



Miljø- og
Ligestillingsministeriet
Miljøstyrelsen

Kortlægning af PFAS-forurennet jord Mængder og mulig håndtering

Miljøprojekt nr. 2299

Marts 2025



Titel: Kortlægning af PFAS-forurenet jord
Mængder og mulig håndtering

Formål:

Denne rapport indeholder en kortlægning af den mængde PFAS-forurenet jord over jordkvalitetskriteriet, der bliver opgravet samt en kortlægning af potentialerne for opbevaring af den PFAS-forurenede jord.

Udarbejdet af: Projektet er udført af NIRAS og WSP Danmark for Miljøstyrelsen (MST).

Udarbejdet for: Miljøstyrelsen

Finansieret af: Miljøstyrelsen

Leveringsdato for rapport: 2. december 2024

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Lise Skovsgaard Nielsen, NIRAS

Katrine Hauge Smith, WSP Danmark

ISBN: 978-87-7038-728-6

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse

Indhold

1.	Forord	4
2.	Sammenfatning og konklusioner	5
2.1	Opgravede mængder af jord med PFAS over jordkvalitetskriteriet	5
2.2	Potentialer for jordopbevaring ifølge branchen	7
3.	Summary and Conclusions	9
3.1	Excavated amounts of soil with PFAS above the soil quality criterion	9
3.2	Potentials for soil storage according to the industry	10
4.	Indledning	13
4.1	Baggrund	13
4.2	Formål	13
5.	Rammebetingelser	14
5.1	Grænseværdier for PFAS-forurening	14
5.2	Jordforureningsloven og ansvarlige aktører	14
5.3	Miljøbeskyttelsesloven	16
6.	Metode	18
6.1	Litteraturanalyse	18
6.2	Dataindsamling	18
6.3	Interviews	19
6.4	Workshops	20
7.	Kortlægning af PFAS-forurenede jordmængder	21
7.1	PFAS-forurenet jord – kilder	21
7.2	Forskellige typer mængder af PFAS-forurenet jord	23
7.3	Regionernes data	24
7.4	Andre aktørers data	30
7.4.1	Opskalering af data	31
7.5	Trends, der påvirker jordmængderne	35
7.6	Opgravede mængder – nu og 10 år frem	36
7.6.1	Regionernes indsats	36
7.6.2	Samlede mængder	38
8.	Potentiale for jordopbevaring	40
8.1	Jordmængder med PFAS til opbevaring	40
8.2	Danske løsninger	41
8.3	Eksport	46
8.4	Vurdering af klimaeffekter ved transport af jord	46
9.	Referencer	49
Bilag 1.Interviewguide		50
Bilag 2.Behandlingsmetoder for PFAS-forurenet jord		53
Bilag 3.Gruppespørgsmål til første workshop		55
Bilag 4.Gruppespørgsmål til anden workshop		57

1. Forord

Denne rapport indeholder en kortlægning af den mængde PFAS-forurenet jord over jordkvalitetskriteriet, der bliver opgravet samt en kortlægning af potentialerne for opbevaring af den PFAS-forurenede jord.

Projektet er gennemført i perioden 1. september 2024 til 2. december 2024.

Projektet er udført af NIRAS og WSP Danmark for Miljøstyrelsen (MST).

Projektet er udarbejdet af en projektgruppe bestående af:

Lise Skovsgaard, NIRAS, Katrine Hauge Smith, WSP Danmark, Søren Helt Jessen, NIRAS, Katerina Tsitonaki, WSP Danmark, Bolette Badsberg Jensen, WSP Danmark, Karen Andreasen, WSP Danmark, Birgitte Larsen, WSP Danmark og Camilla Damgaard, NIRAS. NIRAS har stået for kvalitetssikring.

Der blev afholdt 2 workshops i projektperioden med deltagere fra branchen. Følgende aktører deltog i første eller anden workshop, de fleste aktører deltog i begge workshops:

- Ditte Lykkesborg Scrøder, Region Hovedstaden
- Isabella Sand Petersen, MST
- Julie Katrine Jensen, Norrecco
- Julie Kofoed, Danske regioner
- Lene Søe, Region Sjælland
- Louise Sorgenfrei Olesen, RGS-Nordic
- Maiken Lundstad Nielsen, MST
- Martin Engelman Pedersen
- Mette-Marie Mygind, Forsvarsministeriets Ejendomsstyrelse
- Mikkel Haupt, Slagelse kommune
- Nina Eberhardtsen Nadzieja, MST
- Pia Bjerggårde, Roskilde kommune
- Søren Frederik Andersen, MST
- Thomas Munksgaard, RGS-Nordic

2. Sammenfatning og konklusioner

Hovedformålet med projektet er at kortlægge mængden af PFAS-forurenet jord i Danmark, samt at afklare potentialerne for national opbevaring af PFAS-forurenet jord.

Håndteringen af PFAS-forureningen er kompliceret, da der er mange typer af PFAS-forbindelser med meget forskellige fysisk-kemiske egenskaber. Derfor er håndtering af PFAS forureninger mere afhængig af de enkelte forbindelser, end man ellers typisk ser for andre stofgrupper af forurenende stoffer

Ved PFAS-forurenet jord menes i udgangspunktet forurening, der *overstiger* jordkvalitetskriteriet, og som derfor skal opgraves og bortskaffes. I nogle sammenhænge kræves dog også opgravning af jord som indeholder PFAS-forurening under jordkvalitetskriteriet. Derfor opstår der også behov for opbevaring og genanvendelse af PFAS-forurenet jord under jordkvalitetskriteriet.

Kortlægningen af mængderne af PFAS-forurenet jord dækker over PFAS-forurenet jord, der *overstiger* jordkvalitetskriteriet og dækker i udgangspunktet den mængde forurenet jord, der forekommer ved punktkildeforurening, dvs. påbudssager og regionernes indsats. Med udgangspunkt i en baseline vurderes det efterfølgende, om mængden af PFAS-forurenet jord, der skal opgraves, vil stige eller falde i løbet af de kommende 10 år, og i så fald med hvor meget.

Parallelt med kortlægningen af PFAS-forurenet jord vurderes mulighederne for (midlertidig) opbevaring og klimaeffekter forbundet med transport af den PFAS-forurenede jord *over* og *under* jordkvalitetskriteriet.

Kortlægningen er bl.a. foregået ved interview af relevante aktører og afholdelse af to workshops med det formål at samle op og kvalificere resultater fra dataindsamlingen. Til begge workshops var inviteret relevante aktører og PFAS-eksperter fra NIRAS og WSP.

Det blev estimeret, at der vil fremkomme mellem 150.000 og 500.000 tons jord med PFAS *over* jordkvalitetskriteriet de næste 10 år. Der blev ikke fundet en tilsvarende kapacitet til at opbevare/behandle denne jord. De forurenede mængder forventes fordelt over hele landet, og en løsning kan være at oprette 3 specialindrettede enheder til deponi eller oprensning som er jævnt geografisk fordelt over hele landet.

2.1 Opgravede mængder af jord med PFAS over jordkvalitetskriteriet

Et delmål for projektet er at estimere mængderne af PFAS-forurenet jord over jordkvalitetskriteriet, der bliver opgravet nu og de næste 10 år frem.

Der er forskellige kilder til PFAS-forurening i jord. PFAS kan forekomme som punktkildeforurening, hvor der er en kraftig forurening fra et mindre afgrænset område, fx i form af et spild. Udover dette kan PFAS forekomme som en diffus forurening, hvor forureningen er udbredt over et større område, men i lavere koncentrationer. En række undersøgelser af diffus PFAS-foru-

rening af jord viser, at den diffuse forurening sjældent vil overskride de nuværende jordkvalitetskriterier. Derfor har fokus i projektet været rettet mod at opgøre mængderne fra de industrielle punktkilder.

Der findes ikke data, der direkte kan opgøre størrelsesordenen på opgravede jordmængder med PFAS over jordkvalitetskriteriet i 2024. De opgjorte mængder er derfor estimerede mængder baseret på et bedste gæt ud fra dels indsamling og behandling af data om jordforureninger med PFAS og dels indhentning af oplysninger fra relevante aktører.

Det er i projektet estimeret, at der i 2024 blev gravet mindre end 10.000 tons jord væk, der er forurennet med PFAS over jordkvalitetskriteriet på tværs af aktørgrupper. Estimatet bunder i, at det gennem interviews, data og workshop fremgår, at der ikke er meget jord med PFAS over jordkvalitetskriteriet, der bliver afgravet. Projektgruppen er blevet bekendt med afgravede mængder på omkring 6.000 tons, heraf er der fremkommet borejord fra forureningsundersøgelser, som har været svært at bortskaffe. Mængderne fra borejord er estimeret til årligt at være under 1.000 tons PFAS-forurennet jord over jordkvalitetskriteriet.

At der ikke er gravet mere jord væk, kan skyldes det forhold, at det er meget svært at komme af med den jord, der bliver afgravet. Hvis der havde været løsninger, hvorved jorden kunne bortskaffes, ville der sandsynligvis være blevet bortgravet mere.

Der er i projektet lavet en prognose for, hvad der kan forventes af mængder af forurennet jord med PFAS over jordkvalitetskriteriet for alle aktørgrupper de næste 10 år. I prognosen er det forudsat, at der findes løsninger til at bortskaffe jorden i Danmark.

Det estimeres, at de største mængder vil komme fra en privat indsats, enten som følge af oprensningsspåbud eller en ændring af arealanvendelsen på en forurennet grund, og ikke den offentlige indsats. Derudover vil der være nogle sager, hvor virksomheder frivilligt vælger at undersøge og bortgrave jorden.

Det forventes, at der opgraves færre mængder i starten af 10-årsperioden, og at der i løbet af perioden vil komme et stigende fokus på PFAS og øget viden om forekomster. Derudover forventes der om 4-5 år at komme en stigning i mængden af oprensningsspåbud.

Samtidig forventes det også, at der vil være en udvikling inden for oprensningsteknologi, hvor der særligt for store sager vil være et fokus på at oprense on site eller in situ.

De estimerede bedste gæt for opgravede mængder af PFAS-forurennet jord over jordkvalitetskriteriet de næste 10 år er fordelt på 3 scenarier:

- **Scenarie a:** 150.000 tons over 10 år: Dette er et gæt, der baserer sig på, at en stor del af den forurenede jord ikke bliver gravet op.
- **Scenarie b:** 300.000 tons over 10 år: Dette gæt baserer sig på, at der fremtidigt vil blive fundet flere PFAS-forureninger med forurening over jordkvalitetskriteriet, men hvor det samtidig vurderes, at en del af forureningen ikke graves op.
- **Scenarie c:** 500.000 tons over 10 år: Dette gæt baserer sig på, at der fremtidigt vil blive fundet flere PFAS-forureninger, og hvor der i høj grad bliver valgt afgravningsløsninger.

Det bemærkes, at der for jordmængderne i dette projekt alene er opgjort mængder af jord med PFAS over jordkvalitetskriteriet. Det forventes, at mængderne af jord med PFAS under jordkvalitetskriteriet vil være betydeligt større.

2.2 Potentialer for jordopbevaring ifølge branchen

I dag er der begrænsede muligheder for midlertidig opbevaring af PFAS-forurenede jord i Danmark og fra branchen gives der udtryk for et behov for mere klare retningslinjer for krav til oprensning og håndteringen af PFAS-forurenede jord i forbindelse med opbevaring. Der er en generel opfattelse blandt både myndigheder og kommercielle aktører, at PFAS-jordforureningen på længere sigt skal kunne løses inden for Danmarks grænser, men inden det kan ske har aktørerne givet udtryk for et behov for en større afklaring ift. muligheder og krav fra myndigheder.

Fra interviews fremgår det at de fleste jordbehandlingsanlæg er tilbageholdende med at modtage PFAS-forurenede jord på grund af usikkerhed omkring retningslinjer og økonomiske konsekvenser ved at modtage og evt. behandle PFAS-forurenede jord. Hvor risikoen for udvaskning af PFAS til perkolat, dræn- og spildevand især er betydende. Samtidig er der usikkerhed omkring efterspørgslen på rensning af PFAS-forurenede jord, hvilket gør det svært at investere i et dyrt rensningsanlæg.

Der er fortsat meget at lære om PFAS-forurenede jord og mulighederne for at oprense jorden. Samtidig oplever flere aktører en usikkerhed i forhold til, hvad de kan og skal, hvis de opbevarer og håndterer jord med PFAS-forurening. Grundet det aktuelle fokus på udfordringerne ved PFAS frygtes ændringer i jordkvalitetskriteriet samt opfølgende revurderinger af eksisterende godkendelser med skærpede krav til fx belægningstype, overdækning og rensning af perkolat.

I branchen opfattes PFAS-forurenede jord med en forurening under jordkvalitetskriteriet fortsat som PFAS-forurenede. Selvom der synes at være en større åbenhed for på sigt at opbevare PFAS-forurenede jord under jordkvalitetskriteriet er der fortsat en stor usikkerhed i forhold til krav til midlertidig opbevaring og muligheder for at komme af med jorden til nyttiggørelse. Lynetteholmen opfattes i skrivende stund som eneste modtager af PFAS-forurenede jord under jordkvalitetskriteriet til nyttiggørelse.

Efterhånden som flere kommuner beder om måling for PFAS-forurening, bliver der også fundet mere jord med PFAS-forurening, dog ofte under jordkvalitetskriteriet. Selvom fund af PFAS-forurenede jord ikke altid udløser et krav om rensning af jorden, er en konsekvens heraf, at jordbehandlingsanlæggene (jordrenseanlæg) ser et stigende antal henvendelser om behov for at håndtere netop PFAS-forurenede jord under jordkvalitetskriteriet. Det vurderes, at mængderne af PFAS-forurenede jord under jordkvalitetskriteriet er væsentligt større end mængderne af PFAS-forurenede jord over jordkvalitetskriteriet.

I løbet af sommeren 2024 er det lykkedes Norrecco at få en eksporttilladelse til at eksportere 100.000 ton PFAS-forurenede jord over jordkvalitetskriteriet til et norsk deponi (Perpetuum) i Nordnorge, der har specialiseret sig i at kunne deponere PFAS-forurenede jord. Tilladelsen er baseret på forventede fremtidige mængder og ikke faktisk opgravede mængder.

Med muligheden for at eksportere den PFAS-forurenede jord til Norge, er der kommet en mulighed for afsætning af den PFAS forurenede jord, hvilket også kan betyde en større villighed til at analysere jorden. Det kan være med til at skabe et bedre overblik over, hvor meget der faktisk findes af store mængder PFAS-forurenede jord. Der er dog samtidig en generel indstilling blandt både myndigheder og aktører i markedet om, at Danmark helst skulle kunne håndtere egen jordforurening

En generel tilbagemelding fra branchen på workshops og i interviews er, at deponering i Danmark foretrækkes frem for at eksportere jorden. Deponering af PFAS-forurenede jord er dog ikke uden udfordringer og der kræves nøje opmærksomhed på monitorering, udvaskning over tid

og risikoen for oversvømmelser grundet klimaforandringer (Miljøstyrelsen, 2022)¹. Eftersom deponeringsanlæg risikerer at påvirke omgivelserne i 30-700 år, bør det overvejes, om behandlingsmuligheder som jordvask og destruktion af stoffer kunne være en bedre løsning end deponering, eller i hvert fald en del af løsningen.

Eksport af fx 100.000 ton PFAS-forurenet jord til vores nabolande vil have en klimaeffekt på omkring 2.000-5.000 ton CO₂e, til sammenligning forventes en samlet udledning i transportsektoren i 2030 på omkring 8,4 mio. ton CO₂e. Klimaeffekten vil naturligvis være lavere, hvis de store jordmængder holdes i Danmark.

¹ Se den fulde afrapportering: [Metodik til stedsspecifik risikovurdering ved deponering af affald - Miljøstyrelsen](#)

3. Summary and Conclusions

The main purpose of this project is to map the amount of PFAS-contaminated soil in Denmark, as well as to clarify the potentials for national storage of PFAS-contaminated soil.

The management of PFAS contamination is complicated, as there are many types of PFAS compounds with very different physicochemical properties. Therefore, the management of PFAS contaminants is more dependent on the individual compounds than what is otherwise typically seen for other groups of contaminants.

PFAS-contaminated soil generally refers to pollution that *exceeds* the soil quality criterion and which must therefore be excavated and disposed of. In some contexts, however, excavation of soil containing PFAS contamination is also required for soil with contaminations *under* the soil quality criterion. Therefore, there is also a need for temporary storage and recycling of PFAS-contaminated soil under the soil quality criterion.

The mapping of the amounts of PFAS-contaminated soil covers PFAS-contaminated soil that *exceeds* the soil quality criterion and basically covers the amount of contaminated soil that occurs in connection with point source pollution, i.e. injunction cases and the regions' efforts. Based on a baseline, it is subsequently assessed whether the amount of PFAS-contaminated soil to be excavated will increase or decrease over the next 10 years, and if so, by how much.

In parallel with the mapping of PFAS-contaminated soil, the possibilities for (temporary) storage and climate effects associated with the transport of the PFAS-contaminated soil *above* and partly *below* the soil quality criterion are assessed.

The mapping has been carried out through interviews with relevant agents and two workshops with the aim of collecting and qualifying results from the data collection. Relevant agents and PFAS experts from NIRAS and WSP were invited to both workshops.

It was estimated that between 150,000 and 500,000 tonnes of soil with PFAS *will exceed* the soil quality criterion over the next 10 years. No equivalent capacity was found to store/treat this soil. The contaminated quantities are expected to be distributed throughout the country, and a solution may be to create 3 specially designed units for landfill or remediation that are evenly geographically distributed throughout the country.

3.1 Excavated amounts of soil with PFAS above the soil quality criterion

A sub-goal of the project is to estimate the amounts of PFAS-contaminated soil above the soil quality criterion that will be excavated now and for the next 10 years.

There are various sources of PFAS contamination in soil. PFAS can occur as point source contamination where there is heavy contamination from a less defined area, e.g. in the form of a spill. In addition, PFAS can occur as a diffuse contaminant, where the contaminant is widespread over a larger area, but in lower concentrations. A number of studies of diffuse PFAS contamination of soil show that the diffuse contamination will rarely exceed the current soil quality criteria. Therefore, the focus of the project has been on calculating the volumes from the industrial point sources.

There is no data that can directly calculate the order of magnitude of excavated soil volumes with PFAS above the soil quality criterion in 2024. The calculated amounts are therefore estimated amounts based on a best guess from collected and processed data on soil contamination with PFAS and collected information from relevant agents.

In the project, it is estimated that in 2024, less than 10,000 tonnes of soil contaminated with PFAS were dug away above the soil quality criterion across stakeholder groups. The estimate is based on the fact that through interviews, data and workshops, it appears that there is not much soil with PFAS above the soil quality criterion that is being excavated. The project group has become aware of excavated quantities of around 6,000 tonnes, of which drilling soil has emerged from pollution studies that have been difficult to dispose of. The amounts from drill soil are estimated to be less than 1,000 tonnes of PFAS-contaminated soil annually above the soil quality criterion.

The fact that no more soil has been dug away may be due to the fact that it is very difficult to get rid of the soil that is being excavated. If there had been solutions by which the soil could be disposed of, more would probably have been excavated.

The project has made a forecast of what can be expected in terms of amounts of contaminated soil with PFAS above the soil quality criterion for all stakeholder groups over the next 10 years. The forecast assumes that there are solutions to dispose of the soil in Denmark.

It is estimated that the largest amounts will come from a private effort, either as a result of a clean-up order or a change of land use on a contaminated site, and not the public effort. In addition, there will be some cases where companies voluntarily choose to investigate and excavate the soil.

It is expected that fewer volumes will be excavated at the beginning of the 10-year period, and that during the period there will be an increasing focus on PFAS and increased knowledge about occurrences. In addition, in 4-5 years, there is expected to be an increase in the amount of clean-up orders.

At the same time, it is expected that there will be a development in remediation technology, where there will be a focus on remediation on site or in situ especially for large cases.

