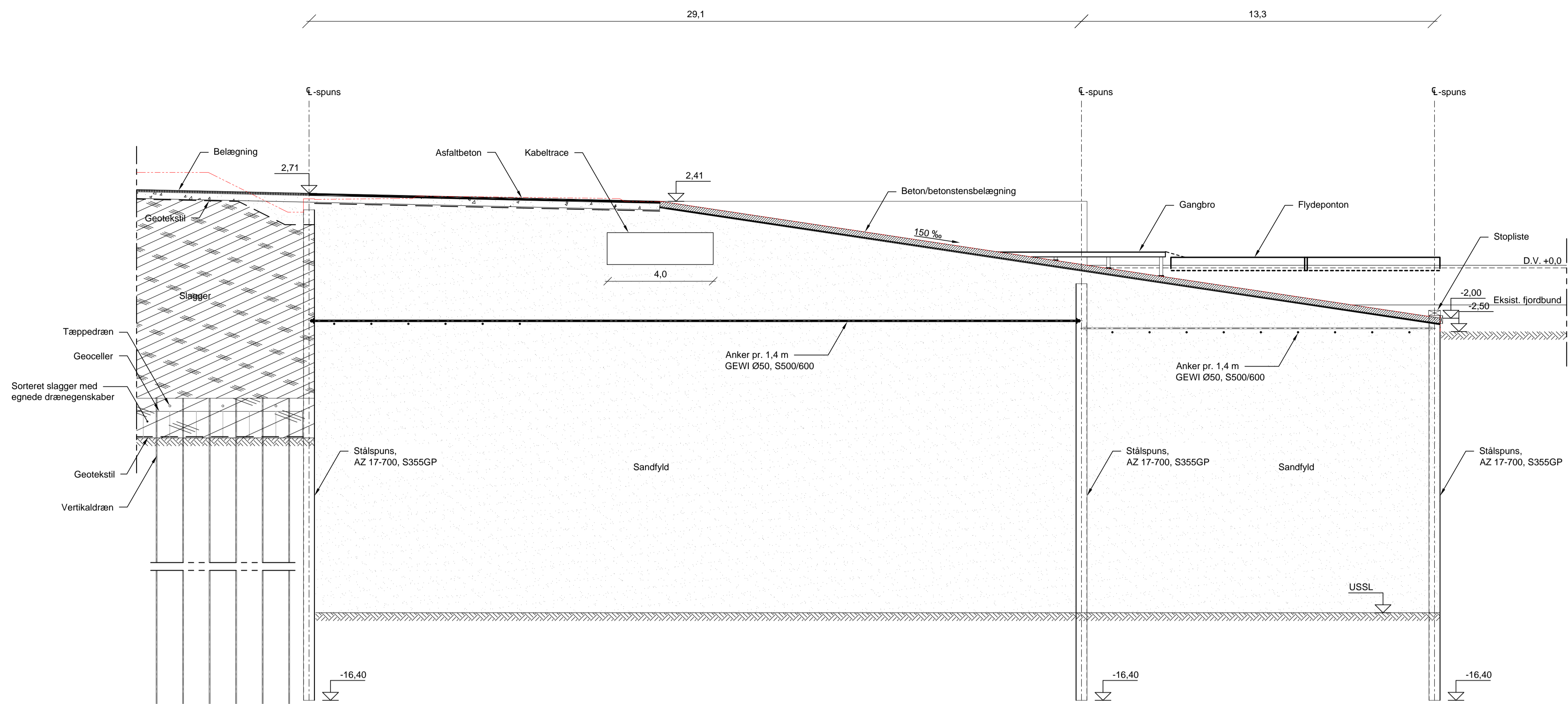


By- og Udviklingsforvaltningen
Marina City
Nytovr 11, 6000 Kolding
Telefon 79 79 79 79

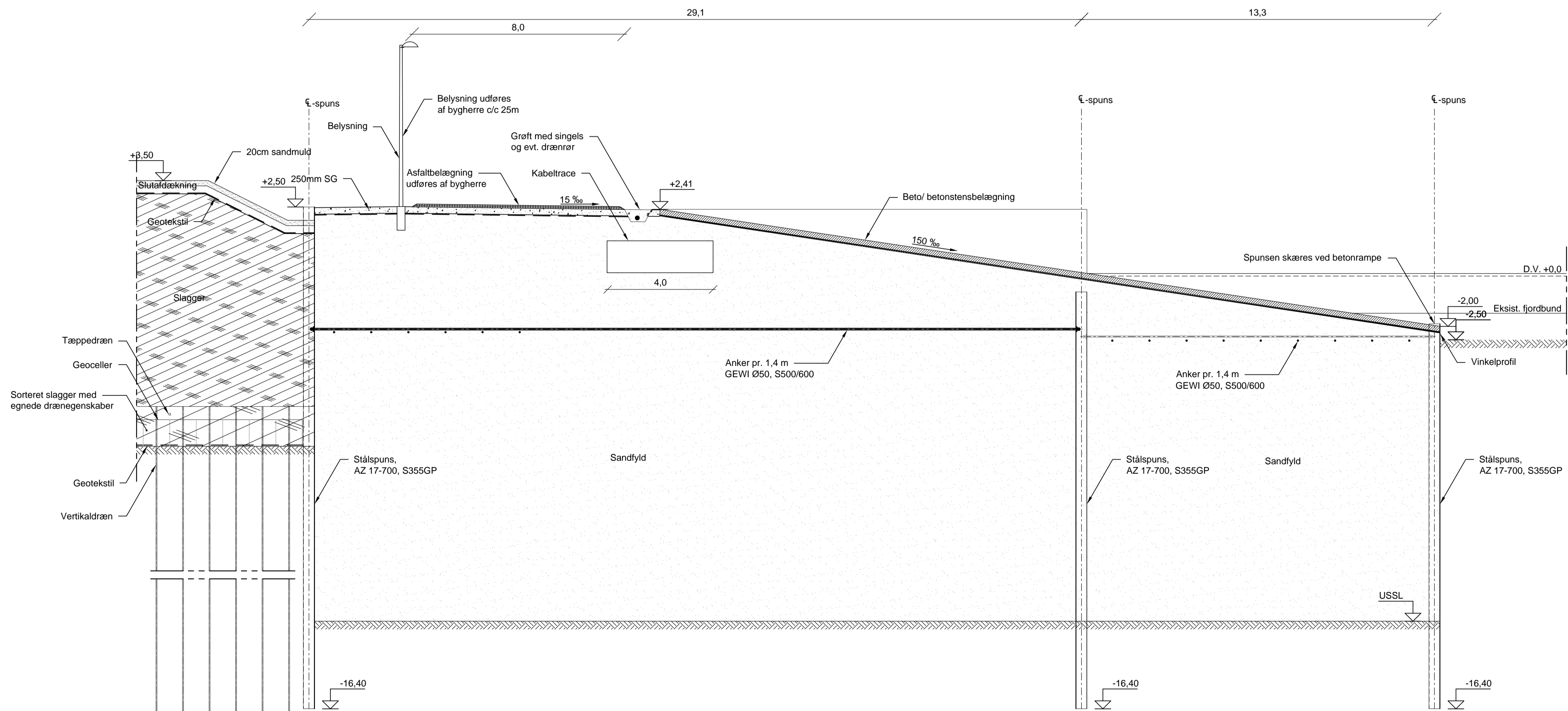
Marina City
E1 Marine Anlægsarbejder
Snittegning
Tværsnit 3, Promenade med stenkastning
Midlertidige forhold og fremtidige forhold

