

PFAS Undersøgelse ved Vestkysten

Lemvig Kommune

Dato: Rev. 1 d. 15. juni 2022

Indhold

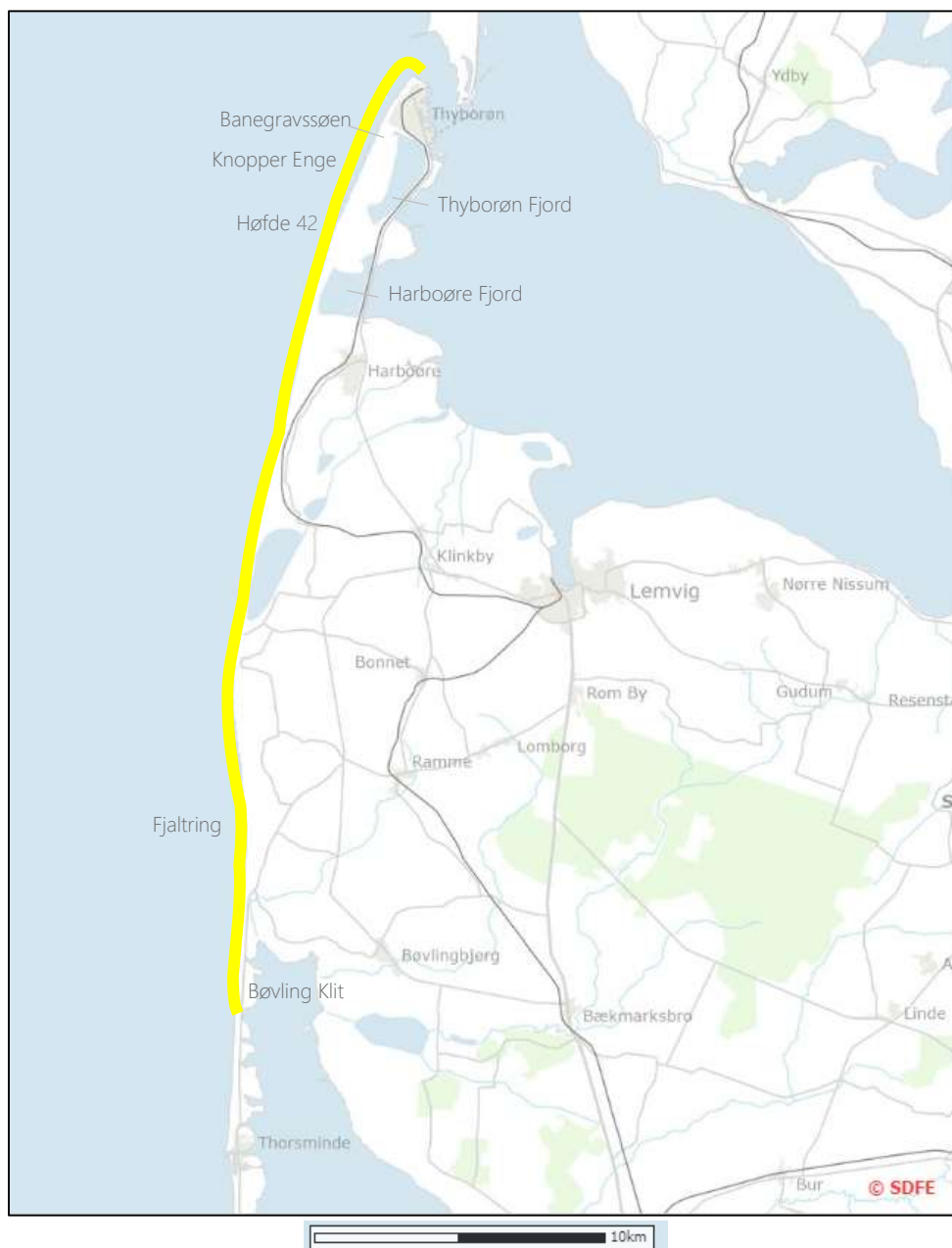
1	Indledning.....	2
2	Resultater	3
2.1	Havvand og havskum	3
2.2	Grundvand.....	4
2.3	Dræn	4
2.4	Pumpestationer	5
2.5	Overfladevand	5
2.6	Jord	6
2.7	Græs	6
3	Vurdering af data	7
4	Konceptuel forståelse	10
4.1	Indledende litteraturstudier	10
4.2	Foreløbig konceptuel forståelse	10
4.3	Kilder til forurening	12
5	Referencer.....	12

BILAG

Bilag 1:	Situationsplan, prøvetagning af overfladevand langs vestkysten
Bilag 2:	Situationsplan, prøver af drænvand i Thyborøn
Bilag 3:	Analyseresultater, tabeller

1 Indledning

Dette notat indeholder en oversigt og status for undersøgelser af PFAS forurening langs vestkysten i Lemvig Kommune. Notatet sammenfatter resultater af undersøgelser udført af Region Midtjylland, Naturstyrelsen og Lemvig Kommune. Området for undersøgelserne dækker en strækning på ca. 35 km fra Thyborøn og ned til Bøvling Klit ved Thorsminde. Området er fremstillet i figur 1. Undersøgelserne har primært været rettet mod området ved Thyborøn og Harbøre Tange, men der er også udførte prøvetagning ved referencelokaliteter beliggende ved Fjaltring og Bøvling Klit, som er beliggende syd for Harbøre Tange.



Figur 1: Undersøgelsesområde markeret med gul streg.

Undersøgelser udført af Region Midtjylland er forestået af WSP Danmark, mens NIRAS har udført undersøgelser for Naturstyrelsen Vestjylland og Lemvig Kommune. Lemvig Vand har været behjælpelig med prøvetagning af dræn og med udførelse af boringer i Thyborøn. Undersøgelserne er udført i perioden november 2021 – maj 2022.

Undersøgelserne omfatter prøvetagning af:

- Havvand (dykkede prøver)
- Havvand (skimmeprøver af overflade)
- Havskum (blandeprøve af opsamling på vand og strand)
- Grundvand (udtaget fra boringer i Thyborøn by, ved losseplads syd for Thyborøn og ved/nord-syd for Høfde42 depotet)
- Overfladevand (udtaget fra vandhuller, søer samt Thyborøn og Harboøre fjord)
- Drænvand (udtaget fra drænsystemet under Thyborøn By)
- Jordprøver (blandeprøver a 5 stik udtaget 0,1 og 0,4 m u.t.)
- Græsprøver (fra enge med dyrehold/afgræsning)

Vand, jord og græsprøver er analyseret for 22 PFAS. Kemiske analyser er udført af akkrediterede laboratorier primært Eurofins.

Endvidere er der udført analyser af biota fra kreaturer, vildt og havtorn fra Harboøre Tange. Analyser viser forhøjede indhold af PFAS i kreaturer, som har græsset på strandene samt i vildænder, som er nedlagt i området. Dette notat belyser ikke disse resultater yderligere.

2 Resultater

Resultater for PFOA, PFOS samt $\Sigma 4$ PFAS (sum af PFOA, PFOS, PFNA og PFHxS) er fremstillet i GIS-kort udarbejdet af Region Midtjylland. Kortet kan tilgås via følgende link: www.pfas.rm.dk

Analyseresultater for $\Sigma 4$ PFAS for havvand (dykkede prøver og skimmeprøver), havskum og overfladevand fremgår af bilag 1. Tabel med oversigt over analyseresultater er fremstillet i tabeller i bilag 3.