The estimated best guesses for excavated amounts of PFAS-contaminated soil above the soil quality criterion over the next 10 years are divided into 3 scenarios:

- **Scenario a:** 150,000 tons over 10 years: This is a guess based on the fact that a large part of the contaminated soil will not be dug up.
- **Scenario b:** 300,000 tonnes over 10 years: This guess is based on the fact that more PFAS contamination will be found in the future with contamination above the soil quality criterion, but where it is also assessed that some of the contamination will not be dug up.
- **Scenario c:** 500,000 tonnes over 10 years: This guess is based on the fact that more PFAS contaminations will be found in the future, and where excavation solutions will be chosen to a large extent.

It should be noted that for the soil volumes in this project, only amounts of soil with PFAS above the soil quality criterion have been calculated. It is expected that the amounts of soil with PFAS under the soil quality criterion will be significantly larger.

3.2 Potentials for soil storage according to the industry

Today, there are limited opportunities for temporary storage of PFAS-contaminated soil in Denmark, and the industry has expressed a need for clearer guidelines for requirements for remediation and handling of PFAS-contaminated soil in connection with storage. There is a

general perception among both authorities and commercial actors that PFAS soil contamination must be solved within Denmark's borders in the long term, but before this can happen, the actors have expressed a need for greater clarification in relation to opportunities and requirements from authorities.

From interviews, it appears that most soil treatment plants are reluctant to receive PFAS-contaminated soil due to uncertainty about guidelines and the economic consequences of receiving and possibly treating PFAS-contaminated soil, where the risk of leaching of PFAS into leachate, drainage and wastewater is particularly significant. At the same time, there is uncertainty about the demand for cleaning PFAS-contaminated soil, which makes it difficult to invest in an expensive treatment plant.

There is still a lot to learn about PFAS-contaminated soil and the possibilities of remediating the soil. At the same time, several players experience uncertainty in relation to what they can and must do if they store and handle soil with PFAS contamination. Due to the current focus on the challenges posed by PFAS, there are fears of changes in the soil quality criterion as well as follow-up reassessments of existing approvals with stricter requirements for e.g. type of coating, covering and purification of leachate.

In the industry, PFAS-contaminated soil with contamination below the soil quality criterion is still perceived as PFAS-contaminated. Although there seems to be a greater openness to storing PFAS-contaminated soil *under* the soil quality criterion in the long term, there is still a great deal of uncertainty in relation to requirements for temporary storage and the possibility of disposing of the soil for recovery. At the time of writing, Lynetteholmen is perceived as the only recipient of PFAS-contaminated soil under the soil quality criterion for recovery.

As more municipalities ask for measurements for PFAS contamination, more soil with PFAS contamination is also found, although often below the soil quality criterion. Although findings of PFAS-contaminated soil do not always trigger a requirement for soil remediation, one consequence of this is that the soil treatment plants (soil treatment plants) are seeing an increasing number of inquiries about the need to handle PFAS-contaminated soil under the soil quality criterion. It is assessed that the amounts of PFAS-contaminated soil under the soil quality criterion are significantly larger than the amounts of PFAS-contaminated soil above the soil quality criterion.

During the summer of 2024, Norrecco has succeeded in obtaining an export permit to export 100,000 tonnes of PFAS-contaminated soil above the soil quality criterion to a Norwegian landfill (Perpetuum) in northern Norway, which specializes in being able to dispose of PFAS-contaminated soil. The permit is based on expected future quantities and not actual excavated quantities.

With the possibility of exporting the PFAS-contaminated soil to Norway, there has been an opportunity to sell the PFAS-contaminated soil, which can also mean a greater willingness to analyze the soil. This can help create a better overview of how much there is actually of large amounts of PFAS-contaminated soil. At the same time there is a general attitude among both authorities and players in the market that Denmark should preferably be able to handle its own soil pollution.

A general feedback from the industry at workshops and in interviews is that national landfilling is preferred over exporting the land. However, the disposal of PFAS-contaminated soil is not without its challenges, and close attention is required to monitoring, leaching over time and the risk of flooding due to climate change. Since landfills risk affecting the environment for 30-700 years, it should be considered whether treatment options such as soil washing and destruction of substances could be a better solution than landfill, or at least part of the solution.

Exporting e.g. 100,000 tonnes of PFAS-contaminated soil to our neighbouring countries will have a climate effect of around 2,000-5,000 tonnes of CO₂e, in comparison, total emissions in the transport sector in 2030 are expected to be around 8.4 million tonnes of CO₂e. The climate effect will of course be lower if the large amounts of soil are kept in Denmark.

4. Indledning

Der er behov for at finde praktiske håndteringsmuligheder, så PFAS-forurennet jord kan håndteres og opbevares, indtil der er etableret varige, stabile løsninger for håndtering af PFAS-forurennet jord ved rensning og/eller deponering.

4.1 Baggrund

PFAS-forbindelser er en stor gruppe af kemiske stoffer, der har været og bliver brugt i mange sammenhænge. PFAS-forbindelser er kendt for at have en række sundhedsskadelige effekter og er de senere år fundet flere steder i miljøet som følge af deres udbredte anvendelse og persistens. Enkelte af stofferne er forbudte, mens andre fortsat er i anvendelse.

PFAS-forurennet jord forekommer primært, hvor PFAS har været anvendt eller sammen med PFAS-holdigt affald, men PFAS kan også findes som en mere diffus forurening af jorden. I Danmark er der fastsat et jordkvalitetskriterie (JKK) for henholdsvis summen af 22 PFAS på 400 µg/kg og et skærpet kriterie for summen af 4 PFAS (PFOA, PFOS, PFNA, PFHxS) på 10 µg/kg. Jordkvalitetskriteriet anvendes til at vurdere graden af jordforurening. Derudover er fastlagt et grundvandskvalitetskriterie for PFAS, som sikrer at grundvandet kan udnyttes til drikkevandsforsyning (Miljøstyrelsen, 2021). Endelig er der fastsat kvalitetskrav for PFOS for overfladevand, som kan bruges til at vurdere påvirkningen fra en jordforurening på overfladevand.

Hvis der påvises PFAS i jord over jordkvalitetskriteriet, der skal bortgraves, er den efterfølgende jordhåndtering svær, da der pt. ikke findes etablerede behandlingsmuligheder for jorden i Danmark. Derudover er flere af PFAS-forbindelserne mobile og kan findes i grundvand, og jordkvalitetskriterierne fastlægger ikke risikoen for grundvand. Dette komplicerer jordhåndteringen yderligere. Håndteringen af PFAS-forureninger kompliceres yderligere af, at PFAS-forbindelser dækker over flere tusinde enkeltstoffer med meget forskellige fysisk-kemiske egenskaber. Måling, muligheder og behov for håndtering er derfor ofte afhængig af den enkelte forbindelse end man ellers typisk ser for andre stofgrupper af forurenende stoffer.

Der er behov for at finde praktiske håndteringsmuligheder, så PFAS-forurennet jord kan håndteres og opbevares, indtil der er etableret varige, stabile løsninger for håndtering af PFAS-forurennet jord ved rensning og/eller deponering.

4.2 Formål

Hovedformålet med projektet er at kortlægge mængden af PFAS-forurennet jord i Danmark, samt at afklare potentialerne for at opbevare opgravet PFAS-forurennet jord.

Projektet spiller ind til Regeringens handleplan for PFAS i jord, som fastslår følgende:

"Håndteringen af PFAS-forurennet jord fylder meget, og mens der er igangsat flere projekter, der understøtter og udvikler renseteknologier, er der behov for at opbevare den jord, som ikke kan renses endnu. Med handlingsplanen igangsættes der et initiativ, der skal kortlægge hvilken oplagingskapacitet, der er til midlertidig opbevaring af PFAS-forurennet jord og yderligere behov herfor samt muligheder for at øge denne kapacitet. Herunder ses på kapacitetsbehovet og -placeringen i relation til transport af jord med henblik på bæredygtig håndtering" (Regeringen mv., 2024).

5. Rammebetingelser

PFAS-forurenet jord er underlagt en række rammebetingelser, der er afgørende for kortlægningen og håndteringen af PFAS-forurenet jord.

5.1 Grænseværdier for PFAS-forurening

I Danmark eksisterer der grænseværdier for PFAS-forurening i overfladevand (0,0044 µg/L for PFAS24), drikkevand, grundvand (0,1 µg/L for PFAS22) og badevand (0,4 µg/L for PFAS4), samt for jord og spildevandsslam². I Danmark blev jordkvalitetskriterierne for PFAS-forurenet jord første gang fastsat i 2015, og i 2021 blev de ændret til de nuværende kriterier.

PFAS-forurenet jord findes med PFAS-indhold over eller under jordkvalitetskriteriet. Jordkvalitetskriteriet for PFAS er defineret således på *Liste over kvalitetskriterier* i relation til forurenet jord:

Jordkvalitetskriteriet for PFAS4 = 10 µg/kg PFAS4 (PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS)

Jordkvalitetskriteriet for PFAS22 = 400 µg/kg (PFBS, PFPeS, PFHxS, PFHpS, PFOS, PFNS, PFDS, PFUnS, PFDoS, PFTrS, PFOSA, 6:2 FTS, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDODA, PFTrDA)

Nogle af PFAS-forbindelserne er optaget i POP-forordningen som regulerer persistente, organiske miljøgifte. Her er der fastsat grænseværdier for hvornår stofferne skal destrueres:

- PFOS og derivater heraf (50 mg/kg)
- PFOA og salte heraf (1 mg/kg)
- PFOA-beslægtede forbindelser (40 mg/kg)
- PFHxS salte heraf (1 mg/kg)
- PFHxS beslægtede forbindelser (40 mg/kg)

Det bemærkes, at PFAS er en samlebetegnelse for 5-10.000 forskellige forbindelser. I dette projekt er der dog taget udgangspunkt i at opgøre mængden af jord med indhold over jordkvalitetskriteriet, der er baseret på henholdsvis 4 og 22 PFAS-forbindelser.

5.2 Jordforureningsloven og ansvarlige aktører

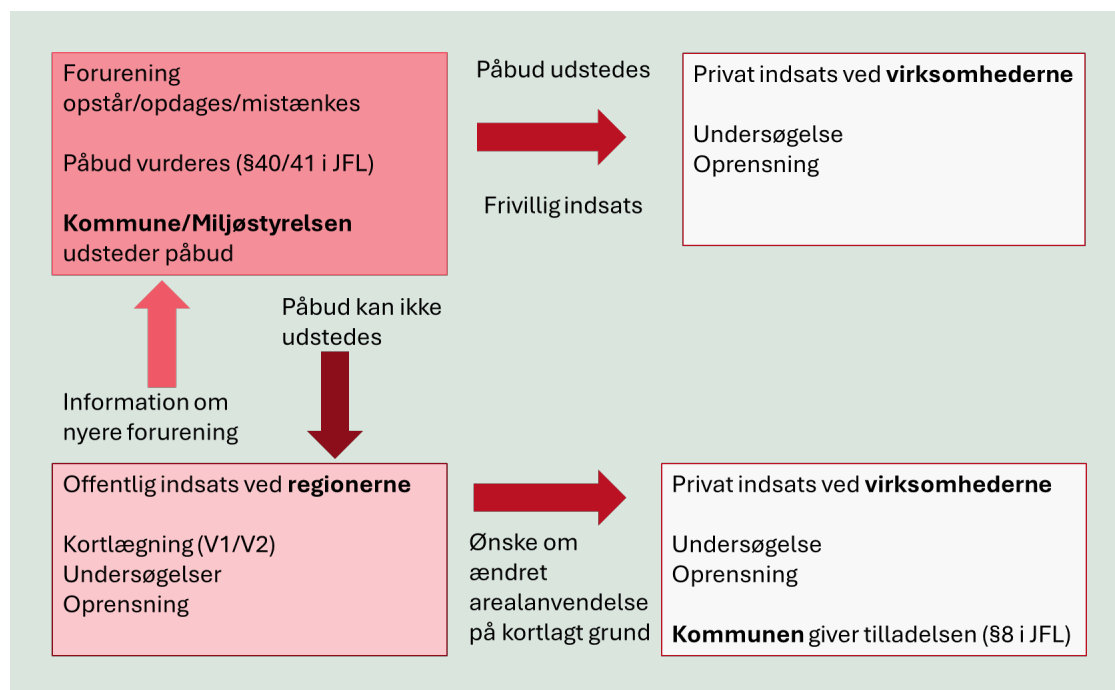
I forhold til undersøgelse og oprydning af jordforurening gælder "forureneren betaler"-princippet i udgangspunktet. Der kan dog være flere årsager til, at "forureneren betaler"-princippet ikke kan håndhæves, fx når man ikke kender den oprindelige forurener.

I forhold til forurenet jord er der i Danmark sat nogle historiske grænser for, hvornår der kan gives påbud om undersøgelse af forurening og oprensning. Undersøgelsespåbud kan gives til forureninger, der er sket efter d. 1. januar 1992 (§ 40 i jordforureningsloven), mens oprydningspåbud kan gives til forureninger, der er sket efter d. 1. januar 2001 (§ 41 i jordforureningsloven). Disse tidsfrister gælder også for PFAS-forureninger.

² Jf. Miljøstyrelsen af 5. november 2024: [Brev](#)

Det er enten kommunerne eller Miljøstyrelsen, der udsteder påbud efter jordforureningsloven afhængig af, hvem der er tilsynsmyndighed til den enkelte virksomhed. Regionerne er høringspart.

Jordforureninger, hvor der ikke kan gives påbud, håndteres af regionerne som en del af den offentlige indsats. Den offentlige indsats skal udpege de arealer, der kan udgøre en risiko for grundvand, overfladevand, internationale naturbeskyttelsesområder eller mennesker på et areal med bolig, børneinstitution eller offentlig legeplads.



FIGUR 1. Kronologien for opdagelse af og håndtering af forurennet jord. JFL står for jordforureningsloven

Forurenede grunde gennemgår nedenstående faser i den offentlige indsats (Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer, 2020), og en oprensning af en forurennet grund udgør blot en enkelt aktivitet blandt mange aktiviteter, der har til formål at kortlægge, afgrænse og risikovurdere forureninger:

1. Historiske oplysninger samles i en historisk redegørelse, og grunden kortlægges på vidensniveau 1 (V1), hvis der er mistanke om jordforurening.
2. Indledende undersøgelse skal vise, om grunden er forurennet, så den skal kortlægges på vidensniveau 2 (V2).
3. Videregående undersøgelse afgrænser omfanget af forureningen, som undersøges, og risikoen vurderes.
4. Afværge/oprensning af forureningen sker for at sikre grundvand, arealanvendelse og/eller overfladevand.
5. Drift af anlæg kan følge, hvis der er installeret et teknisk oprensningsanlæg. Hvis der foregår overvågning af forureningen i forbindelse med afværganlægget, betragtes denne overvågning som en del af driften.
6. Monitoring/overvågning af forureningen kan ske for at sikre, at den ikke spredes og skaber problemer andre steder. Monitoring foretages i stedet for afværge, fx efter en videregående undersøgelse eller afsluttet afværge.

Forsvaret kortlægger egne arealer på V1-niveau i samarbejde med regionen. I forbindelse med salg, byggeri og anlægsarbejde på grundene udfører Forsvaret typisk undersøgelser og oprensning af forureningen.

Kommunerne giver tilladelse til bygge- og gravearbejde samt til ændret arealanvendelse på kortlagte, forurenede grunde efter § 8 i jordforureningsloven. Hvis grundejeren fjerner forurening fra grunden vurderer regionen, om kortlægningen efterfølgende kan ophæves.

Når der skal flyttes jord væk fra en ejendom, der er forurennet, skal flytningen af jorden anmeldes til kommunen. I den forbindelse tages der analyser af jorden, efter "Jordpakken"³, og afhængig af historiske aktiviteter på ejendommen vil kommunen stille krav om ekstra analyseparametre fx PFAS. Kommuner er i stigende grad begyndt at bede om tillæg til undersøgelse for PFAS-forurening, fx hvis jorden ligger inden for et V1-område.

5.3 Miljøbeskyttelsesloven

Nyttiggørelse af forurennet jord kræver tilladelse efter §19 eller godkendelse efter § 33 i Miljøbeskyttelsesloven. Godkendelse efter § 33 har forrang i forhold til tilladelse efter § 19⁴. Det er kommunen eller MST, der giver sådanne tilladelser.

Særligt forurenende virksomheder, anlæg eller indretninger skal have særlige tilladelser for at anlægges, påbegyndes eller ændres i Danmark og EU. Det fremgår af Miljøbeskyttelseslovens §33⁵ med henvisning til virksomheder, anlæg eller indretninger, der fremgår som *listevirksomhed* i bilag 1 og bilag 2 i godkendelsesbekendtgørelsen⁶. Bilag 1-virksomheder (IED- virksomheder) reguleres med udgangspunkt i EU-direktivet ([Direktiv - 2010/75 - EN - EUR-Lex](#)), mens bilag 2-virksomheder er omfattet af den forenklede godkendelsesproces.

Listepunkterne omfatter anlæg, aktiviteter og indretninger fx oplag af affald . Når et anlæg, en aktivitet eller en indretning fremgår af et listepunkt, er der krav om forudgående miljøgodkendelse efter § 33.

Håndteringen af PFAS-forurennet jord fremgår ikke som et særskilt listepunkt, men kan alligevel når jorden klassificeres som affald være omfattet af godkendelsespligt efter miljøbeskyttelseslovens § 33.

Anlæg for midlertidig oplag af affald kan være omfattet af godkendelsespligt efter listepunkt K 203 (farligt affald) eller K 212 (ikke-farligt affald). Listepunkterne omfatter "mellemstationsaktiviteter", hvor det ikke er afgørende, om den endelige aktivitet er nyttiggørelse eller bortskaffelse af affaldet. Er anlæggets kapacitet mindre end hvad der fremgår af listepunkterne bør det overvejes om oplaget skal reguleres efter miljøbeskyttelsesloven § 19.

Foregår der på anlægget en form for oprensning af affaldet (jorden) fx biologisk eller fysisk/kemisk behandling kan anlægget/ aktiviteten være omfattet af andre listepunkter på godkendelsesbekendtgørelsen om nyttiggørelse af affald.

Til vurdering af om et anlæg kan betragtes som værende af midlertidig karakter kan deponeringsbekendtgørelsens definition af deponering finde anvendelse. Et oplag anses som midlertidig i overensstemmelse med deponeringsbekendtgørelsens definition, når der sker oplagring

³ "Jordpakken" er en samlet gruppe af analyser, der som standard skal foretages ved flytning af jord Jf. [Miljøprojekt nr. 2173](#).

⁴ Natur- og Miljøklagenævnets principielle afgørelse af 25.1.2011, Støjvold ved Juelsberg, Nyborg Kommune

⁵ [Miljøbeskyttelsesloven](#).

⁶ [Godkendelsesbekendtgørelsen](#).

forud for bortskaffelse i op til 1 år, henholdsvis 3 år, når oplagringen sker forud for nyttiggørelse (jf. deponeringsbekendtgørelsens §3, nr. 10). Hvis oplagringen fortsætter ud over de to tidsgrænser vil affaldet være omfattet af definitionen på et deponeringsanlæg og vil skulle godkendes som et deponeringsanlæg i overensstemmelse med deponeringsbekendtgørelsen og godkendelsesbekendtgørelsen.. Definitionen af et deponeringsanlæg følger af deponeringsdirektivet, og det er derfor ikke muligt at ændre på tidsgrænserne. Det følger af miljøbeskyttelseslovens § 50, stk. 1, at nye anlæg for deponering af affald som hovedregel kun må ejes af offentlige myndigheder.

Listevirksomheder kan fremsøges på Miljøstyrelsens "Digital MiljøAdministration", hvor bl.a. listepunkter, navn og adresse fremgår.

6. Metode

Analysen står på to ben: Gennemgang af relevant litteratur og databaser samt interviews og workshops med relevante aktører.

6.1 Litteraturanalyse

For at finde et udgangspunkt for analysen om jordmængder med forurenede jord over jordkvalitetskriteriet er der fremsøgt litteratur om niveauer af PFAS i jord. Dette er baseret på en række kendte artikler med undersøgelser af PFAS i jord fra udlandet, der primært har undersøgt forekomsten af diffus forurening med PFAS. Til at vurdere forekomsten af PFAS i jord ved forurenede lokaliteter er brugt data fra regionerne (POWER BI database, se nedenstående afsnit).

