

Horsens Kommune

Ringvej Syd

**Fortyndingsanalyse af Horsens Fjord ved udløbet af
Dagnæs Bæk**

Horsens Kommune

Ringvej Syd

Fortyndings analyse af Horsens Fjord ved udløbet af Dagnæs Bæk

Kunde	Horsens Kommune
Rådgiver	WSP A/S Jens Juuls Vej 16 8260 Viby J
Projektnummer	1321800262-08
Dokument ID	1321800262-08
Projektleder	Anders Jensen
Kvalitetssikret af	Anders Jensen
Udgivet	25-04-2021
Version	2. version

Indholdsfortegnelse

1.	Baggrund og formål	4
2.	Konklusion	4
3.	Modelværktøj og modelopsætning	4
3.1	Modelværktøj	4
3.2	Modelopsætning	5
3.3	Modelscenarie	8
3.4	Randbetingelser	8
4.	Resultater	10
4.1	Fortynding af perkolat	10
5.	Referencer	14

1. Baggrund og formål

WSP Danmark A/S bistår Horsens Kommune med teknisk rådgivning og ydelser i forbindelse med løsning af opgaver inden for teknik- og miljøområdet for planlægning af Ringvej Syd etape 2 og 3, hvor forbindelsen over Horsens Fjord ved udløbet af Dagnæs Bæk udgør en indsnævring af vandområdet tværsnit som følge af vejbygningen.

Fjorden er ved vejenes passage smal og nærmest afsnørret fra selve fjordområdet. Dæmningen kan medføre en reduktion af vandudskiftningen i fjorden da dæmningen introducere en ekstra forsnævring, udover den eksisterende naturlige indsnævring ved udløb til selve fjorden. Da vandområdet på en strækning er afgrænset af Horsens deponeringsanlæg, vil der sive perkolat fra deponeringsanlæggets overflade ud til fjorden. Kildestyrkerne fra deponeringsanlæggets overflade er kvantificeret ved analyse af perkolat i monitoringsboringer.

Opgaven udføres i henhold til aftale på møde mellem Horsens Kommune, Atkins og WSP A/S den 25-05-2020 og ATR nr. 10 af 25-05-2020.

Omfanget af opgaven er beskrevet i note vedr. Forslag til supplerende fortyndingsberegninger af Ringvej Syd.

Efter vurderinger af tidligere fortyndingsanalyser, er det besluttet at gennemføre en analyse baseret på målte absolutte koncentrationer af de miljøfremmede stoffer; Bly, Cadmium, Krom, Kobber, Kviksølv, Nikkel, Zink og Kulbrinter. Analysen ligger i forlængelse af det tidligere udførte arbejde i Bygholm Å og inkluderer forskelle mellem nuværende og indsnævring i et værst tænkeligt regi; om sommeren med minimal vandføring fra fjordens tidevand og bækkens opland

2. Konklusion

- Fortyndingen af perkolatet udsivende til Horsens Fjord ved udløbet af Dagnæs Bæk fra Horsens deponeringsanlæg er indenfor de generelle miljøkvalitetskrav, for dette værst tænkelige sommerscenarie, hvor positive effekter såsom tidevand og vandføringen i Dagnæs Bæk er minimal.

3. Modelværktøj og modelopsætning

3.1 Modelværktøj

Grundlaget for vurderingen af fortyndingsforholdene er den hydrodynamiske model MIKE 21 FM. Modellen er en numerisk todimensional strømningsmodel baseret på løsningen af de dybde-integrerede Reynoldsmidlede Navier-Stokes ligninger. Beregningsformuleringer kan findes i /1/.

Det antages at salinitets ændringen i vandsøjlen er negliable pga. de lave dybder vil vandsøjlen opblandes fra lokale vindforhold i én sådan grad at den todimensionelle beskrivelse af strømningen er valid.

Selve fortyndingen modelleres samtidig med hydrodynamikken vha. AD modulet (Advektion-Dispersion) /2/. Modulet beregner den advektive og dispersive transport af et vilkårligt opløst stof. Der er som udgangspunkt benyttet standardværdier for modelparametrene, eksempelvis til beregning af dispersionskoefficienter.

Modellen er ikke kalibreret, da der ikke er målinger tilgængeligt inden for modelområdet, som muliggør en kalibrering. Derfor er resultaterne kun indikative, men den relative forskel i fortyndingsforhold er sikker og dermed er konklusionen også sikker.

MIKE 21 FM modellen har igennem årtier vist sig at være meget pålidelig i forhold til retvisende resultater og må betragtes som et state-of-the-art værktøj til netop disse typer opgaver.