2.1 Havvand og havskum

Prøver af havvand er udtaget på 8 lokaliteter fra Thyborøn Nordstrand i nord og ned til Bøvling Klit (nord for Thorsminde). Havvand er generelt udtaget ved at neddykke prøvetagningsflasker inden låg åbnes, således der ikke kommer overfladevand i prøven.

Prøver af havvandet viser indhold af $\Sigma 4$ PFAS fra 0,55 ng/l til 6,9 ng/l. Indholdet udgøres primært af PFOS og PFOA. Højeste indhold er påvist ved referencelokalitet ved Bøvling Klit i syd. Ved prøvetagning udført af Region Midt den 21. april 2022 er der generelt påvist lavere indhold i havvandet (0,55-1,0 ng/l for $\Sigma 4$ PFAS) end ved prøvetagning udført af Lemvig Kommune (NIRAS) den 10. maj (0,79-6,9 ng/l for $\Sigma 4$ PFAS). Årsagen til lavere indhold ved prøvetagning den 21. april 2022 kan evt. tilskrives roligt vejr og hav, mens der var blæst og bølger ved prøvetagning den 10. maj 2022. Røligt hav forekommer ved fralandsvind, hvor overfladevandet blæses væk fra kysten og bundvand trækkes ind mod kysten og op mod overfladen. Ligeledes presses overfladevand ind mod kysten ved pålandsvind. Disse forhold vurderes at være årsag til de forskellige niveauer påvist den 21. april og 10. maj. 2022

Der er endvidere udtaget en prøve af havskum. Prøven blev udtaget af NIRAS i forbindelse med storm den 4. april. Prøven blev udtaget ved opsamling med hænderne (iført nitrilhandsker) af havskum i plastposer udleveret af laboratoriet (ca. 8 l.). Efter indlevering til laboratorium blev væskefasen af det kollapsede skum analyseret. Ved analyse af skum blev der påvist indhold på 120.000 ng/l ($\Sigma 4$ og $\Sigma 22$ PFAS) Heraf PFOS på 85.000 ng/l og PFOA på 21.000 ng/l. Skummet indeholdt primært PFOS og PFOA.

Ved prøvetagning af havvand den 10. maj var det planlagt at udtage yderligere prøver af havskum, som supplement til vandprøver af havvandet (dykkede prøver). Der var dog ikke tilstrækkeligt skum til, at det kunne opsamles i poser, som ved prøven udtaget den 4. april. I stedet blev det forsøgt at udtage skimmeprøver af havoverfladen, ved at holde prøvetagningsflaskerne i havoverfladen mhp. at prøvetage den øverste mm af havoverfladen. På grund af bølger var prøvetagningen besværlig og forbundet med usikkerhed. Skimmeprøverne indeholdt $\Sigma 4$ PFAS på 9,0 - 1.000 ng/l, primært PFOS og i mindre omfang PFOA. For alle prøver udtaget den 10. maj ses der generelt højere indhold i skimmeprøven end i den tilsvarende prøve af havvandet fra samme lokalitet. Ved prøvetagningen blev de højeste indhold i skimmeprøverne påvist på lokaliteter ved Fjaltring og Thyborøn Nordstrand, hvor der var roligt vand, som medførte en bedre skimning af havoverfladen. Det vurderes derfor, at de øvrige skimmeprøver underestimerer indholdet af PFAS på grund af bølger og uroligt vand.

Prøverne udtaget ved "skimmemetoden" er benævnt som havvand i Regionens GIS-kort, men er angivet ved navnet "skimmeprøve". Endvidere er disse angivet på kortbilag 1 som havvand. Hvor der forekommer to datasæt for havvand er prøven med den største værdi en skimmeprøve, mens prøven med det laveste indhold er prøve af havvandet (dykket prøve).

2.2 Grundvand

Prøverne er udtaget fra borerer filtersat i det terrænnære grundvand. Analyseresultater for indhold ved Thyborøn fremgår af bilag 2-1. Endvidere henvises der til Region Midtjyllands GIS-kort, hvor data for PFOS, PFOA og $\Sigma 4$ PFAS fremgår.

Thyborøn by

I borerne i Thyborøn er der påvist niveauer af $\Sigma 4$ PFAS på mellem 23 ng/l og 1.800 ng/l. De højeste niveauer er påvist i B19 (1.800 ng/l), der er udført i den vestlige del af Thyborøn, og i GV-B6 (600 ng/l) og i B16 (560 ng/l), der ligeledes er udført i den vestlige del af Thyborøn. PFOA og PFOS er de mest dominerende PFAS. Alle ti grundvandsprøver overskrider Miljøstyrelsens grundvandskvalitetskriterierne for PFAS $\Sigma 4$ (2 ng/l) og tre grundvandsprøver (fra den vestlige del af Thyborøn) endvidere for PFAS $\Sigma 22$ (100 ng/l).

Ved Losseplads ved Banegravssøen

Ved losseplads ved banegravssøen er der påvist indhold af $\Sigma 4$ PFAS 1.200-2.600 ng/l. Indholdet er primært PFOS og i mindre omfang PFOA.

Ved Høfde 42.

Ved Høfde 42 er der påvist indhold af $\Sigma 4$ PFAS på 1.300 – 6.800 ng/l, primært PFOS og PFOA. Ca. 1 km nord for Høfde 42 er der påvist indhold af $\Sigma 4$ PFAS på 870 ng/l. Ca. 1 km syd for Høfde 42 er der påvist indhold af $\Sigma 4$ PFAS på 570 ng/l. Indholdet i disse borerer udgøres primært af PFOS og PFOA.

2.3 Dræn

Resultater for vandprøver fra drænbrønde ved Thyborøn fremgår af bilag 2.1 – 2.3. Endvidere henvises der til Region Midtjyllands GIS-kort, hvor data for PFOS, PFOA og $\Sigma 4$ PFAS fremgår.

Der er i marts 2022 udtaget 3 prøver af drænvand inkl. ved pumpestation i området for det sydlige del af Thyborøn. Ved prøvetagning blev der påvist indhold af $\Sigma 4$ PFAS fra 92 – 470 ng/l. Højeste indhold er påvist i drænbrønd "Bag Digevej 5". I drænbrønd (R1T) ved pumpestation, som udpumper drænvand til Thyborøn Fjord er der påvist et indhold af $\Sigma 4$ PFAS på 180 ng/l. Indhold i drænvandet er primært PFOA og i mindre omfang PFOS.

Der er den 4. april 2022 udtaget 11 vandprøver fra drænsystemet under den vestlige del af Thyborøn samt to vandprøver fra drænsystemer i den østlige del af Thyborøn. Placering af drænprøver fremgår af bilag 2. I drænprøver er der påvist niveauer af $\Sigma 4$ PFAS på mellem 24 ng/l og 520 ng/l, hvor de højeste niveauer er påvist i drænbrønden "Bag Digevej 5", hvor der er påvist 520 ng/l. Drænprøver der er gentaget, svarer til niveauer målt i marts (R1T, Bag Digevej 5 og T12R040). Fordelingen af PFAS-forbindelser svarer, ligesom for grundvand fra borer, til hvad der tidligere er set ift. PFAS-fordelingen, hvor PFOA, og herefter PFOS, dominerer.