6.2 Dataindsamling

Der findes ikke en samlet kortlægning over PFAS-forurenede jord i Danmark. Derfor er der undersøgt flere datakilder, som hver især kan bidrage med delelementer til at skabe et overblik.

JAR (Jordforureningslovens Arealregister) er de fem regioners databasesystem, der indeholder data om jordforurening. JAR er et internet-browser baseret GIS og databasesystem, som er udviklet med henblik på at understøtte regionale og lokale myndigheders håndtering og administration af forurenede lokaliteter. Regionerne indberetter data til DKJord.

DKJord er en national database for jordforureninger, der modtager data fra de fem regioners databaser. DKJord ligger under Danmarks Miljøportal (DMP). På arealdata under Danmarks Miljøportal er det muligt at lave prædefinerede udtræk af data fra DKJord. Der blev til projektet hentet et dataudtræk i Excel, der indeholdt data om forurenede lokaliteter med tilknyttet branche, aktivitet og forurenende stoffer. Dataudtrækket er blevet anvendt som grundlag for at kortlægge de områder i Danmark med flest PFAS-forurenede grunde og flest grunde med potentielt PFAS-forurenende brancher. Kortene blev anvendt som input til diskussioner ved første workshop, hvor det blev konkluderet, at datagrundlaget ikke var stærkt nok til at konkludere på. Data- og kortene er derfor ikke brugt direkte i analyserne, men kortet omkring forurenende brancher er brugt som baggrund til at undersøge fordelingen af forurenende brancher mellem kommunerne.

POWER BI data fra regionerne. Datasættet indeholder data, der stammer fra GeoGIS-udtræk, leveret af alle fem regioner til WSP Danmark frem til januar 2023 i forbindelse med løsning af en opgave for regionerne. Det skal bemærkes, at databasen kun omfatter regionernes egne undersøgelser og ikke indeholder data fra undersøgelser foretaget af andre aktører, såsom Forsvaret, lufthavne, private bygherrer mv. Derudover er det kun lokaliteter, hvor den primære forurenende aktivitet ophørte i 2001, som typisk undersøges af regionerne. Der er derfor meget få aktive industrier i datasættet. Data er anvendt i forbindelse med løsning af projektet.

Jupiter er GEUS' landsdækkende database for grundvands-, drikkevands-, råstof-, miljø og geotekniske data. Databasen er den fælles offentlige database på området og indgår i Danmarks Miljøportal. Databasen er offentlig tilgængelig. Databasen indeholder et tema, hvor data om kemiske analyser af jordprøver kan søges frem. Det er dog samtidig angivet, at det ikke er hensigten, at temaerne skal kunne bruges til en dybere analyse af forureningen. Det er også angivet, at data stort set altid vil stamme fra regionerne, og at de kun udgør en delmængde af regionernes data. Da et komplet POWER BI datasæt fra regionerne var tilgængeligt, blev Jupiter ikke anvendt.

Flytjord.dk og jordweb er to datasystemer, der bliver anvendt til at anmelde jord ved jordflytning. Databasen er ikke offentlig tilgængelig. Desuden bliver analysedata i forbindelse med jordflytning ikke uploadet i digitale søgbare felter, og det blev derfor vurderet, at det ikke var muligt at søge eventuelle analyseresultater med PFAS frem. Datakilden blev derfor ikke anvendt.

Miljøstyrelsens "Digital MiljøAdministration", DMA: Heri kan alle listepunkter fremsøges, herunder alle K212-anlæg, der beskriver anlæg for midlertidig oplagring af ikke-farligt affald forud for nyttiggørelse eller bortskaffelse i et vist omfang. Anlæggene blev overvejet som mulige aktører til interviews og har til en vis grad været med til at danne grundlag herfor. Eftersom listepunktet omfatter meget andet end anlæg, der kunne være relevante for PFAS-forurenet jord, viste det sig imidlertid mere effektivt at bruge henvisninger fra interne eksperter, som til dagligt arbejder med anlæg, der håndterer jord.

6.3 Interviews

Viden om både PFAS-jordforurening og opbevaringsmuligheder er spredt på mange aktører og er i mindre grad offentlig tilgængelig information. Det har derfor været en vigtig del af projektet at opspore og interviewe relevante aktører, der dels kunne videregive information og dels kunne henvise til, hvilke andre relevante aktører vi skulle inddrage. Interviews har derfor været en vigtig del af den samlede vidensopsamling.

Der er foretaget interviews både for at opsamle data for mængder af PFAS-forurenet jord og i forhold til mulighederne for at deponere PFAS-forurenet jord.

Formatet for interviews har vekslet mellem uformelle forespørgsler og formelt opsatte interviews med udgangspunkt i en interviewguide.

Uformelle interviews har været brugt til forespørgsler blandt interne og eksterne eksperter over telefon og til workshops.

Formålet med de uformelle interviews har været dels at udtrække konkret information fra specifikke eksperter og for at be- eller afkræfte foreløbige hypoteser og metoder, dels at indsnævre feltet af relevante aktører for de mere formelle interviews.

Formelle interviews har taget udgangspunkt i en interviewguide – jf. Bilag 1. Gennem interviewguiden er der spurgt ind til:

- Nuværende håndtering af PFAS-forurenet jord og muligheder for at modtage og midlertidigt opbevare PFAS-forurenet jord
 - o Kapacitet
 - o Håndteringsmuligheder
 - o Overvejelser
 - o Eksportløsninger
- Kendskab til mængder af PFAS-forurenet jord i Danmark
 - o konkrete sager
 - o kendskab frem i tid
- Rammevilkår og barrierer
- Andet

Interviewede aktører har været interne eksperter i NIRAS og WSP, myndigheder og private aktører.

Interviewede myndigheder har været repræsentanter fra Miljøstyrelsen Erhverv, regionerne, kommuner og Forsvaret. Både interne eksperter og myndigheder er interviewet efter et uformelt format, hvor der er spurgt ind til konkrete metoder, resultater eller relevante aktører at rette henvendelse til.

Interne eksperter i NIRAS og WSP rådgiver til dagligt kunder med at håndtere, rense og evt. flytte forurenet jord, herunder PFAS-forurenet jord, og de indgår i PFAS-udviklingsprojekter med regioner og uddannelsesinstitutioner. Der er således trukket på viden fra konkrete projekter med PFAS-forurenet jord. Desuden har interne eksperter formidlet kontakter og udpeget samt indsnævret feltet af relevante jordbehandlere og deponier til interviews.

Private aktører fra deponier og jordbehandlingsanlæg er blevet interviewet ud fra et formelt format vha. interviewguide.

6.4 Workshops

Der er afholdt to workshops. Første workshop havde til formål at kvalificere foreløbige resultater og finde vejen frem derfra. Formatet var præsentation af indsamlede data og foreløbige konklusioner, efterfulgt af gruppediskussioner og opsamling. Se Bilag 3 for gruppespørgsmål til første workshop.

Formålet med anden workshop var at præsentere samlede resultater til afrapportering og kvalificering gennem gruppediskussioner og opsamling. Se Bilag 4 for gruppespørgsmål til anden workshop.

Til workshoppen var følgende aktører inviteret:

- Repræsentanter fra regioner, kommuner, forsvar og miljøministeriet
- Repræsentative jordbehandlingsanlæg
- Interne

7. Kortlægning af PFAS-forurenede jordmængder

Dette afsnit har til formål at give et estimat af de opgravede mængder af PFAS-forurenede jord med indhold af PFAS over jordkvalitetskriteriet nu og de næste 10 år frem.

7.1 PFAS-forurenede jord – kilder

Der er forskellige kilder til PFAS-forurening i jord. PFAS kan forekomme som punktkildeforurening, hvor der er en kraftig forurening fra et mindre afgrænset område, fx i form af et spild. Udover dette kan PFAS forekomme som en diffus forurening, hvor forureningen forekommer som en forurening, der er udbredt over et større område, men i mindre koncentrationer.

PFAS har haft mange anvendelser og følgende brancher er i "Håndbog om undersøgelse og afværge af forurening med PFAS-forbindelser" nævnt som vigtige brancher, der kan give punktkildeforurening, på baggrund af tidligere brancheopgørelser:

- Brandøvelsespladser for træning i slukning af oliebrande eller lignende
- Forkromningsindustri
- Tæppeindustri
- Malingsindustri
- Fyldpladser for byggeaffald og ældre lossepladser for dagrenovation
- Træindustri og møbelindustri
- Kemisk industri
- Jern- og metalindustri
- Gumme- og plastindustri
- Tekstil- og læderindustri
- Lokalteter, hvor en større kemikalie/oliebrand er slukket

Diffus forurening i jord kan komme fra atmosfæriske bidrag enten som tør eller våd deposition. PFAS-kilder til atmosfæren er direkte udslip fra PFAS-produktionen, afdampning fra deponeret PFAS, og bidrag fra havaerosoler. Nogle af de PFAS-forbindelser, der i højere grad vil fordampe til luften, er FTOH'er (fluortelomer alkoholer) (Thomsen og Sukstorf, 2024). Disse kan omdannes til perfluoralkylsyre (PFAA'er) og nedfældes derefter i form af regn og sne. Derudover kan dissocierede PFAS-forbindelser (ioner) transporteres i luften, når disse sorberer til luftbårne partikler og i form af aerosoler, herunder også havaerosoler.

I 2024 har DCE målt for både tør og våd atmosfærisk deposition i Danmark ved Risø (Bossi, 2024). Neutrale og ioniserede PFAS er blevet målt i atmosfæren og nedbør fra oktober 2023 til februar 2024. Fire neutrale PFAS, 6:2 FTOH, 8:2 FTOH, 10:2 FTOH og N-Me-FOSE blev fundet i atmosfæren med koncentrationer mellem 0,66 til 14,8 pg/m³. I nedbøren blev der fundet i alt 23 ioniske PFAS med en samlet gennemsnitlig koncentration på henholdsvis 3,01 ng/L og 3,33 ng/L for henholdsvis wet only og bulk opsamling. Resultaterne er sammenlignelige med resultater fra andre studier verden over.

Der findes på nuværende tidspunkt meget få data vedrørende diffus forurening i jord i Danmark, men der findes adskillige studier fra udlandet.

Miljøstyrelsen har i 2024 udgivet en litteraturopsamling af diffuse PFAS-niveauer i jord, grundvand og overfladevand (Thomsen og Sukstorf, 2024). I litteraturstudiet er der samlet resultater fra andre undersøgelser, herunder en undersøgelse af 31 skovområder i Sverige i perioden

2018-2022. Her træffes der mest PFOS, PFHxS, PFBS, PFDA, PFTTrDA og PFUnDA i niveauer 0,02-1,7 µg/kg TS (dog ligger de fleste prøver i intervallet 0,05-0,5 µg/kg TS). Et norsk studie (Heimstad et al, 2024) har undersøgt 32 byjorde fra Oslo. Her er der hyppigst truffet PFBA, PFOA og PFOS i niveauer 0,1-2,9 µg/kg TS.

Andre svenske studier (SGU, 2024) af skovjorde har ligeledes påvist gennemsnitsværdier på 0,02 til 0,7 µg/kg TS PFAS 4 og 0,05 til 1,2 µg/kg TS for sum af PFAS35. Der er desuden observeret en ophobning af PFAS i humuslaget og den øverste del af mineraljorden. Det ser også ud til, at andelen af PFAS med forholdsvis længere kulstofkæder (≥ 8 perfluorerede kulstofatomer) falder med øget jorddybde, samtidig med at andelen af PFAS med kortere kulstofkæder (< 8 perfluorerede kulstofatomer) stiger.

I Finland har den tilsvarende organisation til GEUS (Geological Survey of Finland) målt for 37 PFAS-forbindelser i 25 cm dybde uden for byen og 0-10 cm for prøver udtaget i tre finske byer (Turku, Lappeenranta og Oulu). I naturområderne blev der påvist mindst et PFAS i 61 ud af 97 prøverne og PFAS4 i 60 ud af 97. De hyppigst påviste stoffer var PFOS, PFOA, PFHpA. Den højeste påviste koncentration var 0,76 µg/kg TS. Den højeste koncentration af et enkelt stof var 0,26 µg/kg TS for PFBA. I de tre finske byområder blev der udtaget 52 prøver, og der blev påvist PFAS i samtlige 52 prøver. Prøverne blev også analyseret for flere fluorotelomerfosfater (diPAP-forbindelser), som blev påvist i flere af prøverne i gennemsnitskoncentrationer på op til 1,3 µg/kg TS. Gennemsnit for PFAS 4 var 7,71 µg/kg med maks. koncentration på 110 µg/kg, mens der for PFAS 37 var 9,95 µg/kg med maks. på 150 µg/kg. De højeste koncentrationer kan jf. GTK skyldes lokale kilder fra nærliggende affaldsforbrænding og udlægning af slam (GTK, 2024).

I en undersøgelse af jordprøver (Rankin et al, 2016) er der undersøgt 62 prøver fra hele verden og målt PFOA og PFHxA i samtlige prøver. Det samme gjaldt for PFOS med undtagelsen af en prøve fra Antarktis. De målte koncentrationer var mellem 0,029-14,3 µg/kg TS.

Et tysk studie (Göckener et al, 2021) har undersøgt 10 prøver fra forskellige ikke-bynære områder i Tyskland og påviste koncentrationer af PFAS mellem $< 0,5$ og 4,6 µg/kg TS. De højeste niveauer blev fundet i en region med høj industriel aktivitet og forventes at skyldes atmosfærisk deposition. Et andet tysk studie (Wellnitz et al, 2023) har kigget på tendenser for PFAS i overfladejord i 11 forskellige lokationer og fundet ingen ændringer i PFAS-niveauer i de sidste 20 år. De mest fundne stoffer var PFAS og PFOA. TOP-analyser resulterede kun i en 20 % stigning i PFAS-koncentration.

I (Tsitonaki et al, 2023) er beskrevet, at der i spildevandsslam findes mellem 8-12 µg/kg TS PFAS22 baseret på data fra 384 anlæg, mens der på en landbrugsmark i Danmark er påvist indhold i jord gødet med spildevandsslam på 5-10 µg/kg TS PFAS 22.

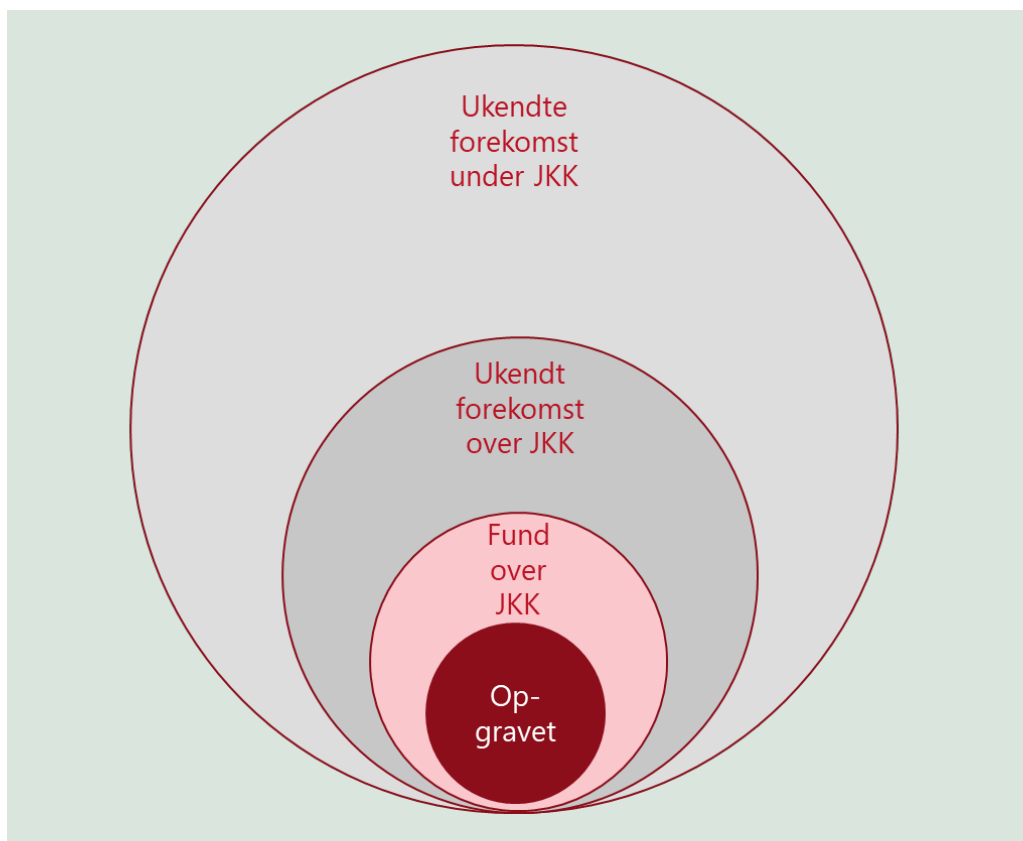
I perioden 2022-2023 har brancheforeningen Genanvend Biomasse udført undersøgelser af PFAS-indhold i jord og grundvand på Københavns Universitets forsøgsmarker ved Taastrup (CRUCIAL). De undersøgte forsøgsmarker har været intensivt behandlet med slam siden 2003. Resultaterne viste jordprøver med målte koncentrationer på op til 6,5 µg/kg PFAS4 og 11 µg/kg PFAS22 under de slambehandlede marker i den øverste meter. I alle prøver udtaget dybere end 1 meter u.t var koncentrationerne under detektionsgrænsen på 0,5 µg/kg. I grundvandprøverne påvises PFAS22 i kun 3 ud af 14 prøver. Den højeste koncentration blev påvist i det terrænære grundvand og var på 2,2 ng/L for PFAS4 og 4,9 ng/L PFAS22 (Draborg og Tsitonaki 2022). I (Tsitonaki et al, 2024) er påvirkningen af grundvandet fra spildevandsslam undersøgt yderligere, og det beskrives, at der ved studiet er påvist, at niveauerne med PFAS22 i grundvand i marker behandlet med spildevandsslam er forholdsvis lave.

Samlet set kan det konkluderes, at den diffuse forurening af jorden sjældent vil overskride de nuværende jordkvalitetskriterier. Derfor har fokus i projektet været rettet mod at opgøre mængder fra de industrielle punktkilder.

7.2 Forskellige typer mængder af PFAS-forurenet jord

Målet for projektet er at estimere mængderne af PFAS-forurenet jord over jordkvalitetskriteriet, der bliver opgravet nu og de næste 10 år frem.

For at illustrere dette, er der lavet en figur, der viser de forskellige typer af forekomster af jord med PFAS.



FIGUR 2. Konceptuel figur, der beskriver den mængde af jord med PFAS indhold, der skal estimeres i dette projekt.

FIGUR 2 illustrerer, at der er en stor ukendt forekomst af PFAS-forurenet jord – både over og under jordkvalitetskriteriet. De grå cirkler på figuren beskriver de PFAS-forureninger i jorden, der ikke er opdaget endnu. Da kilderne ikke er kendte, er der ikke data omkring mængder. Mængderne af PFAS-forurenet jord, der tilhører de grå cirkler, er derfor ikke estimeret i dette projekt.

Derudover er der en "kendt" mængde jord med forekomster over jordkvalitetskriteriet, som er illustreret med en lyserød cirkel. Det er den mængde PFAS-forurenet jord, hvor nogle data er tilgængelige, men hvor der fortsat er store usikkerheder om de reelle mængder.

Endelig er der den inderste røde cirkel, som illustrer den jord, der opgraves. Dette er den mængde jord, som projektet har til opgave at estimere.