PROJEKTNR.	SAGS NR.	PROJ/TEGN.	KS.	DATO	MÅL	TEGN. NR.
MC-D	1100034400	KAK	-	2019-1x-xx	1:100	MC-D-TH-8853 B

FILNAVN: C:\pwwork\ramdk\kaka\0369749\MC-D-TH-8853.dwg



TVÆRSNIT 4-4, 1:100
Fremtidige forhold



TVÆRSNIT 4-4, 1:100
Midlertidige forhold

NOTE:

Koter er i meter i.h.t DVR 90
Ubenævnte mål er i m.


SIGNATUR:

- USSL Underside stærkt sætninggivende lag
- Overside midlertidige forhold


MC-D-TH-8854 C

FORELØBIG 2019-11-18

REV.	DATO	BEMÆRKNINGER	PROJ/TEGN.	KS
1				
2				
3				



Kolding Kommune
orsted af træstærke



RAMBOLL

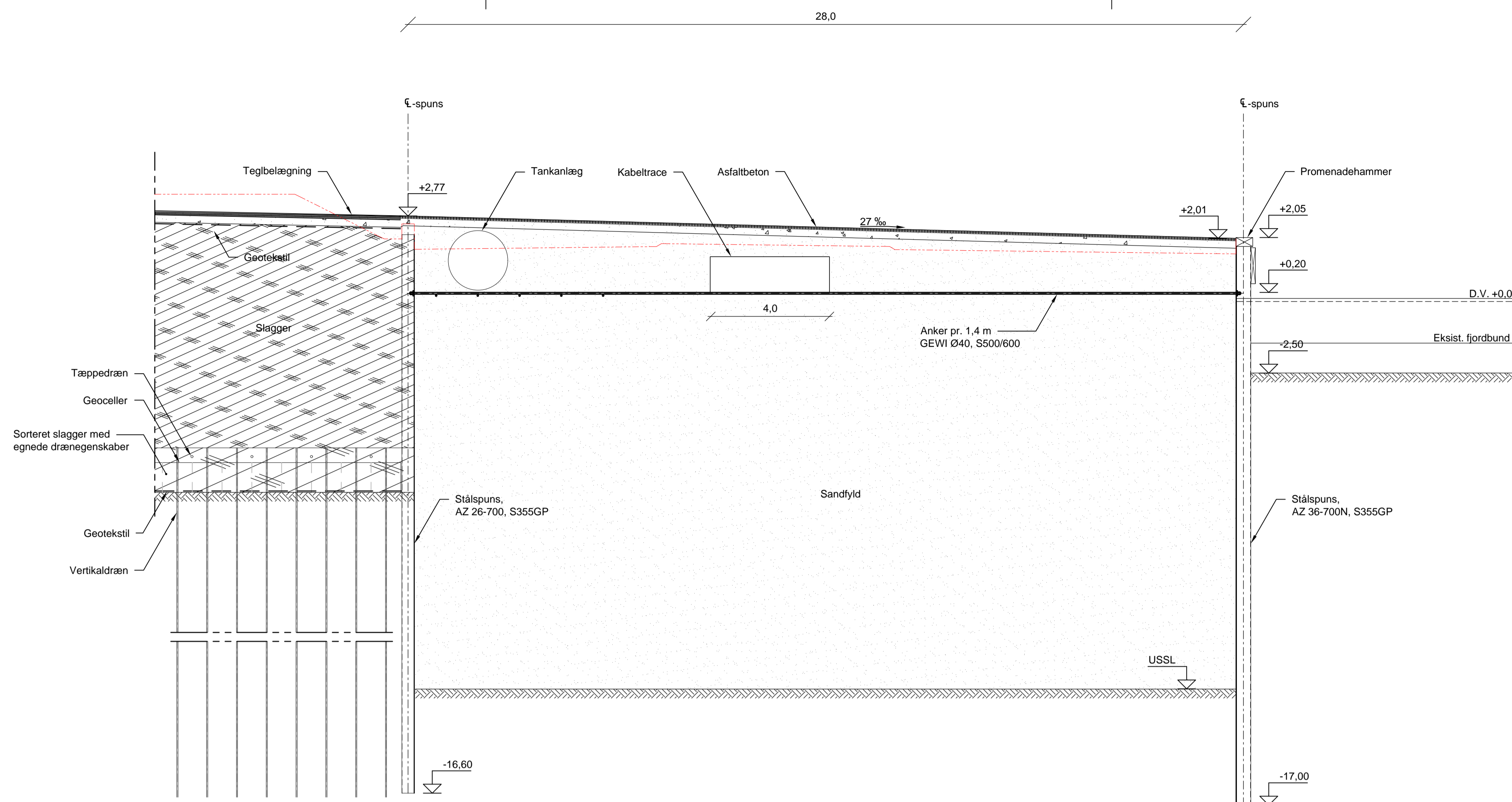
By- og Udviklingsforvaltningen
Marina City
Nytorv 11, 6000 Kolding
Telefon 79 79 79 79

Marina City
E1 Marine Anlægsarbejder
Snittegning
Tværsnit 4, Slæbested med servicekaj
Midlertidige forhold og fremtidige forhold

