

SEPTEMBER 2021
AARHUS HAVN

ADRESSE COWI A/S
Parallevej 2
2800 Kongens Lyngby

TLF +45 56 40 00 00
FAX +45 56 40 99 99
WWW cowi.dk

BILAG 12

UDVIDELSE AF AARHUS HAVN - YDERHAVNEN

VURDERING AF VANDKVALITET PGA. EKSISTERENDE UDLØBSLEDNING

PROJEKTNR.	DOKUMENTNR.				
A104076	A104076-PD-064				
VERSION	UDGIVELSESDATO	BESKRIVELSE	UDARBEJDET	KONTROLLERET	GODKENDT
2.0	17.09.2021	Teknisk notat	CRJ	ERP	THGI



INDHOLD

1	Indledning og formål	3
2	Metode	3
3	Resulterende BOD koncentration i havnebassinet	5
4	Biologisk vurdering	8
5	Referencer	8

1 Indledning og formål

Inden en ny havledning fra det nye Marselisborg rensningsanlæg er etableret, vil spildevand blive udledt gennem den eksisterende havledning, som vil have sit udledningspunkt i det planlagte nye havnebassin, se Figur 1-1.



Figur 1-1 Beliggenhed af eksisterende havledning (NIRAS, 2021), inden etablering af det nye havnebassin

Dette notat vurderer effekten af udledningen af spildevandet på iltforholdene i det nye havnebassin i den periode, hvor havnemolen er etableret og udledning fra renselanlægget stadig foregår gennem den eksisterende havledning med udledning i det nye havnebassin.

2 Metode

Vurderingen er baseret på:

- 1 Geometrien af det nye havnebassin.
- 2 Modelleret vandskifte i bassinet og den deraf følgende opholdstid (modelleringen er gennemført i (NIRAS, 2021)).
- 3 Specifikationer af spildevandsudledningen i 2019 (Aarhus Vand A/S, pers.com). Det antages, at målingerne fra foråret 2019 kan anvendes som repræsentative data for den undersøgte situation:

Vandføring Q_0 : 11.071.530 m³/år \approx 0,35 m³/s.

BOD tilførsel: 21.858 kgO₂/år \approx 0,69 g O₂/s.

BOD koncentrationen C_0 i udledningen: 2,0 mg O₂/l.

Den gængse metode til vurdering af iltforhold i et delvist aflukket havområde er, at opholdstiden skal være under ca. 5-7 dage. I (PIANC, 2008) vurderes det, at vandskiftet er god ved en opholdstid under 4 dage, vandskiftet er rimeligt ved en opholdstid mellem 4 og 10 dage og ved en opholdstid over 10 dage forventes et dårligt vandskifte.

Ovennævnte tidsskalaer for mindste opholdstider gælder for havvand generelt, dvs. uden yderligere tillægning af iltforbrugende stoffer. Tillægning af yderligere

iltforbrugende stoffer vil forværre forholdene tilsvarende. I situationen for Aarhus havnebassin, hvor der udledes spildevand i bassinet, skal denne tilladning derfor tages i betragtning, når iltforholdene i bassinet skal vurderes.

Ved tilladning af yderligere iltforbrugende stoffer skal den krævede opholdstid reduceres svarende til den forhøjede koncentration af iltforbrugende stoffer. Det antages, at højere koncentrationer af iltforbrugende stoffer kræver kortere opholdstider for stadig at beholde den samme iltkoncentration. Den mest simple form for en sådan relation er den omvendte proportionalitet. På baggrund af kendt BOD og opholdstid i et vandområde kan ændringen af iltkoncentrationen beregnes for ændrede tilførsler af BOD. Der gøres opmærksom på, at denne simple relation kun anvendes ved relativt små ændringer af BOD-tilførsler.

Ved opslag i litteraturen findes, at BOD for mellembelastede vandløb ligger mellem 2 og 8 mgO₂/l (Likens, 2009). En værdi for Middelhavet på mellem 0,2 og 2,9 mg O₂/l anses for en nedre grænse for BOD (Faragallah, H.H., et.al., 2009). Det antages, at en værdi på 5 mg O₂/l kan anvendes for Aarhus Bugt. Variabilitetsintervallet skønnes at være mellem 2 og 8 mg O₂/l.

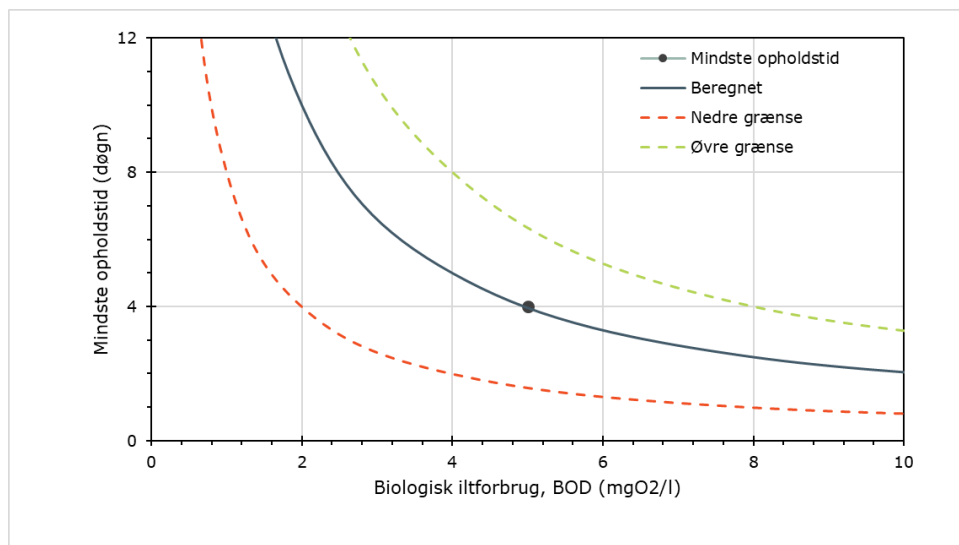
En illustration af princippet om omvendt proportionalitet mellem mindste opholdstid og koncentration af BOD er givet i Figur 2-1. Hvis den krævede opholdstid T på 4 dage opnås ved en BOD koncentration i vandområdet på 5 mgO₂/l, vil princippet om omvendt proportionalitet give følgende sammenhæng

$$T \cdot BOD = 4 \cdot 5 = 20 \left(d\ddot{o}gn \cdot \frac{mgO_2}{l} \right)$$

$$T = 20 \cdot \frac{1}{BOD} \text{ (d\ddot{o}gn)}$$

Dermed findes en faktor for produktet af opholdstid og BOD koncentration for det centrale estimat af BOD i havnebassinet. Sammenhængen mellem det centrale estimat for BOD og opholdstid er beregnet og vist som tyk, sort linje i Figur 2-1.

Hvis det nedre BOD estimat på 2 mgO₂/l anvendes, findes en faktor på 8 (rød linje i Figur 2-1). Tilsvarende vil der ved en øvre værdi for BOD på 8 mgO₂/l findes en faktor på 32 (grøn linje i Figur 2-1).

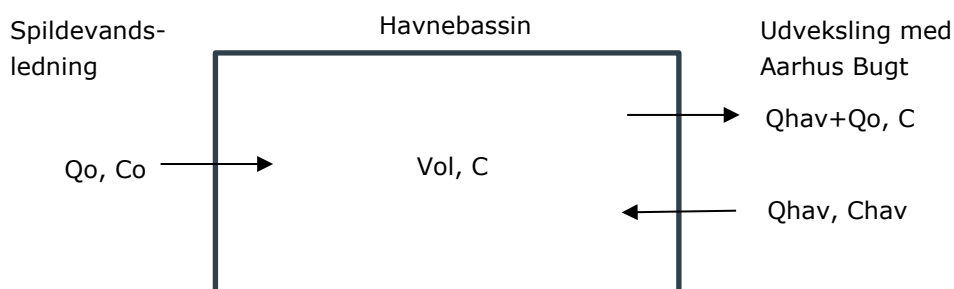


Figur 2-1 Illustration af sammenhængen mellem BOD koncentration og mindste opholdstid for upåvirkede miljøforhold. De stiplede linjer angiver det forventede variationsinterval.

Ovenstående figur illustrerer det forventede udfaldsrum for sammenhængen mellem BOD niveau og nødvendig opholdstid for at opnå acceptabel vandkvalitet iht. retningslinjer fra (PIANC, 2008).

3 Resulterende BOD koncentration i havnebassinet

Den resulterende BOD koncentration i havnebassinet beregnes ved anvendelse af ligningen for massebevarelse, se skitse i Figur 3-1. Det antages, at volumen i havnebassinet over flere dage ikke ændres væsentligt. Det betyder, at den vandmængde, der strømmer ind, også strømmer ud.



Figur 3-1 Skitse for massebevarelse i havnebassinet.

Det ses af ovenstående simple massebevarelsesprincip, at koncentrationen C og dermed massen i havnebassinet er lig med den masse, der tilføres fra spildevandet med en vandføring Q_o og en koncentration C_o og den masse, der tilføres fra havet med en vandføring Q_{hav} og en koncentration C_{hav} .

Således kan koncentrationen C beregnes på baggrund af kontinuitetsligningen:

$$Ind = Ud$$

$$Q_0 \cdot C_0 + Q_{hav} \cdot C_{hav} = (Q_{hav} + Q_0) \cdot C$$

$$C = \frac{Q_0 \cdot C_0 + Q_{hav} \cdot C_{hav}}{Q_{hav} + Q_0}$$

$$\frac{C_{hav}}{C} = \frac{Q_{hav} + Q_0}{Q_0 \cdot \frac{C_0}{C_{hav}} + Q_{hav}}$$

Derudover findes fra relationen om den omvendte proportionalitet at:

$$C_{hav} \cdot T_{hav} = C \cdot T'$$

$$T' = \frac{C_{hav}}{C} \cdot T_{hav}$$

hvor T_{hav} er opholdstiden på 4 dage ved en koncentration C_{hav} på 5 mg O_2/l .

Ved at kombinere de to ligninger findes et udtryk fra den modificerede mindste opholdstid T' :

$$T' = \frac{Q_{hav} + Q_0}{Q_0 \cdot \frac{C_0}{C_{hav}} + Q_{hav}} \cdot T_{hav}$$

Vandudskiftningsvandføringen Q_{hav} bestemmes indirekte over den modellerede opholdstid $T_{37\%}$ (NIRAS, 2021) på 6,4 dage, som svarer til at 63 % af vandet i bassinet er udskiftet med vand fra Aarhus Bugt.

$$Q_{hav} = Vol / T_{hav}$$

Ved indsættelse findes derefter:

$$T' = \frac{Vol / T_{hav} + Q_0}{Q_0 \cdot \frac{C_0}{C_{hav}} + Vol / T_{hav}} \cdot T_{hav}$$

Der kan nu indsættes følgende kendte værdier:

$$Vol := 1,5 \text{ km}^2 \cdot 14\text{m} = 21 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$Q_0 := 0,35 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C_{hav} := 5 \text{ mgO}_2/\text{l}$$

$$C_0 := 2,0 \text{ mgO}_2/\text{l}$$

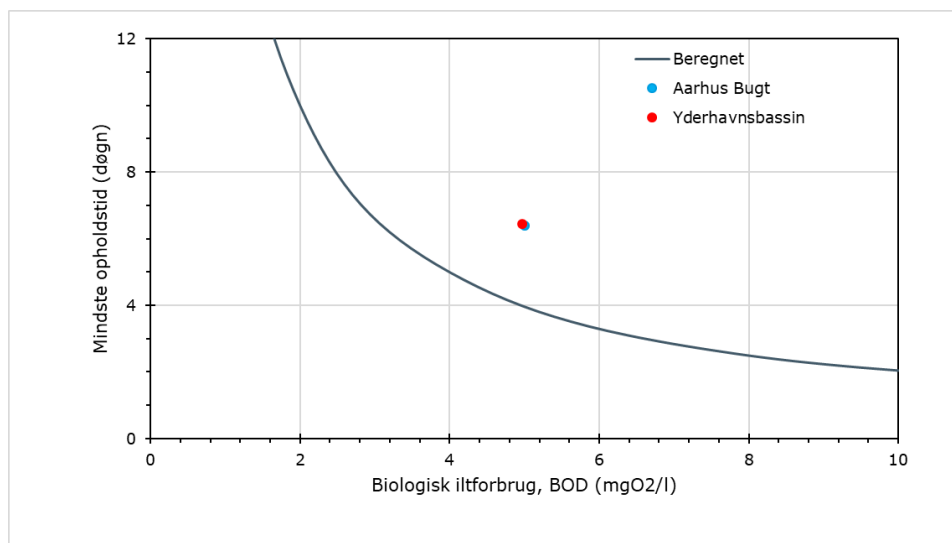
$$T_{hav} := 6,4 \text{ dage}$$

Der findes en modificeret mindste opholdstid T' på:

$$T' = 6,44 \text{ dage}$$

Det ses, at tilførslen af vand med et lavere BOD indhold end det i havvand, vil give en lidt større mindste opholdstid. Ændringen på 0,04 ud af 6,4 er dog så lille, at den må anses for at være uden praktisk betydning.

Forholdene for Aarhus Yderbassinet er illustreret i Figur 3-2.

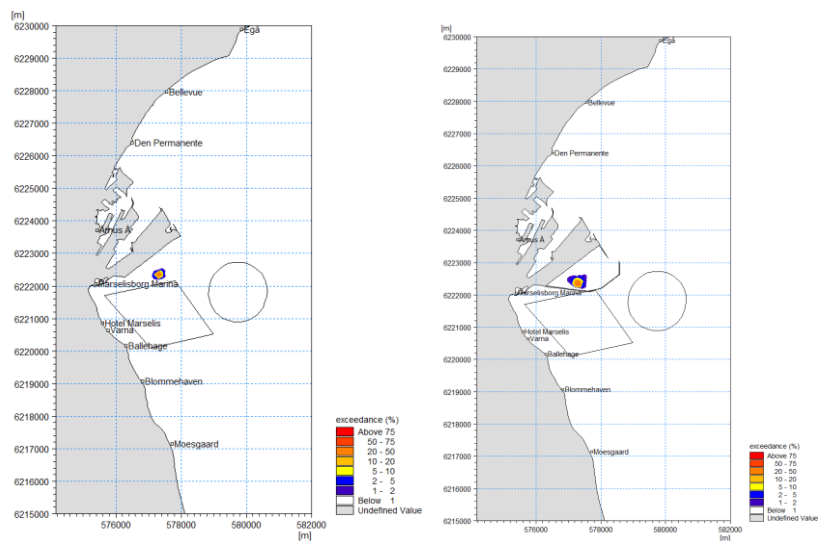


Figur 3-2 Illustration af forholdene for Aarhus Bugt og Yderhavnsbassin med tillægning af rensede spildevand (de to punkter) sammenlignet med det beregnede kriterie for upåvirkede miljøforhold (linjen).

Det ses, at den beregnede opholdstid ligger pænt på den øvre og dermed på den sikre side af den beregnede grænse for "upåvirkede miljøforhold". Beregningerne viser dermed, at udledning fra renseanlæggets eksisterende havledning til det fremtidige havnebassin ikke vil ændre betydende på forholdet mellem BOD koncentration i bassinet og den nødvendige opholdstid for acceptabel vandkvalitet.

Det understreges, at denne tidsskala gælder for havnebassinets som helhed, dvs. at der kan forekomme områder (hjørner) i bassinet, hvor effekten på den mindste opholdstid kan afvige fra den angivne gennemsnitlige værdi.

I (NIARS, 2021) er fordelingen af e. coli bakterier modelleret i forskellige scenarier, så som regnvejr/tørvejr samt forholdene i 2020 versus 2030. I disse situationer er den hydrauliske opholdstid stadig den samme, men belastningen ændres. Ændringerne på såvel de maksimale bakteriekoncentrationer samt på overskridelseshyppigheden af badevandskriteriet indikerer at ændringerne mellem regn versus tørvejr og mellem forhold i 2020 versus 2030 er betydelig mindre end selve udgangsbelastningen. At overføre disse konklusioner fra bakterier til iltforhold er ikke ligefrem og proportional, men resultaterne for de detaljerede modelleringer for bakteriekoncentration peger ikke mod at vandkvaliteten under regn eller i år 2030 vil forværres signifikant.



Figur 3-3 Overskridelsessandsynlighed i procent af tiden, hvor badevandskriteriet er overskredet.
 Venstre panel: 2020, tørvejr, ingen mole
 Højre panel: 2030, regn, mole
 (NIRAS, 2021)

4 Biologisk vurdering

Det vurderes derfor, at midlertidig udledning af rensset spildevand i et nyt yderhavnsbassin ikke vil øge risikoen for iltsvind.

5 Referencer

NIRAS, 2021: Undersøgelse af E. Coli for placering af eksisterende udløb i Yderhavnsbassinet. For COWI. 15. september 2021, revision 0.

Faragallah, H.H., et.al., 2009: "Physico-chemical characteristics of the open Mediterranean sea water far about 60km from Damietta harbor, EGYPT", Journal of Ecology and The Nature Environment Vol. 1(5), pp. 106-119, August 2009, http://www.academicjournals.org/app/webroot/article/article1379517303_Faragallah%20et%20al.pdf

Likens, G.E., 2009: "Encyclopedia of inland waters, Reference Work 2009", Academic Press.