2.4 Pumpestationer

Der er udtaget fire vandprøver fra pumpestation ved hhv. den vestlige del af Thyborøn (R1T), på Ærøvej og to ved den østlige del af Thyborøn. Placering af de fire pumpestationer, benævnt R1T, R2T, R3T og R4T fremgår af bilag 2.1-2.3. Endvidere henvises der til Region Midtjyllands GIS-kort, hvor data for PFOS, PFOA og $\Sigma 4$ PFAS fremgår.

I pumpestationen (R1T) i den vestlige del af Thyborøn er der påvist niveauer af PFAS $\Sigma 4$ på 180 ng/l. I pumpestationerne i den østlige del af Thyborøn (R2T, R3T og R4T), er der påvist niveauer af PFAS $\Sigma 4$ på mellem 0,57 ng/l og 24 ng/l.

2.5 Overfladevand

Analyseresultater for $\Sigma 4$ PFAS for overfladevand er påført bilag 1. Endvidere henvises der til Region Midtjyllands GIS-kort, hvor data for PFOS, PFOA og $\Sigma 4$ PFAS fremgår. Prøvetagning omfatter vand fra vandhuller/søer samt fjorde (Thyborøn og Harboøre Fjord). Alle prøver af overfladevand er udtaget øst for klitrækkerne ved Vesterhavet, og det vurderes at overfladevandet afvandes mod øst til Limfjorden samt mod Nissum fjord ved referencelokaliteten ved Bøvling (NST, 2022) + (Lemvig kommune 2022).

Banegravssøen

I banegravssøen, beliggende sydvest for Thyborøn, er påvist indhold af $\Sigma 4$ PFAS i niveau 440 - 530 ng/l, hvor PFOA og PFOS er de primære komponenter. Søen er beliggende mellem Vesterhavet og Thyborøn Fjord.

Vandhuller Knopper Enge

For Knopper Enge viser vandprøver fra vandhuller og sø indhold af $\Sigma 4$ PFAS 90-870 ng/l. PFOS og PFOA er de dominerende forureningskomponenter.

Thyborøn Fjord og Harboøre fjord

Harboøre og Thyborøn fjord er et fjordsystem beliggende mellem Vesterhavet og Limfjorden. Harboøre Fjord afvander via en kanal til Thyborøn Fjord. Thyborøn fjord står i forbindelse med Limfjorden via en sluse i den nordlige del af Thyborøn Fjord.

I Harboøre Fjord er der påvist indhold af $\Sigma 4$ PFAS på 180-190 ng/l (4 vandprøver).

Overfladevand fra kanalen mellem de 2 fjorde viser indhold af $\Sigma 4$ PFAS på 180 ng/l (2 vandprøver).

I Thyborøn Fjord er der påvist indhold af $\Sigma 4$ PFAS på 59 – 210 ng/l (10 vandprøver). Højeste indehold er påvist i den sydlige ende ud for kanalen som forbinder Thyborøn og Harboøre Fjord (210 ng/l) samt i nordlige ende, hvor drænvand udpumpes fra den sydvestlige del af Thyborøn (påvist 150 ng/l prøve af overfladevand).

PFOS og PFOA er de dominerende forureningskomponenter.

Vandhul ved strandenge ved Bøvling (reference lokalitet)

Vandprøver fra et lavvandet vandhul beliggende på strandengen ved Nissumfjord viste et indhold af $\Sigma 4$ PFAS på 1.900 ng/l primært PFOS og PFOA. Vandhullet står i hydraulisk kontakt med Nissumfjord ved ekstrem højvande i fjorden.

2.6 Jord

Der henvises der til Region Midtjyllands GIS-kort, hvor data for PFOS, PFOA og $\Sigma 4$ PFAS fremgår.

Thyborøn by

Der er d. 31. marts og den 4. april udtaget jordprøver i tre områder. Jordprøverne er udtaget som blandeprøver á fem nedstik i dybderne 0,1 og 0,4 meter under terræn (m u.t.).

I jordprøver er der påvist indhold af $\Sigma 4$ PFAS på mellem 0,34 og 4,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS. Jordprøverne er generelt aftagende over dybden. De højeste indhold ses i OV1, som er udtaget længst mod vest. Ingen af de påviste værdier overskrider jordkvalitetskriterierne for hverken $\Sigma 4$ PFAS (10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS) eller $\Sigma 22$ PFAS (400 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS).

Høfde 42

Region Midtjylland har i april 2022 udført analyser for indhold af PFAS i jordprøver fra boringer (B203 og B204) udført i Høfde 42 depotet. Jordprøvernes indhold af $\Sigma 4$ PFAS varierer fra 0,027-8,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS. Ingen af de påviste værdier overskrider jordkvalitetskriterierne for hverken $\Sigma 4$ PFAS (10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS) eller $\Sigma 22$ PFAS (400 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS). Analyser af jordprøver fra 0,5 til 10 m u.t. viser, at indhold af PFAS primært forekommer til en dybde af 6 m u.t. med de højest påviste værdier i dybderne 0,5 m u.t. og 6,0 m u.t. i B203 og i dybden 1,5 m u.t. i B204.

Prøver af strandsand

I forbindelse med prøvetagning af havvand inkl. "skimmeprøver" den 10. maj 2022 er der udtaget 5 jordprøver af strandsand fra samme lokaliteter, hvor der blev udtaget prøver af havvandet. Jordprøverne er udtaget som blandeprøver á fem nedstik i dybden 0-0,1 m u.t. Prøverne viser indhold af $\Sigma 4$ PFAS på 0,093-1,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS. Ingen af de påviste værdier overskrider jordkvalitetskriterierne for hverken $\Sigma 4$ PFAS (10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS) eller $\Sigma 22$ PFAS (400 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS).

Strandenge ved Bøvling klit

Ved referencelokalitet ved Bøvling klit er der den 10. maj 2022 udtaget jordprøver fra område beliggende øst for Thorsmindevej på strandeng ud mod Nissum Fjord. Jordprøverne er udtaget som blandeprøver á fem nedstik i dybderne 0,1 og 0,4 meter under terræn (m u.t.). I jordprøver er der påvist indhold af $\Sigma 4$ PFAS på 51 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS (0,1 m u.t.) og 8,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS (0,4 m u.t.) Indholdet er aftagende med dybden. Indholdet er primært PFOS. Indholdet i prøven udtaget 0,1 m u.t. overskrider jordkvalitetskriterierne for PFAS $\Sigma 4$ (10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS).

Generelt havde prøven i 0,1 m u.t. et anderledes udsende med finkornet materiale, indhold af organisk stof og evt. også jernudfældninger (rød farve) formentlig gytje. Indholdet af organisk stof kan være årsag til, at der bindes mere PFAS i denne jord i forhold til mere sandede jordtyper (f.eks. strandsand som primært er kvartssand).

2.7 Græs

Prøvetagning af græs har omfattet Naturstyrelsens arealer på Knopper Enge og ved referencelokalitet ved Bøvling. Der henvises der til Region Midtjyllands GIS-kort, hvor data for PFOS, PFOA og $\Sigma 4$ PFAS fremgår.

Knopper Enge

Ved Knopper Enge (inkl. arealer syd for banegravssøen, ved Knoppervej og fra Fenne ved Thyborøn Fjord) er der påvist indhold af $\Sigma 4$ PFAS fra 1,5 – 100 $\mu\text{g/kg}$ VV (vådvægt) (gennemsnit 20 $\mu\text{g/kg}$ VV). Indholdet udgøres primært af PFOS og i en mindre andel af PFOA.