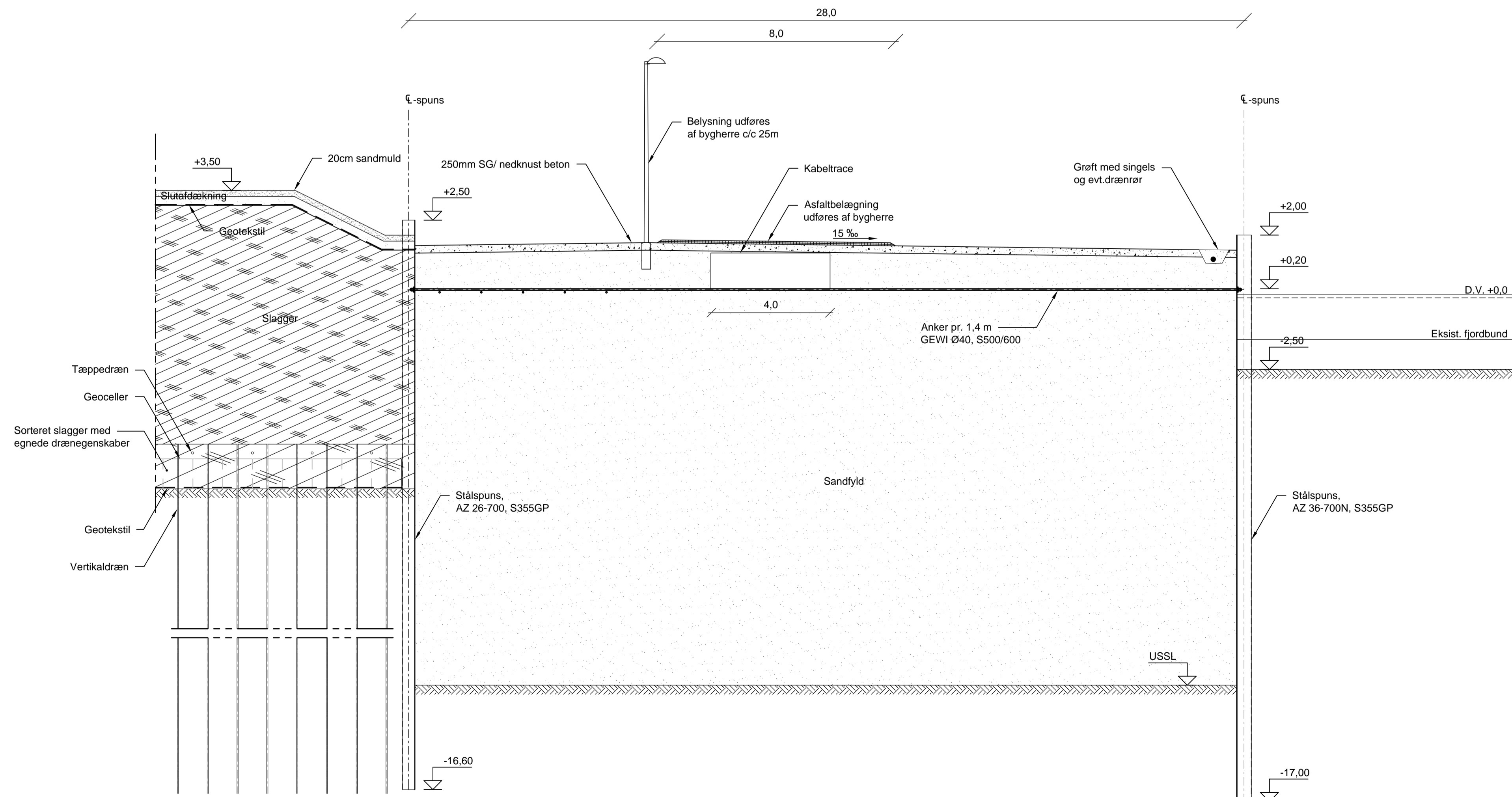
PROJEKTR.	SAGS NR.	PROJ/TEGN.	KS.	DATO	MÅL	TEGN. NR.
MC-D	1100034400	KAK	-	2019-1x-xx	1:100	MC-D-TH-8854 C

FILNAVN: C:\pwworkramd\kaka\0369749\MC-D-TH-8854.dwg

KAK



TVÆRSNIT 5-5, 1:100
Fremtidige forhold



TVÆRSNIT 5-5, 1:100
Midlertidige forhold

NOTE:

Koter er i meter i.h.t DVR 90
Ubenevnte mål er i m.

SIGNATUR:

- USSL Underside stærkt sætningsgivende lag
- Overside midlertidige forhold

MC-D-TH-8855 C

FORELØBIG 2019-11-18

REV.	DATO	BEMÆRKNINGER	PROJ/TEGN.	KS
1				
2				
3				



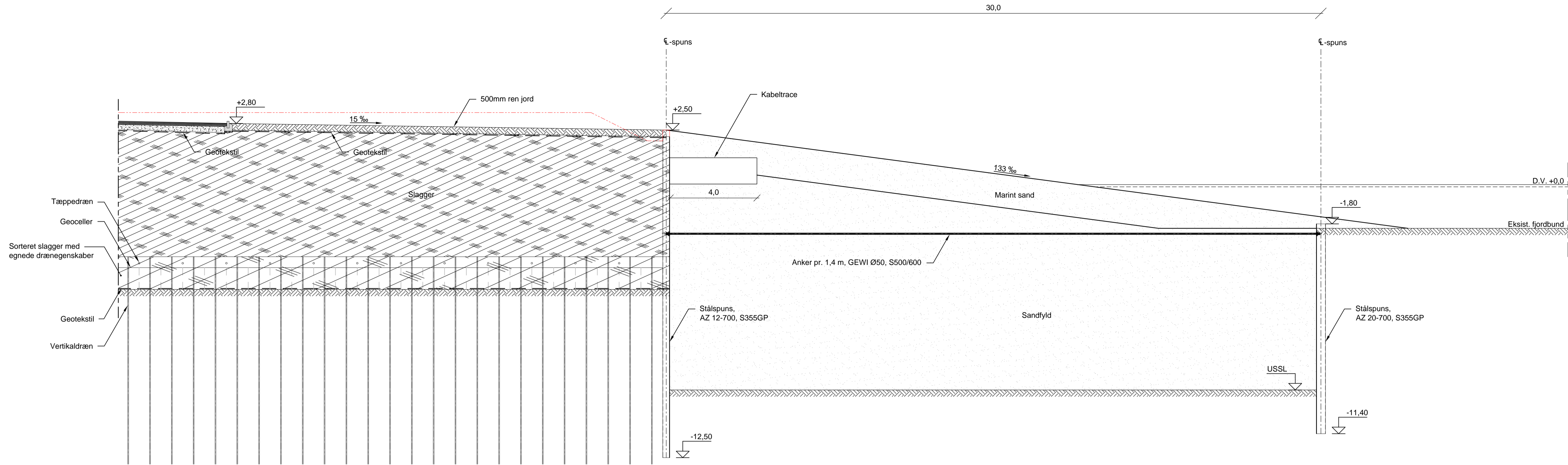
By- og Udviklingsforvaltningen
Marina City
Nytorv 11, 6000 Kolding
Telefon 79 79 79 79