PIANC, 2008: Protecting water quality in marinas. Report no 28-2008

Bilag A Niras rapport vedr. Undersøgelse af E. Coli for
placering af eksisterende udløb i Yderhavnsbassinet

Helhedsplan Tangkrogen

Undersøgelse af E. Coli for pla-
cering af eksisterende udløb i
Yderhavnsbassinet

COWI

15. SEPTEMBER 2021

Indhold

Projekt ID:
Dokument ID:
XTAXEUDNY4W-75177900-785
Ændret: 15-09-2021 14:20
Revision 0

1	Indledning	3
2	Databeskrivelse	4
2.1	Bathymetriske data	4
2.2	Vandstand	4
2.3	Vind	4
2.4	Hygiejniske data	5
2.5	Udløbsmængder i bugtrør	6
3	Metode	8
4	Validering	10
5	Vandskifter i havnebassinet	11
6	Hygiejniske forhold omkring udløb i havnebassinet	15
6.1	Maksimal koncentration	16
6.1.1	Tørvej	16
6.1.2	Regnvej	20
6.2	Overskridelseshyppighed af badevandskriterie	24
6.2.1	Tørvej	24
6.2.2	Regnvej	28

Udarbejdet af ssc
Kontrolleret af kibu
Godkendt af olrk

1 Indledning

Nærværende rapport tager udgangspunkt i data og rapporter, der er udarbejdet i forbindelse med miljøvurdering af Helhedsplan Tangkrogen. Den hydrodynamiske del af dette projekt omfatter vurderinger af følgende:

1. Indvirkning på vandskifte i Marselisborg Lystbådehavn
2. Indvirkning på sedimentation foran lystbådehavnen
3. Indvirkning på sedimentation i Tangkrogen
4. Indvirkning på tang i lystbådehavnen
5. Indvirkning på tang i Tangkrogen
6. Indvirkning på kystens dynamik syd for Tangkrogen
7. Indvirkning på vandkvalitet foran lystbådehavnen som følge af etablering af en ny udløbsledning
8. Indvirkning af spild som følge af etablering af en ny udløbsledning

Derudover er der følgende input i forbindelse med forarbejde i form af:

9. Indledende vurderinger om udformning af Marselisborg Lystbådehavn
10. Indledende design parametre

Som en del af miljøkonsekvensvurderingen af Helhedsplan Tangkrogen skal der udvælges en position for et nyt udløb fra Aarhus ReWater i form af en ny udløbsledning. Nærværende rapport dækker dog det scenarie, hvor det eksisterende udløb bevares således, at udløbet kommer til at ligge indenfor en evt. udbygning af Aarhus Havn i form af Yderhavnen. I rapporten regnes dels på spredningen af E. Coli for det eksisterende udløb dels på det generelle vandskifte indenfor de dækkende værker af Yderhavnen.

Der refereres i det følgende til "Eksisterende forhold" og "Fremtidige forhold". "*Eksisterende forhold*" beskriver forholdene med eksisterende dybdeforhold anno 2019-2020, samt med den eksisterende placering af udløbsledningen "bugtrøret" og nuværende udløbsmængder jf. afsnit 2.5.

Fremtidige forhold beskriver en midlertidig fremtidige situation inden en ny udløbsledning etableres, men hvor Aarhus Havn har gennemført første fase af den planlagte havneudvidelse, som består i at etablere nye dækværker. Dybdeforhold, udløbsmængder m.m. forventes at være svarende til eksisterende forhold"

2 Databeskrivelse

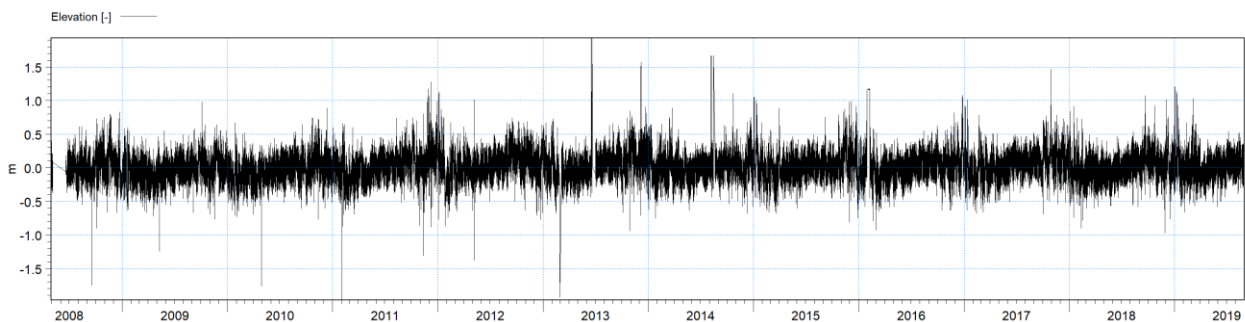
2.1 Bathymetriske data

De bathymetriske data omfatter data fra følgende kilder:

- Digitaliserede søkort (C-map) /1/
- Surveydata fra sensor surveys målinger i lystbådehavnen i 2018 /2/
- Survey data fra NIRAS målinger i, og omkring Tangkrogen i 2019 /3//4/
- Survey data fra COWI's geologiske survey. /5/

2.2 Vandstand

Vandstanden i Aarhus Bugt er styret af tidevand samt vind. Projektet har data indsamlet af Aarhus Havn dækkende perioden 2008 –2018. Data fremgår af Figur 2.1.

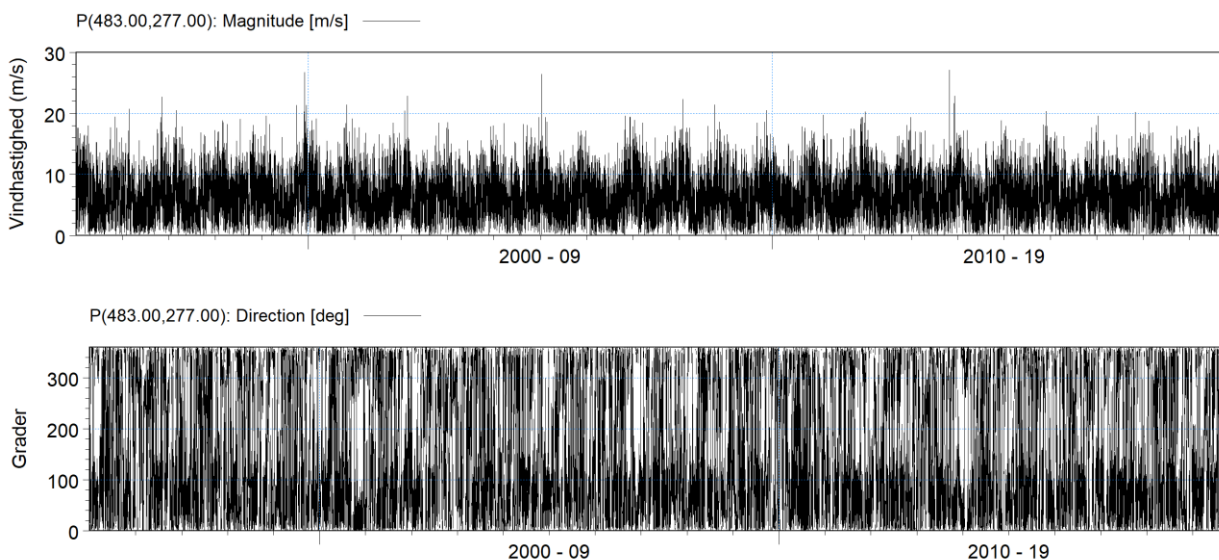


Figur 2.1. Vandstand målt i Aarhus Havn i perioden 2008 til 2018

NIRAS er endvidere i besiddelse af Vandstandsdata fra COWI's regionale model dækkende området.

2.3 Vind

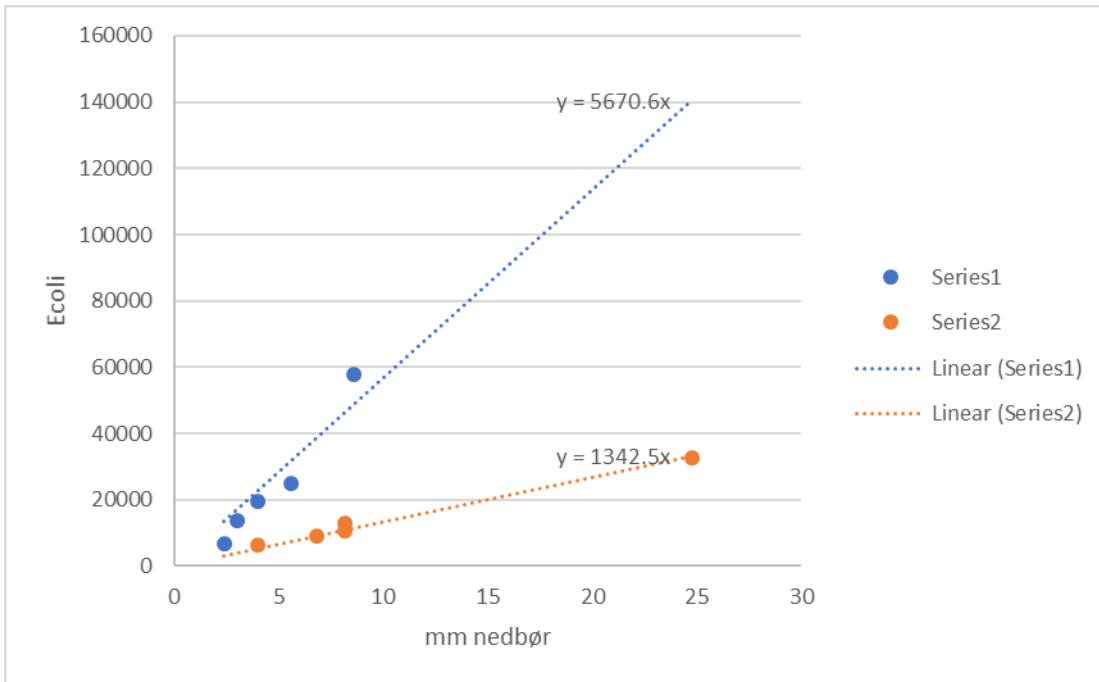
Den anvendte Cosmo vind, fra Deutsche Wetterdienst i Berlin, fremgår af Figur 2.2.



Figur 2.2. Cosmo vind dækkende perioden 1979 til 2019

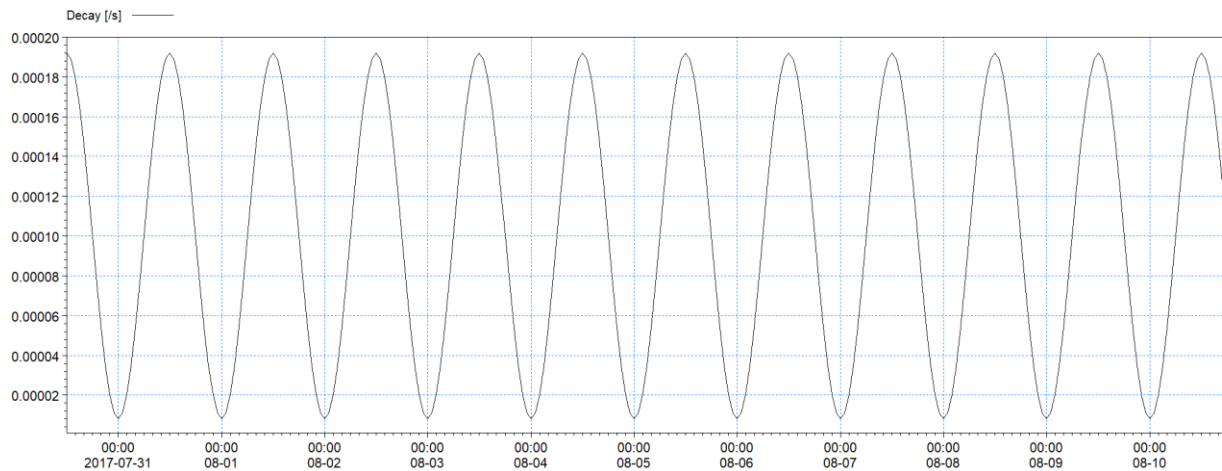
2.4 Hygiejniske data

Der er gennemført en serie målinger i udløbet fra Marselisborg Renseanlæg. Disse er fremgået af Figur 2.3. Det ses, at der tilsyneladende er ret tydelige sammenhænge imellem regnvejrshændelser og mængden af nedbør. Der er imidlertid to populationer hvoraf den højeste, ifølge Aarhus Vand, skyldes, at jorden i dette tilfælde er mættet som følge af meget store nedbørsmængder over lang tid, hvorfor vandets strømmer en mere direkte vej i kloakken, hvilket giver nogle højere koncentrationer end under mere normale forhold. Da dette er en special situation, anses den lave population som normal situationen.



Figur 2.3. Målinger af E. Coli i udløbet fra Marselisborg Renseanlæg

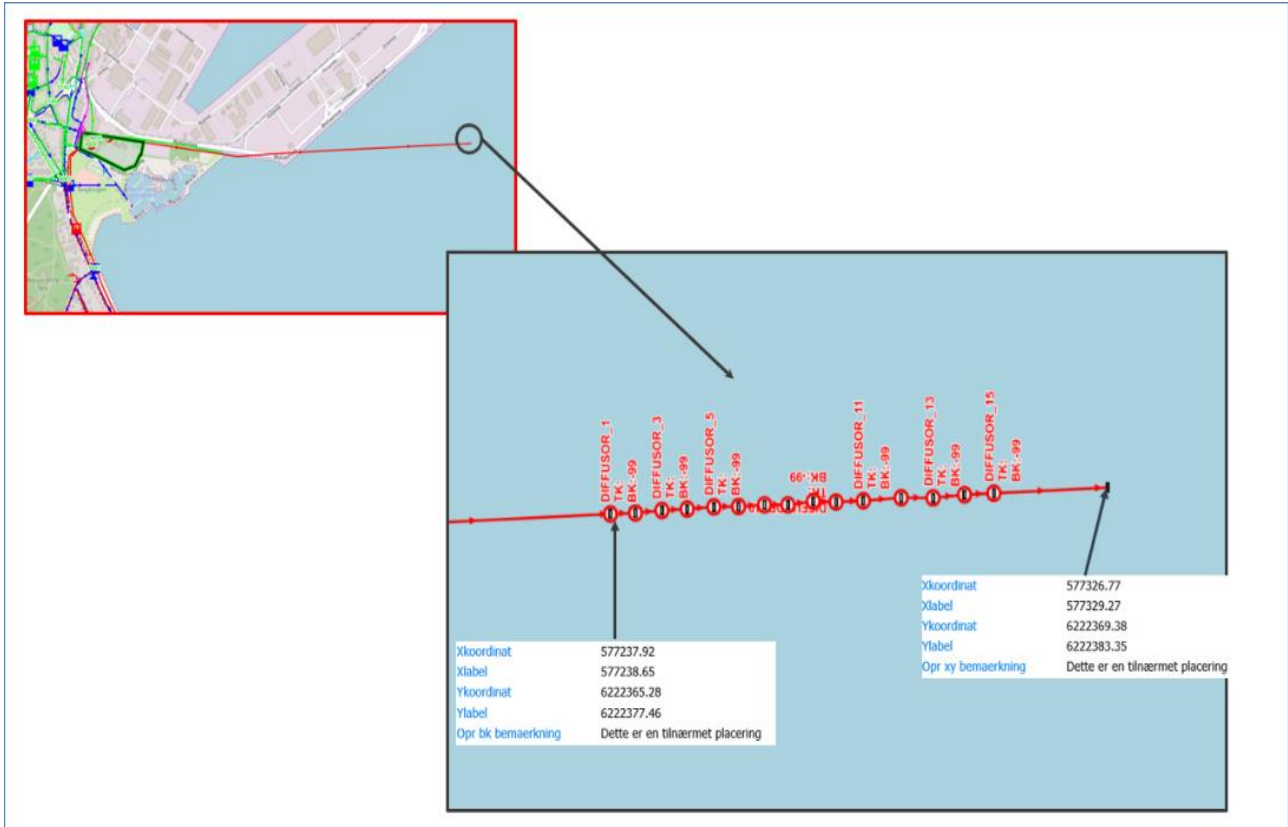
I forbindelse med beregningerne anvendes et henfald af E. Coli (T_{50}) på ca. 1 time om dagen og 20 timer om natten (se Figur 2.4).



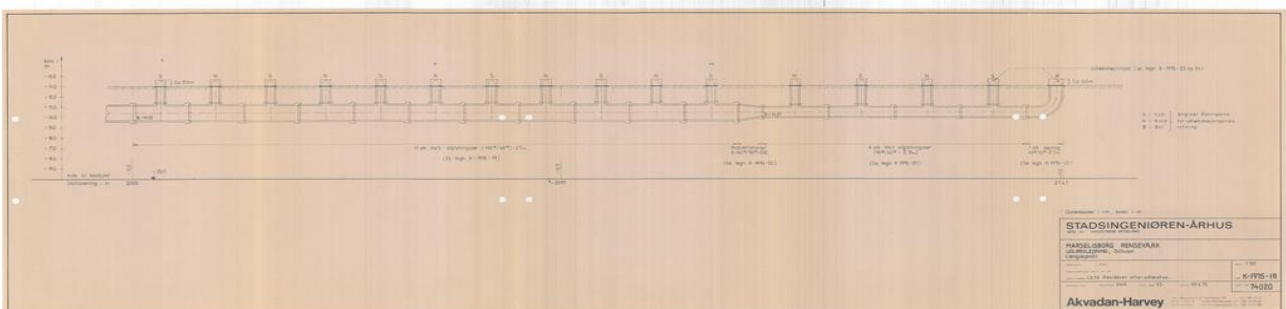
Figur 2.4. Decay coefficient for E. Coli.