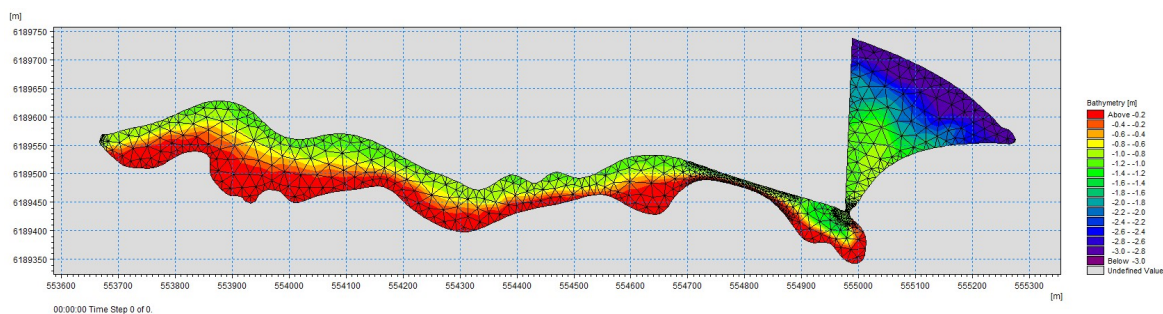
3.2 Modelopsætning

FM modellen adskiller sig fra den "traditionelle" MIKE 21 model ved at anvende et Flexible Mesh, altså et fleksibelt beregningsnet (både trekanter og rektangler), der lettere kan tilpasse sig den aktuelle batymetri af modelområdet samt muliggør en finere beregningsopløsning på udvalgte steder, f.eks. i tværsnits indsnævringer. Modellen består af ca. 2.500 beregningselementer med den højeste opløsning omkring dæmningen og i de mest lavvandede områder ved udmundingen til fjorden.

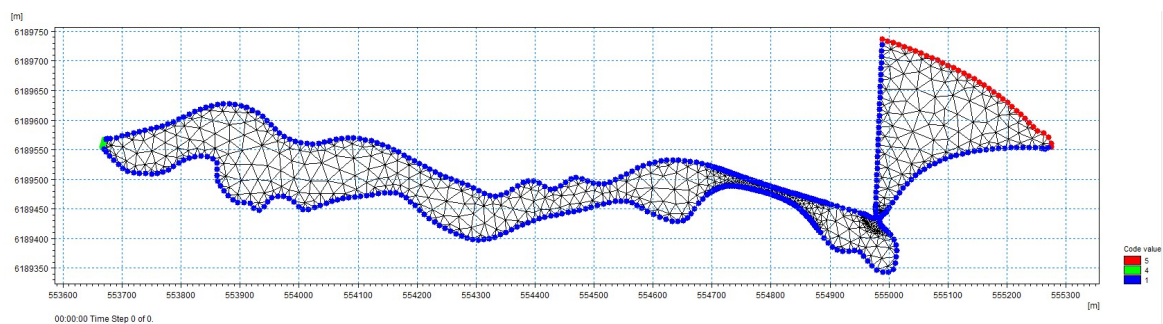
Batymetrien (dybdeforholdene) for området er opbygget ud fra punktmålinger ved Dagnæs Bæk udført med målepinde. Dybdeforhold på modelranden ud mod fjorden er fundet på søkort.

Modellen er etableret, så randen ind mod Dagnæs Bæk, er lagt så langt ind som batymetri data fra /3/ tillader, og randen ud mod fjorden er lagt et stykke ude i fjorden i forhold til den kommende dæmning. Modelområde, mesh (beregningsnet) og batymetrier er vist på Figur 1-Figur 4 og typisk flow mønster ved faldende vandstand i fjorden er vist på Figur 5.

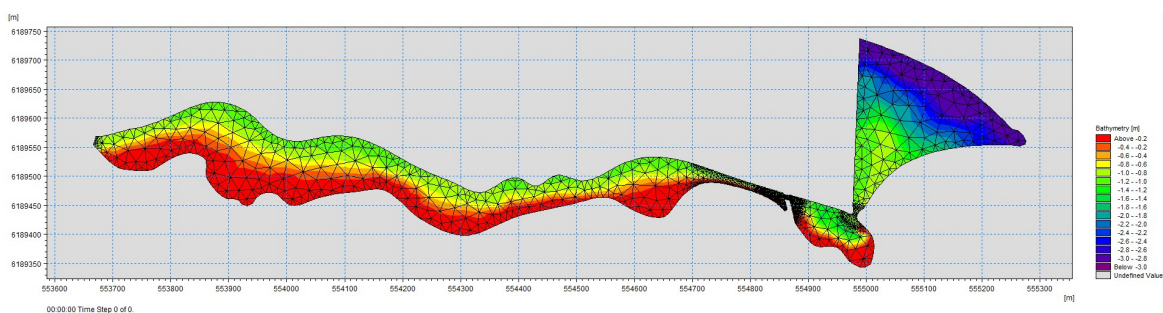
Modellens tidsskridt (tidsinterval for beregning af vandets bevægelse i hvert beregningspunkt) varierer mellem 0,001 sekund og 30 sekunder. Modellen finder selv det højest mulige tidsskridt som kan opnås uden at der opstår numerisk ustabilitet (vandet må ikke springe beregningspunkter over, så jo finere model grid kombineret med højere vandhastighed, jo mindre tidsskridt o.a).