Marina City
E1 Marine Anlægsarbejder
Snittegning
Tværsnit 5, Servicekaj
Midlertidige forhold og fremtidige forhold

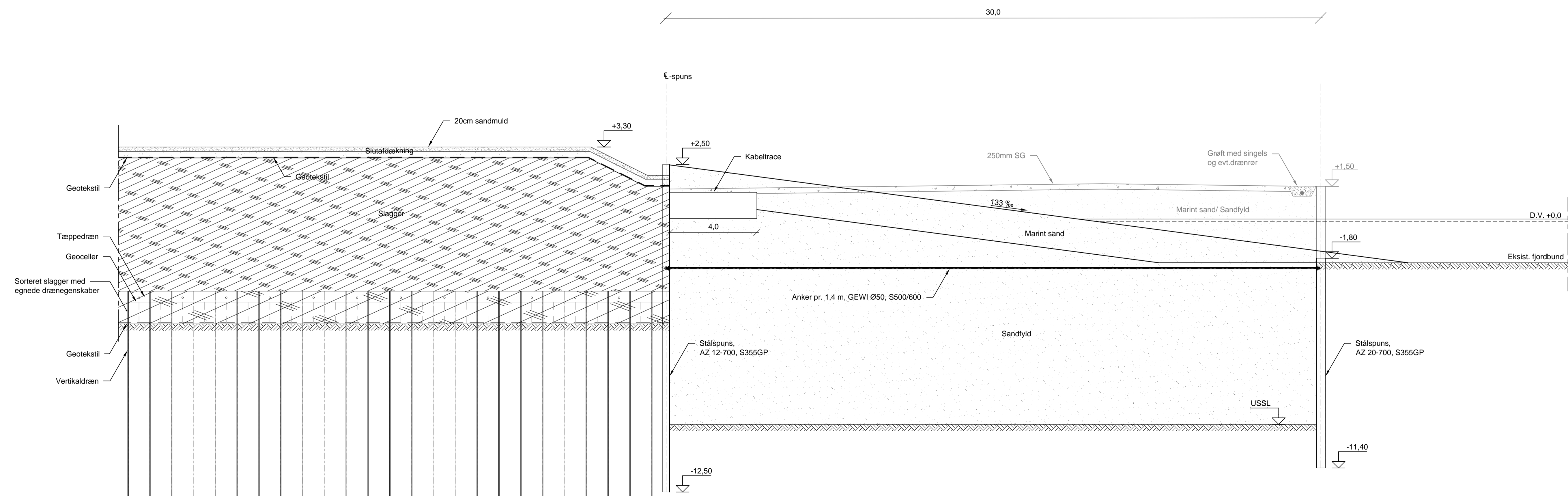
PROJEKTR.	SAGS NR.	PROJ/TEGN.	KS.	DATO	MÅL	TEGN. NR.
MC-D	1100034400	KAK	-	2019-1x-xx	1:100	MC-D-TH-8855 C

FILNAVN: C:\pwworkramd\kaka\0369749\MC-D-TH-8855.dwg

KAK



TVÆRSNIT 6-6, 1:100
Fremtidige forhold



TVÆRSNIT 6-6, 1:100
Midlertidige forhold

NOTE:

Koter er i meter i.h.t DVR 90
Ubenaævnte mål er i m.

Konstruktion vist med grå nedbrydes inden aflevering af E1 og Marina Park etableres.

SIGNATUR:

- USSL Underside stærkt sætninggivende lag
- Overside midlertidige forhold

MC-D-TH-8856 E

FORELØBIG 2020-01-08

REV.	DATO	BEMÆRKNINGER	PROJ/TEGN.	KS
1				
2				
3				

		By- og Udviklingsforvaltningen Marina City Nytorv 11, 6000 Kolding Telefon 79 79 79 79				
		Marina City E1 Marine Anlægsarbejder Snittegning Tværsnit 6, Marinapark Midlertidige forhold og fremtidige forhold				
PROJEKTNR. MC-D	SAGS NR. 1100034400	PROJ/TEGN. KAK	KS. -	DATO 2020-01-xx	MÅL 1:100	TEGN. NR. MC-D-TH-8856 E

KAK

BILAG 5 JAGG-BEREGNING

Oliestoffer - fugacitetsberegninger

Kildestyrker m.
benzen

Lokaliteten

Navn: Marina City - Nyttiggørelse af forurenede jord
 Adresse: _____
 Matrikel nr.: _____
 Note _____

Lokalitetsnr.: _____
 Postnr/by: _____
 Projekt nr.: _____

Jord

Kommentar

Nej Standard data Indtastede data (angives med fed)

Jordtype
 Poreluftvolumen V_L
 Vand-indhold V_V
 Samlet porøsitet $\epsilon = V_L + V_V$
 Volumen af jordskellet V_J
 Kornrumvægt d
 Volumenvægt ρ
 Indhold af organisk kulstof f_{oc}

Sand	
V_L	0,3
V_V	0,15
$\epsilon = V_L + V_V$	0,45
V_J	0,55
d	2,65
ρ	1,4575
f_{oc}	0,1