2.5 Udløbsmængder i de eksisterende bugtrør

Selve udløbsbygværket er vist i Figur 2.5. Og udformningen af bygværket er vist i Figur 2.6. Som det ses er der tale om en diffusor med 15 porte. Dette er inkluderet i modellen.

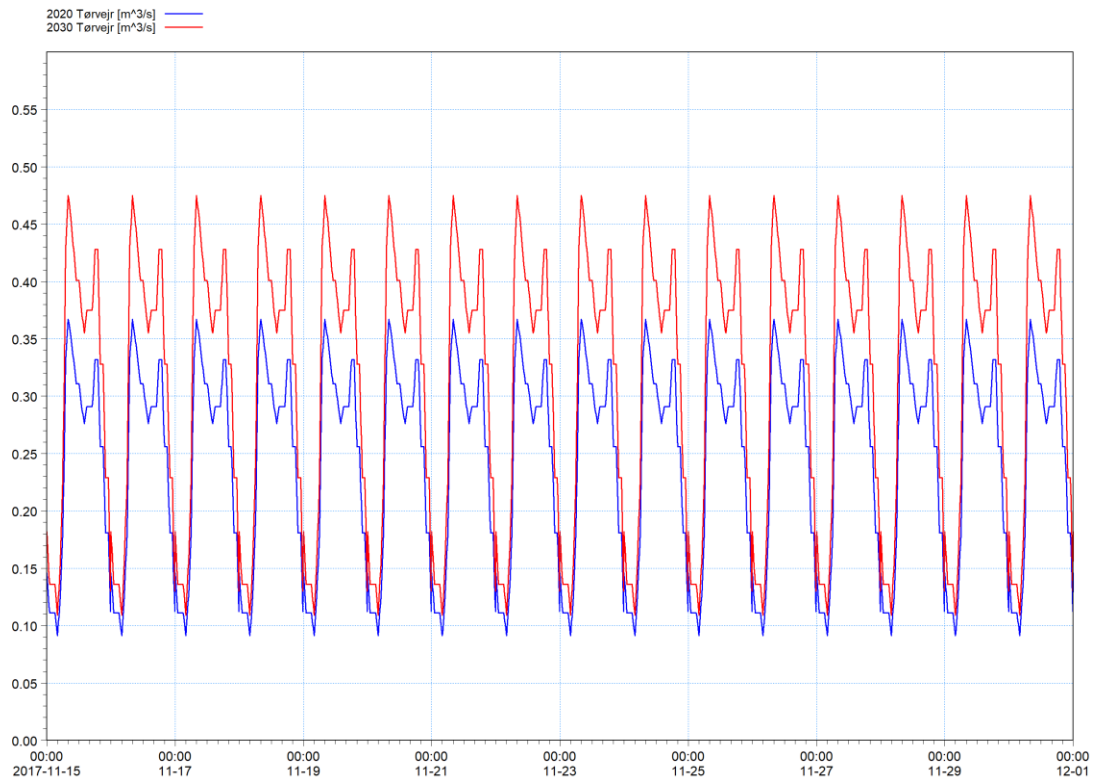


Figur 2.5 Eksisterende forhold - udløbsbygværk

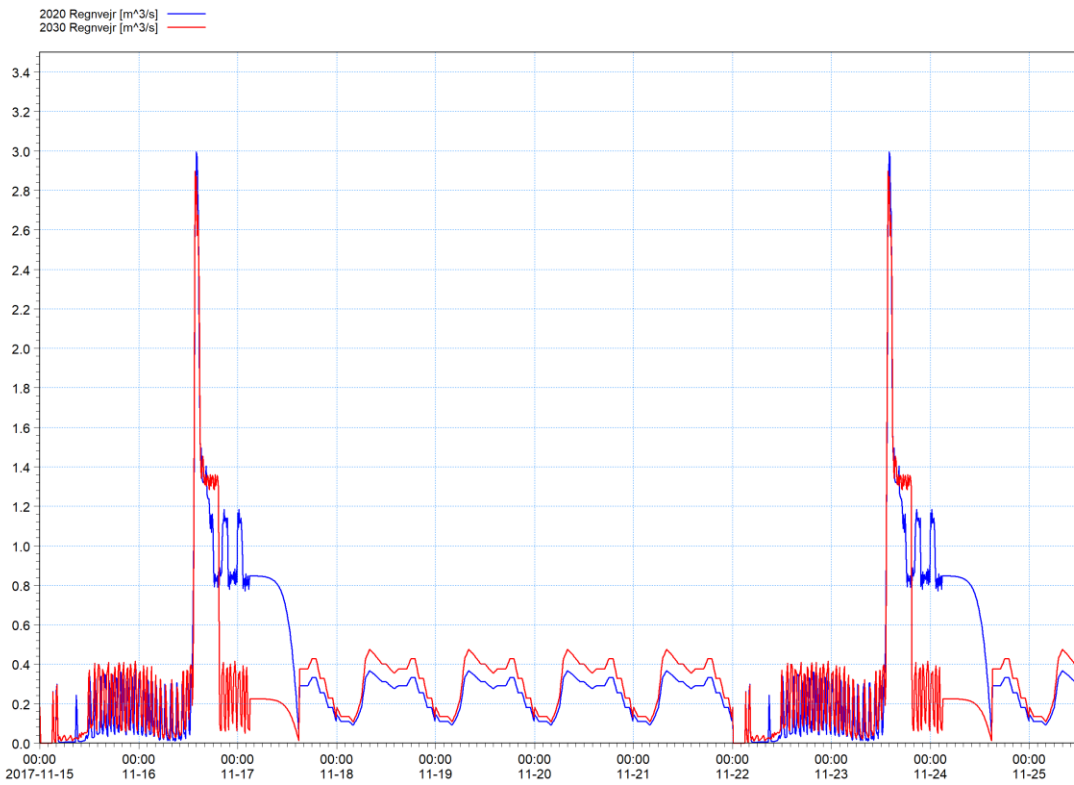


Figur 2.6 Eksisterende forhold - udløbskonstruktion

Udløbsmængderne fra bugtrøret er vist i Figur 2.7 og Figur 2.8. Der udløbsmængderne fra bugtrøret er simuleret til to tidspunkter (2020- Eksisterende forhold og 2030 - Fremtidige forhold) med to scenarier, tørvejr og regnvejr.



Figur 2.7: 2020 og 2030 Bugtrør udløb i tørvejr



Figur 2.8: 2020 og 2030 Bugtrør udløb i regnvejr

3 Metode

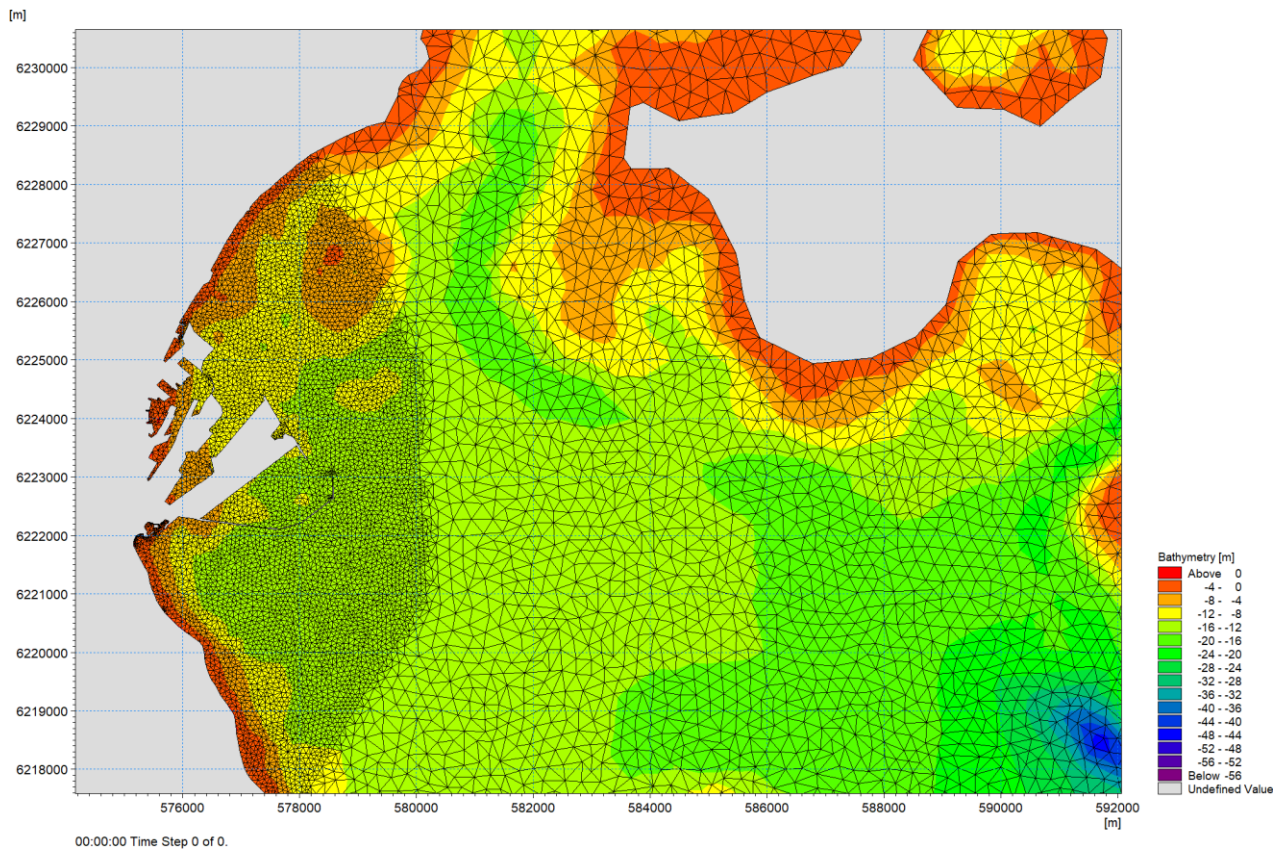
NIRAS har opstillet en avanceret 3D-model af Aarhus Bugt baseret på COWI's 3D-model af samme område. COWI's model er opstillet med det formål at simulere strøm, bølger og vandstand rundt om Aarhus havn. NIRAS' model er optimeret til at simulere strøm, bølger, vandstand og badevand rundt om Marselisborg Lystbådehavn og i området nord for Aarhus havn.

Modellen er en 3D-model baseret på DHI's model system Mike3FM. Modellen medtager effekter af:

- Tidevand
- Vind
- Tryk
- Lagdeling
- Turbulens
- Nedbør
- Udløb
- Densitet, salt og temperatur

Modellen er baseret på et fleksibelt net, som gør det muligt at have en fin opløsning hvor det er nødvendigt og en grovere opløsning længere væk. Dette ses i Figur 3.1. Randbetingelserne er taget fra COWI's model /1/ i form af salt, temperatur, strøm og vandstand. Strøm og vandstand påføres som flather rande.

Vinden er taget fra Cosmo /2/, som er et produkt fra Deutsche Wetterdienst i Bonn. Det har en spatial opløsning på 2.8 km og en tidlig opløsning på 3 timer. Der er ikke medtaget nedbør, da dette vurderes at være uden betydning for denne applikation.



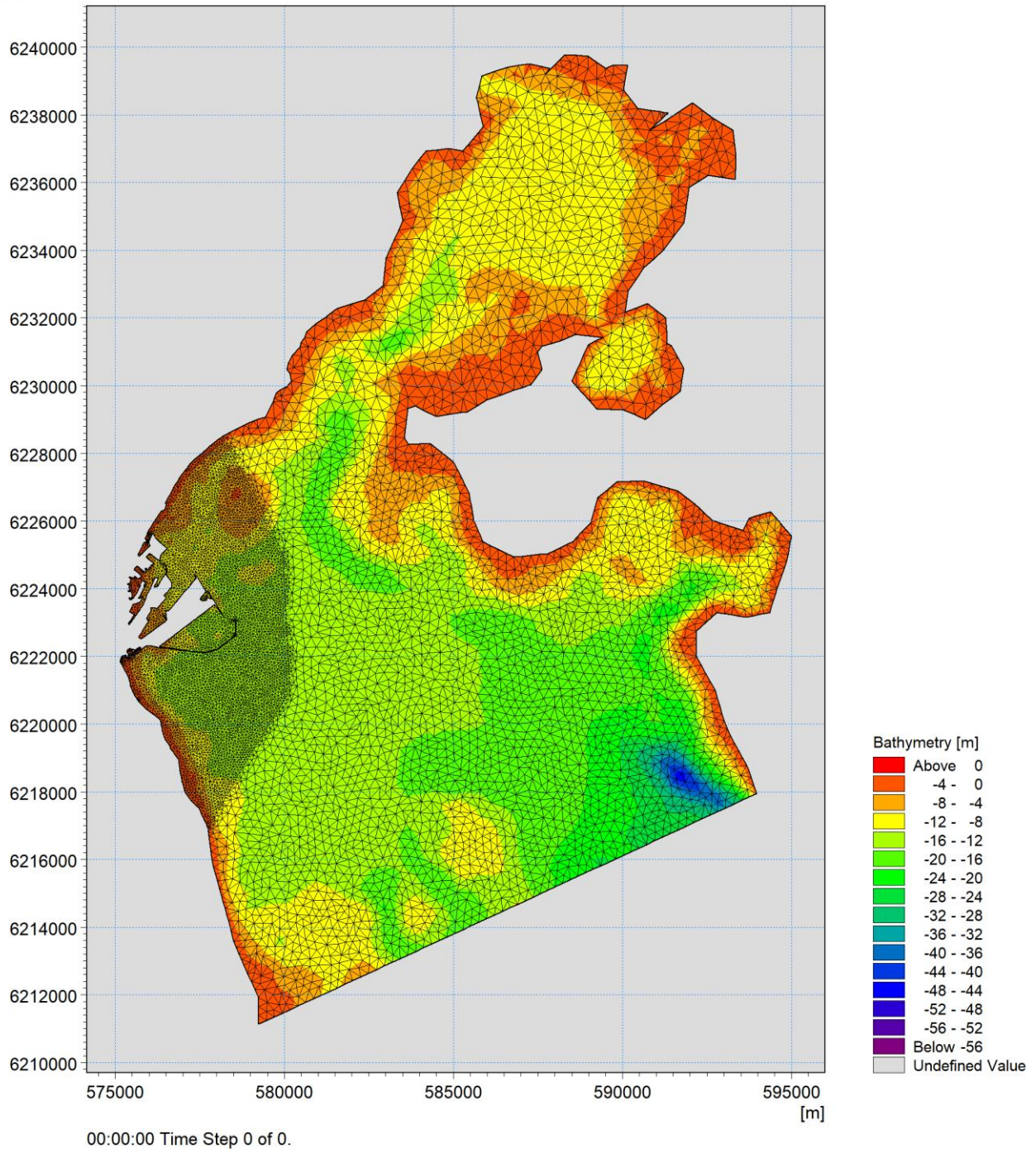
Figur 3.1. Eksempel på fleksibelt net med trekanter dækkende Aarhus Bugt for fremtidige forhold.

Bathymetrien er baseret C-map /3/ og fra NIRAS's egne målinger /4/ og /5/. På grundlag af dette er der udarbejdet 2 bathymetrier, som danner grundlag for alle simuleringer. Disse er:

- Eksisterende forhold uden havneudvidelse
- Fremtidige forhold med havneudvidelse

I det følgende anvendes kun bathymetrien for de fremtidige forhold med havneudvidelse. Bathymetrien og modeludstrækningen for fremtidige forhold med havneudvidelse fremgår af Figur 3.2

[m]



Figur 3.2. Bathymetri og modeludstrækning dækkende fremtidige forhold med havneudvidelse.

På basis af de hydrodynamiske beregninger er gennemført et spredningsstudie. Spredningsstudiet baserer sig på DHI's model for spredning af stof Mike3FM TR. I denne model opstilles to kørsler.

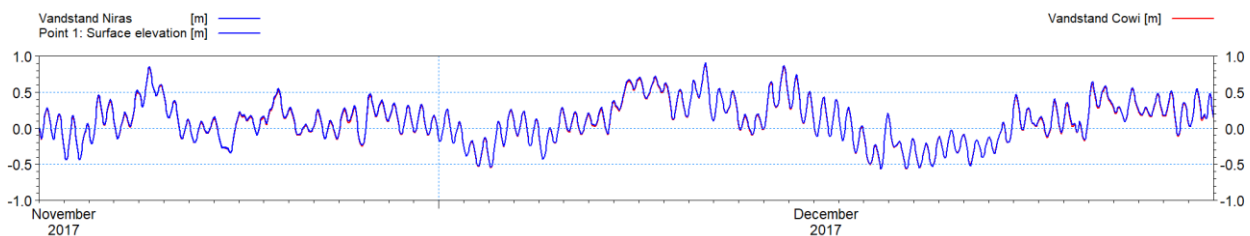
Den første kørsel simulerer vandudskiftningen i det yderste havnebassin. Den fungerer ved at man fylder bassinet op med et konservativt sporstof således, at man kan monitorere, hvor meget sporstof der er tilbage for hvert tidsinterval. På grundlag af dette, kan man beregne en halveringstid (T_{50}) og dermed en vandudskiftning.