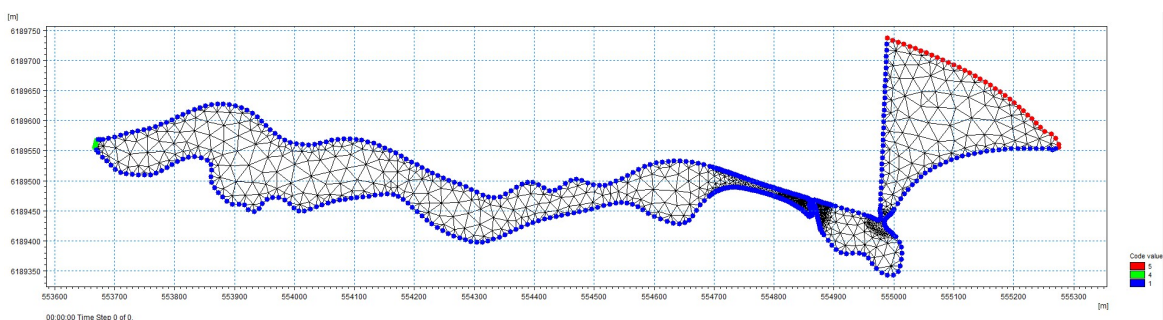
Figur 1 - Model mesh og batymetri over Horsens Fjord ved udløbet af Dagnæs Bæk situationen i dag.



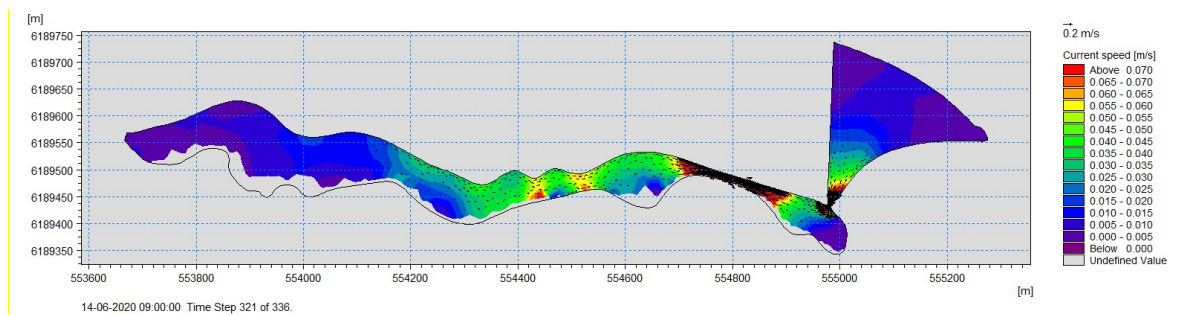
Figur 2 - Model mesh med angivelse af rande, rød er Horsens fjord, grøn er Dagnæs Bæk situationen i dag.



Figur 3 - Model mesh og batymetri over Dagnæs Bæk med planlagt udvidelse af Ringvej Syd.



Figur 4 - Model mesh med angivelse af rande, rød er Horsens fjord, grøn er Dagnæs Bæk med planlagt udvidelse af Ringvej Syd.



Figur 5 - Eksisterende strømningsmønster i den inderste del af Horsens Fjord ved udløbet af Dagnæs Bæk under tørke med nul vandføring i bækken og ved faldende vandstand i fjorden. Bemærk at det er meget små strømhastigheder som forekommer.

3.3 Modelscenarie

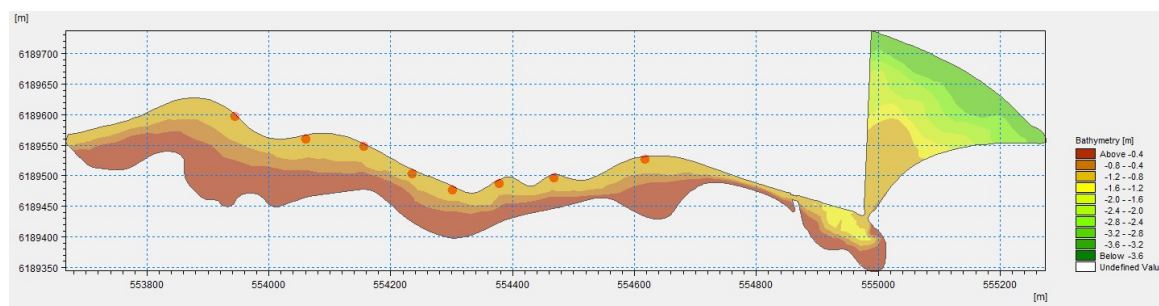
Der er anvendt randbetingelser som afspejler en sommersituation med ingen vandføring i Dagnæs Bæk og ingen vindpåvirkning af vandstanden i fjorden. Scenariet vil typisk forekomme om sommeren under højtryksforhold og er beskrevet i Tabel 1-Tabel 2. Overblik over linjeudslippet er vist på Figur 6.

Tabel 1 - Værst tænkelige model-scenarie med ingen vandføring i Dagnæs Bæk og almindeligt tidevand i fjorden.