Bøvling

Ved Bøvling er der påvist indhold af $\Sigma 4$ PFAS på 4,4 $\mu\text{g/kg}$ VV, hvor PFOS udgør det primære indhold.

3 Vurdering af data

Udvalgte prøvetagningsmedier er vurderet ved at optegne indhold af PFAS (PFOS, PFOA og $\Sigma 4$ PFAS) som funktion af prøvetagningspunktets afstand til Vesterhavet. Der er lavet følgende grupperinger

- Grundvand
- Drænvand (prøvetagningsbrønde)
- Overfladevand (fra søer og fjorde)
- Jord 0,1 m u.t.
- Græs

Data fremgår af nedenstående figur 2.



Figur 2: Indhold af PFAS i grundvand, overfladevand drænvand og græs som funktion af afstand til Vesterhavet.

Grundvand: Data viser for grundvand, at indholdet varierer med afstanden til havet. Når afstanden er >300 m er indholdet faldet betydeligt. I afstande over 300 m er der fortsat påvist indhold af Σ4 PFAS op til ca. 50 ng/l, og alle de analyserede prøver af grundvand fra borerer beliggende 300-550 m fra Vesterhavet overskrider grundvandskvalitetskriteriet for Σ4 PFAS (2 ng/l). Vedr. data for grundvand er der usikkerheder, da prøver er udtaget fra borerer med forskellig dybde og placering af filtersætning. Borererne er dog alle filtersat i de terrænnære grundvandsmagasiner

og der indgår ikke vandprøver fra dybereliggende grundvandsmagasiner. Indholdet i nogle borer kan være påvirket af PFAS fra lokale kilder f.eks. indhold fra deponi og lossepladser ud over påvirkning fra Vesterhavet. Endvidere vil grundvandets strømning inkl. opsamling i dræn have betydning for udbredelse i grundvand.

Drænvand: For drænvand ses også, at indhold af PFAS falder med afstand til stranden. Indholdet er kraftigt aftagende for drænbrønde beliggende mere end 500 m fra havet. For drænvand er der flere faktorer som kan påvirke indholdet, da drænvand repræsenterer vand fra opstrøms beliggende drænrør/strenger, og det er således blandeprøver af indstrømmende grundvand fra større arealer. Endvidere forekommer der i drænsystemet strækninger med glatte rør uden dræn (blindrør) således at vandet i en given vandprøve kan stamme fra et område, der ligger betydeligt opstrøms. Vandprøver fra drænbrønde kan således stamme fra arealer som er beliggende både vest og øst for målepunktet, og derfor ikke være en præcis værdi i forhold til afstanden til Vesterhavet.

Overfladevand: For overfladevand ses det, at indholdet af PFAS overordnet falder med afstanden til Vesterhavet. Der er en række andre faktorer som også kan påvirke indholdet af PFAS i overfladevand. Overfladevand omfatter data fra mindre vandhuller, søer og fjordsystemer med forskellige karakteristika. Data vil bl.a. være afhængig af vanddybde, opholdstider, vindpåvirkning og påvirkning fra udpumpning af drænvand (Thyborøn Fjord) samt evt. bidrag fra lokale punktkilder (depoter mv.). For Thyborøn Fjord sker der formentlig en fortynding ved ind- og udstømning af havvand fra Limfjorden via sluse beliggende i den nordøstlige del af Thyborøn Fjord.

Højeste indhold påvises inden for 450 m fra Vesterhavet. Indholdet af PFAS ligger på et stabilt niveau mellem 50-300 ng/l i en afstand fra ca. 450 til 1.500 m fra Vesterhavet (omfatter primært prøver fra Thyborøn og Harboøre Fjord inkl. Kanalen der forbinder disse). Det ses, at indholdet aldrig falder til et lavt niveau, hvilket formodes at hænge sammen med en relativ lille vandudskiftning i fjordsystemerne via slusen.

Jord: Umiddelbart ses der ikke tydelige sammenhænge mellem indhold i jord (0,1 m u.t.) og afstanden til havet. Jordprøverne indeholder et relativt lille datasæt. Jordprøver omfatter desuden forskellige jordtyper herunder fyld, muld, gytje og strandsand (kvartssand), som kan have betydning for kapacitet for binding af PFAS på grund af varierende indhold af organisk stof, kornstørrelsesfordeling, vandindhold m.fl. Disse forhold er afhængige af dybden, hvorfor der ved databehandling sker en opdeling efter dybde. Der ses lignende resultater for prøverne fra 0,4 m u.t. med generelt lavere indhold af PFAS. Prøverne fra 0,4 m er ikke medtaget i figuren ovenfor. Jordprøver fra stranden (10-42 m fra havet) viser generelt de laveste indhold, hvilket vurderes at være forårsaget af, at strandsandet (kvartssand) har en lav kapacitet for binding af PFAS.

Græs: For græs ses det, at højeste indhold af PFAS forekommer inden for 500 m fra Vesterhavet, men der ses umiddelbart ikke en entydig sammenhæng. For græs er der formodentlig flere andre forhold som har betydning for det målte indhold. Græs omfatter formodentlig forskellige græsarter, forskellige underliggende jordtyper samt prøvetagning på varierende væksttidspunkter (prøvetaget februar 2022 – maj 2022), som vurderes at kunne have betydning for indhold af PFAS. Endvidere vurderes det, at resultaterne for græs kan være påvirket af PFAS fra deposition af aerosoler mv. i forbindelse med stormvejr (f.eks. ifm. prøvetagning den 4. april 2022, hvor de højeste indhold i græsset er påvist). Det vurderes at der kan afsættes aerosoler på planternes overflade, som efterfølgende skylles af græsset ved nedbør mv. Derved kan planternes optag af PFAS overestimeres.

Der ses umiddelbart en tendens til, at de højeste niveauer i grundvand, drænledninger og overfladevand forekommer i den vestlige del af det undersøgte område, og at afstand til Vesterhavet har betydning for de påviste indhold. Endvidere er der måske også en sammenhæng for jord og græs, men her kan der være andre lokale forhold, som også har betydning for indhold af PFAS. Overordnet ses dog at indholdet af PFAS aftager med afstanden til Vesterhavet. På denne baggrund vurderes det, at en mulig kilde til PFAS forureningen, kan være havskum og aerosoler (små luftbårne

partikler eller dråber), der ved stormvejr blæser ind over land fra vest, og forurener jord, grundvand, overfladevand mv. Konceptuel forståelse er beskrevet i afsnit 4.

4 Konceptuel forståelse

4.1 Indledende litteraturstudier

Ved undersøgelserne i Lemvig kommune er der i havvand under rolige vejrforhold (østenvind) påvist relativt lave indhold af PFAS, primær PFOS (0,24-0,43 ng/l) og PFOA (0,31-0,62 ng/l). De påviste indhold af PFOS er under gennemsnitsindhold på 0,43 – 1,09 ng/l af rapporteret i litteraturen for Nordsøen, mens indholdet af PFOA ligger inden for gennemsnittet på 0,054 – 0,7 ng/l (Sha et. al, 2022).

En indledende gennemgang af litteratur viser relativ ny forskning som beskriver opkoncentrering af og koncentrering af PFAS i skum og aerosoler. Undersøgelserne og forskning er sket inden for de seneste 5 år. Opkoncentrering sker dels i vandoverfladens mikrolag (50- 1000 µm), hvor PFAS forbindelser overvejende vil fordele sig i grænsefladen mellem vand og luft (sammen med en række andre overfladeaktive stoffer). Der er af rapporteret opkoncentreringsfaktorer for PFAS på en faktor 10-50 mellem vandfase og mikrolag (J.H. Johansson et. al).