Den anden kørsel simulerer spredningen af E. Coli. I denne kørsel placeres en kilde med samme placering som det eksisterende udløb fra Marselisborg Renseanlæg i havnebassinet. Det udløbende stof tildeles en henfaldstid svarende til dødraten for E. Coli. Kørslen gennemføres over to tidsperioder. En for typisk sydgående strøm og en for typisk nordgående strøm. På grundlag af dette udregnes de maksimale koncentrationer pga. udløbet samt de tilhørende overskridelseshyppigheder over 250 E. Coli/100 ml (Badevandskriteriet).

4 Validering

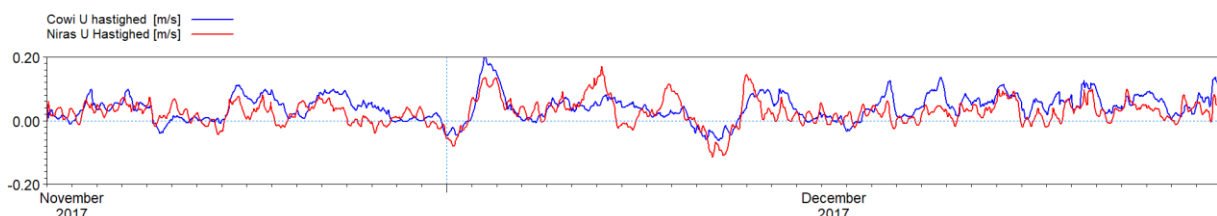
Modellen er valideret op imod COWI's model /1/ i et punkt sydøst for Aarhus Havn. COWI's model var valideret imod DHI's model for samme område. Denne sammenligning viste generelt, at COWI's model var mere livlig med større udsving end DHI's model men med samme hovedtendenser. Generelt skal en validering af denne art kunne reproducere vandstande indenfor ganske få procent, hvorimod strømhastigheder er sværere, fordi forskellige net åbner mulighed for forskellige strømningsmønstre og dermed andre retninger. Man kan derfor ikke forvente andet af strømsammenligninger, end at de viser samme hovedtræk.

I Figur 4.1 er vist en sammenligning af vandstande imellem COWI's og NIRAS' model. Som det ses er der en glimrende korrelation (de to kurver ligger præcist oven i hinanden).



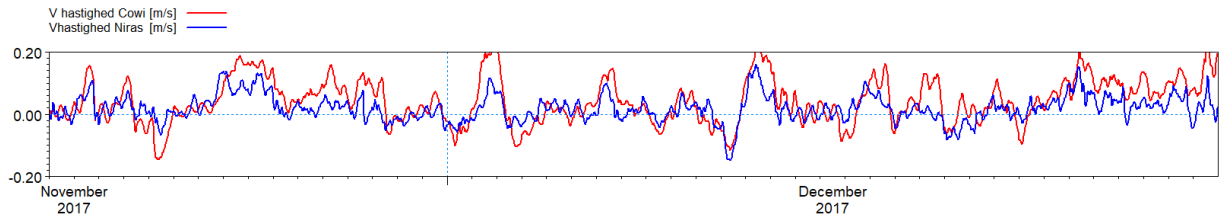
Figur 4.1. Sammenligning af vandstande.

I Figur 4.2 er gennemført en sammenligning af den øst-vest gående strømkomponent. Som det ses, kan man genfinde de fleste hovedtræk. Det er dog også tydeligt, at NIRAS's model er mere livlig på de små skalaer end COWI's model hvilket er en naturlig konsekvens, da NIRAS's model er meget bedre opløst end COWI's model og derfor tillader mere komplicerede strømningsmønstre med hvirvler etc.



Figur 4.2 Sammenligning af den øst-vest gående strømkomponent (U).

I Figur 4.3 ses en sammenligning af den nord-sydgående strømkomponent (V). Ligesom med den øst-vestgående komponent ses det, at de store træk genskabes.



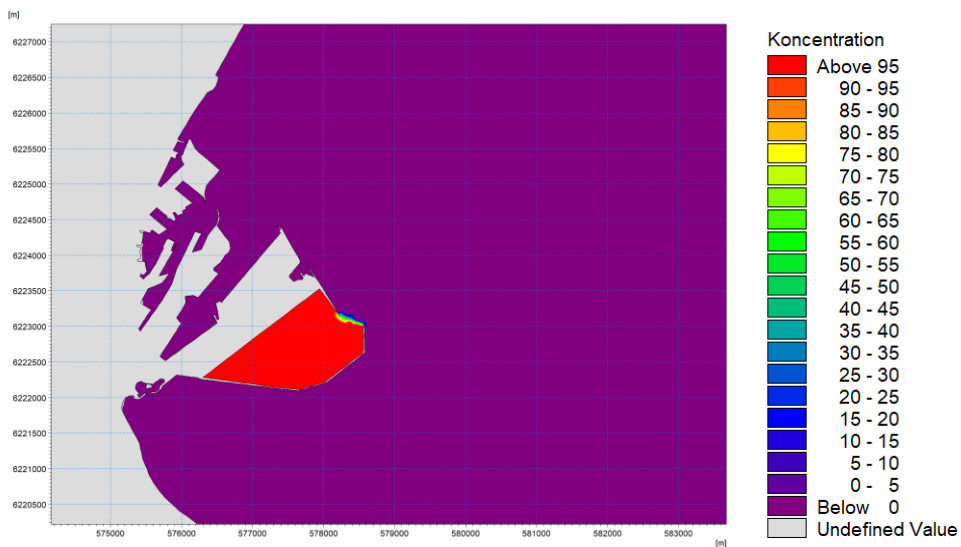
Figur 4.3. Sammenligning af den nord-syd gående strømkomponent.

Modellen er således valideret tilfredsstillende.

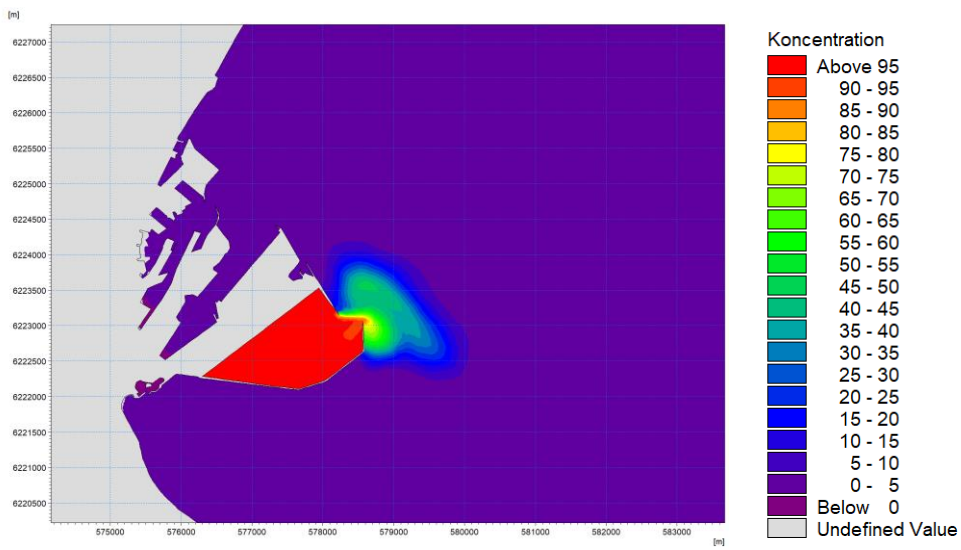
5 Vandskifter i havnebassinet i Yderhavnen

I det følgende beskrives vandskifterne i det yderste havnebassin i Yderhavnen.

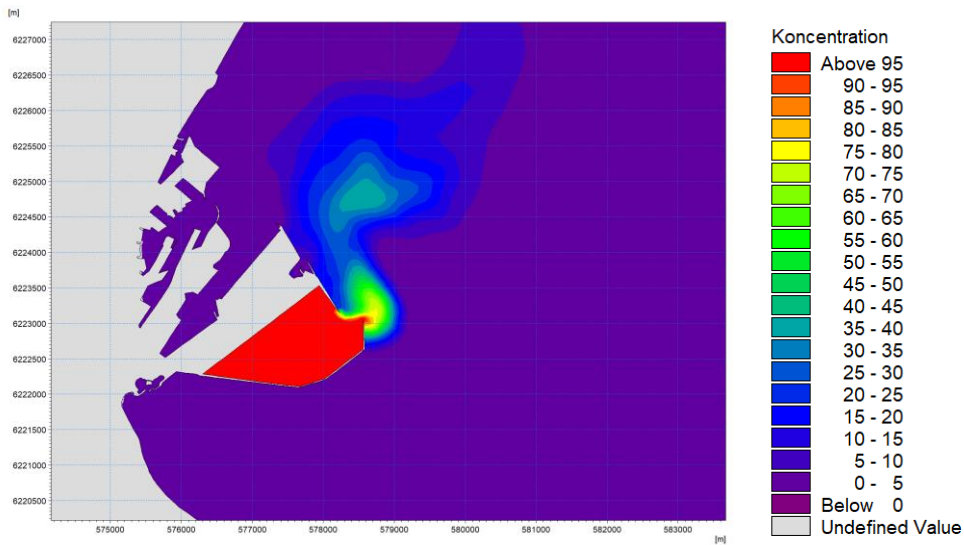
Først beskrives vandskiftet til forskellige tidspunkter og til sidst beskrives det absolutte vandskifte. Koncentrationerne for overvejende nordgående strøm er angivet i Figur 5.1 til Figur 5.6.



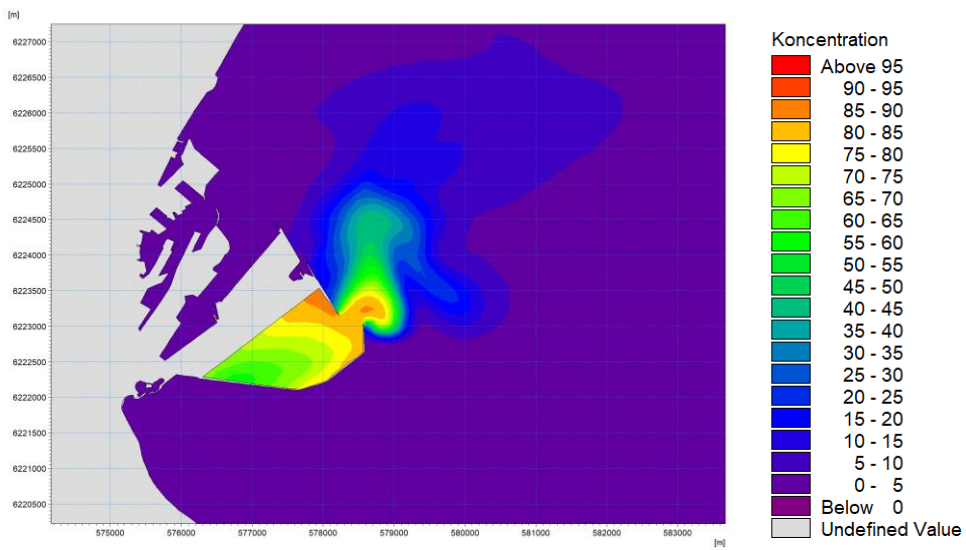
Figur 5.1. Koncentrationen til tidsskridt $T = 0$ dage.



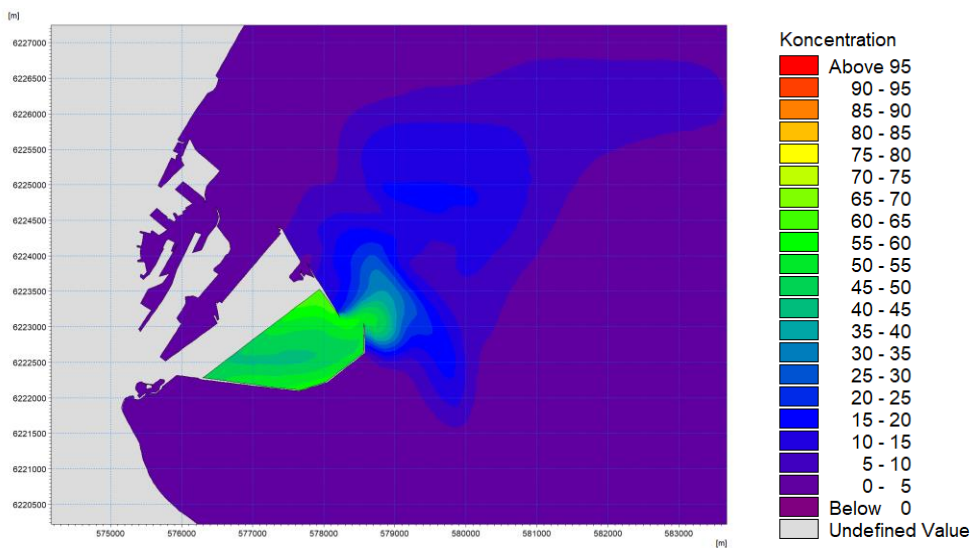
Figur 5.2. Koncentrationen til tidsskridt $T = 1$ dag.



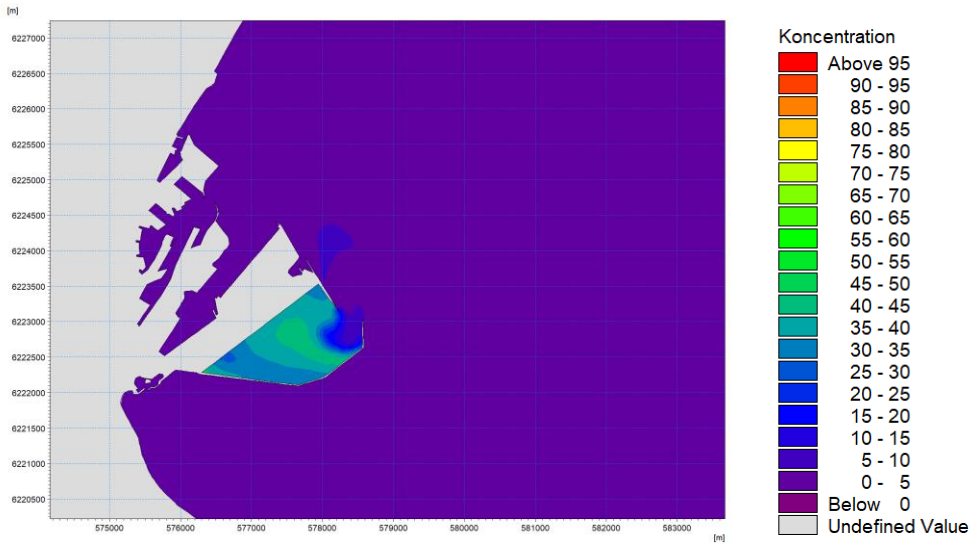
Figur 5.3. Koncentrationen til tidsskridt $T = 2$ dage.



Figur 5.4. Koncentrationen til tidsskridt $T = 3$ dage.

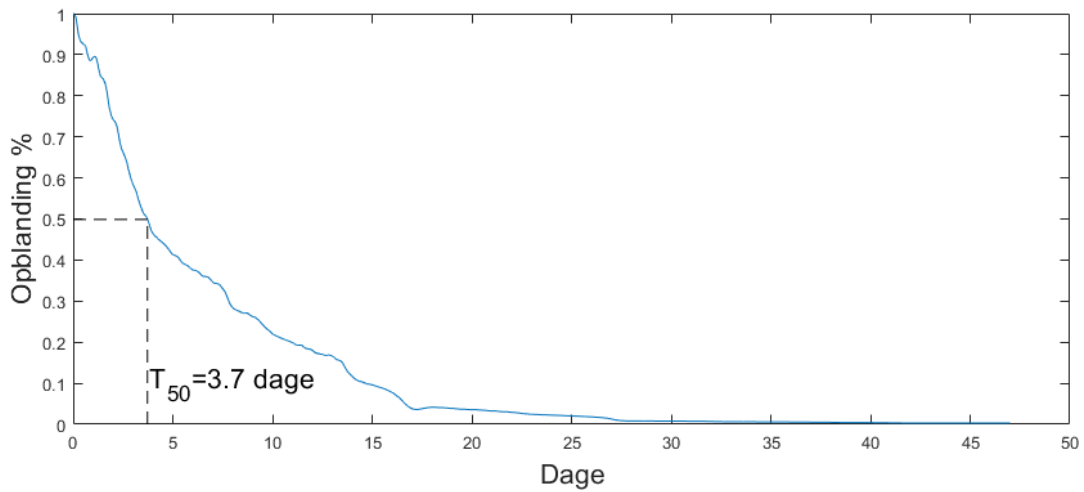


Figur 5.5. Koncentrationen til tidsskridt $T = 4$ dage.