Vandføring Dagnæs Bæk	Vandstand Horsens Fjord	Bathymetri	Bemærkninger
Sommer ingen vandføring fra Dagnæs Bæk	Astronomisk tidevand	Med\uden indsnævring	Værste scenarie med hensyn til fortynding.

Tabel 2 – Kildestyrker af linjeudslippets punkt-kilder (fra vandbalance beregning (WSP A/S, 2021)).

Kildestyrke af individuelle punktudslip	Antal punktkilder
0.00015 [m ³ /s]	8



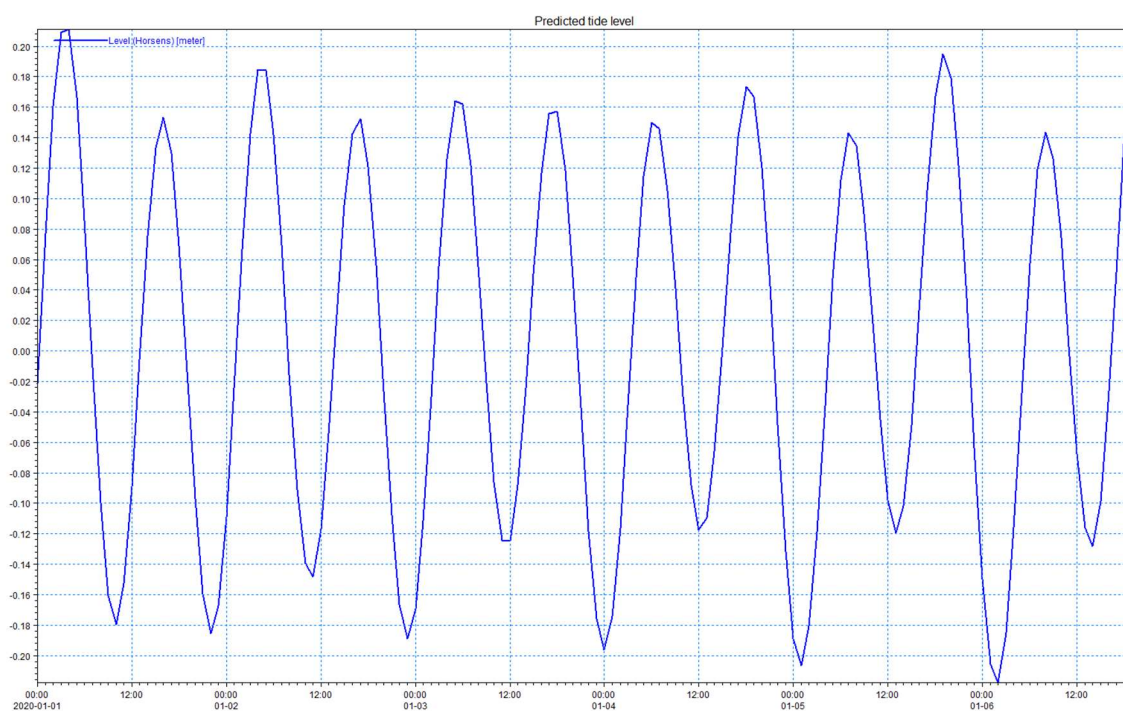
Figur 6 - Modellerings af et linjeudslip fra Horsens Deponeringsanlæg

I virkeligheden vil lokale effekter forårsaget af vindforhold\nedbør medfører forøget fortynding. Det pågældende tilfælde udgør derved den situation med den ringeste fortynding af perkolatet som siver ud af deponiet.

Der er ikke indregnet forhøjet vandstand i fjorden, da det i modellen alene vil medføre, at den generelle vandstand inden for dæmningen stiger tilsvarende.

3.4 Randbetingelser

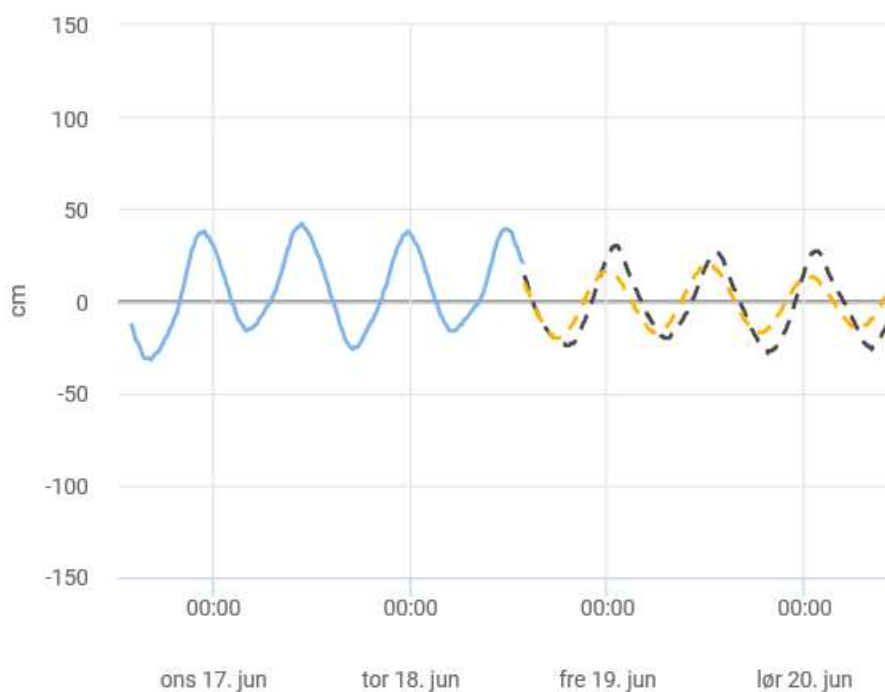
Til beregningen af det astronomiske tidevand benyttet som randbetingelse mod Horsens fjord, er der benyttet tidevandet predikeret igennem MIKE 21's værktøj. Prediktionen af overflade elevationen er vist på Figur 7 hvilket, sammenlignet med målingsserien af overfladeelevationer på Figur 8, har samme størrelsesorden og forløb.