Der er ingen tilgængelige datakilder, der beskriver det fulde omfang af den opgravede jord med PFAS, dvs. den røde cirkel. Dertil kommer, at den opgravede mængde af PFAS-forurenet

jord er afhængig af mange udefrakommende faktorer. Hvis – der som det er tilfældet i dag – ikke er muligheder for at bortskaffe jorden, vil jorden med al sandsynlighed ikke blive gravet op. Derudover vil mængderne af opgravet jord også afhænge af om den forurenede jord bliver konstateret i forbindelse med en byggeaktivitet, hvor der er behov for at bortskaffe jorden eller om den forurenede jord bliver konstateret i forbindelse med en forureningsundersøgelse, hvor der her og nu ikke er behov for at bortskaffe jorden. Endelig vil den opgravede jord også afhænge af økonomien hos aktørerne. Dette gælder både offentlige bevillinger til den offentlige indsats og byggebranchens konjunkturer og aktivitet i øvrigt.

7.3 Regionernes data

Der er i projektet anvendt en Power BI database, der indeholder data om regionernes undersøgelser af PFAS-forureninger. Datasættet indeholder data fra et GeoGIS-udtræk, leveret af alle fem regioner til WSP frem til januar 2023 i forbindelse med løsning af en opgave for regionerne. Det skal bemærket, at databasen ikke indeholder data fra undersøgelser foretaget af andre aktører, såsom Forsvaret, lufthavne, private bygherrer osv. Derudover er det kun lokaliteter, hvor den primære forurenende aktivitet ophørte i 2001, som typisk undersøges af regionerne. Der er derfor meget få aktive industrier i datasættet.

De fem danske regioner har undersøgt for PFAS i forbindelse med forureningsundersøgelser siden 2014/2015. For de fleste undersøgelser har lokalisering af PFAS-forurening ikke været det primære formål med undersøgelsen, men der er undersøgt for PFAS-forbindelser, hvis der har været en PFAS-branche på den konkrete lokalitet.

Der er tale om 1.451 lokaliteter, heraf 119 med jordprøver. Overordnet set er der i datasættet meget få jordprøver, der er analyseret for indhold af PFAS. Det forventes, at der er taget jordprøver ud fra en formodning om, at der var en betydelig PFAS-forurening på de lokaliteter, hvor jordprøverne er taget. Derfor forventes lokaliteterne med jordprøver at være rimelig repræsentative for PFAS-brancher, hvor der kan forventes forurening over jordkvalitetskriteriet. Dog er antallet af undersøgte lokaliteter med jordprøve pr. branche lav, hvorfor der er en vis usikkerhed på konklusionerne.

Fordelingen af undersøgte lokaliteter mellem regioner samt vand og jordprøver ses i TABEL 1:

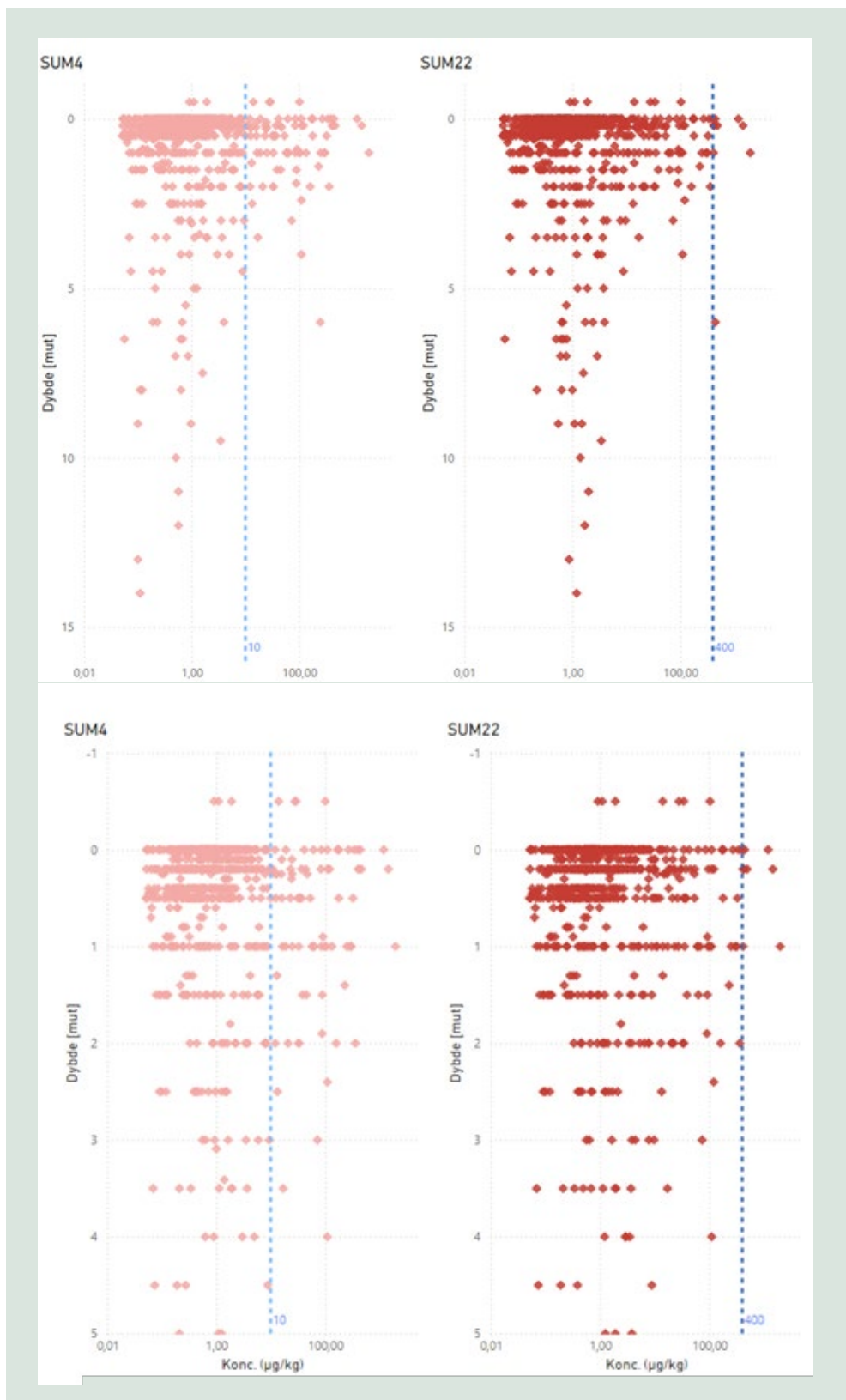
TABEL 1. Oversigt over lokaliteter med PFAS-analyser i POWER BI database pr. januar 2023

Region	Antal lokaliteter med vandprøver	Antal lokaliteter med jordprøver
Hovedstaden	608	38
Midtjylland	278	38
Syddanmark	288	14
Sjælland	103	11
Nordjylland	174	5
I alt	1451	119

Datakilde: POWER BI database pr. januar 2023

Det formodes, at der kun er analyseret jordprøver på lokaliteter, hvor det forventes eller hvor der allerede er observeret høje koncentrationer i vandprøver. Dette sker, fordi der kun forventes detekterbare niveauer i jorden ved vandkoncentrationer på flere hundrede ng/l. Derfor må jordprøvedatasættet formodes at repræsentere nogle af de kraftigste forureninger pr. branche.

Hovedparten af jordprøver er udtaget fra 0-5 m u.t., som det fremgår af FIGUR 3, hvor også de højeste koncentrationer træffes. De dybeste jordprøver er udtaget fra 10-15 m u.t., og her er der truffet mobile PFAS-forbindelser som PFHxS, PFBA m.fl. i niveauer under 1 µg/kg TS.



FIGUR 3. Koncentration af PFAS i forhold til dybden. Øverste figur viser et dybdeudsnit fra 0-15 m, mens der i nederste figur er zoomet ind på de øverste 5 m.

Datakilde: POWER BI database pr. januar 2023

Samtlige jordprøver udtaget dybere end 6 m u.t., stammer fra en lokalitet tilhørende branchen 75.25 Brandvæsen og redningskorps.

Det ses også, at hovedparten af alle overskridelser af jordkvalitetskriterier forekommer i 0-2/3 meters dybde. Det er dog også her størstedelen af prøverne er udtaget.

Figurene i **FIGUR 3** viser koncentrationerne af henholdsvis PFAS4 (Sum4) og PFAS22 (Sum22) i jordprøver afbilledet i forhold til dybden i meter under terræn. De blå stiplede linjer udtrykker jordkvalitetskriteriet for henholdsvis PFAS4 og PFAS22. Øverste figur viser alle de dybder, hvor der er udført jordprøver, mens nederste figur har zoomet ind på de øverste 5 m.



FIGUR 4. PFAS i jord fordelt på brancher

Datakilde: POWER BI database pr. januar 2023.

I FIGUR 4 er vist en oversigt for koncentrationsniveauerne i jordprøver fra punktkildelokaliteter for henholdsvis PFAS22 og PFAS4 i alle brancher. Det fremgår, at der kun er få brancher,

hvor der foreligger data for mere end 50 prøver. Derudover fremgår det, at der oftere ses overskridelser af jordkvalitetskriteriet for PFAS4, mens der kun i enkelte brancher ses overskridelser af PFAS22.

Figuren viser en oversigt for antal jordprøver fordelt på brancher for henholdsvis PFAS22 og PFAS4. Koncentrationsniveauerne er afbildet i forskellige intervaller og gule, orange og røde farver viser overskridelser af jordkvalitetskriteriet.

I TABEL 2 er en oversigt over hvor mange lokaliteter, der har overskredet jordkvalitetskriteriet for henholdsvis PFAS4 og PFAS22. Lokaliteterne kan have flere forskellige brancher tilknyttet, dog har lokaliteter med branchen "lossepladser" ikke andre brancher tilknyttet.

TABEL 2. Antallet af lokaliteter med PFAS-forurening over jordkvalitetskriteriet, fordelt på brancher

Brancher	Antal lokaliteter med jordprøver	Antal lokaliteter med jordprøver med et indhold over JKK for PFAS4	Antal lokaliteter med jordprøver med et indhold over JKK for PFAS22
Tekstilindustri	4	-	-
Tæppefabrikker	1	-	-
Papir- og papirindustri	1	-	-
Trykkerier	4	-	-
Fremstilling af maling, lak mv.	1	-	-
Gummi- og plastindustri	4	-	-
Cement og beton	1	-	-
Jern- og metalvareindustri	8	-	-
Overfladebehandling af metal	10	3	2
Maskinindustri	14	-	-
Elektronik, fremstilling	3	1	-
Fremstilling af fly, skibe og både	1	1	-
Møbelindustri	8	1	-
El-, gas- og varmforsyning	2	-	-
Autolakering og undervognsbehandling	8	-	-
Lufttransport	1	1	-
Lufthavne mv.	2	1	-
Forsvar	10	-	-
Brandvæsen og redningskorps	33	8	1
Spildevand	2	-	-
Losseplads	24	6	1
Vaskerier og renserier	3	-	-
Renserier	5	-	-
Total	119	17	4

Anm: Tabellen viser, hvor mange lokaliteter fordelt på brancher der har jordprøver med et indhold over jordkvalitetskriteriet for henholdsvis PFAS4 og PFAS22. Lokaliteterne kan have flere brancher tilknyttet. JKK står for jordkvalitetskriteriet.

Datakilde: POWER BI database pr. januar 2023.

De væsentligste brancher med overskridelser af jordkvalitetskriteriet er "Brandvæsen og redningstjeneste", "Overfladebehandling af metal" samt "Losseplads". Derudover ses også enkelte overskridelser for "Elektronik, fremstilling", "Fremstilling af fly, skibe og både", "Møbelindustri", "Lufttransport" og "Lufthavne mm". Det bemærkes, at nogle af de store lufthavne ikke fremgår af datasættet, idet det kun er lokaliteter, hvor de primære forurenede aktiviteter opførte i 2001, som typisk undersøges af Regionerne.

Estimat af kendt forurening ud fra POWER BI data

Af datasættet fra POWER BI fremgår det, at der var 17 ud af 119 lokaliteter, hvor der var målt jordforurening over jordkvalitetskriteriet for PFAS4 i starten af 2023. Heraf er 6 lossepladser. Derudover fremgår det af POWER BI data, at jord over jordkvalitetskriteriet typisk kun forekommer ned til 2-3 meters dybde. Der antages derfor, at der kun eksisterer en forurening over jordkvalitetskriteriet i 2 meters dybde i det følgende.

For at kunne give et bud på den samlede mængde af PFAS-forurenede jord over jordkvalitetskriteriet på en lokalitet, skal der laves et estimat af de arealer, som forureningerne på lokaliteterne omfatter.

Regionerne er i gang med et arbejde med at fastlægge typiske arealer for forureningers udbredelse på en lokalitet i regi af GrundRisk og screeningsværktøjet for overfladevand (Kofoed, 2024). Dette arbejde fastlægger kildeområdet for spredning i det terrænnære grundvand og dermed ikke udbredelsen i jorden. Arbejdet er alligevel gransket forud for denne analyse for at få en fornemmelse af størrelsesordenen på forureningernes arealmæssige udbredelse.

Derudover fremgår det i rapport om risikovurdering, som er udarbejdet for Region Hovedstaden (WSP, 2024), at hvis en kilde på en lokalitet er ukendt, kan der anvendes et areal på 1.000 m² til at estimere kildens udbredelse. Brandøvelsespladser vil typisk have et større areal. Derudover vil lossepladser også have et større areal, men da det ikke forventes, at der vil ske afgravning på lossepladserne udelades disse fra estimatet.

På workshop afholdt d. 7. oktober 2024 med aktører fra branchen blev det diskuteret, at det ikke forventes, at en hel lokalitet vil være forurenede med PFAS over jordkvalitetskriteriet. Det vil typisk være en mindre afgrænset del. Der regnes derfor med, at 10 % af arealet er forurenede med PFAS over jordkvalitetskriteriet på baggrund af input fra aktørerne på workshopen.

Ud fra disse oplysninger estimeres følgende omtrentlige arealer (TABEL 3).

TABEL 3. Estimerede arealer med koncentrationer over jordkvalitetskriteriet (JKK)

Branche	Areal af lokaliteten	Estimeret areal med koncentrationer over JKK	Estimeret areal til opgravning af forurenede jord, hvis regionerne igangsatte en oprensning
Brandvæsen og redningstjeneste	8.000 m ²	800 m ²	800 m ²
Andre brancher	1.000 m ²	100 m ²	100 m ²
Lossepladser	Udelades fra estimat	-	-

Der udføres et estimat på jordmængden af de forurenede lokaliteter nedenfor, som vil være den jordmængde med PFAS-indhold over jordkvalitetskriteriet, der er kendt.

Brandøvelsespladser:

$$8 \text{ lokaliteter} * 2 \text{ m (dybde)} * 0,1 * 8.000 \text{ m}^2 \text{ (areal)} = 12.800 \text{ m}^3 \text{ jord}$$

Dette svarer til $2.720 \text{ m}^3 * 1,8 \text{ tons/m}^3 = 23.040 \text{ tons}$.

Andre brancher:

3 lokaliteter * 2 m (dybde)*0,1*1.000 m² (areal) = 600 m³ jord svarende til omkring 1.000 tons jord.

Samlet set vil der være omkring 25.000 tons jord med PFAS-forurening over jordkvalitetskriteriet.

Hvis de samme estimater laves med 3 m dybde og med et kildeareal på 20 % af det samlede areal, bliver estimatet omkring 70.000 tons jord med PFAS-forurening over jordkvalitetskriteriet.

Det bemærkes, at opgaven lyder på, at der skal estimeres mængder for den PFAS-forurenede jord over jordkvalitetskriteriet, der graves op. Mængden estimeret ovenfor omhandler den jord med PFAS over kvalitetskriterier, der er kendt via jordprøver, og som ikke er gravet op. Det formodes endvidere, at ved en opgravning vil regionerne typisk fjerne den øverste halve meter af forureningen for at sikre arealanvendelsen, og fordi den største mængde forurening typisk vil være at finde her. Derudover håndteres grundvandsforureninger ofte ved afværgepumpning og ikke ved afgravning. Ift. opgravning vil mængderne ovenfor sandsynligvis være overestimerede.

Der er imidlertid fortsat jordforurening med PFAS, der ikke er kendt. Det er forventeligt, at en række af de lokaliteter, hvor der kun er taget vandprøver, kan indeholde jord over jordkvalitetskriteriet. Dette vurderes særligt relevant, når grundvandskvalitetskriteriet er overskredet med en faktor 1.000. Der er en række usikkerheder forbundet med at koble grundvandsindholdet sammen med indhold i jorden, og der er derfor ikke lavet estimater på de lokaliteter, der kun har målt PFAS i grundvandsprøver.

Derudover er der en række ikke-undersøgte grunde, hvor der kan være PFAS over jordkvalitetskriteriet. Regionerne opgjorde i 2022, at der er i omegnen af 15.000 grunde, hvor der kan være brugt PFAS-stoffer. Det betyder, at det kan være muligt at finde forurening med PFAS på grundene. Det er ikke muligt at opgøre, hvor store jordmængder, der kan forventes fra disse grunde.

Samlet set vurderes ovenstående beregning derfor at illustrere et realistisk bud på mængden af jord over jordkvalitetskriteriet fra kendte forureninger, hvor der er taget jordprøver, fra regionernes data.

Opgravede mængder i 2024

Der blev i 2024 ikke opgravet PFAS-forurenede jord med PFAS-indhold over jordkvalitetskriteriet af regionerne. Der er fremkommet mindre mængder PFAS-forurenede jord med PFAS-indhold over jordkvalitetskriteriet fra borejord. I dette afsnit laves et estimat på, hvor meget borejord, det drejer sig om.

Der blev i 2023 arbejdet på 315 videregående undersøgelser og 1.020 indledende undersøgelser relateret til grundvandsundersøgelser (Danske Regioner, 2024). Dette er både opstartede og videreførte undersøgelser, og antallet er således ikke et udtryk for rent faktisk udført borearbejde i 2023. Hvis undersøgelsen er opstartet i fx 2022, kan borearbejdet dermed være udført i 2022, men stadig indgå i de opgjorte data.

Når regionerne undersøger for PFAS på forurenede grunde, vil PFAS typisk ikke være eneste forureningsparameter. Det er derfor svært at estimere antallet af gennemførte undersøgelser,

hvor der fremkommer PFAS-forurenet jord over jordkvalitetskriteriet, men der tages udgangspunkt i, at der i alt er registreret 17 lokaliteter med PFAS-fund over jordkvalitetskriteriet.

Der er lavet estimater for den mængde af jord, der genereres ved borearbejdet. Disse estimater ses i TABEL 4, hvor de er udregnet for en dybde af boringen på henholdsvis 2 m og 3 m borejord, samt ved 2 forskellige boringsdiametre. Derudover estimeres det, at der i gennemsnit går 10-20 boringer på en videregående undersøgelse og 4-8 boringer på en indledende undersøgelse. I praksis vil der være store individuelle forskelle på dette.

TABEL 4. Estimerede mængder jord fra boringer

Dybde	Boringsdiameter = 6 tommer	Boringsdiameter = 8 tommer
2 m borejord	0,07 tons jord	0,12 tons jord
3 m borejord	0,10 tons jord	0,18 tons jord

For en videregående undersøgelse vil der genereres mellem 0,7 tons og 3,6 tons borejord, mens der for en indledende undersøgelse vil genereres mellem 0,3 tons og 1,4 tons borejord i alt.

Det estimeres, at der udføres 5 videregående undersøgelser og 20 indledende undersøgelser om året, hvor der findes PFAS-forurenet jord over jordkvalitetskriteriet. Dette estimat er lavet med udgangspunkt i, at der i alt er registreret 17 lokaliteter med PFAS-fund over jordkvalitetskriteriet. På den baggrund estimeres det, at der er fremkommet mellem 10 og 50 tons borejord. Dette er samlet set ikke store mængder, selv ikke hvis antallet af boringer bliver 10-20 gange så højt. Det kan derfor estimeres, at der fra borejord fremkommer under 1.000 tons PFAS-forurenet jord over jordkvalitetskriteriet om året.

Borejord med PFAS-forurenet jord over grænseværdien kan alligevel udgøre et problem på den enkelte sag, hvis jorden ikke kan bortskaffes og derfor må opbevares i containere på pladsen. Ofte vil der også forekomme blandingsforurening, hvor der både er PFAS og eksempelvis klorerede opløsningsmidler i jorden.