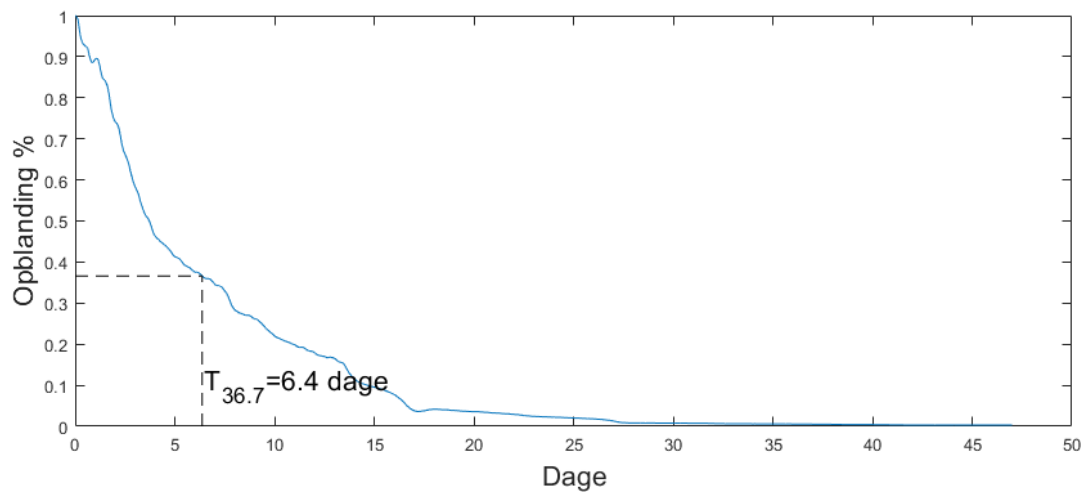


Figur 5.6. Koncentrationen til tidsskridt $T = 5$ dage.

Det absolutte vandskifte kan beregnes ved at beregne mængden af stof indenfor de dækkende værker. Dette fremgår af Figur 5.7 og Figur 5.8, hvor man ser, hvor mange procent af det oprindelige vand, som er tilbage i havnen som funktion af tid. Det ses at T_{50} er ca. 3.7 dage og $T_{36.7}$ er 6.4 dage, hvilket normalt ikke er et problem med hensyn til vandkvalitet.



Figur 5.7. Vandskifte (T_{50}).



Figur 5.8. Vandskifte ($T_{36.7}$)

Der er som led i undersøgelserne foretaget en sensitivitetstest på dispersionskoefficienten med ændringer på $\pm 20\%$ hvilket ikke gav målbare ændringer i vandskiftet. Dette er konsistent med de lave hastigheder i havnebassinet og de anvendte formuleringer for dispersionen.

6 Hygiejniske forhold omkring udløb i havnebassinet

I det efterfølgende er vist beregninger af konsekvensen af de hygiejniske forhold omkring udløbet i havnebassinet.

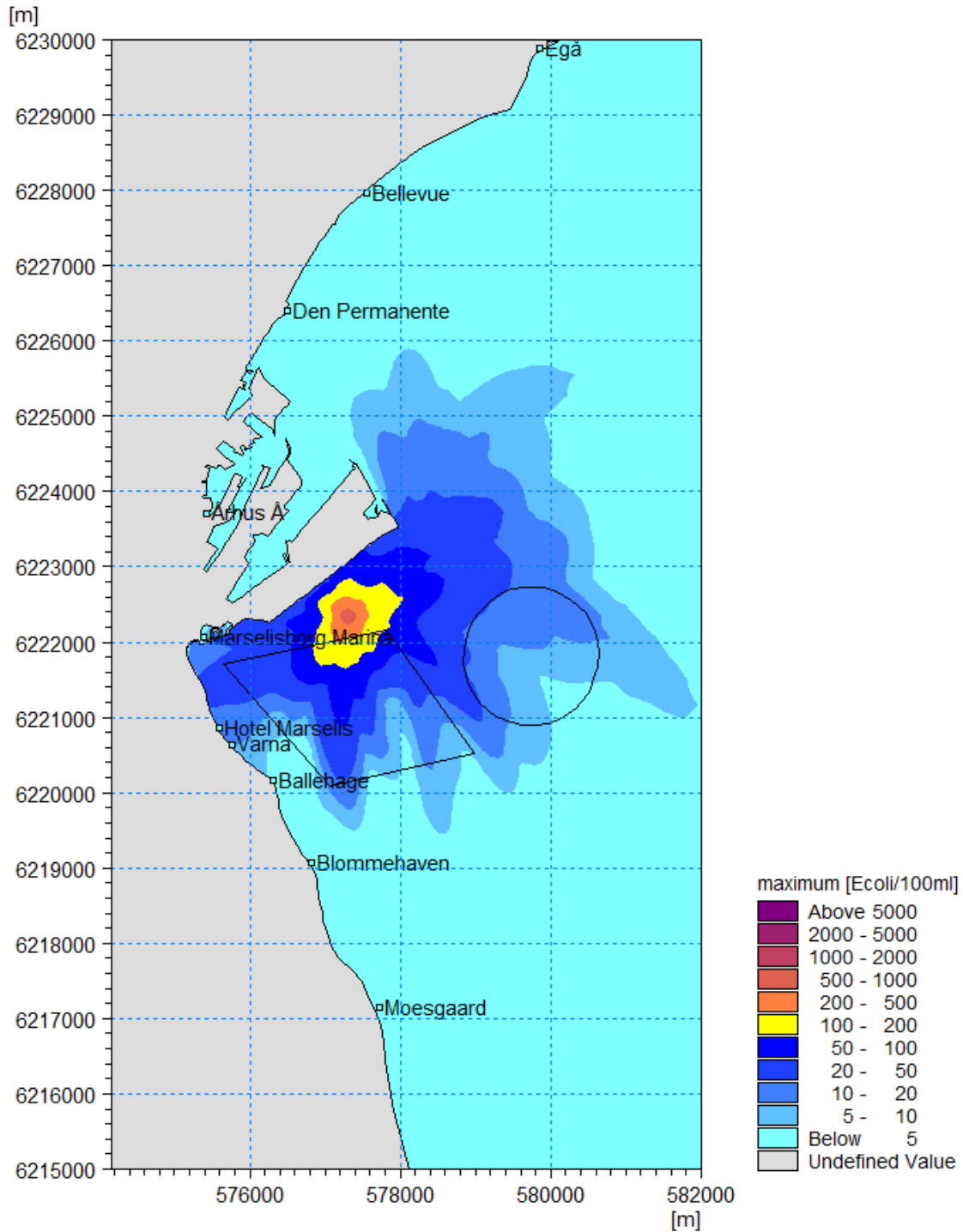
Der vises først maksimale koncentrationsplot, som viser den maksimale koncentration, som på et eller andet tidspunkt forekommer i hvert punkt. Det er således ikke en situation, som forekommer på en gang men et plot sammensat af de maksimalt forekommende koncentrationer i hvert punkt.

Efterfølgende vises exceedence plots eller overskridelsesplots. Disse plots viser hvor lang tid, i procent, en bestemt koncentration er overskredet. I dette tilfælde er det badevandskriteriet på 250 E. Coli/100 ml der regnes op imod. I begge tilfælde vises eksisterende forhold samt det tilfælde, hvor udløbet ligger indenfor de dækkende værker.

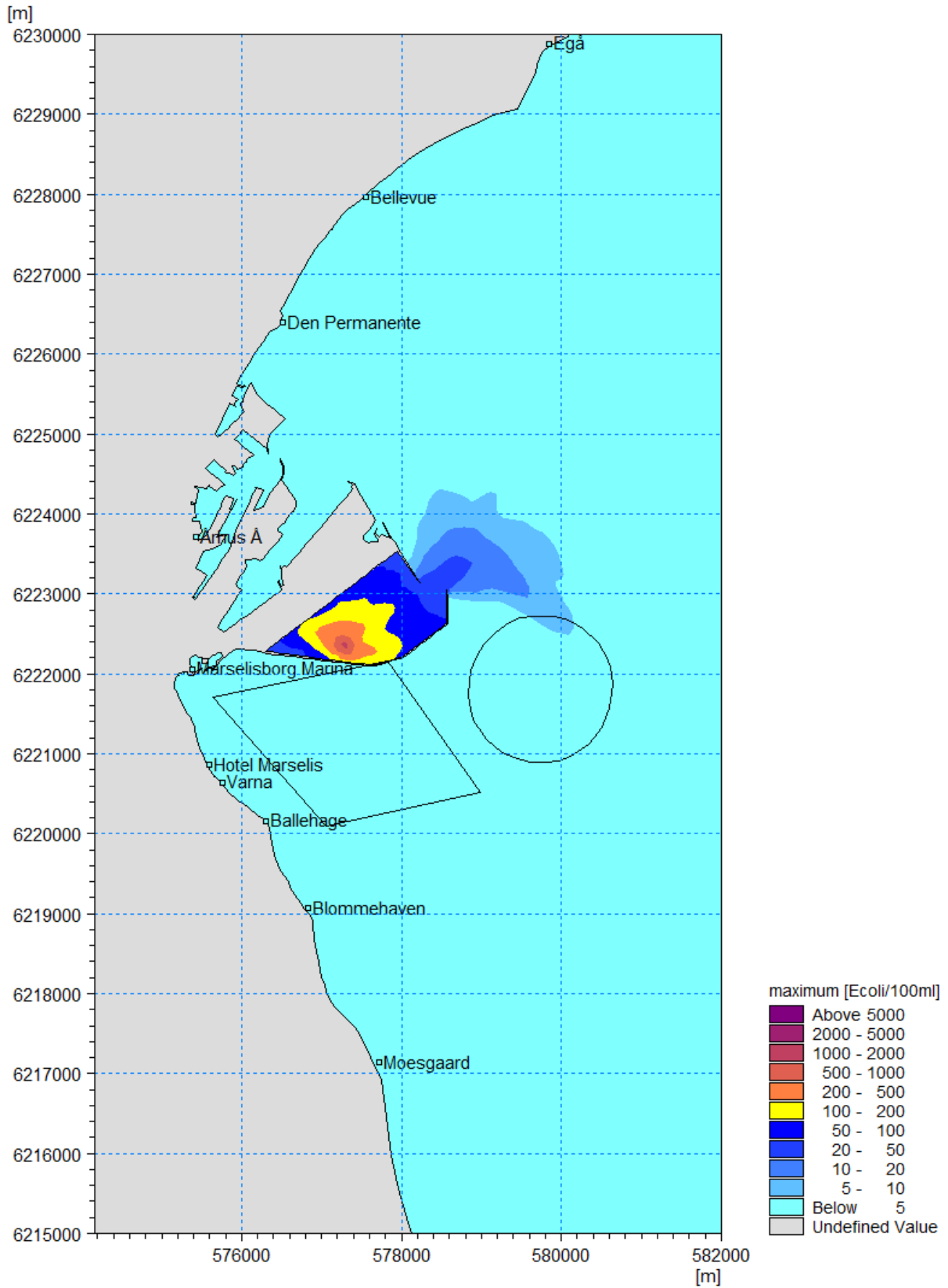
Figurerer viser eksisterende forhold samt fremtidige forhold, hvis den nuværende mængde spildevand fra Marselisborg Renseanlæg udledes i havnebassinet for Yderhavnen.

6.1 Maksimal koncentration

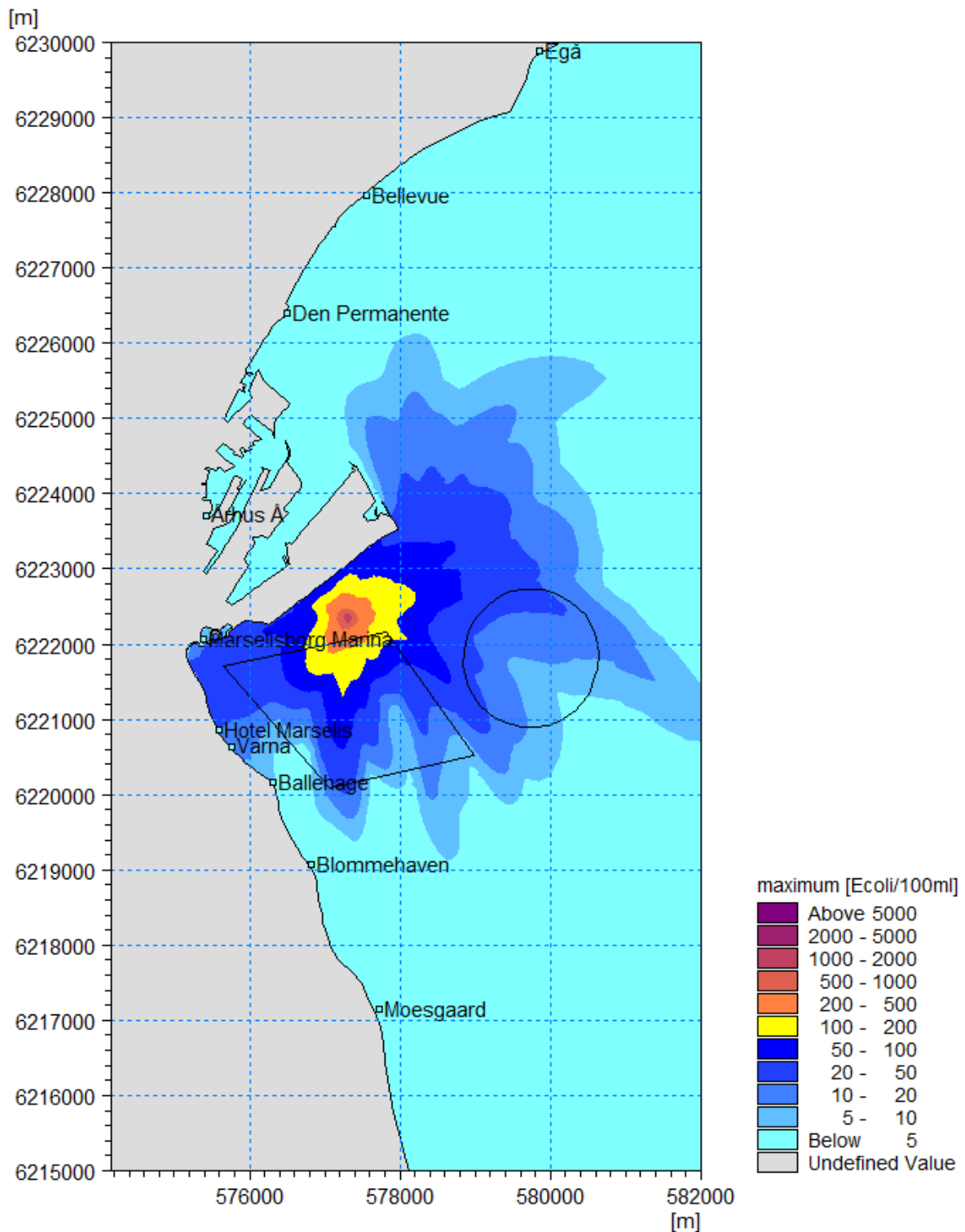
6.1.1 Tørvejr



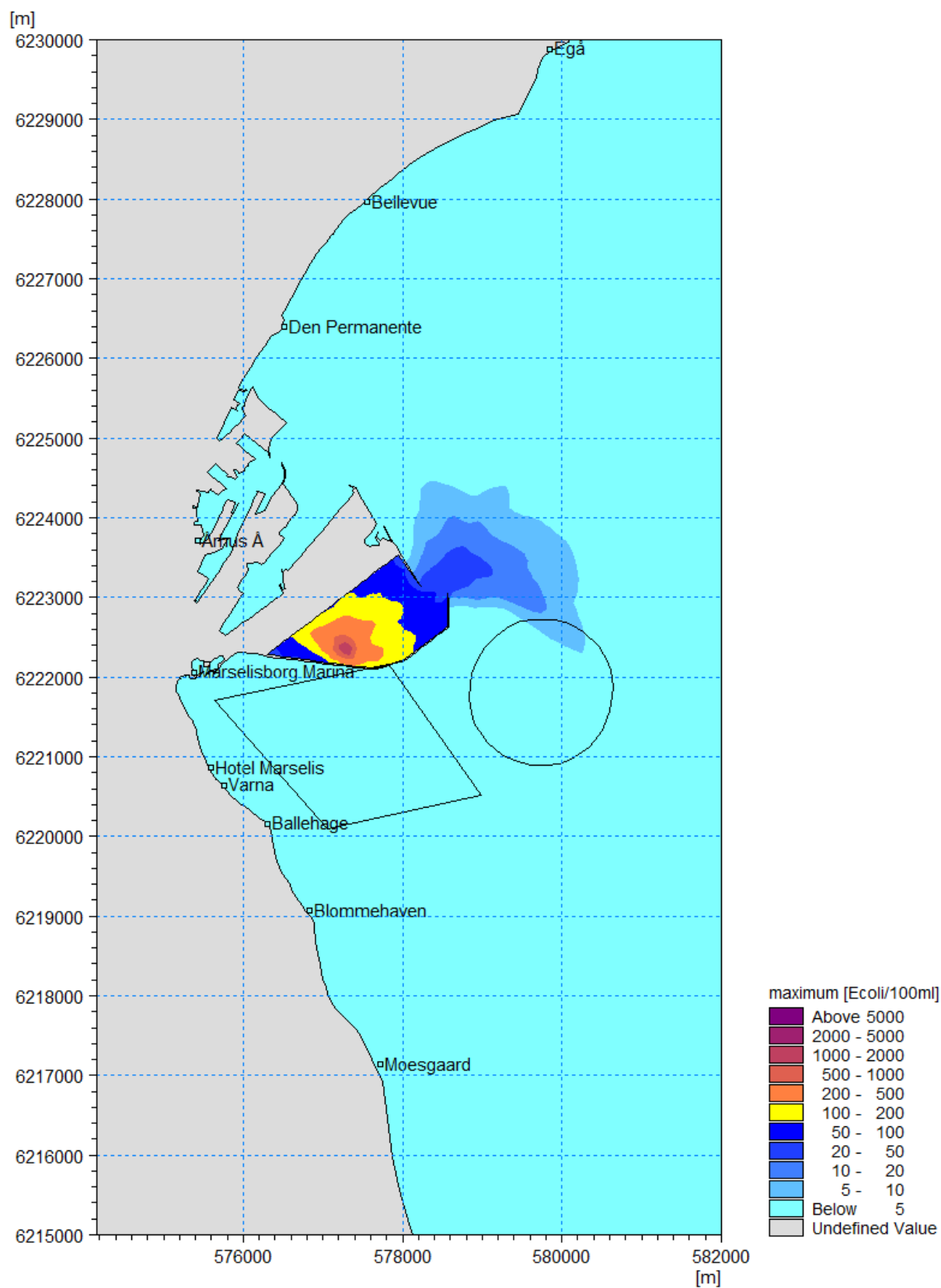
Figur 6.1.1. 2020 tørvejr Hygiejniske forhold. Påvirkning fra overløb fra fælleskloakerede oplande og regnvandsudløb er ikke omfattet. Uden havneudvidelse. Maksimale koncentrationer.