Ved bølgebevægelser sker der skumdannelse. Ved skumdannelse opkoncentreres der yderligere PFAS ved, at mikrolaget "stakkes" i bobler. Opkoncentrering og forekomst PFAS-holdigt skum er bl.a. observeret og undersøgt ved søer og vandløb i Michigan, USA. Der er af rapporteret opkoncentreringsfaktorer for PFAS på 10.000 – 100.000 mellem vand og skumfase (Aecom, 2021) + (Schwichtenberg et al., 2021).

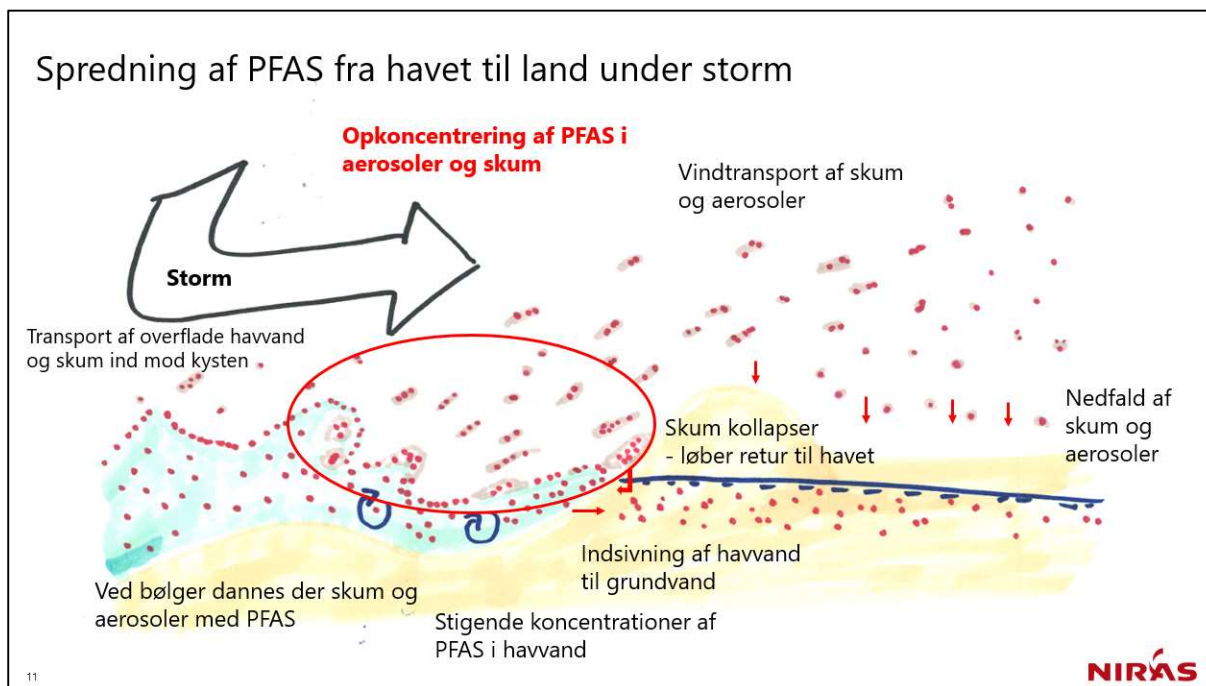
Yderligere viser forskning, at der dannes aerosoler med indhold af PFAS, når bobler skabt ved bølgeenergi stiger op til havoverfladen og brister. Dannelse af aerosoler er en kompleks proces styret af vind, salinitet, luft og vandtemperatur samt tilstedeværelse af overfladeaktive stoffer (surfactant) inkl. PFAS /Johansson et al, 2021/ + /Sha et al., 2022/. Dannelse af aerosoler med PFAS i havet vurderes at være én af flere processer, som årsag til global spredning af PFAS (Faust, 2022).

4.2 Foreløbig konceptuel forståelse

I forbindelse med stormvejr fra vestlige retninger skubbes overfladenært havvand (må ikke forveksles med "overfladevand", som her bruges ift. vandprøver fra vandhuller, søer og fjorde) med PFAS ind mod kysten, hvor havskum akkumuleres. Skummet kollapse og genopløses i havvandet, bl.a. ved at skum kollapse på standen og PFAS-holdigt vand løber retur til havet. Derved stiger indholdet af PFAS i havvandet, og der er potentiale for højere indhold af PFAS i mikrolag og havskum. Der er således en selvforstærkende proces. Ved stormvejret vil vandstanden i havet være høj, og der er potentiale for, at havvand trænger ind i det kystnære grundvand (primært vil der ske en opstuvning af grundvand).

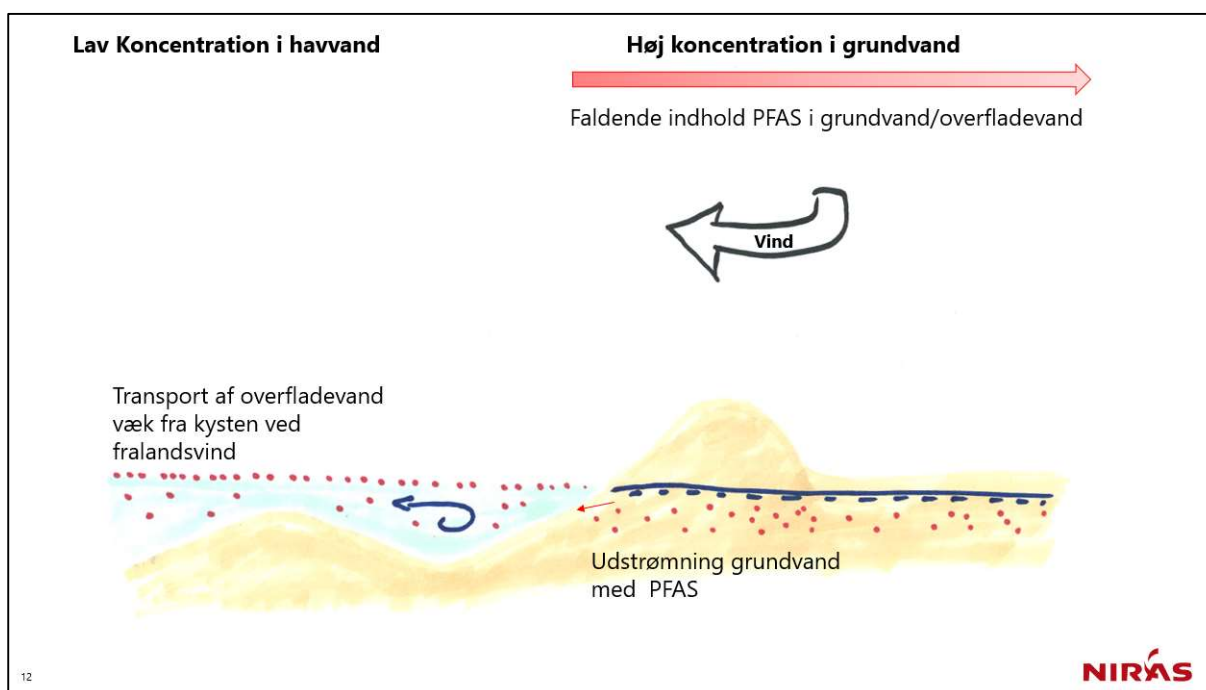
Ved stormvejr transporteres PFAS-holdigt havskum og aerosoler ind over land, hvor det depositioneres ved nedfald. Nedfaldet medfører forurening med PFAS i jord, grundvand, overfladevand mv. Det vurderes, at afstanden til havet har betydning for forureningsniveauet. Endvidere er der yderligere en række andre parametre, som formentlig har betydning; bl.a. lokale vindforhold (beliggenhed af klitter, evt. bygninger mv.), jordtype og opholdstid (i grundvand og overfladevand). Indholdet af PFAS i overfladevand kan bl.a. være påvirket af direkte nedfald samt af PFAS-holdigt grundvand samt evt. udledning af drænvand, og vandudskiftning i fjordsystemer.