Figur 7 - Tidsserie af tidevandet benyttet som randbetingelse ud mod Horsens fjord.

HORSENS HAVN S

Vandstand (cm)



Figur 8 - Målt og forudsagt tidsserie af overflade elevationer ved Horsens havn, kilde: dmi.dk

4. Resultater

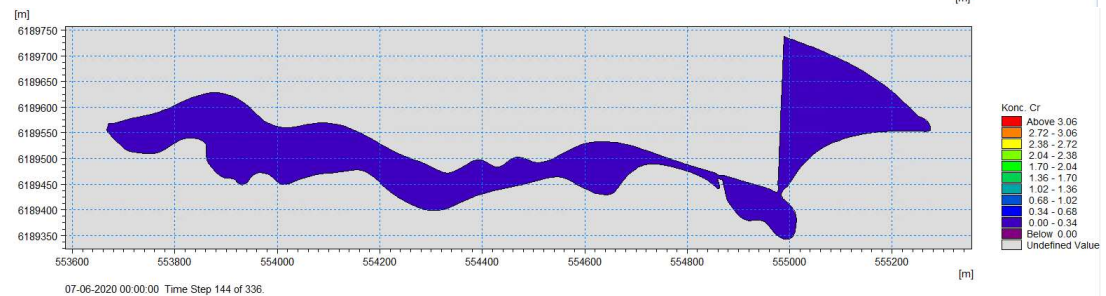
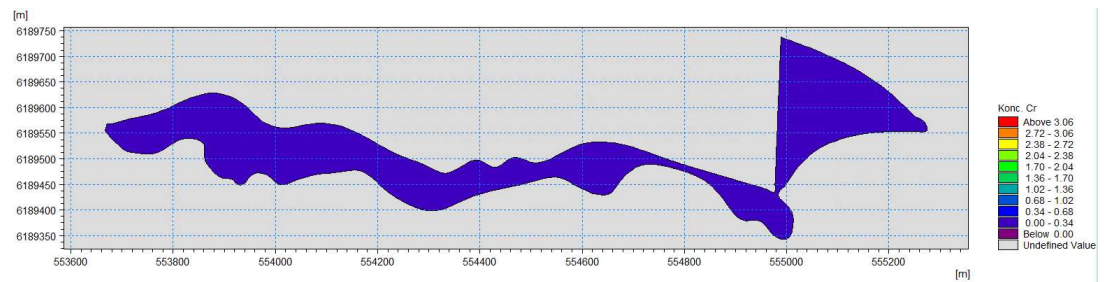
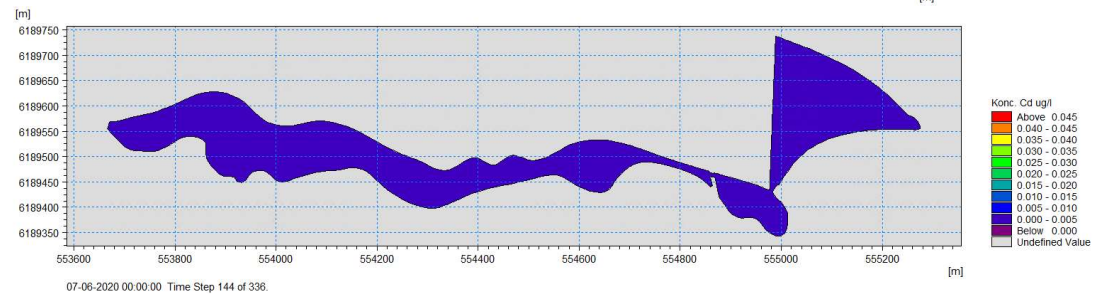
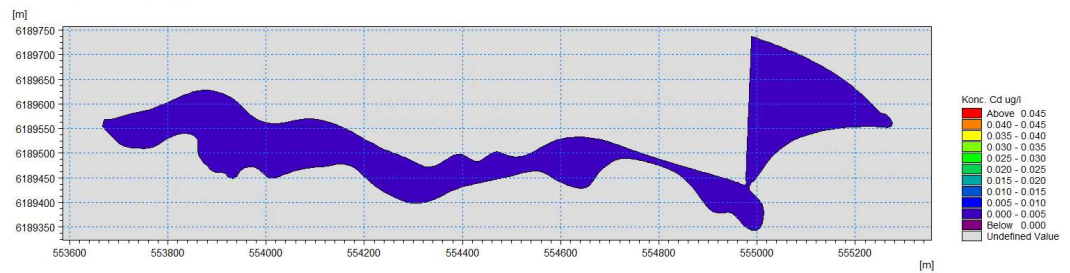
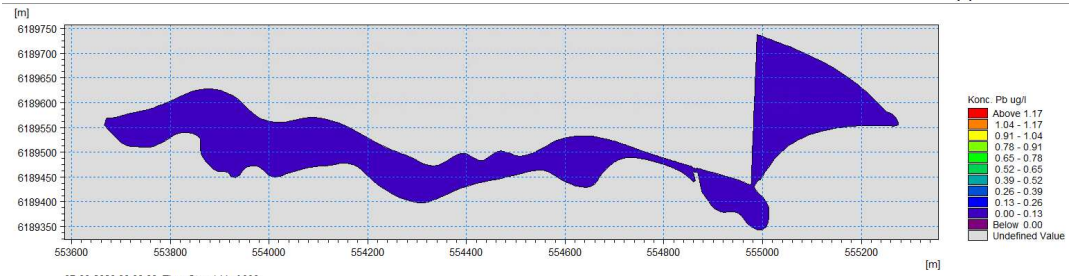
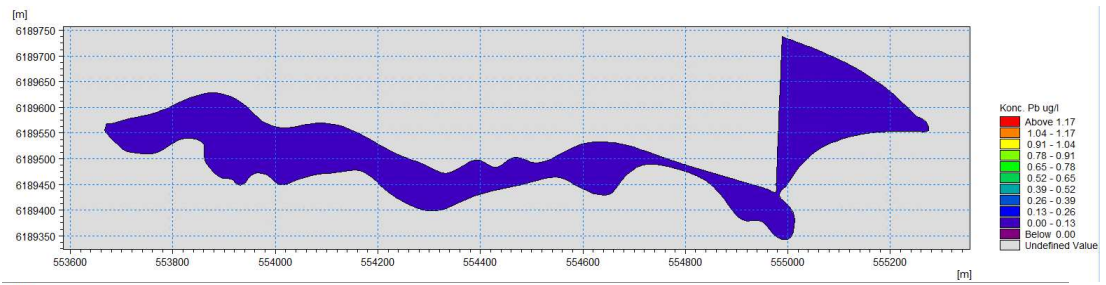
4.1 Fortynding af perkolat