Figur 6.1.2. 2020 tørvejr Hygiejniske forhold for fremtidige forhold under forudsætning af eksisterende udledte vandmængder fra Marselisborg Renseanlæg i tørvejr med udledning i havnebassinet. Påvirkning fra overløb fra fælleskloakerede oplande og regnvandsudløb er ikke omfattet. Med havneudvidelse. Maks koncentrationer

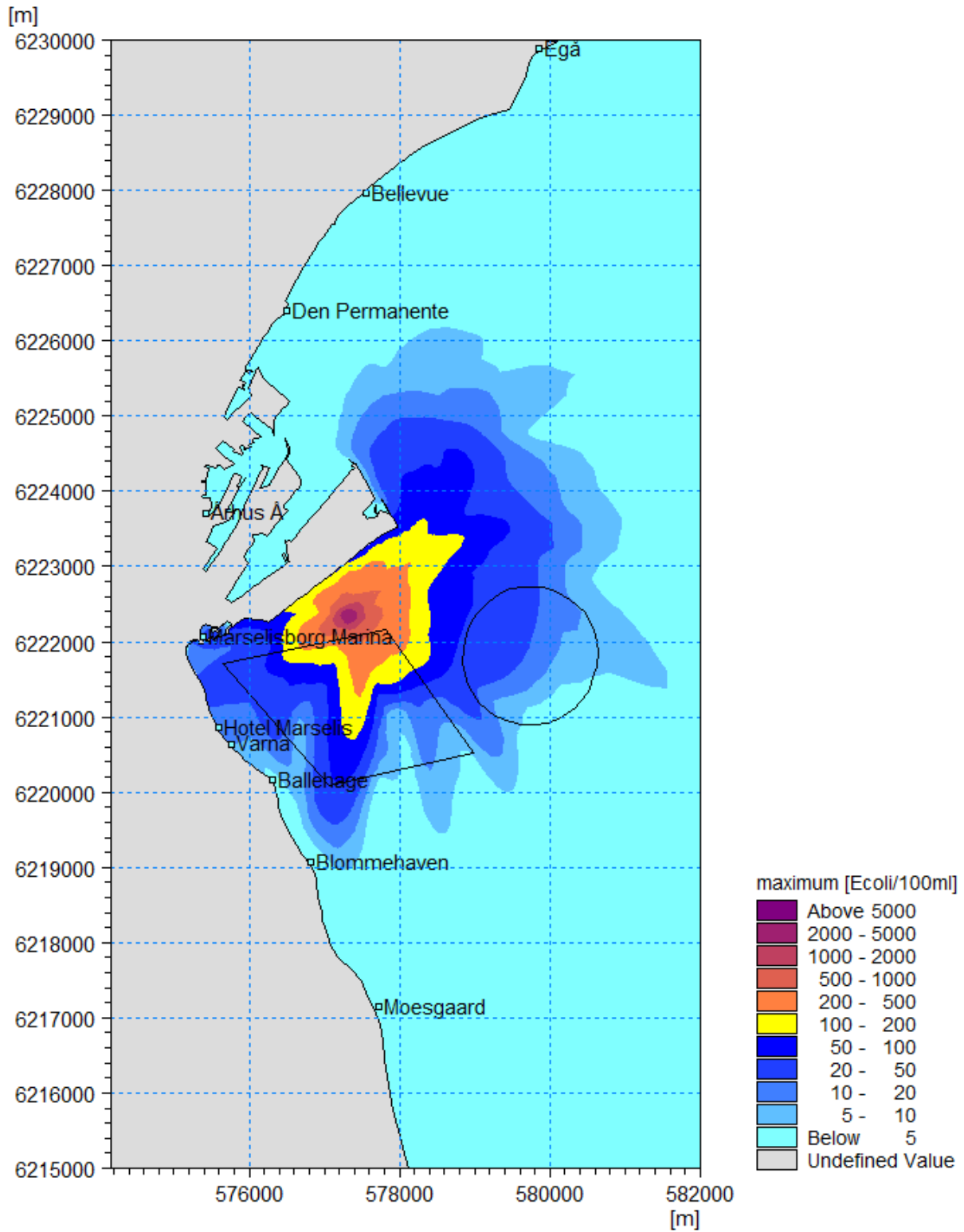


Figur 6.2.3. 2030 tørvejr Hygiejniske forhold. Påvirkning fra overløb fra fælleskloakerede oplande og regnvandsudløb er ikke omfattet. Uden havneudvidelse. Maksimale koncentrationer.

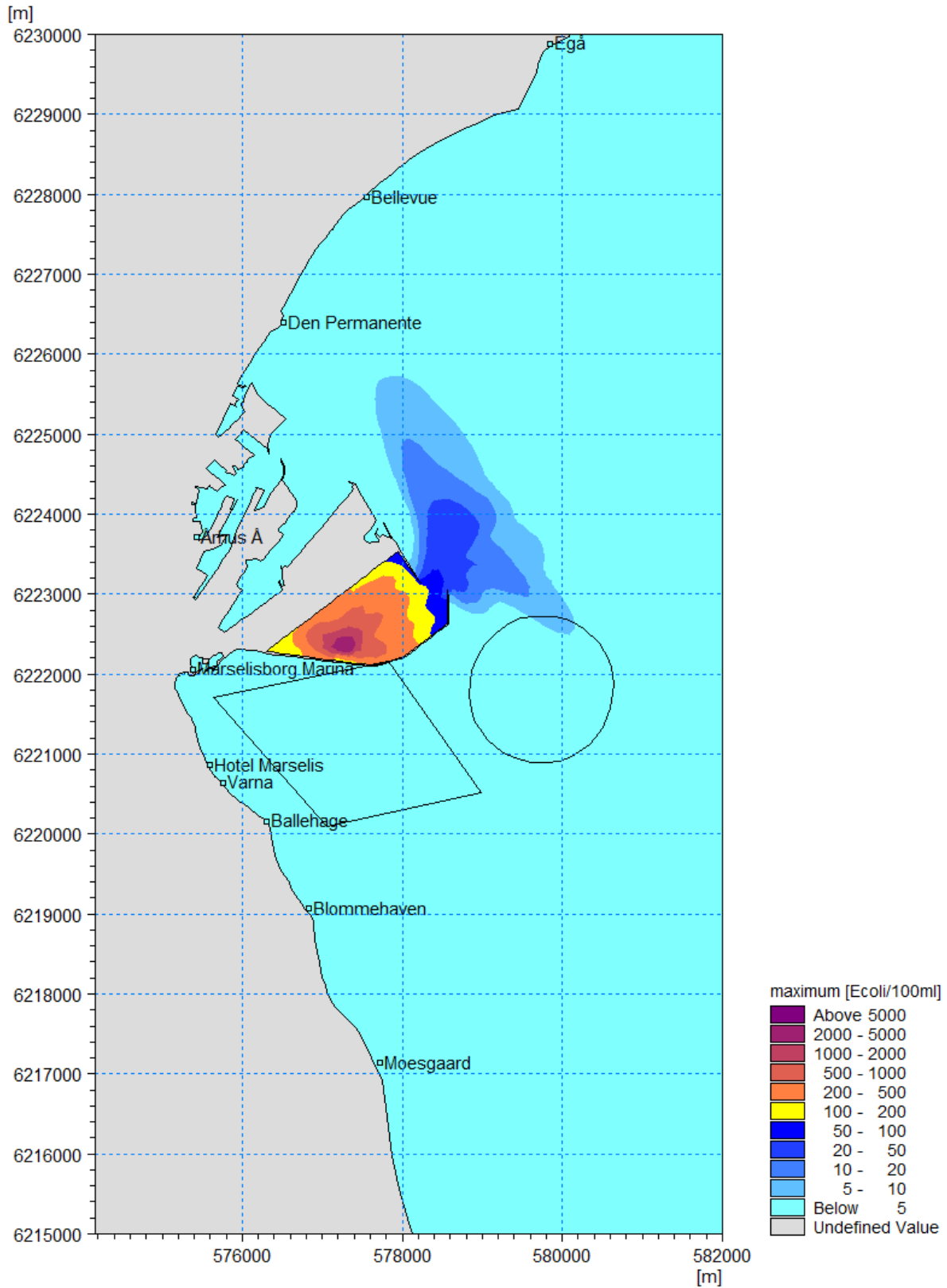


Figur 6.1.4. 2030 tørvejr Hygiejniske forhold for fremtidige forhold under forudsætning af eksisterende udledte vandmængder fra Marselisborg Renseanlæg i tørvejr med udledning i havnebassinet. Påvirkning fra overløb fra fælleskloakerede oplande og regnvandsudløb er ikke omfattet. Med havneudvidelse. Maks koncentrationer

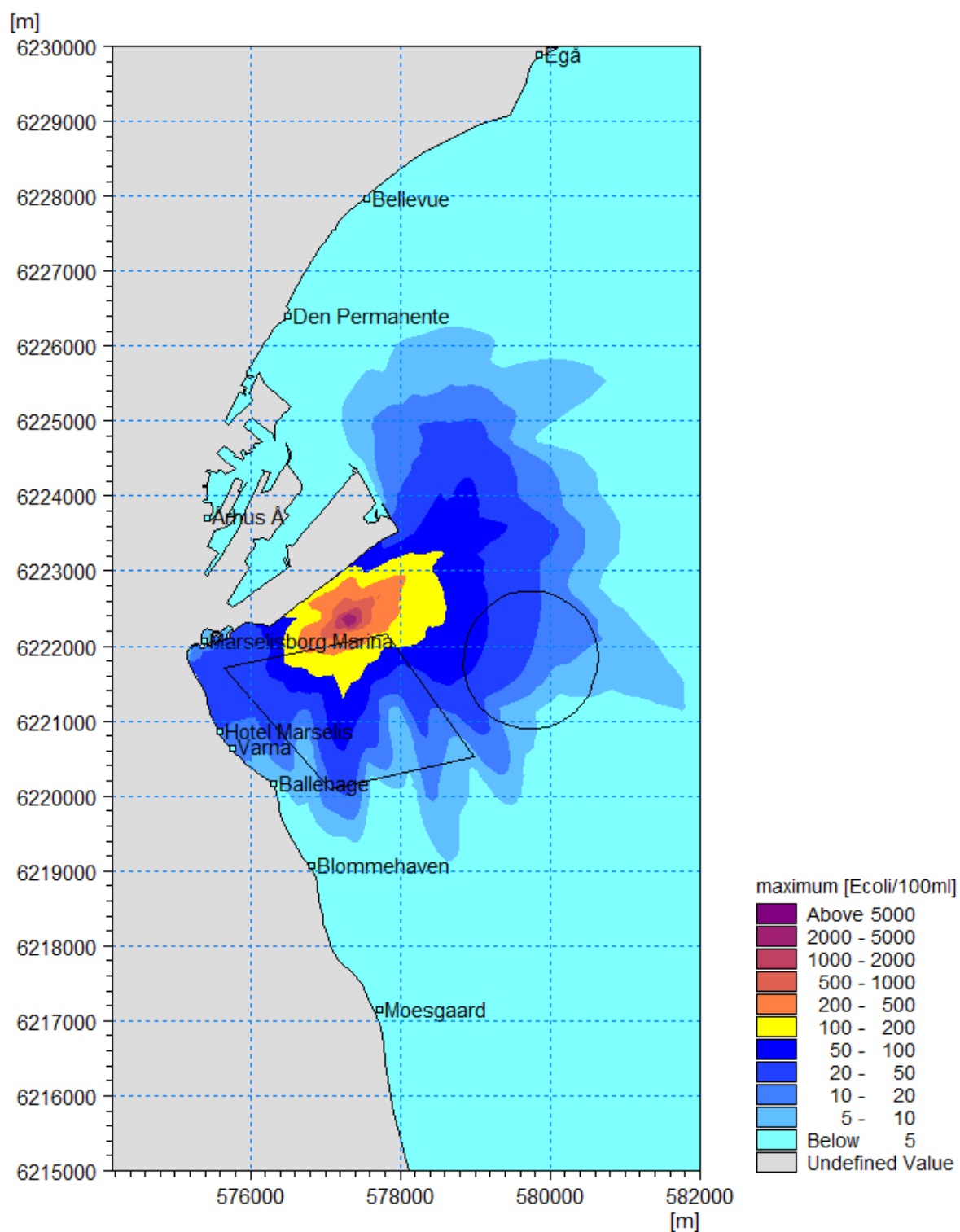
6.1.2 Regnvejr



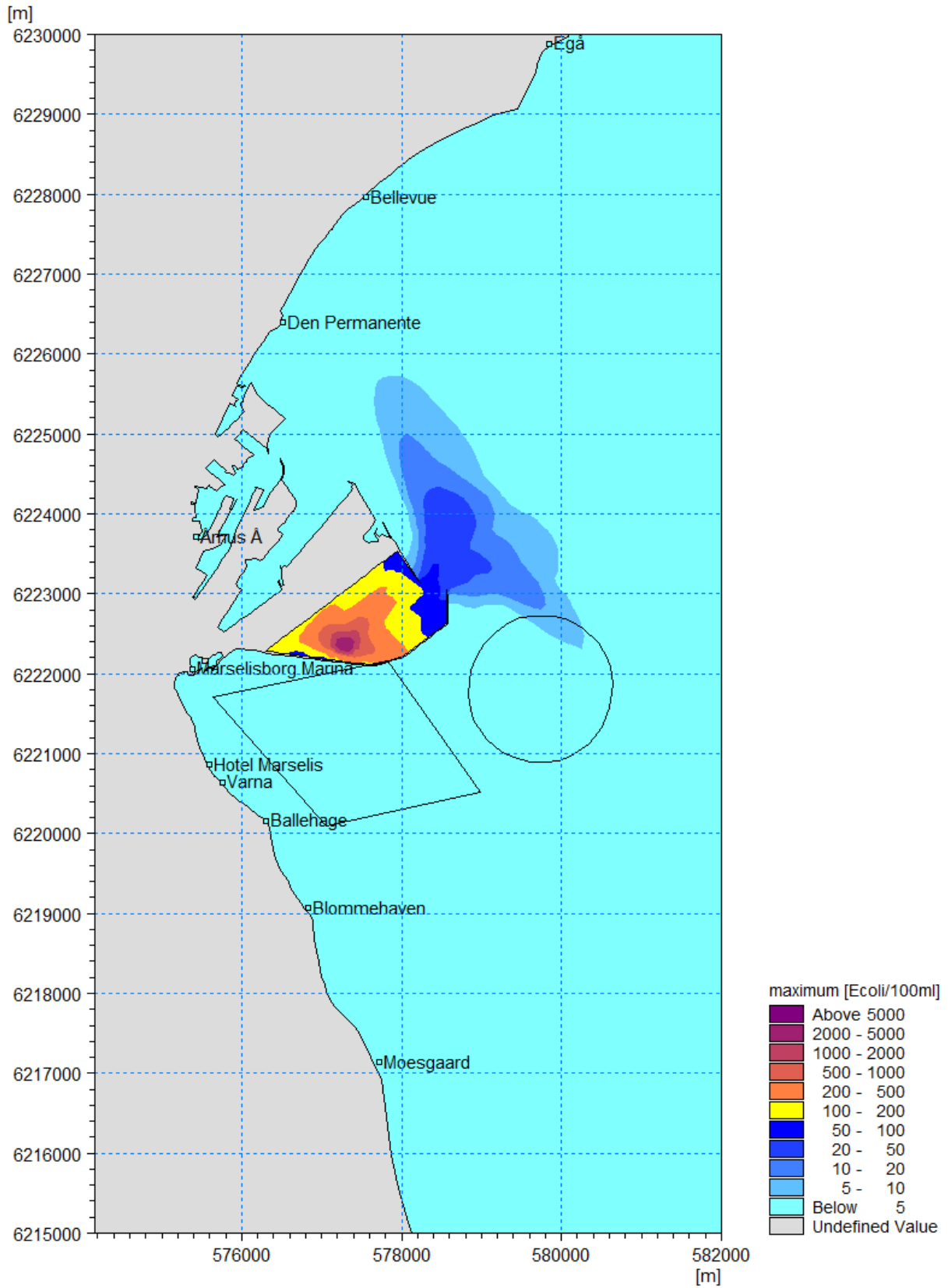
Figur 6.3.5. 2020 regnvejr Hygiejniske forhold. Påvirkning fra overløb fra fælleskloakerede oplande og regnvandsudløb er ikke omfattet. Uden havneudvidelse. Maksimale koncentrationer.