Forureningssituationen ved stormvejr er på figur 3 illustreret ved konceptuel model:



Figur 3: Konceptuel model for spredning af PFAS fra havet til kystnære områder ved stormvejr.

I perioden med roligt vejr falder koncentrationen af PFAS i det kystnære havvand til et lavere niveau, da fralandsvind (østenvind) skubber overfladenært havvand (med højt indhold af PFAS) væk fra kysten, og der trækkes dybereliggende vand ind under kysten. Der vil dog også ske udstrømning af PFAS-holdigt grundvand til havstokken. Processer er illustreret på konceptuel model figur 4.



Figur 4: Konceptuel model for forurening med PFAS i havet og kystnære områder ved rolige vejrforhold.

4.3 Kilder til forurening

Umiddelbart viser undersøgelserne ved losseplads syd for Thyborøn (ved Banegravssøen) samt ved Høfde 42 depotet indhold af PFAS med lidt højere niveauer, end indhold påvist i grund- og overfladevand andre steder i det undersøgte område. Det vurderes, at der kan være bidrag fra disse kilder i de påviste indhold for grundvand, men der er også et generelt et højt indhold, som tilskrives bidrag fra havet i forbindelse med stormvejr. Undersøgelser af bidrag fra andre lokale kilder ved Thyborøn på Harboøre Tange pågår, og der afventes resultater af yderligere undersøgelser.

Fund af PFAS i havvand ved referencelokaliteterne ved Fjaltring og Bøvling viser betydelige indhold sammenlignet med prøverne ved Thyborøn og Harboøre Tange. Fund af høje indhold af PFAS i jord, overfladevand og græs ved engareal ved referencelokaliteten ved Bøvling Klit viser, at der sandsynligvis sker en påvirkning med PFAS fra havet langs hele Vestkysten i Lemvig Kommune, og at forureningen formodentligt ikke et problem, som alene er isoleret til Thyborøn og Harboøre Tange. Potentiel kan forureningen omfatte et større område af Vestkysten.

5 Referencer

AECOM 2021: Surface Water Foam Study, Report, AECOM Michigan Department of Environment, Great Lakes, and Energy. January 07, 2021

Johansson et al. 2019: Global transport of perfluoroalkyl acids via sea spray aerosol (SSA). J.H. Johansson et.al. Environmental Science: Processes & Impact, Issue 4, 2019.

Faust, 2022: PFAS on atmospheric aerosol particles: a review. Jennifer A. Faust, Environmental Science – Processes & Impact. Royal Society of Chemistry. April 2022.

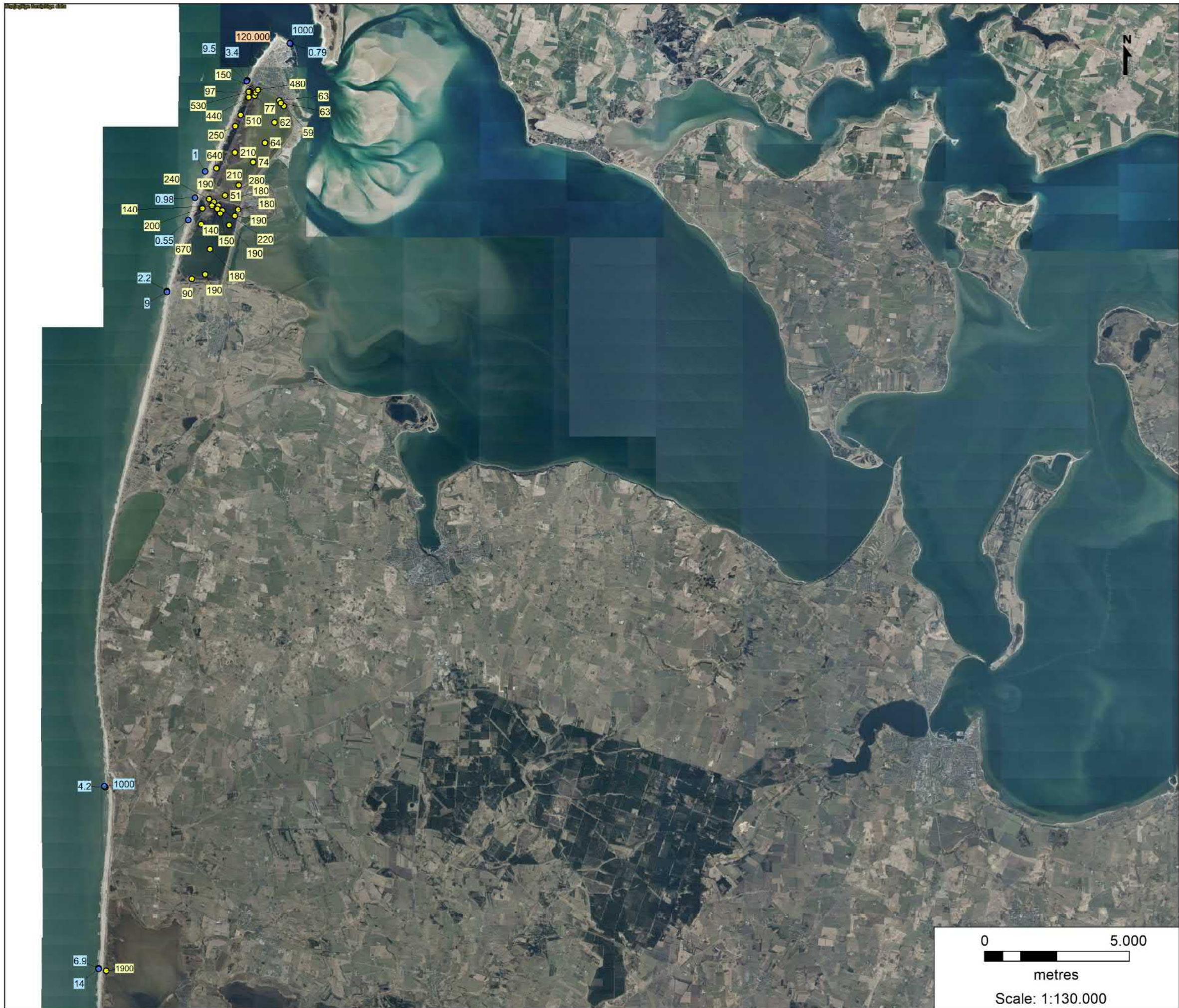
Lemvig kommune 2022: Lemvig kommune, personlig kommunikation 2022.

NST, 2022: Naturstyrelsen Vestjylland, personlig kommunikation 2022.