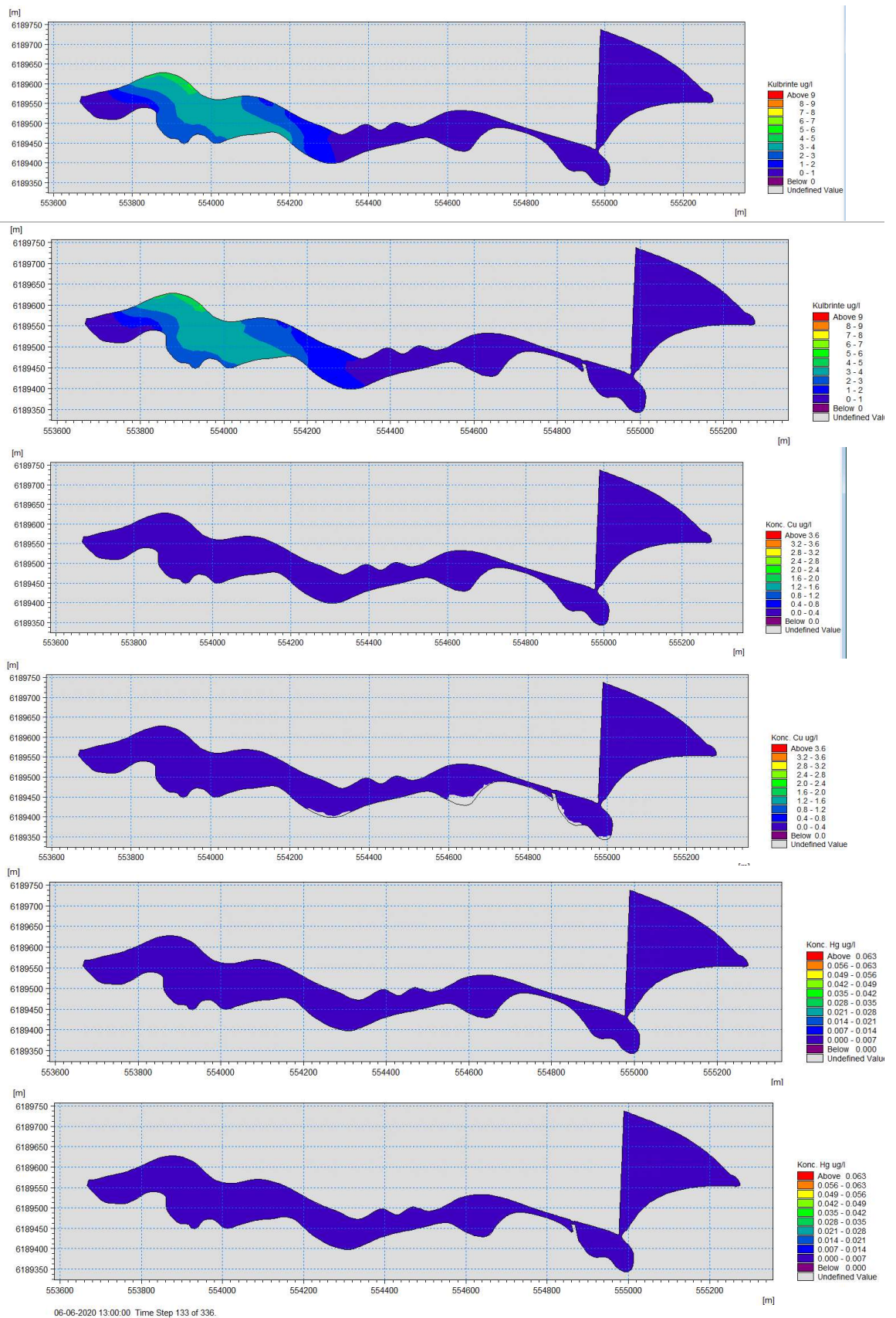
Fortyndingsforholdene med og uden dæmning er belyst for linje-udslippet fra Horsens Deponerings anlæg. Linje-udslippet er repræsenteret ved at tilsætte 8 forskellige punkt tracer kilder langs den sydlige side. Kildestyrken fra de enkelte kildefunktioner er sat til 1/8 af den beregnede vandføring fra deponeringsanlægget på 0.0012 m³/s, svarende til 0.00015 m³/s. Til koncentrationerne af udslippet benyttes middelmålingerne fra monitoreringskampagner i perioden 2014-2018 dækkende det øverste filterlag, se Tabel 3, række "Gennemsnit".