Beregningerne viser dog, at mængder fra borejord i det samlede billede er uden betydning ift. selve opgravningen af den forurenede jord.

7.4 Andre aktørers data

Der er taget kontakt til en række aktører, der har viden om sager med PFAS-forurenet jord. Det er den generelle trend, at viden om mængder af PFAS-forurenet jord hos aktørerne er yderst sparsom, og at de nedenstående mængder er estimerede værdier, som ofte er baseret på et bedste gæt. Derfor er aktørernes data anonymiseret.

TABEL 5. Estimater af jordmængder med PFAS over jordkvalitetskriteriet fra forskellige aktører. Opgørelsen er ikke en totalopgørelse.

Aktører	Bortskaffede mængder i tons	Fremtidige mængder i tons	Andre oplysninger
Aktør 1	-	70.000	Flere arealer
Aktør 2	-	4.500	-
Aktør 3	1.400	5.000	-
Aktør 4	-	6-10.000	-
Aktør 5	-	5.000	-
Aktør 6	-	30.000	1 stor sag
Aktør 7	-	0	-
Aktør 8	-	10.000	-

Aktører	Bortskaffede mængder i tons	Fremtidige mængder i tons	Andre oplysninger
Aktør 9	-	2.500	Derudover forurenede areal på 10-15.000 m ² , som ikke forventes afgravet
Aktør 10	-	0	-
Aktør 11	-	0	-
Aktør 12	-	3.000	-
Aktør 13	-	-	3 sager, mængde ukendt
Aktør 14	-	7.000	-
Aktør 15	-	-	1 sag, mængde ukendt
Aktør 16	-	-	Tilbage melding om at det ikke er muligt at opgøre.

Kilde: Miljøstyrelsen Erhverv, kommunerne, Forsvaret, WSP og NIRAS

Særligt om aktør 1

Der er modtaget estimater på jordmængder med PFAS over og under jordkvalitetskriteriet fra aktør 1. Disse er omregnet fra m³ til tons ved at anvende en densitet for jord på 1,8 tons/m³. Mængderne stammer fra flere arealer.

Estimat af kendt forurening:

Jordmængde med PFAS over JKK: **37.000 m³**. Dette svarer til omkring 70.000 tons jord.

Jordmængde med PFAS under JKK: **250.000 m³**. Dette svarer til omkring 450.000 tons jord.

De pågældende mængder er estimeret med følgende forudsætninger:

1. Der er undersøgt og påvist PFAS i jorden på det pågældende areal (over eller under jordkvalitetskriteriet)
2. For arealer, hvor det vurderes, at aktiviteten med PFAS har været minimal og forurening alene vurderes overfladenær, er jordmængden baseret på et estimat af arealet for aktiviteten ganget med en dybde på 0,3 m.
3. For større aktiviteter er jordmængden baseret på et estimat af arealet for aktiviteten ganget med en dybde på 1 m.
4. Såfremt der for et område har været foretaget en konkret vurdering af mængden af PFAS-forurenede jord, er mængden fra denne vurdering brugt.

I ovenstående estimat er der således ikke taget højde for jord, der endnu ikke er undersøgt. Desuden er der ikke taget højde for evt. PFAS-forurenede jord fra fremtidige byggeprojekter.

Der kan potentielt være sammenfald mellem de estimerede mængder for aktør 1 og en række af de andre aktører. Det vurderes dog, at dette ikke er tilfældet i et stort omfang.

Det kan desuden bemærkes, at jordmængderne med PFAS-forurening under jordkvalitetskriteriet er markant større end jordmængderne med PFAS-forurening over jordkvalitetskriteriet, hvilket vurderes at gælde generelt.

7.4.1 Opskalering af data

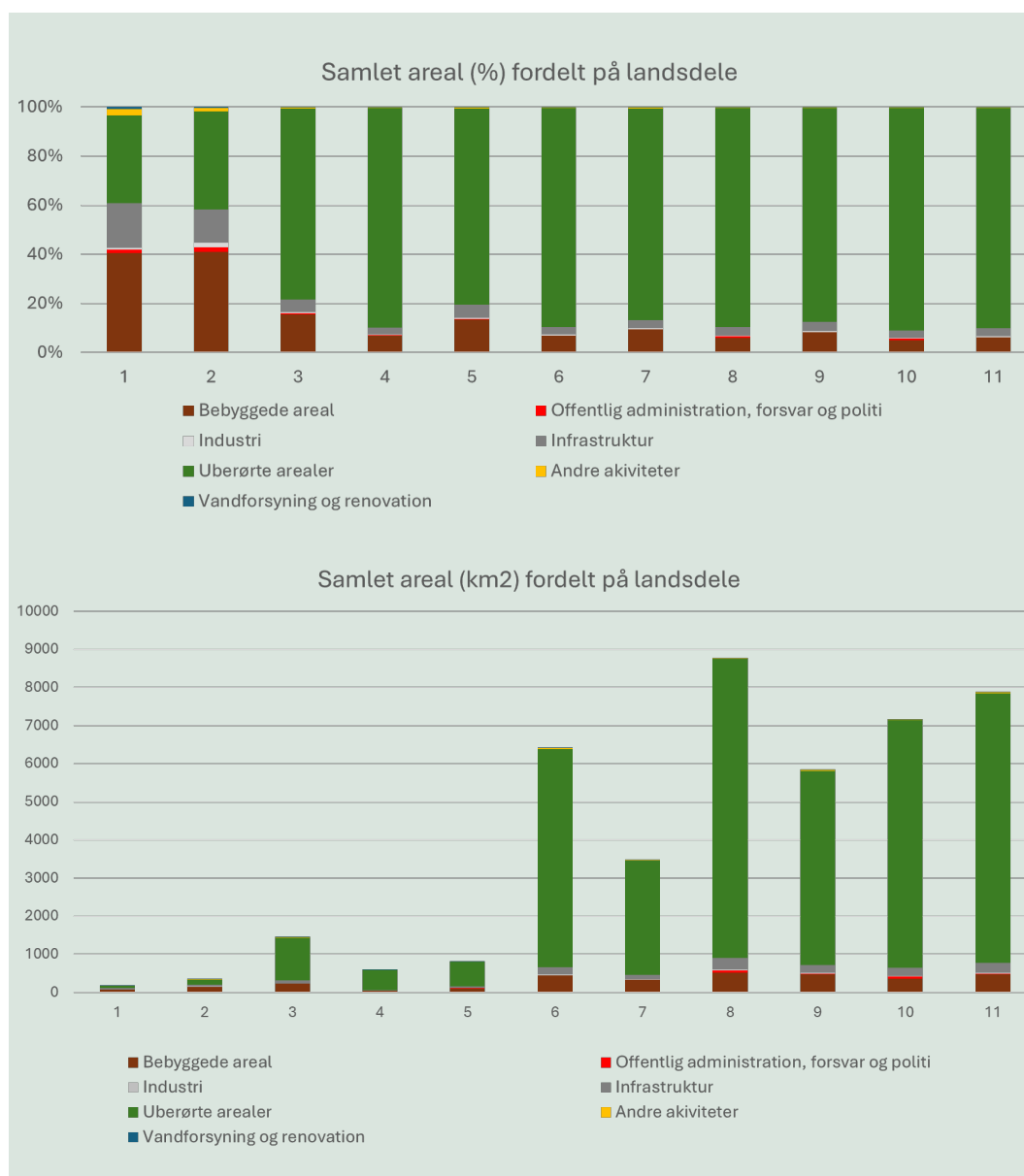
Der er modtaget oplysninger om sager fra to statslige aktører og 14 forskellige kommuner. Estimerede jordmængder er omtrentlige og behæftet med stor usikkerhed. På nogle sager er der ikke estimeret jordmængder, på andre sager er der arealer med jord over jordkvalitetskriteriet, men hvor der ikke forventes en opgravning.

For de statslige aktører er der samlet set oplyst mængder på omkring 75.000 tons PFAS-forurenede jord. For aktør 1 er der en mulig forventning om, at mængderne bliver gravet op inden for en 15-årig periode, men dette er behæftet med stor usikkerhed.

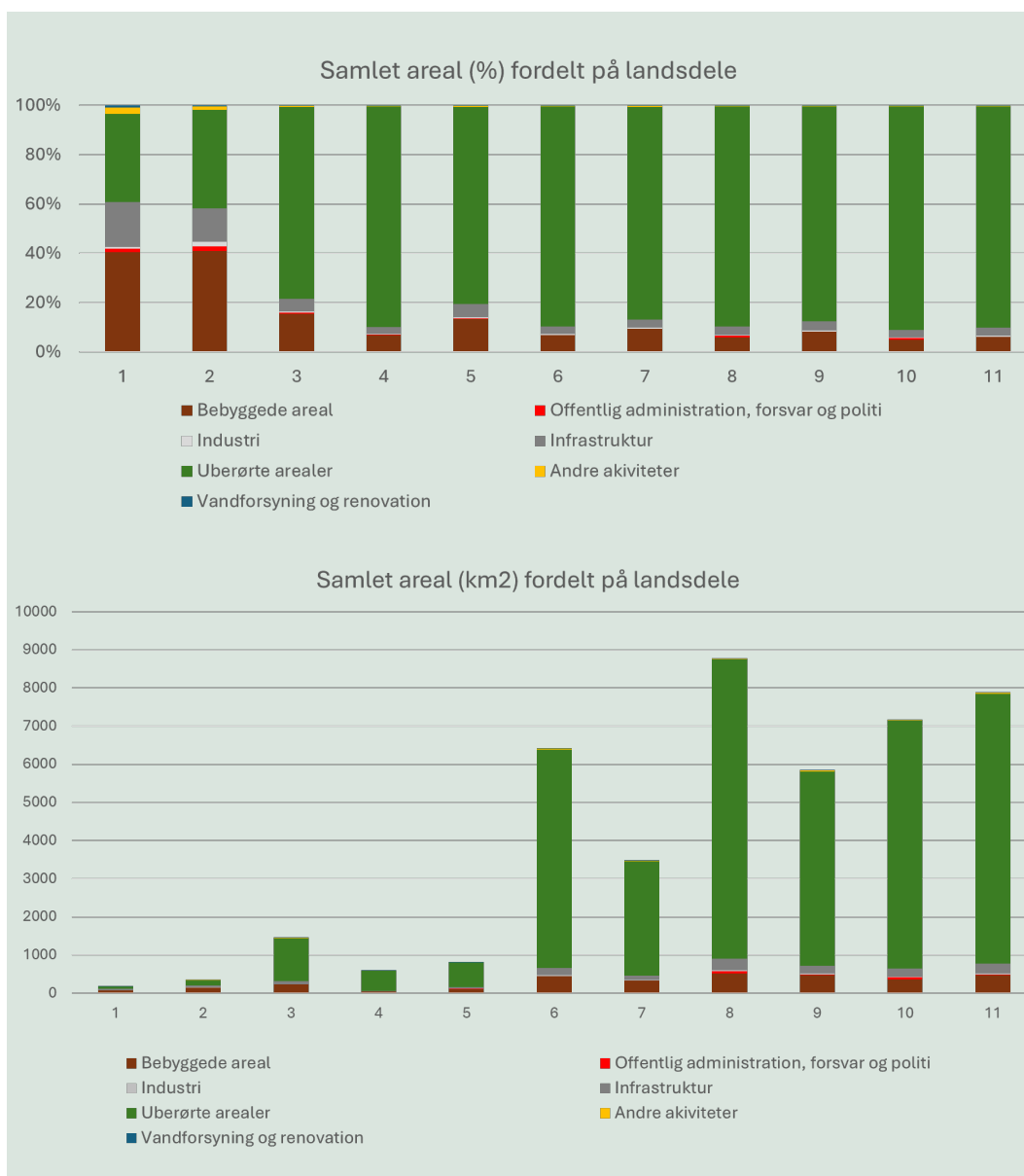
I kommunerne er der samlet set oplyst mængder på 72.500 tons. Disse mængder forsøges i det følgende at blive opskaleret ved brug af en gennemsnitsbetragtning for kommunerne. Den store sag for aktør 6 på 30.000 tons anses som en usædvanlig sag og udelades fra betragtningen.

For de resterende kommuner fås et gennemsnit på omtrent 3.000 tons forurenede jord. Opskaleres dette til at gælde for alle kommuner, fås en samlet mængde på omtrent 300.000 tons.

Det vurderes dog, at denne metode med at fordele et gennemsnit på hver kommune ikke er retvisende, da de forskellige kommuner hver især repræsenterer forskellige arealanvendelser og dermed forskellige brancher og kilder til forurening. Det er derfor undersøgt, hvordan kommunerne fordeler sig geografisk og i forhold til arealanvendelse og brancher.



FIGUR 5. Arealanvendelse fordelt på de enkelte landsdele



Kilde: Statistikbanken om arealanvendelse, Danmarks Statistik i nov/dec 2024. De nyeste datasæt blev hentet ned.

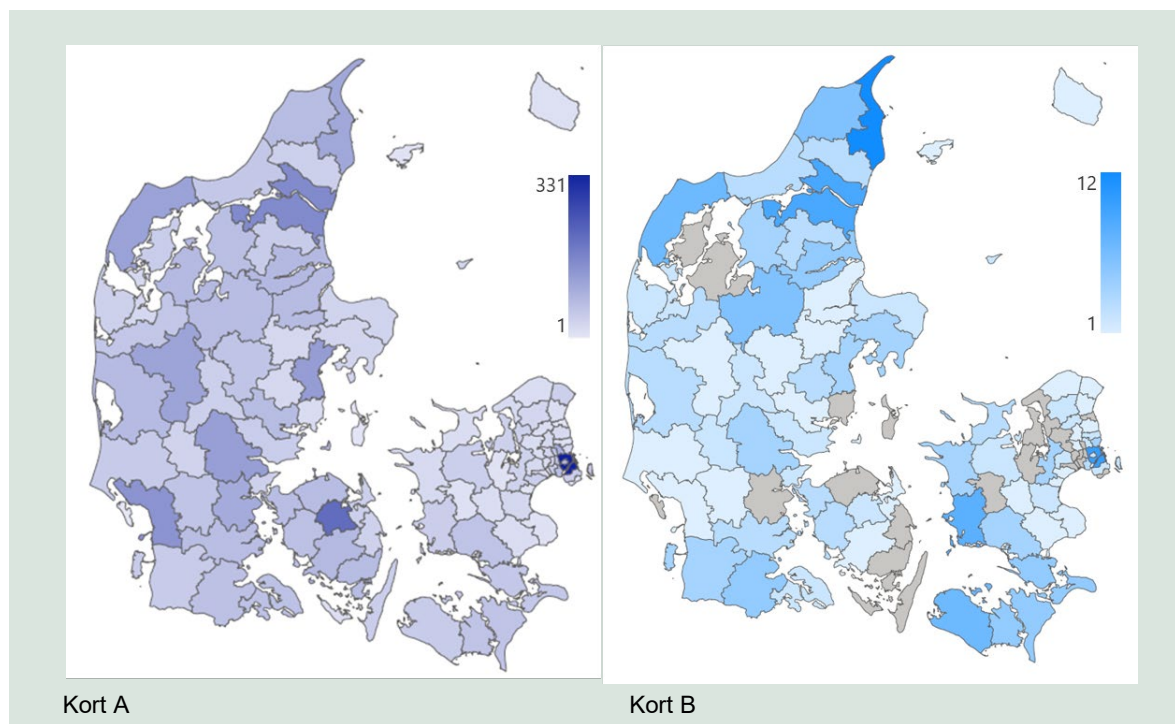
Den øverste figur viser, hvordan det samlede areal er procentvist fordelt på de enkelte arealanvendelser, mens den nederste figur viser, hvordan det samlede areal er fordelt på antal km² på de enkelte arealanvendelse.

Landsdelene er fordelt således: 1: Byen København, 2 Københavns Omegn, 3: Nordsjælland, 4: Bornholm, 5: Østsjælland, 6: Vest- og Sydsjælland, 7: Fyn, 8: Sydjylland, 9: Østjylland, 10: Vestjylland og 11: Nordjylland.

Landsdel 1, 2, 3 og 4 udgør Region Hovedstaden, Landsdel 5 og 6 udgør Region Sjælland. Landsdel 7 og 8 udgør Region Syddanmark, Landsdel 9 og 10 udgør Region Midtjylland, mens landsdel 11 udgør Region Nordjylland.

Kommunerne fordeler sig med 7 kommuner beliggende i Region Hovedstaden, 4 kommuner beliggende i Region Sjælland, 2 kommuner i Region Syddanmark og 1 kommune i Region Midtjylland.

Via udtræk fra Danmarks Statistik er det undersøgt, hvordan arealfordelingen mellem blandt andet bebyggede arealer, industri og uberørte arealer i de forskellige landsdele fordeler sig. Dette er vist i FIGUR 5



FIGUR 6. Antal grunde pr. kommune, der huser top 7 mest kritiske PFAS-brancher (kort A) og antal grunde, der huser brandvæsen og redningstjenester (B).
Anm: I DMP indgår mere end 40.000 grunde, som er V1 og eller V2-kortlagt af regionerne. I kortlægningen indgår også kortlægning af lokalitetsbranche og -aktivitet. I opgørelsen for kort A er der søgt på de 7 mest kritiske PFAS-brancher (Brandvæsen og redningstjeneste, Metal og overfladebehandling, Losseplads, Elektronik fremstilling, Fremstilling af fly, skibe og både, Møbelindustri samt lufttransport og lufthavne) under lokalitetsbranche, derefter er grundene fordelt på kommuner og optalt på antallet af grunde, der ifølge opgørelsen har huset en af de 7 typer brancher er optalt. Kort B indeholder en separat optælling for brandvæsen og redningstjeneste. Skalaen skal forstås således, at der fx er 331 grunde, der har huset én eller flere af de 7 brancher i København (kort A), og der er 12 grunde i Frederikshavn, der indeholder brandvæsen og redningstjenester (kort B).
Kilde: Danmarks Miljøportal (DMP)

Arealfordelingerne viser, at landsdelene og deres tilhørende kommuner har forskellige fordelinger mellem industri, by og uberørt landareal. Dette betyder, at der vil være en betydelig fejlkilde i at fordele et gennemsnitligt antal tons forurenede PFAS jord ud på alle kommuner, som det er gjort i ovenstående.

Samme konklusion fås ved at se på fordelingen af potentielt forurenende brancher i forhold til kommuner. I FIGUR 6 ses fordelingen af de mest kritiske PFAS-brancher i følge TABEL 2, og det ses at fordelingen af brancher er forskelligt fordelt på kommuner.

Til trods for at der er fremsøgt viden om arealanvendelser og brancher, kan der ikke udledes en opskaleringsformel for data i TABEL 5 på baggrund af data om arealanvendelser og brancher.

Det vurderede estimat på 300.000 tons på baggrund af en gennemsnitsbetragtning anses som højt. Et andet bud er derfor en vurdering om, at TABEL 5 rummer størstedelen af den kendte

forurening. Derfor estimeres det som et bedste gæt, at den samlede mængde af PFAS-forurennet jord hos kommunerne er 100-150.000 tons. Dette blev drøftet med aktører på workshop nr. 2, og her var tilbagemeldingen, at et bedste bud på den samlede mængde PFAS-forurennet jord hos kommunerne var et sted mellem 100.00 tons og 300.000 tons. Aktørerne blev endvidere præsenteret for et endnu højere bud, men det blev ikke anset som realistisk.

7.5 Trends, der påvirker jordmængderne

Trends der påvirker jordmængderne inden for de næste 10 år gennemgås i det følgende.

Generelle trends

Det vil naturligvis påvirke opgravede jordmængder, hvis der fortsat ikke vil findes bortskaffelsesmuligheder de næste 10 år. Det vurderes, at størstedelen af aktørerne vil afvente opgravning indtil der findes bortskaffelsesmuligheder.

Derudover vil budgetter og bevillinger påvirke regionernes indsats, mens den generelle byggeaktivitet i samfundet vil påvirke den mængde jord, der bliver opgravet.