Schwichtenberg et al., 2021: PFAS and Dissolved Organic Carbon Enrichment in Surface Water Foams on a Northern U.S. Freshwater Lake

Sha et al, 2001: Sea Spray Aerosol (SSA) as a Source of Perfluoroalkyl Acids (PFAAs) to the Atmosphere: Field Evidence from Long-Term Air Monitoring. Environmental Science & Technology, 2022, vil 56, p 228-238.

Bilag 1 – Situationsplan hav- og overfladevandsprøver



Signaturer:

Indhold af PFAS sum4, ng/l:

- 120 Indhold af PFAS sum4 i overfladevand
- 120 Indhold af PFAS sum4 i havvand
- 120 Indhold af PFAS sum4 i havskum

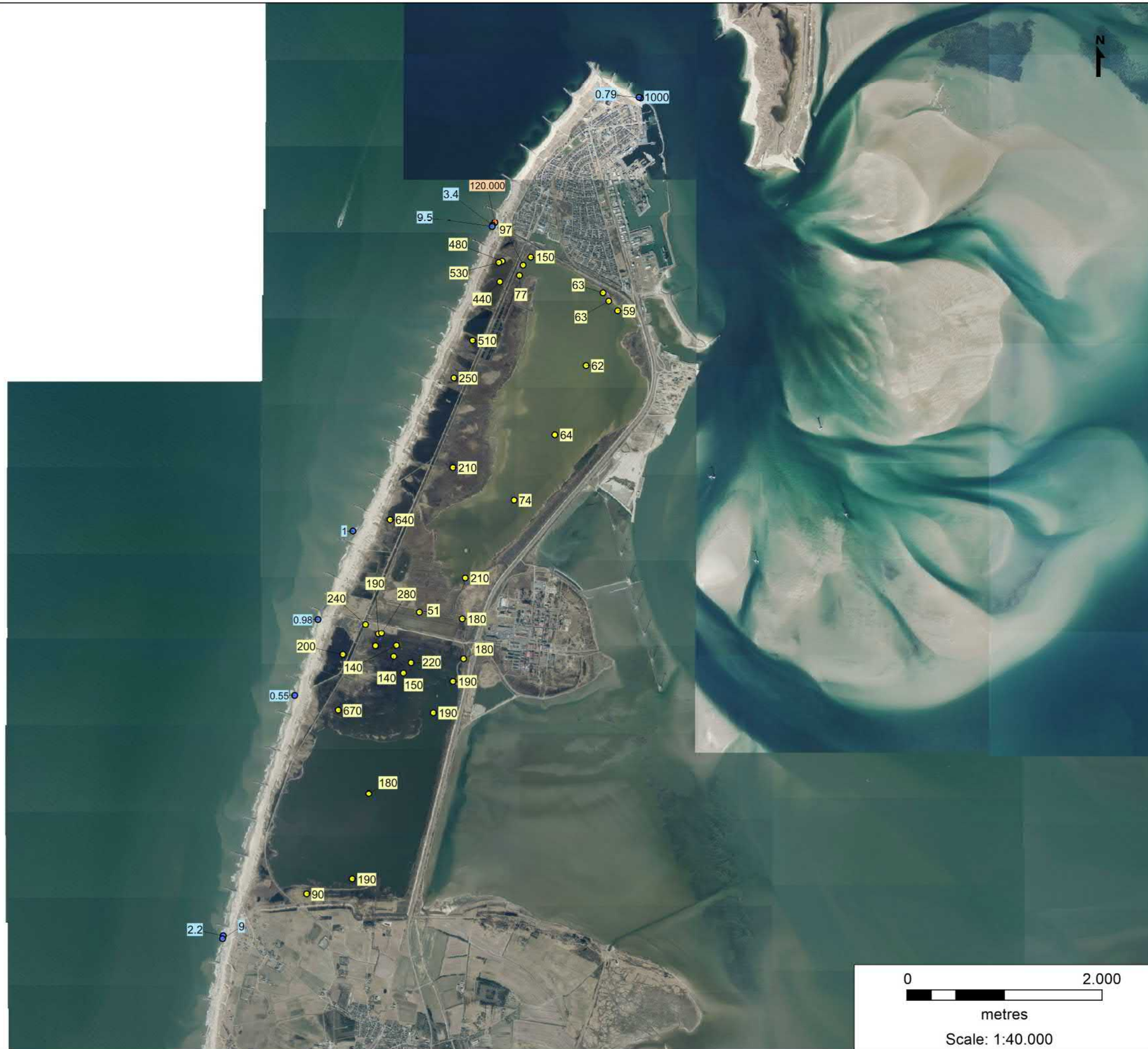
Bilag 1

**Lemvig Kommune
Undersøgelse for PFAS**

Situationsplan m. resultater med PFAS sum4
i havvand, overfladevand og havskum

Rev.:
Dato: Juni 2022
Udarb.: JKD
Kontrol: ANBH
Sagsnr.: 10415150

NIRAS
Ceres Alle 3
8000 Aarhus C
www.niras.dk



Signaturer:

Indhold af PFAS sum4, ng/l:

- 120 Indhold af PFAS sum4 i overfladevand
- 120 Indhold af PFAS sum4 i havvand
- 120 Indhold af PFAS sum4 i havskum

Bilag 1.1

Lemvig Kommune Undersøgelse for PFAS

Situationsplan m. resultater med PFAS sum4
i havvand, overfladevand og havskum

Rev.:
Dato: Juni 2022
Udarb.: JKD
Kontrol: ANBH
Sagsnr.: 10415150

NIRAS

Ceres Alle 3
8000 Aarhus C
www.niras.dk

Bilag 2 – Drænprøver i Thyborøn



\\Niras.introot\PROJ\10415150\ACAD\Bilag Thyborøn_vand.dwg
02-04-2020 08:07:11



0 25 50 75 100m

Signaturer:

Mrd/ år	PFOS	PFOA	PFAS Σ4
April 22	89	360	520

Alle resultater er i ng/l

Sag: PFAS undersøgelse, Lemvig Kommune

Projekt nr.: 10415150

Fase:

Emne: Prøveudtagning drænvand, Thyborøn

Tegn. nr.:

Rev.:

Bilag 2.3

Dato: 08.06.2022 Udf.: HHL Kont.: ANBH Godk.: NCD Mål: 1:1000

Side:



Østre Havnegade 12, 9000 Aalborg
aalborg@niras.dk | +45 9630 6400

Bilag 3 – Analyseresultater, tabeller

HAV

NORD

Lokalitet	Provedybde m	TypeT	Dato	PFOS	PFOA ng/l	SUM4	proeveID	Middel- vind	Højeste vindstød	Retning
Thyborøn	0,005 0,2	Havvand (skimme) Havvand	10/05/2022 10/05/2022	960 0,37	13 0,42	1000 0,79	Skimme5 Hav5	7	17,1	↗
		Havvand								
		Havvand								
Høfde 42	0,005 0,2	(skimme) Havvand Havskum Havvand	10/05/2022 10/05/2022 05/04/2022 21/04/2022	5,6 1,9 85000 0,24	2,7 1,2 21000 0,31	9,5 3,4 120000 0,55	Skimme1.2 Hav1.2 Havskum1 Havvand - SYD	9,4	24,5	→
Harborøre	0,2	Havvand Havvand Havvand	21/04/2022 21/04/2022 10/05/2022	0,36 0,43 1,1	0,62 0,59 1,1	0,98 1 2,2	Høfde 42 Havvand - NORD Hav4	7,6	15,4	↘
Fjaltring	0,005 0,2	(skimme) Havvand	10/05/2022 10/05/2022	4,6 2	3,1 1,8	9 4,2	Skimme4 Hav3	7	17,1	↗
		Havvand								
Bøvling Klit	0,005 0,2	(skimme) Havvand Havvand	10/05/2022 10/05/2022	820 3	120 2,7	1000 6,9	Skimme3 Hav2	7	17,1	↗
	0,005	(skimme)	10/05/2022	9,1	3,4	14	Skimme2			