Figur 6.1.6. 2020 regnvejr Hygiejniske forhold for fremtidige forhold under forudsætning af eksisterende udledte vandmængder fra Marselisborg Renseanlæg i regnvejr med udledning i havnebassinet. Påvirkning fra overløb fra fælleskloakerede oplande og regnvandsudløb er ikke omfattet. Med havneudvidelse. Maks koncentrationer



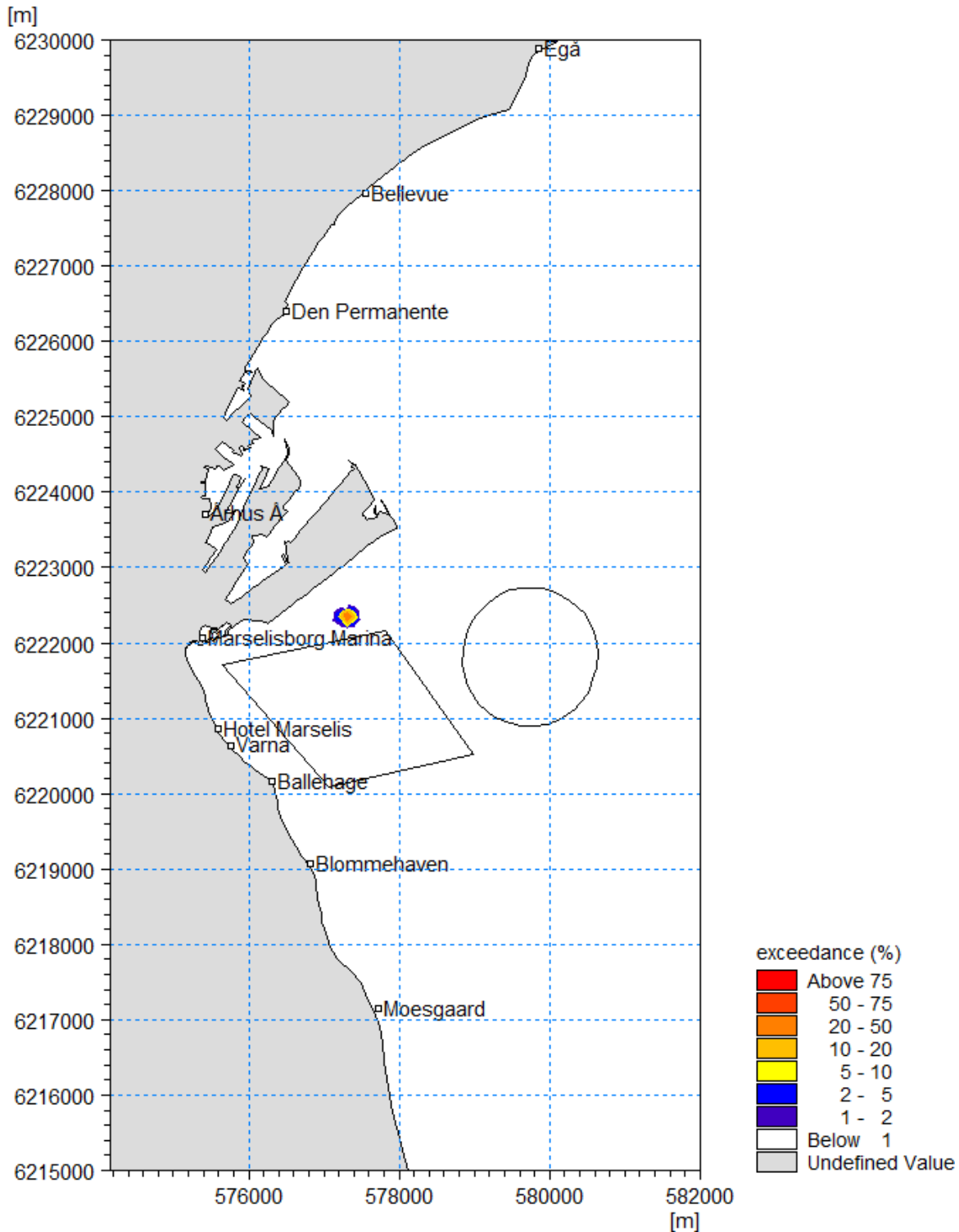
Figur 6.4.7. 2030 regnvejr Hygiejniske forhold. Påvirkning fra overløb fra fælleskloakerede oplande og regnvandsudløb er ikke omfattet. Uden havneudvidelse. Maksimale koncentrationer.



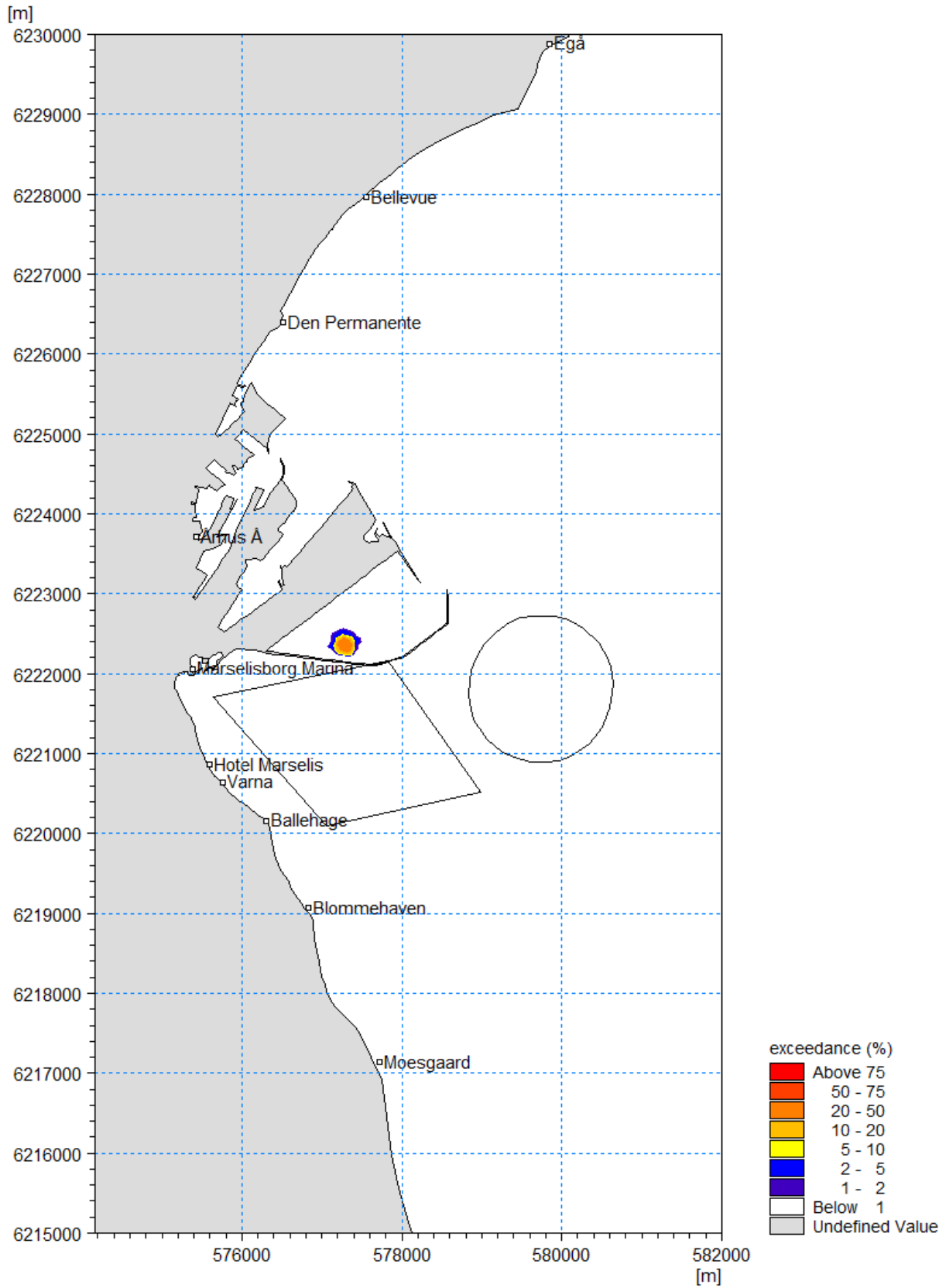
Figur 6.1.8. 2030 regnvejr Hygiejniske forhold for fremtidige forhold under forudsætning af eksisterende udledte vandmængder fra Marselisborg Renseanlæg i regnvejr med udledning i havnebassinet. Påvirkning fra overløb fra fælleskloakerede oplande og regnvandsudløb er ikke omfattet. Med havneudvidelse. Maks koncentrationer

6.2 Overskrideshyppighed af badevandskriterie

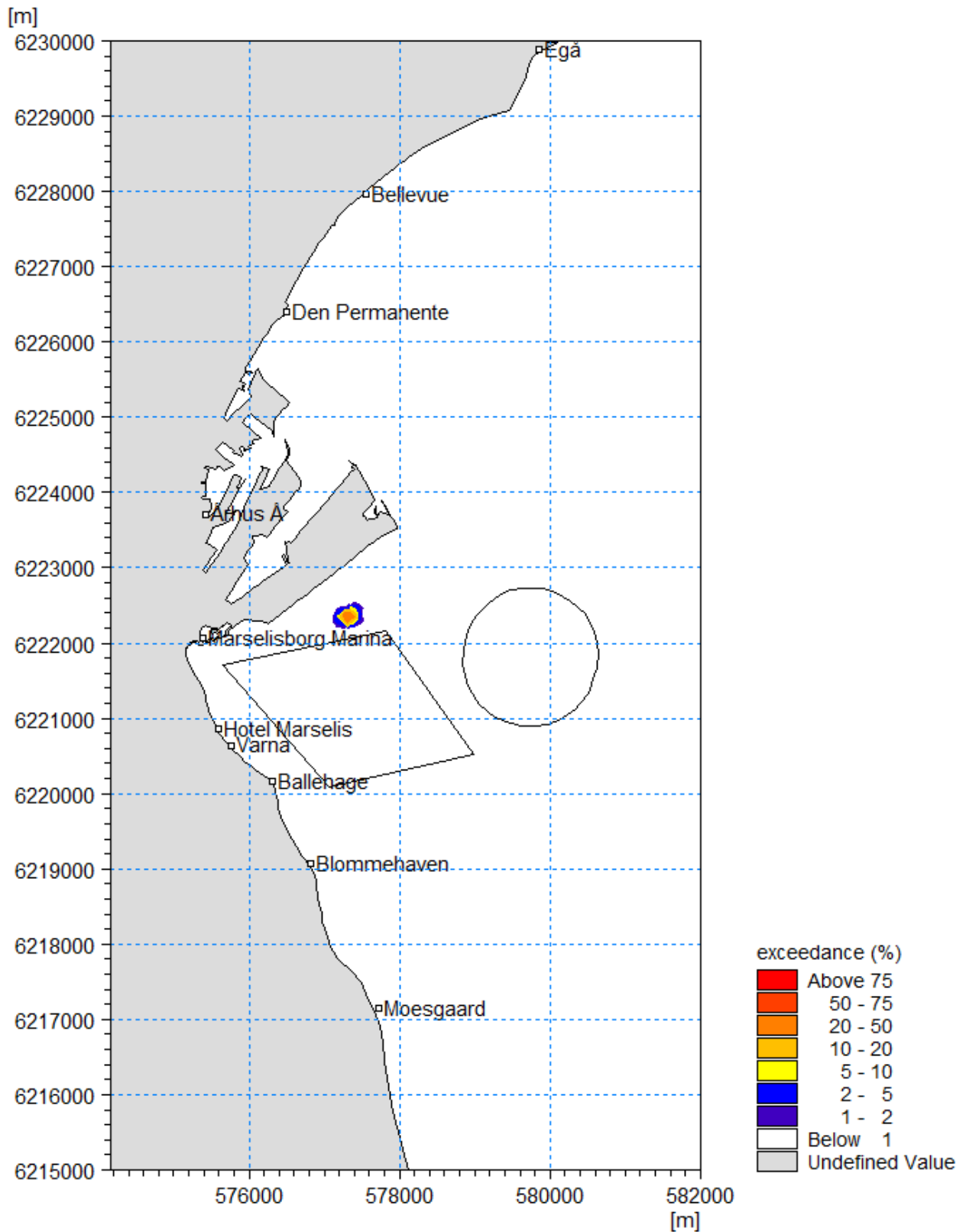
6.2.1 Tørvejr



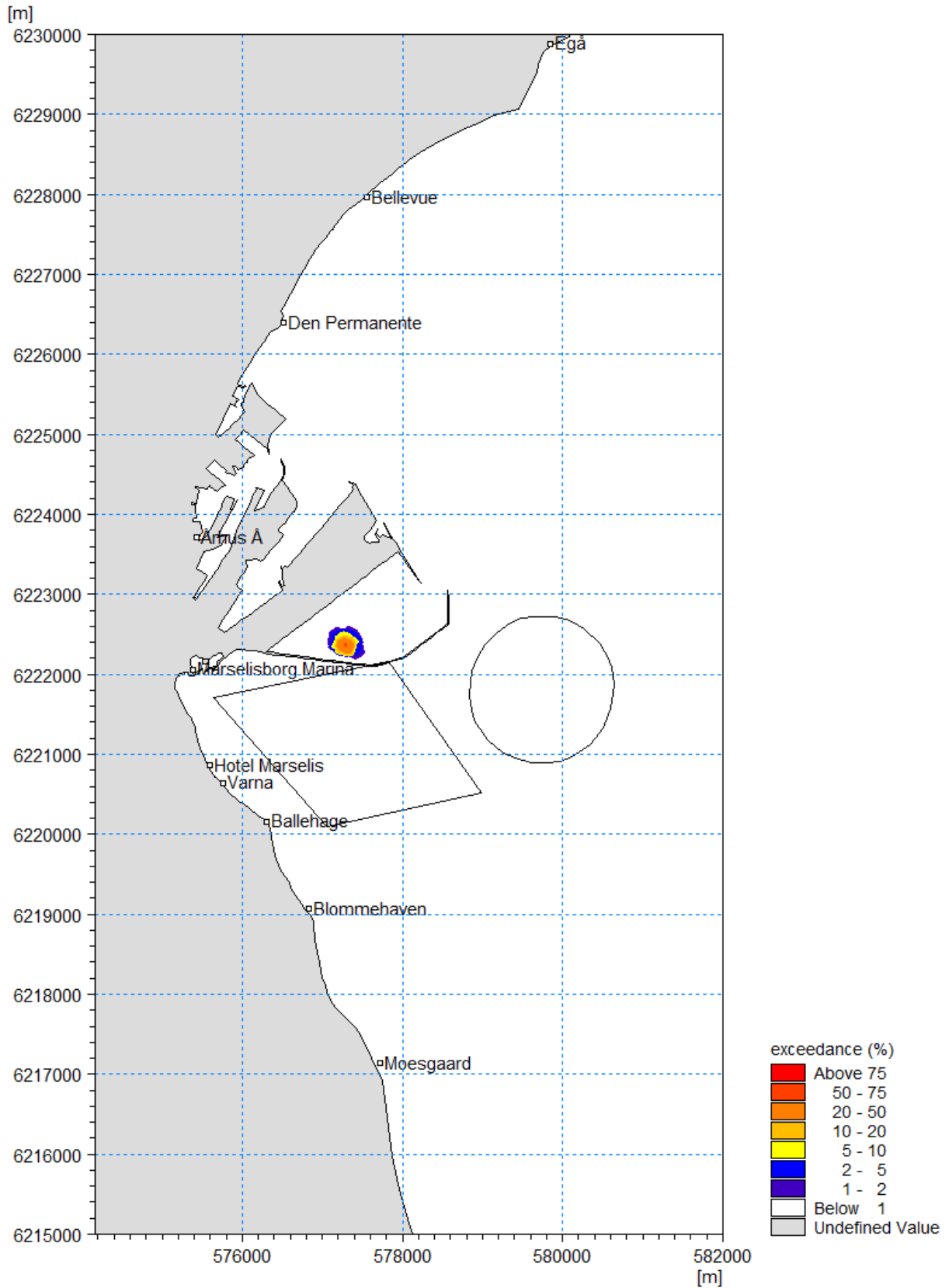
Figur 6.2.1. 2020 tørvejr Hygiejniske forhold. Påvirkning fra overløb fra fælleskloakerede oplande og regnvandsudløb er ikke omfattet. Uden havneudvidelse. Overskridelse over 250 E. Coli/100 ml i % af tiden.



Figur 6.2.2. 2020 tørvejr Hygiejniske forhold for fremtidige forhold under forudsætning af nuværende udledning fra Marselisborg Renseanlæg i tørvejr. Påvirkning fra overløb fra fælleskloakerede oplande og regnvandsudløb er ikke omfattet. Med havneudvidelse. Overskridelse over 250 E. Coli/100 ml i % af tiden.