Trends ift. regionernes indsats

Regionerne varetager den offentlige indsats med at håndtere jordforureninger, hvor der ikke kan gives påbud. Af (Danske Regioner, 2024) fremgår den budgetfordeling, som er vist i TABEL 6, og som viser den økonomi, der er anvendt i alt på jordforureningsopgaven og på grundvandsopgaven i 2023. Af årsrapporten fremgår det også, at der er anvendt ca. 30 mio. kr. på opgaven med at håndtere PFAS-forureninger. Dette er ca. 1/9 af budgettet til grundvandsopgaven. I praksis vil regionernes håndtering af PFAS-forurening på en lokalitet ofte omfatte en håndtering af andre forurenende stoffer.

TABEL 6. Regionernes budget i 2023. Tallene viser økonomi for hele jordforureningsopgaven og for den del af opgaven, der er rettet mod grundvand. Derudover er vist antal opstartede og videreførte aktiviteter

Økonomi	2023, i alt	2023, grundvand
Total	538 mio. kr.	267 mio. kr.
Antal aktiviteter		
Historiske redegørelser	1.365	-
Indledende undersøgelser	1.585	1.020
Videregående undersøgelser	615	315
Oprensninger	96	30
Tekniske anlæg	285	120
Overvågning	215	180

PFAS-området er relativt nyt set i forhold til jordforureningsområdet i øvrigt. Der har været en indsats de sidste 10 år, og efter skærpelsen af jord og grundvandskvalitetskriterierne i 2020, er der kommet ekstra fokus på indsatsen. Samme stigende opmærksomhed ses i udlandet.

Området med PFAS som jord og grundvandsforurening er således i en indledende etape, hvor der undersøges og indsamles viden om PFAS. PFAS adskiller sig fra andre jordforureninger ved at være et overfladeaktivt stof og derved have andre fysisk-kemiske egenskaber end andre forureningstyper. PFAS opfører sig derved anderledes i jord og grundvand. Dette komplicerer billedet, særligt ift. risikovurdering, og kræver et særskilt fokus på undersøgelser.

Regionerne er derfor i høj grad i en undersøgelsesfase, hvor der indsamles viden om problemets omfang, risikovurdering og mulige former for afværgeforanstaltninger. Samtidig skal

PFAS-forureningerne prioriteres ift. andre bedre kendte forureningstyper, og som også kan udgøre en risiko for grundvandet. Undersøgelserne har ligeledes til formål at afgrænse forureningen og lave en mere sikker risikovurdering, således at der opgraves så få mængder som muligt.

Trends i forhold til andre aktørers indsats

PFAS-forurenet jord opgraves i høj grad også som følge af en privat indsats. Det vurderes, at langt de største jordmængder med PFAS-forurenet jord vil komme herfra. Da PFAS er en relativ ny forureningskomponent vurderes det, at der er meddelt væsentligt flere undersøgelsespåbud end oprensningsspåbud. Det anslås, at der vil gå 2-5 år fra et undersøgelsespåbud bliver meddelt til et oprensningsspåbud meddeles, det skyldes at området stadig er nyt, løsningerne er vanskelige, der er en stor grad af myndighedsarbejde og erfaringsgrundlaget fortsat er begrænset. Der forventes derfor at komme betydelig flere oprensningssager, hvor jord skal afgraves, som følge af påbud de næste 10 år.

Det bemærkes dog, at manglen på bortskaffelsesmuligheder gør det svært at vurdere omkostningerne forbundet med en oprensning, og dermed om det er proportionalt at kræve oprensning. Dette kan medføre, at myndighederne ikke kan træffe afgørelse om oprensning eller afgørelserne trækker ud. Hvis jorden skal eksporteres og prisen er høj, kan det vise sig ikke-proportionalt at kræve oprensning.

Det vurderes, at der vil blive opgravet færre mængder PFAS-forurenet jord i starten af den kommende 10-årsperiode. I forhold til udvikling af § 8 sager med PFAS-forurenet jord vurderes det, at der her vil komme et stigende fokus på PFAS og dermed også en stigning i sager, hvor grundene enten allerede er kortlagt for PFAS eller, hvor det som led i undersøgelserne i forbindelse med tilladelsen undersøges for PFAS i jorden. Det forventes derfor, at der vil komme betydelig flere oprensningssager, hvor jord skal afgraves, som følge af ændring af arealanvendelsen de næste 10 år.

Det vurderes, at der forsat vil og skal være en indsats, der er rettet mod at behandle jord in situ eller on site, og at der særligt på sager med store mængder PFAS-forurenet jord (over 30.000 tons) vil være fokus på at finde alternativer til en opgravningsløsning.

7.6 Opgravede mængder – nu og 10 år frem

I nedenstående prognose for de næste 10 år, er det forudsat, at der findes løsninger til at bortskaffe jorden. Der er lavet en prognose for henholdsvis regionernes indsats og samlede mængder (alle aktørers indsats).

7.6.1 Regionernes indsats

Det vurderes, at der på nuværende tidspunkt ikke er lavet egentlige oprensninger for PFAS, hvor jorden er gravet op. Der er fremkommet borejord fra undersøgelser, og dette er svært at bortskaffe. Dette skyldes også, at der ofte er tale om blandingsforureninger.

Estimat for 2024

Det vurderes, at der er fremkommet under 1.000 tons PFAS-forurenet jord over jordkvalitetskriteriet fra regionernes undersøgelser.

Prognose for de næste 10 år

Der er lavet 3 scenarier for udviklingen i antallet af oprensninger for regionerne de næste 10 år.

Scenarie 1, samme aktivitetsniveau som i 2024

Der er taget udgangspunkt i, at PFAS-opgaven følger nuværende aktivitetsniveau i forhold til antal oprensninger/antal videregående undersøgelser og antal indledende undersøgelser,

men at der vil blive udført oprensninger. Dette blev drøftet på workshoppen, hvor forskellige estimater blev diskuteret. Estimatet tager udgangspunkt i opstartede aktiviteter:

1. 2 oprensninger de næste 5 år, herefter 1 om året de næste 5 år.
2. Dertil kommer, at der udføres en række indledende undersøgelser og videregående undersøgelser

Scenarie 2, øget aktivitetsniveau ifm. undersøgelser

Et andet estimat er, at der de næste 10 år løbende opstår ny viden og ny regulering omkring PFAS, der medfører at regionerne fortsat har brug for at være i en intensiv undersøgelsesfase:

3. 3 oprensninger de næste 10 år
4. Dertil kommer, at der udføres en række indledende undersøgelser og videregående undersøgelser, som intensiveres ift. scenarie 1.

Scenarie 3, øget aktivitetsniveau ifm. oprensninger

Et tredje estimat er, at der de næste 10 år vil være et øget fokus på at rense op.

5. 1 oprensning om året de næste 5 år, herefter 3 oprensninger om året de næste 5 år
6. Dertil kommer, at der udføres en række indledende undersøgelser og videregående undersøgelser, men antallet er mindre end scenarie 1.

Det estimeres, at 50 % af oprensningerne vil bestå af in situ eller on site oprensninger, afværgpumpning eller monitorering, hvor jorden ikke graves væk, mens 50 % vil blive gravet væk. Oprensningerne udregnes ved at bruge det forventede forurenede areal for brandøvelsespladser (10 % af 8.000 m²), og dybden sættes til 1 m. Tidligere i afsnit 7.3 blev dybden sat til 2 m, da den kendte mængde jordforurening med PFAS over jordkvalitetskriteriet skulle beregnes. Det er dog ikke forventet, at regionen vil afgrave forureningen i sin fulde dybde, og derfor er dybden sat til 1 m.

Tidligere beregninger viste af mængden af borejord fra undersøgelser udgør en mindre del ift. den jord, der forekommer ved oprensning. Dertil kommer, at der kun i en mindre del af undersøgelserne vil være PFAS-forurenet jord over jordkvalitetskriteriet. Der er derfor i de næste beregninger udelukkende regnet på den forventede mængde jord, der opstår ved en oprensning af PFAS-forurenet jord. Mængderne er afrundet til nærmeste tusind.

TABEL 7. Estimat 1 over forventede opgravede mængder næste 10 år fordelt på 3 scenarier

Scenarie	Forventede opgravede mængder, 2024-2029	Forventede opgravede mængder, 2030-2034
Scenarie 1	1.000 tons	4.000 tons
Scenarie 2	2.000 tons	
Scenarie 3	4.000 tons	10.000 tons

Note: For scenarie 2 antages en udvikling over 10 år med i alt 3 oprensninger på et uspecificeret tidspunkt over perioden som i alt giver 2.000 tons.

Hvis det forventede areal af PFAS-forurenet jord over jordkvalitetskriteriet på brandøvelsespladser sættes til 20 % i stedet for 10 % bliver mængderne fordoblet. Derudover sættes dybden af afgravningen til 3 m. Disse mængder ses nedenfor, hvor mængderne er afrundet til de nærmeste 10.000 tons for at afspejle de store usikkerheder.

TABEL 8. Estimat 2 over forventede opgravede mængder næste 10 år fordelt på 3 scenarier

Scenarie	Forventede opgravede mængder, 2024-2029	Forventede opgravede mængder, 2030-2034
Scenarie 1	10.000 tons	20.000 tons
Scenarie 2	10.000 tons	
Scenarie 3	20.000 tons	60.000 tons

Note: For scenarie 2 antages en udvikling over 10 år med i alt 3 oprensninger på et uspecificeret tidspunkt over perioden som i alt giver 10.000 tons.

7.6.2 Samlede mængder

Estimat for 2024

Det estimeres, at der i 2024 blev gravet mindre end 10.000 tons jord væk, der er forurenet med PFAS over jordkvalitetskriteriet på tværs af aktørgrupper. Estimatet bunder i, at der gennem interviews, data og workshop fremgår, at der ikke er meget jord med PFAS over jordkvalitetskriteriet, der bliver afgravet. Projektgruppen er blevet bekendt med afgravede mængder på omkring 6.000 tons.

At der ikke er gravet mere jord væk, kan skyldes det forhold, at det er meget svært at komme af med den jord, der bliver afgravet. Hvis der havde været løsninger, hvorved jorden kunne bortskaffes, ville der sandsynligvis være blevet gravet mere væk.

Prognose for de næste 10 år

Prognosen for opgravede mængder af PFAS-forurenet jord over jordkvalitetskriteriet er baseret på ekspertgæt med udgangspunkt i de indsamlede data. Prognosen er behæftet med stor usikkerhed og har været drøftet på workshop 2. På denne workshop var den overvejende tilbagemelding fra aktørerne, at de samlede mængder estimeres til mellem 150.000 og 500.000 tons jord over de næste 10-15 år. På workshoppen blev aktørerne også præsenteret for estimater, der var betydelig højere, men dem anså deltagerne ikke som realistiske.

Det estimeres, at de største mængder vil komme fra en privat indsats i forhold til den offentlige indsats, enten som følge af oprensningspåbud eller en ændring af arealanvendelsen på en forurenet grund. Derudover vil der være nogle sager, hvor virksomheder frivilligt vælger at undersøge og grave jorden af.

Det forventes, at der vil opgraves færre mængder i starten af 10-årsperioden, og at der i løbet af perioden vil komme et stigende fokus på PFAS og øget viden om forekomster. Derudover forventes der om 4-5 år at komme en stigning i mængden af oprensningspåbud, som dog også vil være afhængige af hvilke bortskaffelsesmuligheder, der er tilgængelige. En tilbagemelding på workshoppen var, at estimatet burde gælde en 15-årsperiode, da der ikke forventes en stor stigning i opgravede mængder de næste 5 år, idet der endnu ikke er etableret deponeringsmuligheder i Danmark.

Samtidig forventes det også, at der vil være en udvikling inden for oprensningsteknologi, hvor der særligt for store sager, vil være et fokus på at oprense on site eller in situ.

De estimerede bedste gæt for mængder af PFAS-forurenet jord over jordkvalitetskriteriet de næste 10 år er vist i tabellen nedenfor.

TABEL 9. Estimerede bedste gæt for de samlede mængder af PFAS-forurenet jord over jord-kvalitetskriteriet, der forventes at blive opgravet

Scenarie	Estimeret bedste gæt	Kommentar
Scenarie a	150.000 tons over 10 år	Et gæt, der baserer sig på, at en stor del af den forurenede jord ikke bliver gravet op.
Scenarie b	300.000 tons over 10 år	Et gæt, der baserer sig på, at der fremtidigt vil blive fundet flere PFAS-forureninger, men hvor det samtidig vurderes, at en del af forureningen ikke graves op.
Scenarie c	500.000 tons over 10 år	Et gæt, der baserer sig på, at der fremtidigt vil blive fundet flere PFAS-forureninger, og hvor der i høj grad bliver valgt afgravningsløsninger.

8. Potentiale for jordopbevaring

Til vurderingen af potentialerne for jordopbevaring er anvendt input fra relevante aktører via interviews og workshops. Ifølge respondenterne herfra er der kun begrænsede muligheder for jordrensning og midlertidig opbevaring af PFAS-forurenet jord i Danmark. Selv jord med en PFAS-forurening under jordkvalitetskriteriet er svært at komme af med. Selvom PFAS-forurenet jord over jordkvalitetskriteriet nu i et vist omfang kan eksporteres til Norge, vil der være et behov for at finde løsninger på jordrensning og deponi i Danmark.

8.1 Jordmængder med PFAS til opbevaring

I Danmark er der meget begrænsede muligheder for midlertidig opbevaring af PFAS-forurenet jord over jordkvalitetskriteriet (JKK)⁷. Der findes kun i begrænset omfang åbne deponier for jord. I stedet findes jordbehandlingsanlæg, der renser forurenet jord til senere nyttiggørelse i fx voldprojekter eller andre større jordforbrugende projekter som Lynetteholmen. Få af disse jordbehandlingsanlæg mener at have den nødvendige godkendelse til at opbevare og behandle PFAS-forurenet jord over jordkvalitetskriteriet, og grundet usikkerhed omkring nuværende og fremtidig regulering er aktørerne generelt forbeholdende for at skulle opbevare PFAS-forurenet jord – både over og under jordkvalitetskriteriet.

I projektet er foretaget interviews af relevante aktører i branchen såsom jordbehandlere, myndigheder og konsulenter, der tager sig af jordhåndtering i forbindelse med bygge- og anlægsprojekter samt forureningssager. Konklusionerne i dette kapitel bygger på disse interviews og konklusioner fra projektets workshops.

Der er i branchen en generel opfattelse af, at der mangler klare retningslinjer for håndteringen af PFAS-forurenet jord. Det gælder både for jord over og under jordkvalitetskriteriet. Usikkerheden går bl.a. på de driftsøkonomiske konsekvenser af at håndtere den PFAS-forurenede jord på en måde så der ikke sker kontaminering af anden jord på et site - eller mistanke herom.

Blandt både myndigheder og kommercielle aktører, er der en generel forventning om, at PFAS-jordforureningen på længere sigt skal kunne løses inden for Danmarks grænser. Dog er der en opmærksomhed på, at det på nuværende tidspunkt kun i meget begrænset omfang er muligt at rense og opbevare PFAS-forurenet jord i Danmark, da de færreste aktører har ønske om eller mulighed for at opbevare og/eller behandle PFAS-forurenet jord.

⁷ Der er i skrivende stund kendskab til én aktør, der med sikkerhed har miljøgodkendelse til at modtage og opbevare PFAS-forurenet jord.

TABEL 10. Mulig håndtering af jord i mængder

Håndtering	Lokalitet	Mængde jord i ton	Kommentar
Jordrensning	Danmark	<20.000	Over JKK
Midlertidig opbevaring/transit	Danmark	< 20.000	Over JKK
Nyttiggørelse	Danmark	80.000.000	Under JKK (diverse jordprojekter, for tiden Lyntteholmen med den samlede kapacitet på 80 mio. ton for hele projektet)
Deponi i Norge	Eksport	100.000	2024-2025, Norrecco eksportaftale
Potentiel jordrensning	Eksport	120.000-1.000.000	I Sverige eller Holland

Anm: Data er ikke en totalopgørelse over alle jordrensningsanlæg og deponier, men repræsenterer den bedste viden på området

Kilde: Interviewsvar

I TABEL 10 opsummeres overslag for mulig opbevaring eller håndtering af PFAS-forurenede jord i Danmark og ved eksport. Data for midlertidig opbevaring/transit skal opfattes som usikre estimater fastsat fra aktørers overslag og rundet op. I forbindelse med input til overslag har flere aktører understreget, at deres overslag er betinget af, at de har klare retningslinjer og de oplever en lav risiko for, at der efter modtagelse af PFAS-forurenede jord dukker yderligere krav op til fx håndtering af perkolat og testning af anden jord, som opbevares på anlægget. Desuden uddyber flere aktører, at de ikke kan modtage PFAS-forurenede jord uden at have en sikker plan for at jorden kan flyttes videre inden for rimelig tid.

8.2 Danske løsninger

Der er fortsat meget at lære om PFAS-forurenede jord og mulighederne for at oprense jorden. Samtidig oplever flere aktører en usikkerhed i forhold til, hvad de kan og skal, hvis de opbevarer og håndterer jord med PFAS-forurening. Grundet det nyligt fokus på udfordringerne ved PFAS frygtes ændringer i jordkvalitetskriteriet samt opfølgende revurderinger af eksisterende godkendelser med skærpede krav til fx belægningstype, overdækning og rensning af perkolat.

Usikkerhed blandt deponier og behandlingsanlæg

Fra interviews fremgår det, at de fleste jordbehandlingsanlæg har overvejet at modtage PFAS-forurenede jord. Flere forestiller sig, at de ville kunne finde spor af PFAS-forurening i noget af den jord de har modtaget tidligere, hvor der ikke blev undersøgt for PFAS. På de fleste anlæg afvises det imidlertid at modtage PFAS-forurenede jord, selv under jordkvalitetskriteriet. Årsagen er, at flere aktører er bekymrede for konsekvenserne ved at modtage jorden, bl.a. på grund af udvaskning af PFAS til perkolat, dræn- og spildevand. Af samme årsag er deponeringsanlæg generelt varsomme med at modtage affald med kendt indhold af PFAS som vil kunne afledes med perkolatet.

Aktørerne oplever overordnet følgende udfordringer ved at skulle modtage jorden:

1. Usikkerhed omkring retningslinjer
2. Manglende nedre grænse for PFAS
3. Dyrt og svært at måle for PFAS
4. Dyrt at rense perkolat for PFAS
5. Usikkerhed ift. at kunne komme af med jorden

Flere aktører giver udtryk for, de har en plan for, hvordan de ville håndtere PFAS-forurenede jord på jordrengørelsesanlæg, men at de er bekymrede for, om håndteringen er tilstrækkelig til at undgå mistanke om "smitte" til anden jord på anlægget og dermed giver anledning til efterfølgende krav til målinger af PFAS i andre jordpartier. Der efterspørges fælles overordnede retningslinjer for hvordan jordrengørelsesanlæg kan indrettes, dels mhp. midlertidig opbevaring eller til

rensning for PFAS, hvor jorden herpå bør håndteres med henblik på en effektiv og ressourcebesparende håndtering.

Det er dyrt at prøvetage og analysere for PFAS, herunder at opnå sikkerhed for resultatet med mindre, jorden måles mange gange. Tilsvarende er det dyrt at oprense perkolat med PFAS-forurening, og hvis et modtageranlæg genbruger sit perkolat efter rensning, er der risiko for at en utilstrækkelig rensning betyder, at det genbrugte perkolat kontaminerer øvrig jord på anlægget. Den risiko er årsag til at nogle anlæg helt afviser at modtage PFAS-forurenede jord.

Endelig kan der være usikkerhed om at komme af med PFAS-forurenede jord, både over og under jordkvalitetskriteriet. Indtil for ganske nylig var der ingen muligheder for at komme af med PFAS-forurenede jord over jordkvalitetskriteriet. Hvis en aktør derfor gav tilsagn til midlertidigt at opbevare jorden ville denne ikke kunne føle sig sikker på at kunne komme af med jorden igen.