Beregning: Fugacitet

Kommentar

Nej Målepunkt Dato Fri fase? Anvendt brugerdata
 Risiko for frifase Nej

Angiv signifikant ciffer

Jordkoncentrationer				Vandkoncentrationer			Poreluft konc.			
Indtastede værdier	Beregnet ud fra profil	Jordkvalitets-kriterium	Overskridelse af kriteriet	Beregnet ud fra fugacitet	Grundvands-kriteriet	Overskridelse af kriteriet	Beregnet ud fra fugacitet	Afdampnings-kriteriet	Overskridelse af kriteriet	
mg/kg	mg/kg	mg/kg	gange	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	gange	mg/m^3	mg/m^3	gange	
2										
1,5	1,5	1,5	Nej	5500	1	5540	1400	0,00013	1,1E+07	
	0			4,3	5	Nej	0,87	0,4	2,17	
	0,00223			1,2			0,2			
	0,00223			1,1	5	Nej	0,17	0,1	3,77	
	0,118			9,7	1	9,66	0,057	0,04	1,41	
Kulbrintefraktioner										
C_6-C_{10}	25	25	25	Nej	6300		6600			
$C_{10}-C_{15}$	40	40			290		16			
$C_{15}-C_{20}$	400	400			9,8		3,8			
$C_{20}-C_{35}$	400	400			0,13		0,00053			
Sum af kulbrinter	400	400	100	4	6600	9	729	6600	0,1	66100
Alkylbenzener										
C_9-C_{10} aromatiske kulbrinter					570	1	613	77	0,03	2770
Polyaromatiske Kulbrinter (PAH)										
Benzo(a)pyren	3	3	0,3	10	0,0065	0,01	Nej	3,4E-08		
benzo(b+j+k)fluoranthen		0,3			0,0006			1,6E-09		
benzo(ghi)perylene		0,15			4,8E-05			2,3E-11		
Dibenz(a,h)anthracen	3	3	0,3	10	0,0091			9,6E-12		
Fluoranthen		1,95886			0,85	0,1	8,52	6,3E-05		
indeno(1,2,3-cd)pyren		1,34397			0,00031			2,7E-10		
Sum af 7 PAH'er jord		9,60283	4	2,4						
Sum af 4 PAH'er					0,00096	0,1	Nej			
NSO-forbindelser										
Sum af NSO-forbindelser	0	0,0401			63,6109			19,8993		

Beregningerne udført af

Firmanavn Rambøll
 Navn/initialer CABR
 Dato/Underskrift _____

Beregningerne kontrolleret /godkendt af

Kontrolleret _____
 Godkendt _____

Beregningerne er udført med de ovenfor angivne data og uden at der er foretaget ændringer af beregningsformler

Oliestoffer - fugacitetsberegninger

Lokaliteten

Navn:

Marina City - Nyttiggørelse af forurenede jord

Lokalitetsnr.: _____

Adresse:

Postnr/by: _____

Matrikel nr.:

Projekt nr.: _____

Note

Bemærkninger
om jordtypen

Bemærkninger
kemisk analyse

Oliestoffer - fugacitetsberegninger

Kildestyrke af grænseværdier (uden benzen-indhold)

Lokaliteten

Navn: _____
 Adresse: _____
 Matrikel nr.: _____
 Note _____

Lokalitetsnr.: _____
 Postnr/by: _____
 Projekt nr.: _____

Jord

Kommentar

Nej Standard data Indtastede data (angives med fed)

Jordtype
 Poreluftvolumen V_L
 Vand-indhold V_V
 Samlet porøsitet $\epsilon = V_L + V_V$
 Volumen af jordskellet V_J
 Kornrumvægt d
 Volumenvægt ρ
 Indhold af organisk kulstof f_{oc}

Sand	
V_L	0,3
V_V	0,15
$\epsilon = V_L + V_V$	0,45
V_J	0,55
d	2,65
ρ	1,4575
f_{oc}	0,1

Beregning: Fugacitet

Kommentar

Nej Målepunkt Dato Fri fase? Anvendt brugerdata
 Risiko for frifase Nej

Angiv signifikant ciffer

Jordkoncentrationer				Vandkoncentrationer			Poreluft konc.			
Indtastede værdier	Beregnet ud fra profil	Jordkvalitets-kriterium	Overskridelse af kriteriet	Beregnet ud fra fugacitet	Grundvands-kriteriet	Overskridelse af kriteriet	Beregnet ud fra fugacitet	Afdampnings-kriteriet	Overskridelse af kriteriet	
mg/kg	mg/kg	mg/kg	gange	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	gange	mg/m^3	mg/m^3	gange	
2										
Benzen	0,00237	1,5	Nej	8,9	1	8,88	2,7	0,00013	21100	
Toluen	0			5,2	5	1,04	1,3	0,4	3,27	
Ethylbenzen	0,00237			1,4			0,31			
Sum Xylener	0,00237			1,4	5	Nej	0,26	0,1	5,67	
Naphtalen	0,118			11	1	10,9	0,064	0,04	1,6	
Kulbrintefraktioner										
C_6-C_{10}	25	25	25	Nej	880		6300			
$C_{10}-C_{15}$	40	40			320		18			
$C_{15}-C_{20}$	310	310			8,6		3,4			
$C_{20}-C_{35}$	400	400			0,14		0,0006			
Sum af kulbrinter	400	400	100	4	1200	9	134	6300	0,1	63000
Alkylbenzener										
C_9-C_{10} aromatiske kulbrinter					690	1	734	94	0,03	3400
Polyaromatiske Kulbrinter (PAH)										
Benzo(a)pyren	3	3	0,3	10	0,0074	0,01	Nej	3,9E-08		
benzo(b+j+k)fluoranthen		0,3			0,00068			1,8E-09		
benzo(ghi)perylene		0,15			5,4E-05			2,6E-11		
Dibenz(a,h)anthracen	3	3	0,3	10	0,01			1,1E-11		
Fluoranthen		1,51812			0,75	0,1	7,45	5,5E-05		
indeno(1,2,3-cd)pyren		1,34397			0,00035			3,1E-10		
Sum af 7 PAH'er jord		9,16209	4	2,29						
Sum af 4 PAH'er					0,0011	0,1	Nej			
NSO-forbindelser										
Sum af NSO-forbindelser	0	0,0401			71,4333			28,1637		

Beregningerne udført af

Firmanavn _____
 Navn/initialer _____
 Dato/Underskrift _____

Beregningerne kontrolleret /godkendt af

Kontrolleret _____
 Godkendt _____

Beregningerne er udført med de ovenfor angivne data og uden at der er foretaget ændringer af beregningsformler

Oliestoffer - fugacitetsberegninger

Lokaliteten

Navn: _____

Adresse: _____

Matrikel nr.: _____

Note

Lokalitetsnr.: _____

Postnr/by: _____

Projekt nr.: _____

Bemærkninger
om jordtypen

Bemærkninger
kemisk analyse

Indeklimaberegning

Lokaliteten

Navn: _____
Adresse: _____
Matrikel nummer: _____
Note _____

Lokalitetsnr.: _____
Postnr/by: _____
Projekt nr.: _____

Jordparametre

Indtastede data angives med fed

Kommentar

nej

Membran

Kapillarbrydende lag

Membran type

Tykkelse

Materialekonstant

mm

Jord type

Tykkelse

Materialekonstant

m

Kommentar

nej

Jordlag 1

Jordlag 2

Jordlag 3

Jordlag 4

Jordtype

Jordlag, Dybde fra

Jordlag, Dybde til

Poreluftvolumen

Vand-indhold

Materialekonstant

V_L

V_V

Jordlag 1	Jordlag 2	Jordlag 3	Jordlag 4
Sand	Fyld		
0,0	0,5		
0,5	12,5		
0,3	0,1		
0,15	0,3		
0,1095	0,0079		

m u.t.

m u.t.