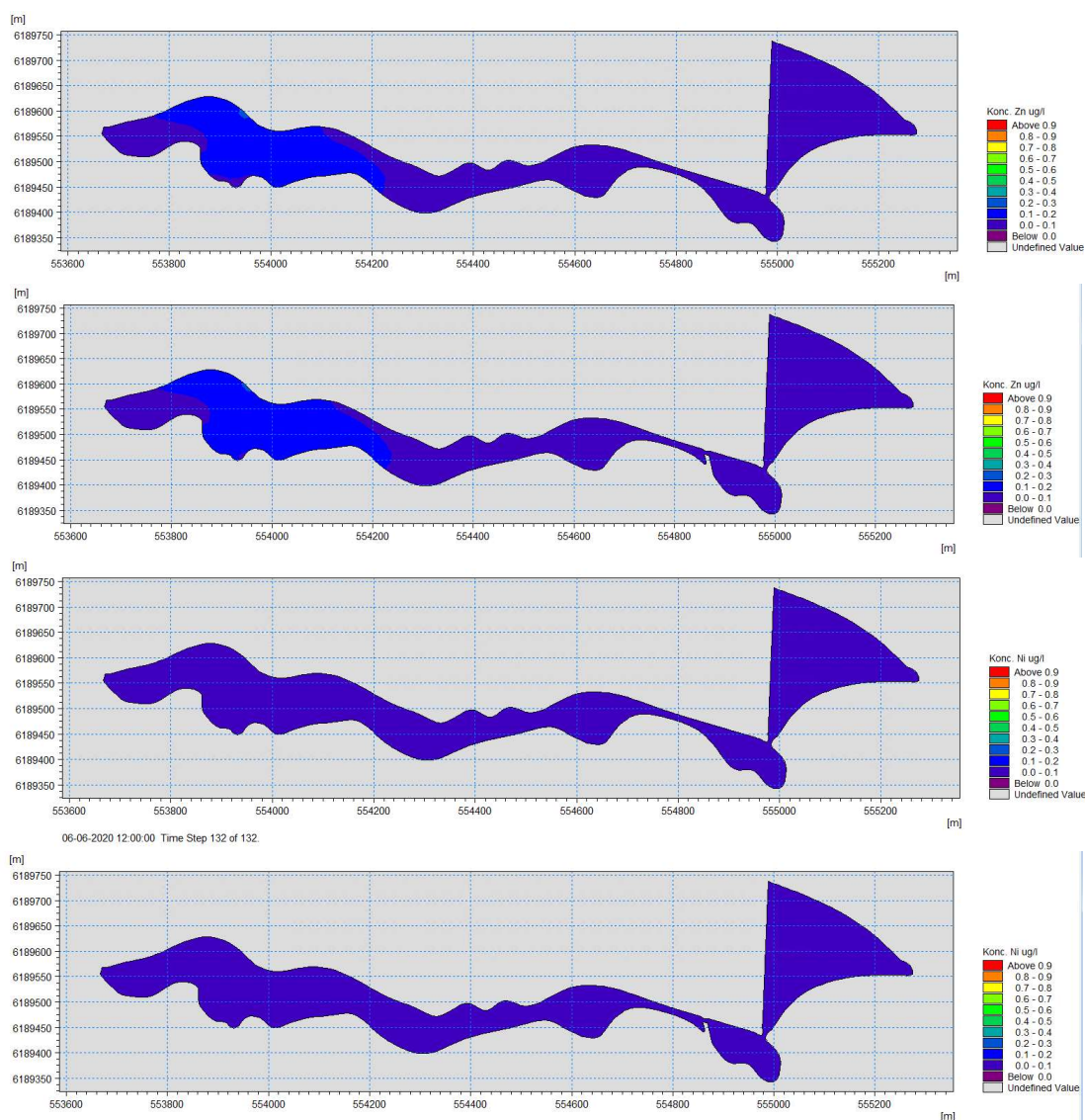
Tabel 3 – Oversigt over indhold af forureningsparametre i øverste filter (perkolat og evt. Indtrængende vand/grundvand) i monitoringsboringer. Data fra filtrerede prøver i µg/l. Tal angivet er højeste målte indhold i monitoringsperiode 2016-2018 (nye boringer udført i 2016) eller 2014-2018 (tidligere udførte boringer). Minimumskoncentrationer på "<X" er blevet sat konservativt til "X" før beregning af den gennemsnitlige koncentration. Rød skrift markerer overskridelse af det generelle miljøkvalitetskrav for andet overfladevand uden hensyntagen til baggrundsniveau. Gennemsnitlige koncentrationer er angivet med fed og benyttet til fortyndingsmodelleringen