Jord med forurening under jordkvalitetskriteriet

Selv jord med PFAS under jordkvalitetskriteriet giver anledning til bekymring hos flere aktører, fordi det kan være svært at komme af med. Nogle kommuner vil ikke godkende PFAS-forurenede jord under jordkvalitetskriteriet i fx en støjvold, hvis det ikke er inkluderet i den oprindelige risikovurdering af projektet. Derfor giver flere jordbehandlere udtryk for, at de ikke ønsker at modtage jord, der er forurenede under jordkvalitetskriteriet, medmindre de har en klar plan for, hvordan de kan komme af med den pågældende jord til nyttiggørelse.

Der er en generel opfattelse af, at det for øjeblikket hovedsageligt er Lynetteholmen, der vil modtage jord til nyttiggørelse med forurening under jordkvalitetskriteriet. Afsætningsmuligheden til Lynetteholmen gør, at nogle jordbehandlere nu er villige til at modtage jord under jordkvalitetskriteriet, særligt hvis de ligger indenfor en rimelig transportafstand fra Lynetteholmen. Dog ønskes jorden ikke opbevaret på jordbehandlingsanlæggene over længere tid, da de er bekymrede for risikoen for udvaskning.

Der er ikke nogen nedre grænse for, hvornår man kan sige, at der ikke er PFAS-forurening i jord. Hvis PFAS kan måles i jorden er den i princippet forurenede med PFAS. Samtidig er der en generel opfattelse af, at der typisk vil findes en vis grad af (diffus) PFAS-forurening i jorden, hvis der måles for det.

Efterhånden som flere kommuner beder om måling for PFAS-forurening, bliver der også fundet mere jord med PFAS-forurening, dog ofte under jordkvalitetskriteriet. Selvom fund af PFAS-forurenede jord ikke altid udløser et krav om rensning af jorden, er en konsekvens heraf, at jordbehandlingsanlæggene (jordrenseanlæg) ser et stigende antal henvendelser om behov for at håndtere netop PFAS-forurenede jord under jordkvalitetskriteriet. Det vurderes, at mængderne af PFAS-forurenede jord under jordkvalitetskriteriet er væsentligt større end mængderne af PFAS-forurenede jord over jordkvalitetskriteriet.

Deponi og behandling

Ved anden workshop i projektet blev muligheden for danske deponier diskuteret. Den generelle opfattelse var, at danske deponier foretrækkes frem for at eksportere jorden, men deponering er ikke uden udfordringer og der kræves nøje opmærksomhed på monitorering, udvaskning over tid og risikoen for oversvømmelser grundet klimaforandringer. Hertil har Miljøstyrelsen udviklet en metode til stedsspecifik risikovurdering ved deponering af affald (Miljøstyrelsen, 2022)⁸.

⁸ Se den fulde afrapportering: [Metodik til stedsspecifik risikovurdering ved deponering af affald - Miljøstyrelsen](#)

Argumenter for nationale deponier er en tilgang om, at Danmark bør kunne håndtere egen forurening kombineret med en forventning om, at vores nabolande i stigende grad vil være afvisende overfor at modtage PFAS-forurenede jord udefra.



FIGUR 7. Eksemplificerede placeringer af PFAS-jorddeponier

Andre input fra workshopen var, at danske deponier for PFAS-forurenede jord ikke nødvendigvis behøver være dedikeret formålet at deponere PFAS-forurenede jord, men at de skal kunne modtage andre fraktioner som asbest og shredderaffald. Eftersom deponier risikerer at kunne påvirke omgivelserne i 30-700 år blev det samtidig indstillet, at det bør overvejes, om behandlingsmuligheder som jordvask og destruktion af PFAS-stoffer kunne være en bedre løsning end deponering, eller i hvert fald en del af løsningen. Allerede i dag er det muligt at rense begrænsede mængder af PFAS-forurenede jord i Danmark med fx termisk jordbehandling hos FORTUM og via forsøgsanlæg med jordvask jf. Bilag 2.

Eventuelle nye deponier, der kan modtage PFAS forurenede jord, kunne fx kombineres med behandlingsanlæg, hvor der samtidig kunne udvikles viden om nyttiggørelse, som fx. at binde PFAS eller anvende jorden på differentierede måder. For at komme godt i gang med behandlingsanlæg, vil der blive et behov for godkendelser til forsøgsanlæg.

For at håndtere usikkerheden vil offentligt ejede og -drevne deponier kunne være en løsning - gerne placeret jævnt fordelt i Danmark for at undgå for lange transportafstande. Blandt aktørerne var der generelt en skepsis overfor midlertidige depoter, eftersom disse sjældent lukkes som planlagt. Vigtigheden i at indregne de samlede omkostninger til deponier, herunder efterbehandling, blev desuden understreget.

Som det fremgår af afsnit 8.3 er der i løbet af 2024 opstået en mulighed for at eksportere PFAS-forurenet jord til Norge, men hidtil har aktørerne haft svært ved at finde en løsning på, hvordan de skulle komme af med PFAS forurenet jord over jordkvalitetskriteriet. Slagelse kommune har fx skulle tage stilling til håndteringen af potentielt omkring 2.000 tons PFAS-forurenet jord over jordkvalitetskriteriet. jf. Korsør-casen.

Korsør-casen

Forureningen er opstået på Slagelse brand- og redningsstation, formentlig i forbindelse med brugen af PFAS-holdigt brandslukningsskum.



FIGUR 8. PFAS-forurenet jord ved kolonihaveforeningen HF Rundingen

Anm: Afmærkede områder: brandstationen (rød) og kolonihaverne (orange). Kilde: Slagelse kommune

Kommunen har foreløbigt bortskaffet det PFAS-forurenede sediment til Nordic Waste, som på tidspunktet for afsendelsen ansås som den bedste og mest sikre modtager. I mellemtiden er der sat dræn i jorden, der opsamler forurenet vand, som der renses som PFAS-forurenet perkolat. Der kan dog være usikkerhed om hvorvidt denne løsning sikrer, at alt forurenet vand opsamles.

Den oprindeligt plan var snarest muligt at opgrave den PFAS-forurenede jord i kolonihaverne, men det krævede, at jorden kunne opbevares et sted. En mulighed var at bygge en slags lagerhal til jorden, hvor forureningen ikke kunne sive væk. Kommunen ville selv kunne godkendetillade en bygning til at opbevare jorden, men ville ikke kunne godkendetillade et deponi, det skal Miljøstyrelsen er godkendelsesmyndighed gøre. Kommunen har fået et tilbud på knap 3 mio. kr. for en egnet bygning, der kan opbevare jorden.

Håndtering for nu

Jorden i kolonihaverne er gravet op og opbevares midlertidigt i et deponi i Skælskør (RGS, Stignæs), der har fået midlertidig godkendelse til at opbevare jorden. Efter opgravning har det vist sig, at der var tale om knap 1.400 ton PFAS-forurenet jord i kolonihaverne.

Jorden på brandstationen forventes ikke opgravet, men der er givet midler (10 mio. kr.) til, at 2 x 30 ton opgraves mhp. at teste muligheden for at rense jorden. Der er også åbnet op for at andre forskningsprojekter kan afprøve rensningsmetoder på både jord og perkolat.

Det er imidlertid svært at finde den rette klassificering af jorden, særligt, hvis man tillader forsøgsanlæg at teste rensningsmetoder for jorden. Det er uklart, hvornår man efter en rensning af PFAS-forurenet jord vil kunne definere jorden som værende rensset, og hvordan den i så fald skal kunne håndteres eller opbevares efterfølgende.

Kommunen har altså brug for klare retningslinjer for, hvordan de gør det rigtige i forhold til at fjerne, evt. rense og efterfølgende opbevare PFAS-forurenet jord.

8.3 Eksport

Norrecco har eksporttilladelse til deponi i Norge hos Perpetuum, også andre aktører taler om muligheder for eksport dog mhp. jordbehandling i hhv. Holland og Sverige.

I Norge er der etableret specialindrettede deponier til modtagelse af PFAS-forurenet jord. Perpetuum er det største ud af i alt 4 deponier, der kan håndtere PFAS-forurenet jord i Norge. Perpetuum har en specialindrettet enhed til at håndtere PFAS-forurenet jord med ekstra bundforsegling og renseanlæg, der renser perkolatet for PFAS inden perkolatet sendes videre til anlæggets almindelige renseanlæg.

Den specialindrettede enhed har plads til 600.000 tons jord og langt over halvdelen er brugt, heraf kommer 150.000 tons jord fra Irland. Det øvrige jord kommer primært fra brandøvelsespladser og lufthavne og primært fra 2 aktører: Forsvarsbyg og Avinor (luftfartsselskab). Deponiet stod færdigt i 2018, men først fra 2021 begyndte de at modtage jord forurenet med PFAS. De typiske koncentrationer modtaget er 100 µg/kg - 5.000 µg/kg PFAS₂₆.

Ud fra disse oplysninger kan udledes, at der i Norge på en 3-årig periode er modtaget mindst 150.000 tons PFAS-forurenet jord til deponi fra brandøvelsespladser i Norge, og formentlig en hel del mere.

Perpetuum oplyser⁹, at de har muligheder for at udvide deres deponi, da de har mange frie omkringliggende områder.

8.4 Vurdering af klimaeffekter ved transport af jord

At flytte større jordmængder fra en forurenet grund til et deponi er en energikrævende proces, som medfører udledning af CO₂.

Opgravningen og håndteringen af jord er i sig selv energikrævende, men det største bidrag kommer fra selve transportdelen til slutdestinationen, hvor afstand og transportform har stor indflydelse på den samlede CO₂-udledning.

Nedenfor er der foretaget en indikativ beregning af klimaeffekten for at give et bud på størrelsesordenen af CO₂-udledninger ved opgravning og transport af jord hhv. inden for Danmark og ved eksport til Norge.

Til klimaberegningerne er brugt estimer for gennemsnitlige brændstofforbrug for opgravning af jord i CO₂e/ton og hhv. diesel i mj/tonkm for lastbiltransport og heavy fuel i mj/tonkm for skibstransport. I estimatet er indregnet den fulde transportlivscyklus for transportmiddel og tilhørende infrastruktur¹⁰.

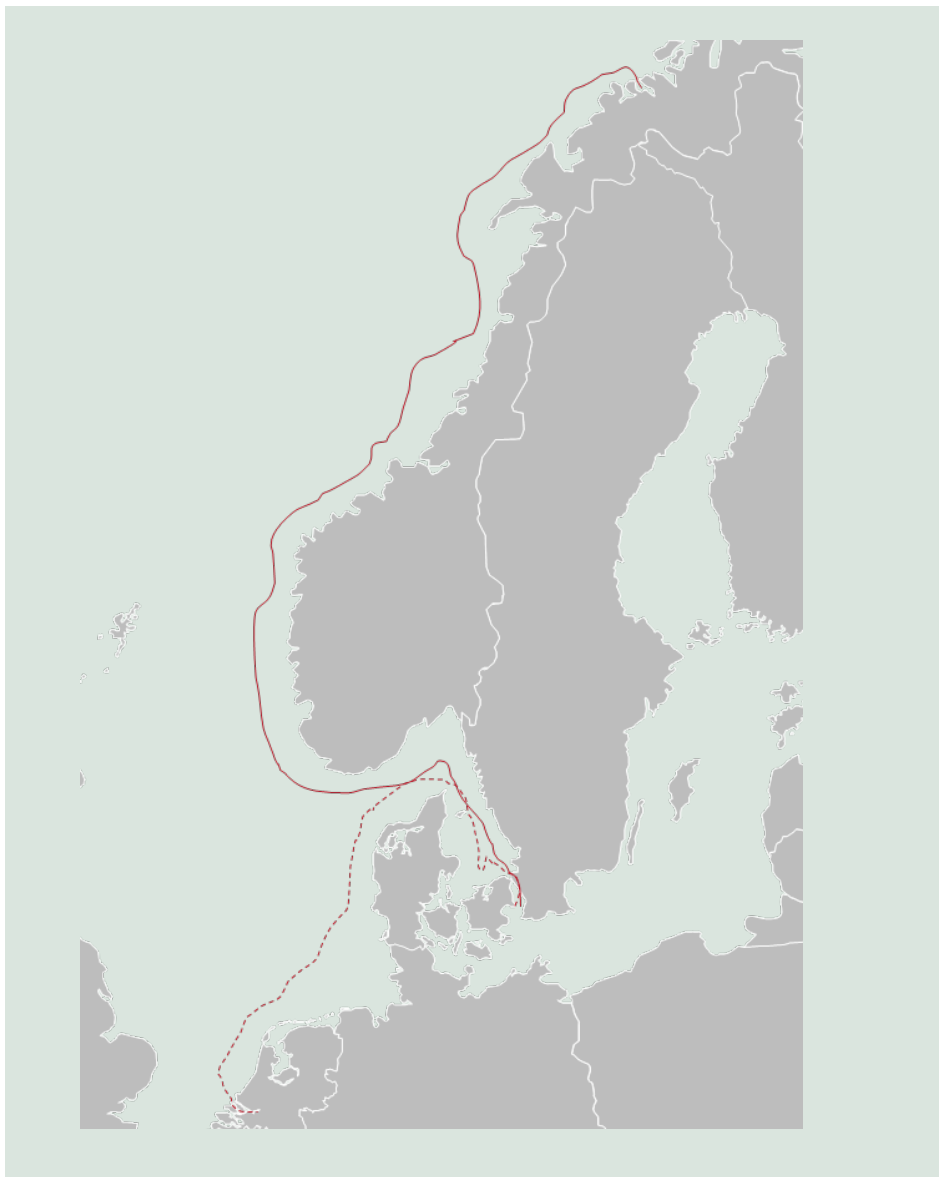
Klimaberegning for flytningen af 100.000 ton jord til deponi

I perioden 2024-2025 har Norrecco fået tilladelse til at eksportere i alt 100.000 ton PFAS-forurenet jord over jordkvalitetskriteriet til Norge. Deponiet Perpetuum ligger i det nordlige Norge og jorden forventes at skulle fragtes med skib fra København til en havn i nærheden af Perpetuum.

⁹ Reference: Interview med Perpetuum.

¹⁰ Jf. [transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6, UPR, ecoinvent 3.6, Consequential | GLAD](#) og [transport, freight, sea, bulk carrier for dry goods, UPR, ecoinvent 3.6, Undefined | GLAD](#) til omregning fra mj/tonkm til ton CO₂/km er brugt omregningsfaktorerne fra Energistyrelsens energistatistik: [Energistatistik 2022 dansk.pdf](#) s. 59 samt for opgravning InfraLCA v3.16 for "jord opgrave over vand hård bortskaffe" med en omregningsfaktor for ton/m³ på 1,8

Der er fundet PFAS-forurenet jord over jordkvalitetskriteriet mange steder i Danmark, både større mængder i Nordjylland og i området omkring Storkøbenhavn. Det er derfor usikkert, hvorfra i landet de 100.000 ton jord til deponi vil komme.



FIGUR 9. Stilistiske ruter for søtransport

Der er regnet på tre mulige gennemsnitlige afstande til København, hvorfra det antages, at jorden udskibes til Norge: 1) alt transporteres fra Aalborg, 2) alt transporteres fra Køge og 3) en gennemsnitsberegning med transport fra flere steder i Danmark. Derudover er regnet på et alternativ med to-tre velplacerede deponier i Danmark, som gennemsnitligt ville ligge omkring 150 km væk fra forureningsstedet. Resultater fremgår af TABEL 11.

TABEL 11. Klimaeffekt af lastbiltransport fra forurenet plads til havn eller deponi

Afstandsbeskrivelse	Afstand i KM	Klimaeffekt i ton CO ₂ e
Aalborg – København	420	2.600
Køge – København	50	300

Estimeret gennemsnit fra et udvalg af forureningssteder til København	200	1.200
Estimeret gennemsnit fra et udvalg af forureningssteder til nærmeste nationale deponi	150	900

Fra Københavns havn til Nordnorge estimeres en afstand med skib på 3.000-3.500 km, hvilket giver et udledningsestimat på omkring 2.000 ton CO₂e. Dette tillægges estimaterne for lastbils-transporten i TABEL 11.

Samlet set forventes således en klimaeffekt ved transport af PFAS-forurenede jord til det norske deponi på i alt omkring 2.300-4.600 ton CO₂e, mens deponering af samme mængder i Danmark på strategisk udvalgte steder må forventes at kunne holde en udledning under 1.000 ton CO₂e.

TABEL 12. Samlet klimaeffekt for deponi

Afstandsbeskrivelse	Klimaeffekt i ton CO ₂ e, lastbil i DK	Klimaeffekt i ton CO ₂ e i alt
Aalborg – København - Norge	2.600	4.600
Køge – København - Norge	300	2.300
Estimeret gennemsnit fra et udvalg af forureningssteder til København - Norge	1.200	3.200
Estimeret gennemsnit fra et udvalg af forureningssteder til nærmeste nationale deponi	900	900

Perspektivering af klimaberegning

Sammenlignet med de generelle udledninger i forbindelse med jordtransport er der begrænsede udledninger forbundet med transport af PFAS-forurenede jord over jordkvalitetskriteriet. I den danske transportsektor generelt ventes i 2030 en udledning på 8,4 mio. ton CO₂e, hvoraf vare- og lastbilstransport ventes at stå for en udledning på 2,5 mio. ton CO₂e i 2030.

Hvis der over de næste 10 år skulle opgraves og flyttes op til 500.000 ton PFAS-forurenede jord, ville det give en udledning i størrelsesordenen 5.000-23.000 ton CO₂e afhængigt af, om jorden skulle deponeres i Danmark eller Norge.

Over 10 år vil flytningen af PFAS-forurenede jord over jordkvalitetskriteriet altså fortsat have en begrænset klimapåvirkning sammenlignet med andre udledninger, men det kan alligevel give anledning til at opprioritere håndteringen af risikoområder såsom områder, hvor PFAS-forureningen ligger tæt på drikkevandskilder og evt. skære i jordflytninger fra lavrisikoområder, såsom områder, hvor risikoen for forurening af drikkevand, vandmiljøet, fødevarerproduktion eller beboelsesområder er begrænset.

Der kan dog potentielt komme en større klimaeffekt, hvis der stilles hårde krav til også at flytte betydelige dele af den jord, der er forurenede under jordkvalitetskriteriet. Det skyldes at mængderne af PFAS-forurenede jord under jordkvalitetskriteriet er betydeligt større end mængderne over jordkvalitetskriteriet. Der er plads til samlet set 80 mio. ton jord på Lynetteholmen. Ved krav om opgravning og flytning af PFAS-forurenede jord under jordkvalitetskriteriet og med Lynetteholmen som eneste aftager, kan store dele af Lynetteholmens jord ende med at komme fra alle steder i landet. Med en gennemsnitlig afstand på 200 km, vil det give en potentiel udledning på omkring 1 mio. ton CO₂e mod omkring en kvart mio. ton CO₂e, hvis jorden alene hentes inden for en radius af 50 km.