Samlet materialekonstant

Tykkelse af jordlag

K_w

0,0007
12,5

m

Terrændæk

Type af terrændæk

Betontværsnit

h_b

Kommentar nej

Armeret beton (beton 20)	
80,0	

mm detaljer se side 3

Bygningsdata

Rumtype/anvendelse

Loftshøjde

Gulvbredde/-længde

Luftskifte

Trykforskel over betondæk

L_h

l_b/l_l

L_s

ΔP

Kommentar nej

Beboelse	
	2,5
	5 5
0,0001	
5,0	

m

m

m³/s

Pa

Stoffer

Kommentar stoffer

Målepunkt

Dato

Forureningskomponent

Poreluftskoncentration

Ikkemålt værdi anvendt

Baggrundskoncentration

Diffusionskoefficient luft

Stofflux gennem beton

Poreluft koncentration u. gulv

Diffusivt bidrag til indeluft

Totalbidrag til indeluft

Afdampningskriterie

Overskridelse af kriteriet

Anvendt brugerdata

Angiv signifikant ciffer

3

nej

Kommentar beregning

nej

	n-Oktan	dodecan	pentacosan	
C_L	52616,169	1237,4297	0,0287	mg/m ³
	Nej	Nej	Nej	
C_0				mg/m ³
DL	7,7E-06	6,3E-06	4,4E-06	m ² /s
J	0,00027	5,1E-06	8,2E-11	mg/m ² .s
C_p	207,0	4,1	0,0001	mg/m ³
C_{di}	0,191	0,0031	0,0	mg/m ³
C_i	1,28	0,0246	0,0	mg/m ³
	0,1	0,1	0,1	mg/m ³
	12,759	Nej	Nej	
	Nej	Nej	Nej	

Beregningerne udført af

Firmanavn

Navn/initialer

Dato/Underskrift

Beregningerne kontrolleret /godkendt af

Kontrolleret

Godkendt

Beregningerne er udført med de ovenfor angivne data og uden at der er foretaget ændringer af beregningsformler

Indeklimaberegning

Lokaliteten

Navn: _____

Lokalitetsnr.: _____

Adresse: _____

Postnr/by: _____

Matrikel nummer: _____

Projekt nr.: _____

Note

Bemærkninger
om jordlag

Bemærkninger om
Influenszone og membran

Bemærkninger
om forurening

Bemærkninger
om kemiske stoffer

Bemærkninger
beregninger

Indeklimaberegning

Lokaliteten

Navn: _____
Adresse: _____
Matrikel nummer: _____
Note

Lokalitetsnr.: _____
Postnr/by: _____
Projekt nr.: _____

Bemærkninger
om bygningsdata

Bemærkninger
om terrændæk

Detailoplysninger om terrændæk

Type af terrændæk

	Armeret beton (beton 20)	Armeret beton (beton 20)	
Relativ luftfugtighed	RF	60,0	%
Vand/cement-tallet	v/c	0,67	
Cementindhold	CM	220,0	kg/m ³
Svindtid	t _s	7300,0	døgn
Materialekonst. for beton	N _b	0,002	
Armeringsdiameter	d _a	3,0	mm
Armeringskonstant	k	1,0	
Afstand mellem armeringsjern	Δb	50,0	mm
Dynamisk viskositet af luft	μ	0,0	kg/m·s
Elasticitetskoeff. Beton	E _b	20000,0	MPa
Elasticitetskoeff. Stål (MPa)	E _s	210000,0	MPa

Beregnete data om terrændæk

	Beregnete værdier	Indtastede (målte) værdier	
Materialekonstant for terrændæk	K _N	0,025	
Revnevidde	w	0,111	mm
Gnmsn. Revneafstand	l _w	636,62	mm
Total revnelængde	l _{tot}	68,54	mm
Vol. strøm gennem beton	q _b	0,0	m ³ /s
Vol. strøm i bygningen	q _{byg}	0,005	m ³ /s

BILAG 6
DATABLAD FOR BETONSAND

Deklaration Nr. TNR-0/4E-02
Vedrørende kravene i DS2426:2011 Beton – Materialer – Regler for anvendelse af
EN 206-1 i Danmark, pkt. 5.2.3 Anvendelse af tilslag

Gældende fra: 2016-10-11	Erstatter deklARATION af: 2014-11-26			
Byggevareretype:	Fint tilslag 0-4 mm			
Byggevareridentifikation/salgnavn:	Betonsand 0-4 kl.E			
Produktbeskrivelse:	Flinte- og feldspatførende kvartssand			
Fabrikantens navn og adresse:	Thyborøn Nordsøral, Sydhavnen 21, 7680 Thyborøn			
Produktionssted:	Thyborøn Nordsøral, Sydhavnen 21, 7680 Thyborøn			
Certifikat:	Dancert A/S, har udført den indledende inspektion af virksomheden og af den løbende produktionskontrol, og endvidere udført den løbende overvågning, vurdering og godkendelse af virksomhedens produktionskontrol. Certifikat G004-01			
Ydeevnedeklaration(Dop)	Dop-Nr. 2014-0/4-01			
Prøvningsmetode - Egenskab		Værdi		
EN 933-1 Kornstørrelsesfordeling	Sigtstørrelse	Min.	Forventet	Max.
	8	100	100	100
	5,6	100	100	100
	4	98	100	100
	2	87	97	99
	1	74	84	94
	0,5	47	59	67
	0,25	8	17	22
	0,125	0	2	5
0,063	0	1	3	
EN 1097-6 Korndensitet – VOT (Mg/m ³)	2,62	2,66	2,70	
EN 1097-6 Absorption (%)	0,0	0,1	0,6	
EN 1744 Humusindhold		Lysere		
Quantab/ EN1744 chloridindhold		0,014	0,040	
Vandopløseligt alkali (beregnet værdi)		0,012	0,032	
TK 84 Kemisk svind / Alkaliskel-reaktivitet		0,1	0,2	
Finstofkvalitet	F ₃			
Volumenstabilitet	Ikke deklareret			
Syreopløseligt sulfat %		<0,01	<0,2	
Totalt svovlindhold %		<0,01	<1	