Kontrolsystem	Bly [µg/l]	Cadmium [µg/l]	Krom [µg/l]	Kobber [µg/l]	Kviksølv [µg/l]	Nikkel [µg/l]	Zink [µg/l]	Kulbrinte [µg/l]
2	0.5	0.05	1.4	2	0.1	1	1	67
4	0.5	0.05	0.5	2	0.1	2.5	5	31
9	0.9	0.05	2.6	27	0.1	3.5	31	440
70	0.5	0.05	0.5	4	0.1	2.3	17	51
71	0.5	0.05	1.2	1	0.1	1.5	5.5	120
72	0.5	0.05	1.8	1	0.1	5	19	690
73	0.5	0.05	6.7	1	0.1	5	5	520
Gennemsnit	0.56	0.05	2.10	5.43	0.10	2.97	11.93	274.14
Generelt Miljøkrav 21 og 22	1.3	0.2	3.4	1+baggrund	0.07	8.6	7.8+baggrund	intet kriterie
Generelt kvalitetskrav*10 svarende til en fortynding på 10 gange	13	2	34	10+baggrund	0.7	86	78+baggrund	intet kriterie
Grænseværdi jf. Revideret miljøgodkendelse	56	25	10	29	3	83	860	50

Figur 9 viser koncentration af de forskellige tungmetaller samt kulbrinter i Horsens Fjord ved udløbet af Dagnæs Bæk efter 6 døgns udsivning. Resultaterne er vist parvis med den nuværende situation øverst og fremtidig situation med dæmning nederst. De enkelte metaller og kulbrinter fremgår af signaturforklaringerne.







Figur 9 Koncentration i Horsens Fjord ved udløbet af Dagnæs Bæk af tungmetaller fra udsivning med dæmning og åbne sluse.

På trods af den ringere fortynding er der ikke overskridelser af de generelle miljøkvalitetskrav for de undersøgte stoffer, hvilket skyldes at perkolatudsivningen er meget lille.

Med hensyn til opholdstid i Dagnæs Bæk for stoffer udledt f.eks. efter et regnskyl henvises til notatet om flow og fortynding i Bygholm Å.

5. Referencer

- /1/ DHI 2019: MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM
https://www.mikepoweredbydhi.com/-/media/shared%20content/mike%20by%20dhi/flyers%20and%20pdf/product-documentation/short%20descriptions/mike213_fm_hd_short_description.pdf
- /2/ DHI 2019: MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM, transport module
https://www.mikepoweredbydhi.com/-/media/shared%20content/mike%20by%20dhi/flyers%20and%20pdf/product-documentation/short%20descriptions/mike213_fm_tr_short_description.pdf
- /3/ Orbicon | WSP 2020: Miljøkonsekvensrapport Ringvej Syd, etape 2 og 3. Rapport til Horsens Kommune udarbejdet af Flemming Berg m.fl. dateret 5-03-2020.
- /4/ Orbicon 2019 C2C CC – C14 Sikring af Horsens By imod oversvømmelse, Notat til Horsens Kommune udarbejdet af Morten E. Larsen Orbicon dateret 24-1-2019