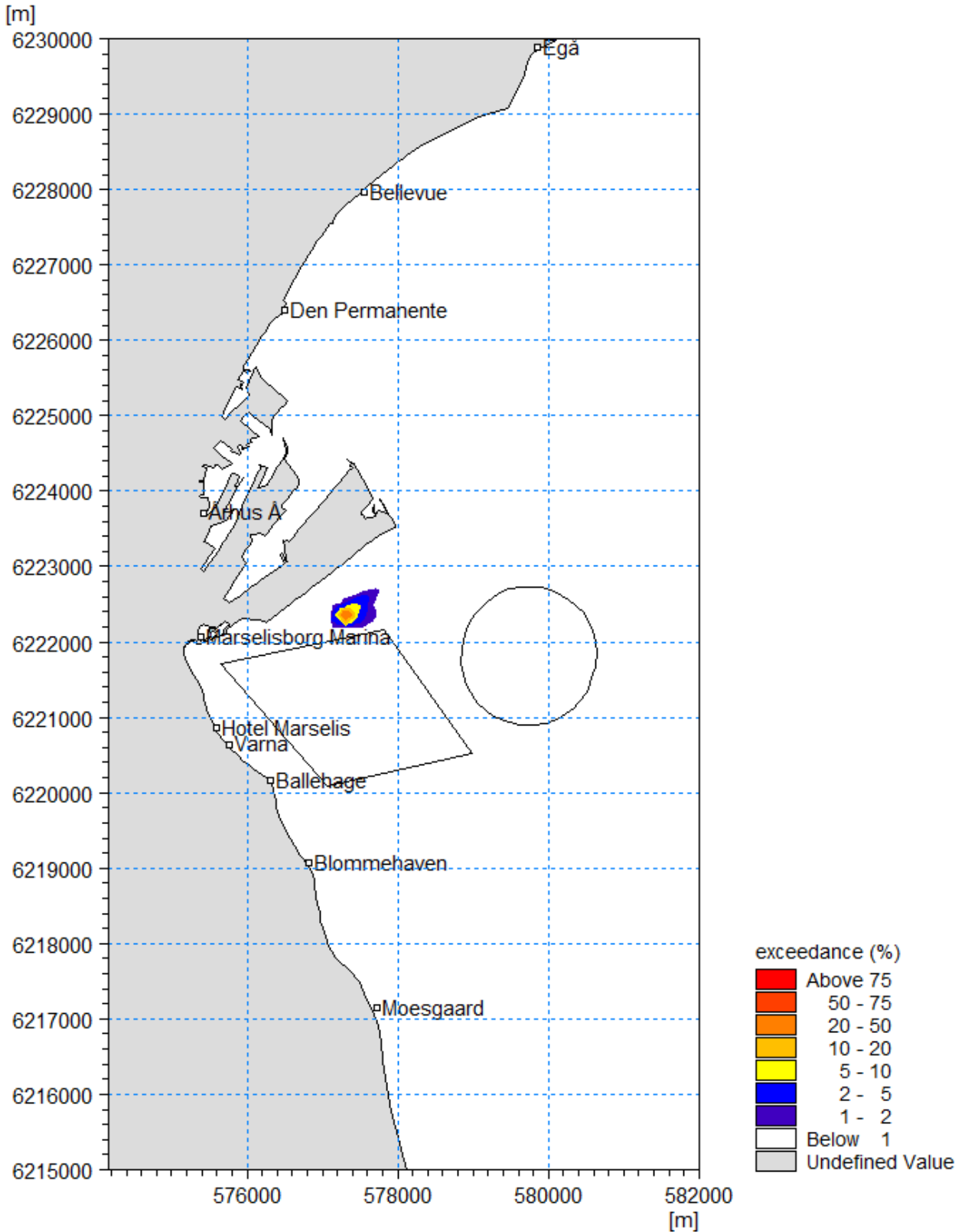


Figur 6.2.3. 2030 tørvejr Hygiejnisk forhold. Påvirkning fra overløb fra fælleskloakerede oplande og regnvandsudløb er ikke omfattet. Uden havneudvidelse. Overskridelse over 250 E. Coli/100 ml i % af tiden.

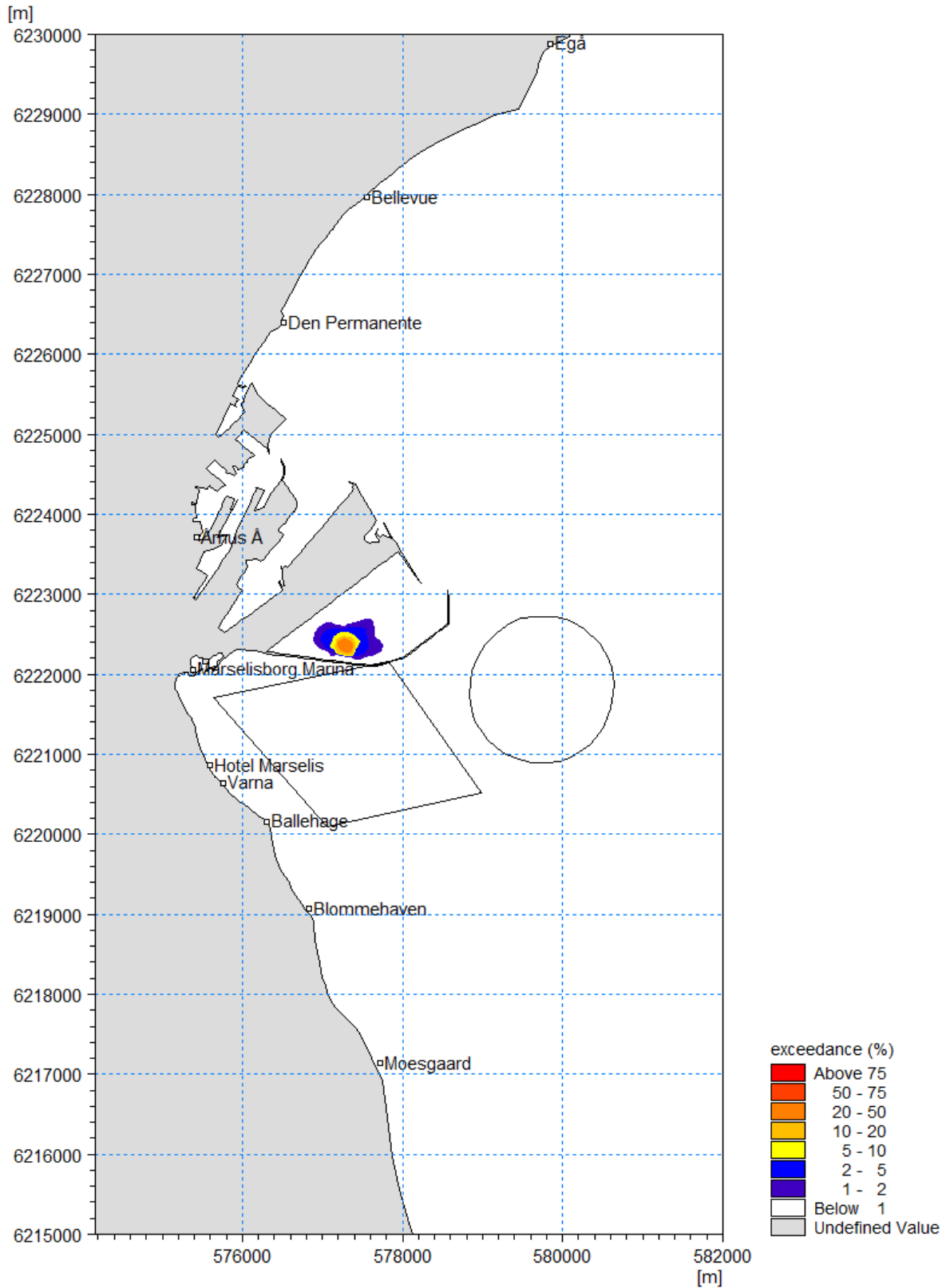


Figur 6.2.4. Period 1 – 2030 tørvejr Hygiejniske forhold for fremtidige forhold under forudsætning af nuværende udledning fra Marselisborg Renseanlæg i tørvejr. Påvirkning fra overløb fra fælleskloakerede oplande og regnvandsudløb er ikke omfattet. Med havneudvidelse. Overskridelse over 250 E. Coli/100 ml i % af tiden.

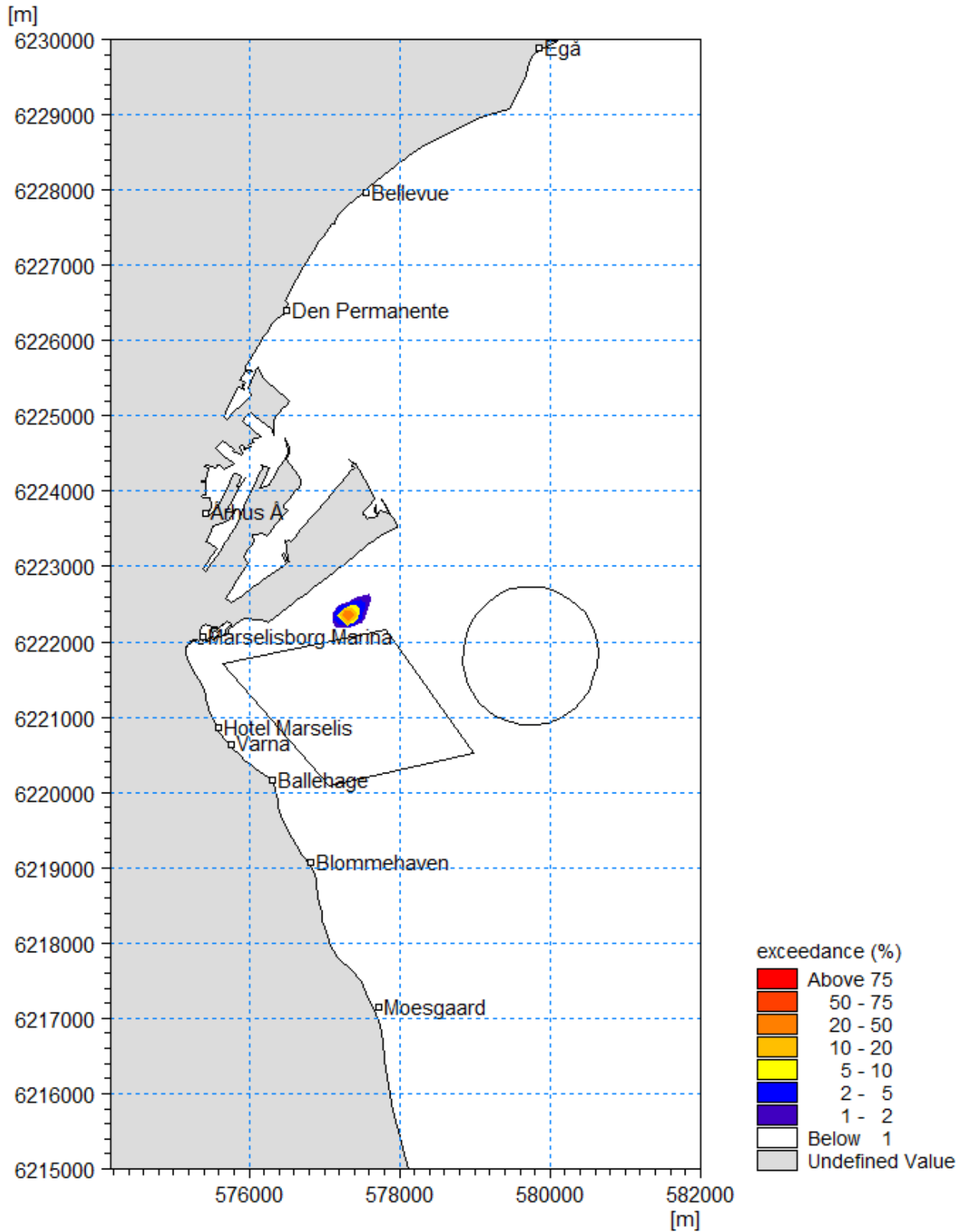
6.2.2 Regnvejr



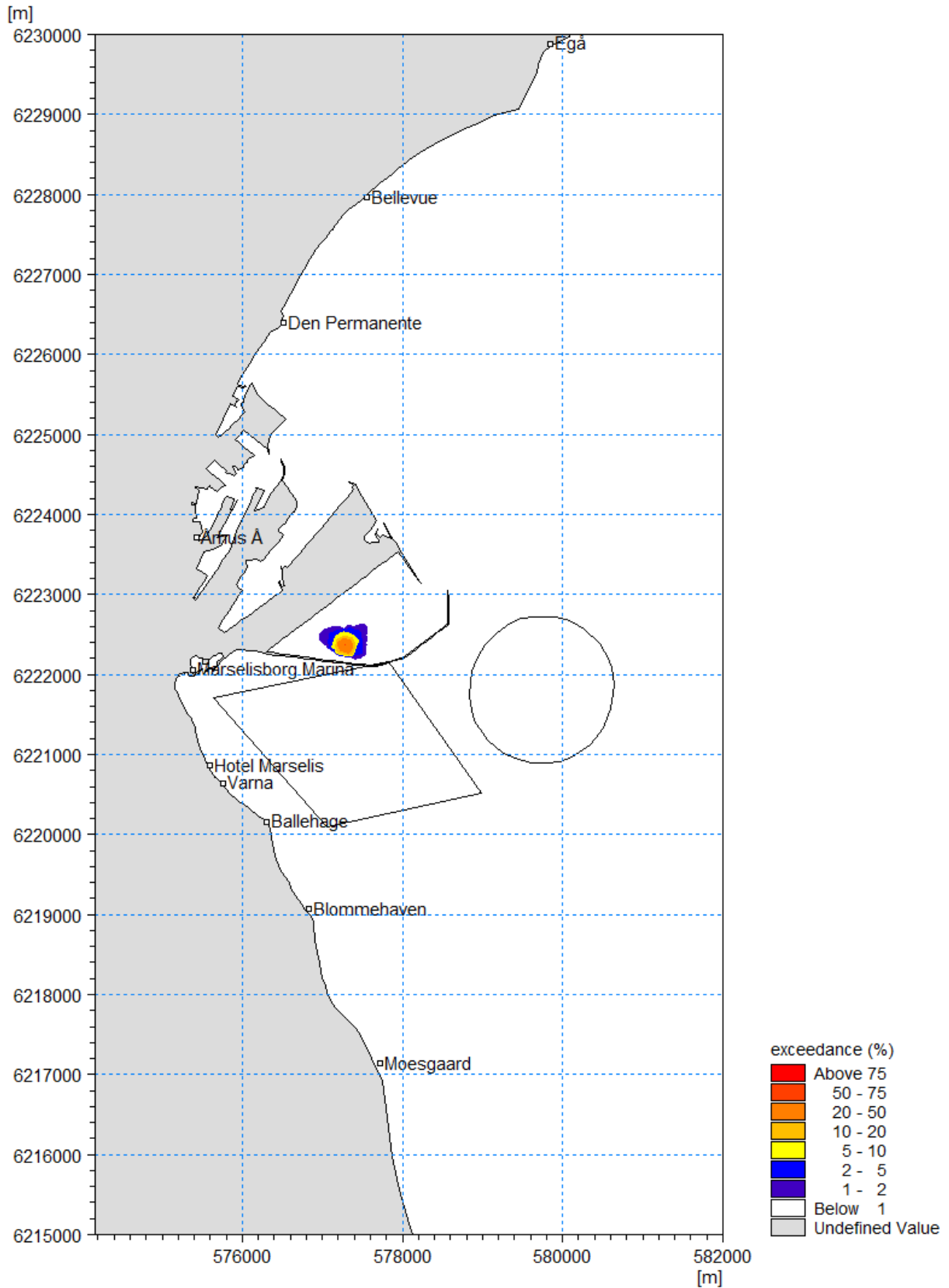
Figur 6.2.5. 2020 regnvejr Hygiejniske forhold. Påvirkning fra overløb fra fælleskloakerede oplande og regnvandsudløb er ikke omfattet. Uden havneudvidelse. Overskridelse over 250 E. Coli/100 ml i % af tiden.



Figur 6.2.6. 2020 regnvejr Hygiejniske forhold for fremtidige forhold under forudsætning af nuværende udledning fra Marselisborg Renseanlæg i regnvejr. Påvirkning fra overløb fra fælleskloakerede oplande og regnvandsudløb er ikke omfattet. Med havneudvidelse. Overskridelse over 250 E. Coli/100 ml i % af tiden.



Figur 6.2.7. 2030 regnvejr Hygiejniske forhold. Påvirkning fra overløb fra fælleskloakerede oplande og regnvandsudløb er ikke omfattet. Uden havneudvidelse. Overskridelse over 250 E. Coli/100 ml i % af tiden.



Figur 6.2.8. 2030 regnvejr Hygiejniske forhold for fremtidige forhold under forudsætning af nuværende udledning fra Marselisborg Ren-
seanlæg i regnvejr. Påvirkning fra overløb fra fælleskloakerede oplande og regnvandsudløb er ikke omfattet. Med havneudvidelse.
Overskridelse over 250 E. Coli/100 ml i % af tiden.