SYD

JORD

NORD

Lokalitet	Provedybde m u.t.	TypeT	Dato	PFOS	PFOA µg/ kg ts	SUM4	proeveID
Thyborøn	0-0,1	SAND	10/05/2022	0,093		0,093	SAND5
	0-0,1	SAND	10/05/2022	0,28	0,053	0,33	SAND1.2
	0,1	Jord	31/03/2022	3,9	0,4	4,5	OV1
	0,4	Jord	31/03/2022	1,8	0,19	2	OV1
	0,1	Jord	05/04/2022	1,5	0,47	2	OV2
	0,4	Jord	05/04/2022	0,44	0,27	0,71	OV2
	0,1	Jord	05/04/2022	0,84	0,11	0,95	OV3
	0,4	Jord	05/04/2022	0,28	0,062	0,34	OV3
	0,5	Jord	05/04/2022	1,8	6,5	8,7	B203
	1,5	Jord	05/04/2022	0,89	3,2	4,2	B203
	3	Jord	05/04/2022	1,1	1,7	2,9	B203
	6	Jord	05/04/2022	7,3	0,7	8	B203
	8	Jord	05/04/2022	0,25	0,11	0,36	B203
	9	Jord	05/04/2022	0,13	0,07	0,2	B203
	10	Jord	05/04/2022	0,062		0,062	B203
Høfde 42	0,5	Jord	05/04/2022	0,18		0,18	B204
	1,5	Jord	05/04/2022	5,1	2,1	7,4	B204
	3	Jord	05/04/2022	0,88	0,99	1,9	B204
	6	Jord	05/04/2022	0,3		0,3	B204
	8	Jord	05/04/2022	0,58	1,8	2,7	B204
	9	Jord	05/04/2022		0,057	0,057	B204
	10	Jord	05/04/2022	0,072		0,072	B204
	0-0,1	SAND	10/05/2022	0,91	0,39	1,5	SAND4
	0-0,1	SAND	10/05/2022	0,34	0,07	0,41	SAND3
	0-0,1	SAND	10/05/2022	0,16	0,083	0,24	SAND2
Bøvling Klit	0,1	Jord	10/05/2022	47	2,7	51	GRÆS11 JORD 0,1 M U.T.
	0,4	Jord	10/05/2022	7	1,2	8,7	GRÆS11 JORD 0,4 M U.T.

SYD

GRUNDEVAND

NORD

Lokalitet	Dato	PFOS	PFOA ng/l	SUM4	proeveID
Thyborøn	04/04/2022	7,9	12	23	B21
	04/04/2022	11	24	39	B20
	04/04/2022	110	420	600	B6
	04/04/2022	20	32	59	B5
	04/04/2022	9,6	13	26	B4
	04/04/2022	540	1000	1800	B19
	04/04/2022	11	30	48	B18
	04/04/2022	15	23	45	B17
	04/04/2022	71	410	560	B16
	04/04/2022	8,1	28	43	B15
Høfde 42	18/03/2022	120	1400	1700	
	18/03/2022	70	1000	1300	43.322 / V79
	18/03/2022	290	2600	3300	
	18/03/2022	800	980	2000	
	06/04/2022	550	200	870	
	06/04/2022	270	230	570	
	30/11/2021	2100		2600	
	30/11/2021	840	360	1300	
	30/11/2021	610	440	1200	
	30/11/2021	620	970	1800	
SYD	21/04/2022	3000	2100	5400	B204
	21/04/2022	3000	3200	6800	B203

OVERFLADEVAND

NORD

Lokalitet	Dato	PFOS	PFOA ng/l	SUM4	proeveID
Høfde 42	30/11/2021	230	180	480	
	19/04/2022	28	90	140	
	19/04/2022				MV 13 - data mangler fortsat
	19/04/2022	13	41	63	MV6
	19/04/2022	19	48	77	MV5
	19/04/2022	30	55	97	MV4
	19/04/2022	54	75	150	MV3
	19/04/2022	91	280	440	MV2
	19/04/2022	36	120	180	MV21
	19/04/2022	37	120	180	MV24
	19/04/2022	70	110	210	MV12
	19/04/2022	11	52	74	MV11
	19/04/2022	8,6	47	64	MV10
	19/04/2022	11	42	62	MV9
	19/04/2022	11	39	59	MV8
	19/04/2022	12	42	63	MV8
	19/04/2022	94	120	240	MV25
	19/04/2022	160	100	280	MV16
	19/04/2022	34	87	140	MV14
	19/04/2022	51	140	220	MV18
	19/04/2022	37	120	190	MV22
	19/04/2022	41	120	190	MV20
	19/04/2022	38	120	190	MV19
	19/04/2022	29	97	150	MV15
	19/04/2022	35	120	180	MV23
	19/04/2022	140	310	530	MV1 / MV26
	17/02/2022	200	240	510	Syd for banegravssøen
	05/04/2022	52	160	250	VP-Græs4
	05/04/2022	59	120	210	VP-Græs5
	05/04/2022	28	530	640	VP-Græs6
Harbøre Tar	05/04/2022	6,8	36	51	VP-Græs7
	17/02/2022	66	100	190	Sø ved Knoppenvej
	05/04/2022	5,4	160	200	VP-Græs8
Bøvling Klit	05/04/2022	240	370	670	VP-Græs9
	05/04/2022	36	44	90	VP-Græs10
	10/05/2022	670	970	1900	VP-Græs11

SYD

DRÆN

Dato	PFOS	PFOA ng/l	SUM4	proeveID
04/04/2022	16	40	64	T03R030
04/04/2022	16	33	56	T12R060
04/04/2022	25	90	130	T12D952
04/04/2022	16	33	56	T12R040
04/04/2022	14	22	41	T12R183
04/04/2022	59	110	190	T04D927
04/04/2022	37	72	120	T04D912
04/04/2022	15	6	24	T04D902
04/04/2022	19	23	47	T04D152
04/04/2022	89	360	520	Bag Digevej 5
04/04/2022	33	120	180	R1T
04/04/2022	9,7	8,1	20	R2T
04/04/2022	0,24	0,33	0,57	R3T
04/04/2022	10	11	24	R4T

GRÆS

Dato	PFOS	PFOA µg/kg vv	SUM4	proeveID
05/04/2022	3,7	1,5	5,8	Græs5
05/04/2022	9,8	2,8	14	Græs4
05/04/2022	21	8,3	32	Græs6
05/04/2022	2,2	0,8	3,3	Græs7
05/04/2022	75	21	100	Græs8
05/04/2022	31	1,8	34	Græs9
05/04/2022	1,4	1,1	2,9	Græs10
21/02/2022	3,6	0,14	3,9	Syd for banegravssøen
21/02/2022	1,2	0,14	1,5	V. Knoppenvej
21/02/2022	2,2	0,38	2,8	Fenne v. Thyborøn Fjord
10/05/2022	3,5	0,58	4,4	Græs11