9. Referencer

- Bossi, Rossana, 2024. Målinger af PFAS i luft og nedbør. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 23 s. - Teknisk rapport nr. 313.
- Danske Regioner, 2024. Stof til eftertanke. Regionernes arbejde med jordforurening 2023.
- Draborg og Tsitonaki (2023): Undersøgelser af CRUCIAL forsøget for PFAS påvirkning fra spildevandsslam. WSP: Projektnummer 22001604
- Göckener, B., Flieger, A., Rüdiger, H., Fetz, I., & Koschorreck, J. (2021). Exploring unknown per- and polyfluoroalkyl substances in the German environment – The total oxidizable precursor assay as helpful tool in research and regulation. *Science of the Total Environment*, 782, 146825. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146825>
- GTK 2024. Suomen maaperän PFAS-pitoisuudet, 8_2024.pdf (gtk.fi)
- Heimstad, E. S., Nygård, T., Moe, B., & Herzke, D. (2024). New insights from an eight-year study on per- and polyfluoroalkyl substances in an urban terrestrial ecosystem. *Environmental Pollution*, 347, 123735. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123735>
- Kofoed, 2024. Korrespondance med Julie Kofoed, VMR om branchearealer.
- Miljøstyrelsen, 2021: Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord. Juli 2021.
- Miljøstyrelsen, 2022: Anvendelse af metodik til risikovurdering ved deponering af affald, Miljøprojekt nr. 2182, marts 2022, ISBN: 978-87-7038-351-6
- Rankin, Keegan, Scott A. Mabury, Thomas M. Jenkins, and John W. Washington. 2016. "A North American and global survey of perfluoroalkyl substances in surface soils: Distribution patterns and mode of occurrence." *Chemosphere* 161:333-341. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.06.109>
- Regeringen mv, 2024: Aftale om en national handlingsplan for PFAS. 30. maj 2024
[Cover ØU-KU-IU](#)
- Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer, 2020. Prognose for regionernes indsats på jordforureningsområdet. Teknik og Administration, nr. 2, 2020.
- Thomsen N, and Sukstorf, N.F., (2024). Diffus Forurening med PFAS I jord, grundvand og overfladevand, Miljøprojekt nr. 2275. september 2024, ISBN: 978-87-7038-609-8
- Tsitonaki et al. (2023). Overblik over viden om PFAS til vurdering af grundvandets mulige påvirkning af overfladevand. Rapport udarbejdet af WSP for Miljøstyrelsen.
- Tsitonaki et al. (2024). Påvirkning af grundvandet fra spildevandsslam. Miljøprojekt nr. 2280. Oktober 2024.
- SGU 2024. Förekomst av PFAS i skogsmark (morän) i en region utan kända lokala föroreningskällor, Rosenkvist et al. Förekomst av PFAS i skogsmark PM SGU
- Wellmitz, J., Bandow, N., Koschorreck, J., (2023). Long-term trend data for PFAS in soils from German ecosystems, including TOP assay, *Science of The Total Environment*, Volume 893, 2023
- WSP, 2024. Retningslinjer for risikovurdering af PFAS fund i videregående grundvandsundersøgelser. Gældende fra til 31-12-2025. Udført for Region Hovedstaden

Bilag 1. Interviewguide

Kortlægning af PFAS-forurenet jord

Interviewperson

Organisation

Interviewer

Referent

Dato

Baggrund

- Vi er i NIRAS i gang med en analyse for Miljøstyrelsen, der gerne vil have et overblik over, hvor meget PFAS forurenet jord, der findes i Danmark.
- Hovedformålet med projektet er at:
- Kortlægge mængden af **PFAS-forurenet jord*** i Danmark over en 10-årig periode
- Udrede potentialerne for midlertidig opbevaring af opgravet PFAS-forurenet jord.
- ***PFAS-forurenet jord** defineres i analysen som **jord, der overskrider jordkvalitetskriteriet for PFAS og som skal opgraves og bortskaffes/deponeres** (0,01 mg/kg for $\Sigma 4$ PFAS og 0,04 mg/kg for $\Sigma 22$ PFAS)
- Derudover skal vi vurdere behovet og mulighederne for opbevaring/deponering af den PFAS-forurenede jord samt vurdere de klimaeffekter, der forbundet med transporten.
- I den forbindelse taler vi med forskellige aktører, der – som jer – har indsigt i området. Vi vil meget gerne høre om jeres erfaringer og jeres vurderinger af omfanget af PFAS-forurening på jordområdet.

Om interviewet

- Interviewet varer ca. 20-60 minutter og gennemføres på Teams
- Vi vil gerne kunne nævne at du/I har bidraget til opgaven

A. Om dig

1. Vil du kort præsentere dig selv og dine arbejdsopgaver/erfaringer ift. PFAS og jordforurening?

- På hvilken måde arbejder I med PFAS-forurenet jord?

[svar]

B. Aktiviteter og kapacitet – behandling/deponi/eksport

2. Håndterer I PFAS-forurenet jord, der overskrider jordkvalitetskriteriet for PFAS? Og I så fald hvordan?

- Opgravning og transport?
- Modtagelse / behandling?
- Håndterer I PFAS-forurenet jord, der *ikke* overskrider jordkvalitetskriteriet

[svar]

3. Vil du skitsere, hvordan I håndterer/ ville håndtere PFAS-forurennet jord?

[svar]

Hvis modtager:

4. Hvor stor kapacitet har I pt. til at modtage/opbevare forurennet jord, der overskrider jordkvalitetskriteriet for PFAS?

- Forventer I at ændre jeres kapacitet fremover? Hvilke udvidelsesmuligheder har I?

[svar]

5. Arbejder I med at udvikle behandlingsmetoder – og i så fald hvilke?

[svar]

6. Overvejer I at modtage PFAS-forurennet jord fremover?

- Hvor stor kapacitet overvejer I at etablere?
- Hvad skal der til, for at I vil overveje at modtage/opbevare PFAS-forurennet jord?

[svar]

7. Har I overvejet eksportløsninger – hvad ser I som muligheder dér?

[svar]

C. PFAS-forurennet jord – konkrete erfaringer og mængder

8. Hvilke konkrete sager med PFAS-forurennet jord, der overskrider jordkvalitetskriteriet, arbejder I med/kender I til?

- Projekter
- Punktkildeforureninger: hvor stor var forureningen i udbredelse?
- Hvor mange tons udgjorde den?
- er der påbud om undersøgelse/opgravning?
- Er der blevet gravet jord op? Og i så fald hvor meget
- Hvad var koncentrationsniveauerne?
 - o Var der også noget 50 mg/kg PFOS (grænsen for farligt affald)?
 - o Er der også fundet jord under jordkvalitetskriteriet?

[svar]

9. Hvor store mængder forurennet jord, der overskrider jordkvalitetskriteriet for PFAS, vil I – på baggrund af jeres erfaring – vurdere, der findes i DK (alternativt i kommunen / regionen)?

- Hvad baserer du det på (data, henvendelser, påbudssager...)?
- Hvordan forventer du, at mængden vil udvikle sig de næste ti år (år for år)?

[svar]

10. Hvilke trends forventer I at se ift. opgravning, behandlet/deponering af PFAS forurennet jord (over de næste 10 år)

- Forventer du at mængden vil falde/stige over de næste 1-3/3-6/6-10 år?
- Hvad bygger du den forventning på?

[svar]

13. Rammevilkår og barrierer

11. Oplever du, at der er klare vilkår og krav til deponering/opbevaring af PFAS-forurenet jord på nuværende tidspunkt?

[svar]

12. Hvad mangler der – ifølge jeres erfaring – afklaring på?

[svar]

E. Afrunding – og andre datakilder

13. Kender I til datakilder, der kan give en indikation af mængden af forurenet jord, der overskrider jordkvalitetskriteriet for PFAS i Danmark?

- Databaser? Fx DMA...?
- Brancher / virksomhedstyper – fx kemi- og risikovirksomheder?
- Punktkilder? Fx brandøvelsesanlæg? Slambede?
- Rapporter/analyser?
- Referencer med borejord/mudder i forbindelse med indledende og omfattende undersøgelser

[svar]

14. Er der andre, du tænker vi bør tale med, som kunne have relevante indsigter/erfaringer?

[svar]

15. Har du andre kommentarer? Er der noget vigtigt vi ikke har været inde på?

[svar]

Bilag 2. Behandlingsmetoder for PFAS-forurennet jord

Der findes flere mulige behandlingsmetoder, som bruges til at rense PFAS-forurennet jord.

Off-site behandling, hvor den PFAS forurennet jord bliver gravet op og behandlet væk fra lokaliteten

Termisk jordbehandling ved høje temperaturer

Termisk behandling af PFAS-forurennet jord indebærer opvarmning af jorden til høje temperaturer ($> 1.000 - 1.200^{\circ}\text{C}$) for at nedbryde de ellers stabile PFAS-forbindelser. Der findes flere typer termisk behandling, hvor den termiske destruktion ved høje temperaturer nok er den mest undersøgte og dokumenteret.

Pyrolyse og vitrifikation involverer henholdsvis fjernelse af PFAS under iltfri forhold (ved lavere temperaturer end de $1.000 - 1.200^{\circ}\text{C}$) og immobilisering ved at smelte jorden til glas. Disse metoder er stadig forholdsvis nye, og der mangler måske den sidste dokumentation for, hvad der sker med PFAS i processen.

Termisk behandling er effektiv til at fjerne PFAS, men kræver store mængder energi og kan producere uønskede biprodukter som giftige gasser. De høje temperaturer og omkostninger er væsentlige udfordringer, ligesom risikoen for sekundær forurening. På trods af dette er teknologien et af de få effektive midler til fuldstændig destruktion af PFAS, men kræver omhyggelig kontrol og videreudvikling for at reducere miljøpåvirkninger.

Fortum i Danmark har mulighed for at foretage termisk jordbehandling og har en godkendt kapacitet på 10.000 ton jord årligt. Denne kapacitet kan evt. forhøjes til 20.000 ton jord årligt. Desuden findes et termisk behandlingsanlæg i Holland (Theo Pouw Group, <https://www.theopouw.nl/en/services/construction-and-demolition-debris/>). Theo Pouw Group arbejder med at kunne håndtere op til 500.000 ton PFAS-forurennet jord, en kapacitet, der evt. kan fordobles.

On-site behandling, hvor den PFAS forurennet jord bliver gravet op men behandlet på lokaliteten / alternativt på centralt anlæg

Termisk desorption er en teknik til behandling af PFAS-forurennet jord, hvor jorden opvarmes til temperaturer på $350-400^{\circ}\text{C}$. Ved denne proces vil PFAS fordampe fra jorden, så de kan indsamles og behandles separat. Denne metode destruerer ikke alle PFAS, men adskiller dem fra jorden, hvorefter de kan opsamles på fx aktiv kul med henblik på deponering på en kontrolleret måde eller det destrueres.

I udlandet især i USA er der allerede gennemført egentlige projekter, hvor der er anvendt en on-site termisk behandling af PFAS-forurennet jord. I Danmark er Kingo Recycling i gang med et MUDP-forsøgsprojekt, hvor PFAS-forurennet jord behandles ved $300-400^{\circ}\text{C}$.

Jordvask

Jordvask for PFAS-forurennet jord er en proces, hvor man fjerner PFAS ved at skylle jorden med vand eller kemikalier.

Ved en traditionel jordvask vil der ske en fraktionering af jorden, og det forventes, at PFAS hovedsageligt vil sidde på den finere fraktion, som derefter skal behandles særskilt. Der er forsøg i gang, hvor der tilsættes kemikalier og/eller luft for at få fjernet PFAS fra jordpartiklerne. Vandet med kemikalier/luft skal herefter behandles separat.

Gennem interviews blev projektet bekendt med et MUDP-forsøgsprojekt hos Norrecco, hvor der i skrivende stund laves forsøg med at vaske PFAS-forurenede jord. Foreløbige resultater viser, at metoden indeholder et godt potentiale til at vaske en stor del af PFAS indholdet i jorden, således at koncentrationerne i den især grovkornet del af jorden bliver reduceret markant. Desuden blev der via interviews oplyst om et jordvaskeri i Sverige med en kapacitet på omkring 120.000 ton jord årligt, der også vasker PFAS ud af jord.

In-situ jordbehandling, hvor jorden ikke graves op

In-situ jordbehandling for PFAS er en måde at håndtere forurening direkte i jorden uden at opgrave den forurenede jord. Målet er at reducere koncentrationen og risikoen ved PFAS i jorden, enten ved at nedbryde forbindelserne eller immobilisere dem, så de ikke spredes til grundvand eller økosystemer.

Der kan anvendes teknikker, hvor der injiceres reaktive produkter (fx. aktivt kul eller ionbyttere), der kan binde PFAS, således at PFAS bliver mindre mobile, og udvaskningen derved reduceres markant. Den langsigtede effekt er dog stadig ikke endelig dokumenteret.

Endelig er der den mulighed at lave termisk in-situ oprensning, hvor temperaturen i jorden øges til 350-400°C. Der er ikke kendskab til, at der er udført projekter med dette, og det anses som værende tvivlsomt, om teknologien vil finde anvendelse i Danmark pga. det meget høje nødvendige energi forbrug, der er til en in-situ oprensning.

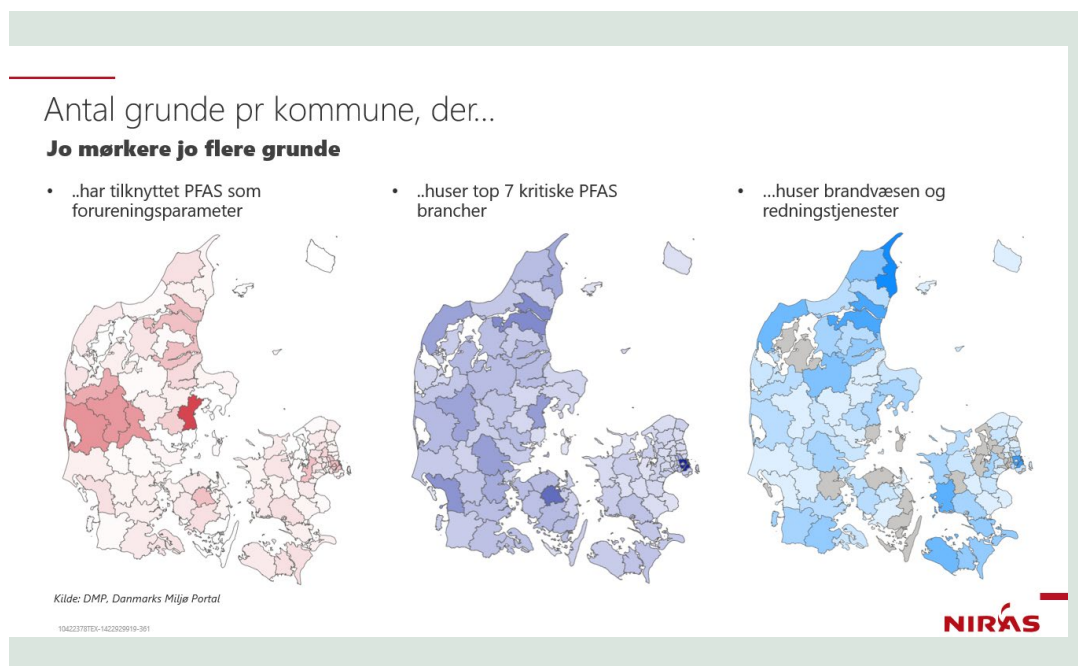
In-situ behandling er ofte mere omkostningseffektiv end konventionel jordoprensning, da det undgår behovet for at grave og transportere store mængder jord. Udfordringen er dog, at PFAS er ekstremt stabilt og svært nedbrydeligt, hvilket kræver avancerede og målrettede teknologier. Ved stabiliseringen af PFAS i jorden ved tilsætning af produkter bindes PFAS i jorden, men den destrueres ikke, så det kan være, at problemet med udvaskning af PFAS til grundvandet eller recipient er reduceret, men PFAS vil stadig kunne påvises i jorden.

Bilag 3. Gruppespørgsmål til første workshop

Til kvalificering af de foreløbige resultater blev workshopdeltagerne opdelt i tre grupper, som hver skulle diskutere og svare på de tildelte spørgsmål i TABEL 13.

TABEL 13. Spørgsmål til første gruppediskussion, første workshop

Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
Indtryk af jord, der er opgravet og hvor meget der mangler at blive opgravet Vi har et løst billede af PFAS-mængder - Hvad graves i dag op af regionerne og andre aktører? - Hvor meget borejord ligger der, og hvad sker der med det? Regionerne har estimeret 15.000 lokaliteter med potentiel PFAS-forurening - Regionerne har undersøgt børneinstitutioner hvor 1:26 lokaliteter var forurenet – kan denne hitrate mon generaliseres på alle 15.000 lokaliteter? - Hvor mange af disse lokaliteter bliver mon opgravet i årene fremad	Forhold jer til kortene, ser resultaterne rigtige ud? - hvordan passer det billede med jeres egen fornemmelse af den geografiske fordeling af PFAS-forurening - Underbygger det eksisterende viden? - hvorfor mon, der er fundet mest forurening i Midtjylland? Skyldes det mon - brancherne? - mere ihærdig indsats fra regionerne – fx pga. risiko ved vandforurening? - bedre indberetning? kan der være noget galt med data?	Forventninger til status på jord og afværgemetoder for PFAS-forurening (in situ oprensninger/opgravning – rensning/deponi) Hvor enige er I i disse udsagn – baseret på jeres erfaring: - Det er sjældent at PFAS findes i jorden over jordkvalitetskriteriet. - Vi har allerede fundet de største PFAS forureninger Hvilken afværgemetode kommer til at blive dominerende? - In situ oprensninger - Opgravning - Rensning - deponi



FIGUR 10. Kort som grundlag for diskussionerne

TABEL 14. Spørgsmål til anden gruppediskussion, første workshop

Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
• Hvilke rammer er der brug for at komme videre med undersøgelse og håndtering (undersøgelsespåbud og håndtering af PFAS-forurenet jord)? • Kan der være frygt for ændringer i jordkvalitetskriterier? • Behov for andre kvalitetskriterier? • Retningslinjer for håndtering af PFAS-forurenet jord • Standardkrav om prøvetagning • Standarder for jordhåndtering over og under JKK • Henvisningskrav?	• Anvendelse af kort i det videre arbejde og datakilder (giver det mening?) • Bidrager kortene til den samlede analyse? • Kan kortene sige noget om mængderne? • Kan kortene sige noget om afstande? • Nuværende kort kommer fra DMP • Burde andre datakilder også inkluderes – fx DMA? • Forslag til andre datakilder	Forudsigelse af den fremadrettede udvikling – qua regionernes økonomi, hvis ca. 1/9 af deres økonomi bruges på PFAS (ift. økonomien fra grundvandsopgaven i 2023) • Hvor mange oprensninger? Fx 1 på de næste 5 år og herefter 3 på? • Hvor mange videregående undersøgelser? 20-30 om året de næste 10 år? • Hvor mange indledende undersøgelser om året de næste 10 år? 100-125? • Hvilket aktivitetsniveau forventer vi fra andre aktører? • Forventer vi en stigning i antallet af oprensningspåbud og hvornår?

Bilag 4. Gruppespørgsmål til anden workshop

Til kvalificering af resultaterne blev workshopdeltagerne opdelt i grupper af tre, som hver skulle diskutere og svare på de tildelte spørgsmål i

Gruppearbejde 1: Diskussion om opgørelser over PFAS-forurenede jordmængder

1. Virker det rimeligt at antage at der er opgravet under 25.000 tons i 2024. Kan det sættes ned til under 10.000 tons jord?
2. Hvordan får vi bedst opskaleret tallene for kommunerne?
3. Er I enige i forudsætningerne?
4. Hvilket tal tror I mest på af prognose-gættene?
5. Er der noget vi skal være opmærksomme på?

Estimater til diskussion

Opgravning her og nu

Mindre end 25.000 tons jord

Prognose for de næste 10 år

- Forsigtigt gæt: 150.000 tons på 10 år
- Midt imellem gæt: 500.000 tons på 10 år
- Højt gæt: 900.000 tons på 10 år
- Vildt gæt: 1.500.000 tons på 10 år

Gruppearbejde 2: Diskussion om opgørelser over PFAS-forurenede jordmængder

1. Giver klimaberegningerne mening?
2. Giver det mening med 1-3 dedikerede deponier til PFAS-forurenede jord i Danmark? Foreslå gerne alternativer
3. Hvordan vil man bedst regulatorisk kunne hjælpe en ny kommune, der ender i en lignende situation som Slagelse kommune?
4. Ville det give mening at oprette et særskilt listepunkt for håndtering eller deponering af PFAS forurenede jord/slam/materialer

Klimaberegning

Deponi i Norge (100.000 ton): 2.300-4.600 ton CO₂e

Nationale Deponier:

100.000 ton

over JKK: 900 ton CO₂e

Under JKK: 2.500-8.500 ton CO₂e

500.000 ton

over JKK: 4.500 ton CO₂e

Under JKK: 12.500-42.500 ton CO₂e

Kortlægning af PFAS-forurenet jord Mængder og mulig håndtering

Denne rapport indeholder en kortlægning af den mængde PFAS-forurenet jord over jordkvalitetskriteriet, der bliver opgravet samt en kortlægning af potentialerne for opbevaring af den PFAS-forurenede jord.

Projektet er gennemført i perioden 1. september 2024 til 2. december 2024.

Projektet er udført af NIRAS og WSP Danmark for Miljøstyrelsen (MST).



Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5
5000 Odense C

www.mst.dk