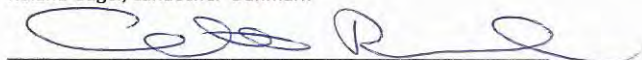
1073

YDEEVNEDEKLARATION Dop-Nr. 2014-0/4-01

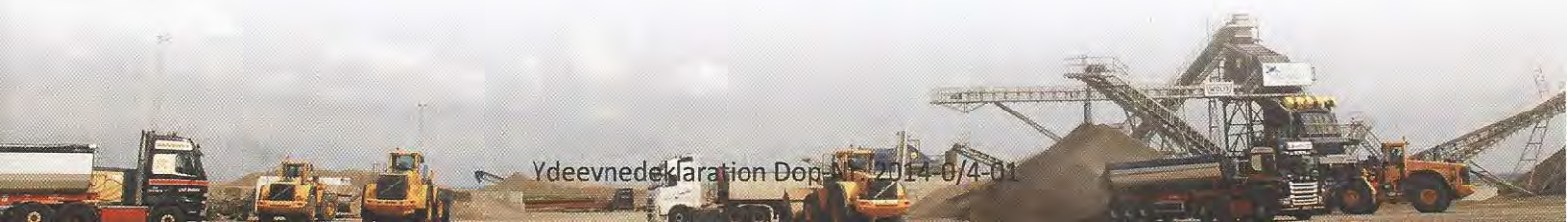
1. Byggevaretype:	Fint tilslag 0-4 mm	
2. Byggevareridentifikation/salgnavn:	Betonsand 0-4 kl.E	
Oprindelse	Flinte- og feldspatførende kvartssand	
3. Byggevarens tilsigtede anvendelse:	Tilslag til beton	
4. Fabrikantens navn og adresse:	Thyborøn Nordsøral, Sydhavnen 21, 7680 Thyborøn	
4.a Produktionssted	Thyborøn Nordsøral, Sydhavnen 21, 7680 Thyborøn	
5. Navn og adresse på den bemyndigede repræsentant:	Ikke relevant	
6. Systemerne for vurdering og kontrol af konstansen af byggevarens ydeevne (AVCP):	System 2+	
7. Notificeret Organ's opgave(r), hvis relevant:	Dancert A/S, EU Notified Body Nr. 1073, har udført den indledende inspektion af virksomheden og af den løbende produktionskontrol, og endvidere udført den løbende overvågning, vurdering og godkendelse af virksomhedens produktionskontrol. EC-Certifikat 1073-CPR- G004-01	
8. Deklareret ydeevne		
Væsentlige egenskaber	Ydeevne	Punkt i harmoniseret teknisk specifikation EN 12620:2008
Tilslagsstørrelse	0/4	4.2
Sortering	G _r 85	4.3
Korndensitet	NPD	5.5
Vandabsorption	NPD	5.5
Indhold af finstof	F ₃	4.6
Modstandsdygtighed over for polering	NPD	5.4.1
Modstandsdygtighed over for overfladeslid	NPD	5.4.2
Modstandsdygtighed over for slid fra pigdæk	NPD	5.4.3
Bestanddele af groft genanvendt tilslag	NPD	5.8
Chlorider	NPD	6.2
Syreopløselig Sulfat	AS _{0,2}	6.3.1
Totalt svovlindhold	< 1	6.3.2
Bestanddele der ændrer betonens afbindings- og hærdningstid	NPD	6.4.1
Indhold af karbonat i fint tilslag til overfladebelægninger af beton	NPD	6.5
Volumenstabilitet - udtørringssvind	NPD	5.7.2
Farlige stoffer	NPD	H3.3 +H.4
Alkaliskel-reaktivitet	NPD	5.7.3
9. Ydeevnen for den byggevarer, der er anført i punkt 1 og 2, er i overensstemmelse med den deklarerede ydeevne i punkt 8.		

Denne ydeevnedeklaration udstedes på eneansvar af den fabrikant, der er anført i punkt 4.

Underskrevet af Annette Dueholm for
Roland Gagel, Landechef Danmark



2014-11-26



Thyborøn Nordsøral
Sydhavnsvej 21



DANAK
TEST Reg. nr. 179

DK-7680 Thyborøn

Dato: 27 October 2017
VBM sag: 4530 1 V R-17-2883A
Side: 1 af 2

Att: Annette Dueholm

Prøvningsrapportnr.: R-17-2883A

Rekvirent

Thyborøn Nordsøral - Sydhavnsvej 21, Thyborøn

Rapport indhold

Prøvning af tilslagsmaterialer til beton

Materialer

Sand 0-4 mm kl. E

Prøvningsperiode

Start 23 October 2017

Slut 27 October 2017

Anvendte metode referencer

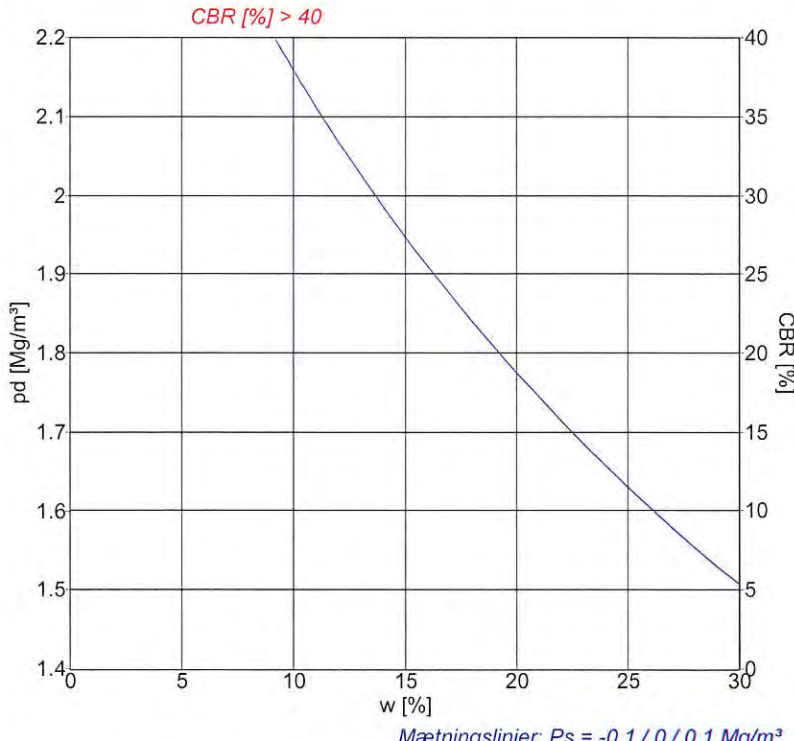
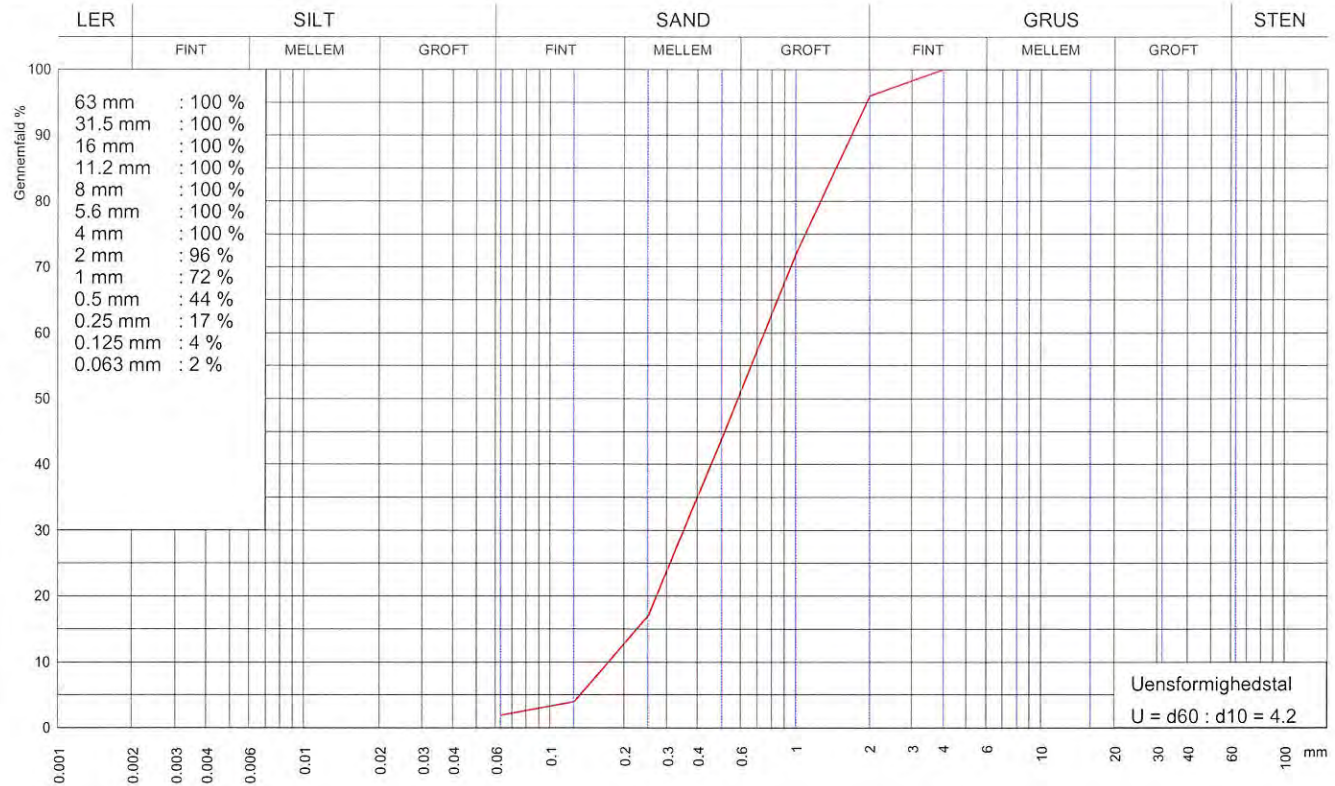
Metode Navn	Beskrivelse
DS/EN 1744-1 pkt. 8	Chloridindhold (2013)
DS/EN 933-1	Kornstørrelsesfordeling bestemt ved sigteanalyse. (2012)
ISO 10390	Måling af pH i jord (ikke akk.)

Rapport bemærkning

Med venlig hilsen

VBM Laboratoriet A/S

Daniel Heubeck



Signaturer		
Form	10 cm	15 cm
Forsøg	Komprimering	CBR
Proctor	○	◇
Modifieret Proctor	●	◆
Mætningslinje	m. vandl.	
Proctorforsøg		
Indstampning	Proctor	Modifieret Proctor
$\rho_{d,max}$ Mg/m ³		
w_{opt} %		
$\rho_{d,max}$ korr. Mg/m ³		
w_{opt} korr. %		
Vibrationsforsøg		
$\rho_{d,max}$ Mg/m ³		
w %		

Gennemfald 0.063 mm	2 %	Frasigtet > 16 mm	s	%	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w_L		Plasticitetsgrænse w_P			Plasticitetsindeks I_P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ_s	Mg/m ³	Korndensitet(0-16mm) ρ_s	Mg/m ³		Korndensitet, filler ρ_f	Mg/m ³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka	%		Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	%	Glødetab reduceret gl_{red}	%		pH	9,68
Sandækvivalent (0-4mm) SE_4	%	Humusindhold			Chloridindhold	0,007 %
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w_{nat}	%			

Prøvebeskrivelse: Sand 0-4 mm kl. E
 Rap.nr. R-17-2883A

Mrk. Rekv. nr. 16
 Udt. 17.10.2017

www.drive-it.dk

Rekvirent: Thyborøn Norsøral		Station / Boring	Mrk.:
Sted: Sydhavnsvej 21, Thyborøn		Dybde / Kote	Lab. nr.: 2883A-1
Udt. d.:	Modt. d.: 23-10-2017	Tegn.: SP	Godk.: 3910 [Signature]
		Sag nr.: 174530001	Bilag/side nr.: 2/2