

0 Indholdsfortegnelse

1	Indledning.....	4
1.1	Kort beskrivelse af situationen	4
1.2	Oplysninger om virksomhed og lokalitet.....	6
1.3	Anvendte boreentreprenører og analyselaboratorie.....	6
2	Beskrivelse af lokaliteten	8
2.1	Historisk redegørelse	8
2.2	Grundens nuværende og fremtidige anvendelse	10
2.3	Vandindvindingsinteresser og nærtliggende overfladerecipienter.....	10
3	Formål og strategi	11
4	Undersøgelsens omfang	12
5	Geologi og hydrogeologi	13
5.1	Geologi i Tårnby- Dragør området	13
5.2	Geologi i området ved Brandstation Vest	14
5.2.1	Geologi Brandstation Vest i Hotspot	16
5.2.2	Geologiske snit	19
5.3	Sårbarhedsvurdering.....	21
5.4	Potentialekort.....	21
6	Forureningens omfang	24
6.1	Afgrænsning til PFAS	24
6.2	Forurening af jord.....	24
6.2.1	Indledende undersøgelser.....	24
6.2.2	Afgrænsende undersøgelser	26
6.2.3	Kildestyrke. Mængde af forurening i jorden i hotspot.....	30
6.3	Forurening af grundvand	30
6.3.1	Indledende undersøgelser.....	31
6.3.1	Afgrænsende undersøgelser	31
6.3.2	Afgrænsning mod vest – Tømmerupvej.....	36
6.3.3	Kildestyrke. Mængde af forurening i det terrænnære grundvand i hotspot.....	38
7	Risikovurderinger	39
7.1	Risiko i relation til arealanvendelse – jord	39

7.2	Indeklima Brandstation Vest -luft	39
7.3	Risiko i relation til terrænnært og primært grundvand- vand.....	40
7.4	Information- naboer	43
8	Sammenfatning	44
9	Referencer	45
10	Bilag.....	46

1 Indledning

1.1 Kort beskrivelse af situationen

Der blev ultimo 2014/primo 2015 konstateret en forurening ved Brandstation Vest i Københavns Lufthavn. Forureningen består af PFAS forbindelser, som stammer fra tidligere tiders brug af brandskum indeholdende additiver i form af bl.a. PFOS. CPH påbegyndte i 2014 en frivillig undersøgelse af forureningen i jord og grundvand ved brandstationen.

Brandstation Vests beliggenhed er angivet i figur 1.1.

I den indledende undersøgelse i 2014/2015 blev der etableret 23 borer med sneglebor til 6-8 m., og udtaget jordprøver til analyse for hvert gennemboret lag (7-9 analyser pr. boring) samt jordprøver til udarbejdelse af geologisk profil på engarealerne NØ og SV for brandstationen. 8 af borerne blev filtersat, og der blev udtaget vandprøver til analyse.

13. november 2015 fremsendte Tårnby Kommune varsel om påbud om undersøgelse af forurening ved Brandstation Vest. CPH kommenterede på varslet den 30. november 2015.



Figur 1.1 Brandstation Vest er beliggende NØ for Engelsbøjs tunnelen.

Der eksisterer en grundvandssænkning ved Brandstation Vest, der har til formål at holde kælderens på brandstationen tør. Grundvandssænkningen har formentlig eksisteret i hele bygningens levetid. Det oppumpede grundvand bliver ledt til grøftsystemet ved brandstationen. I forbindelse med at forureningen blev konstateret ultimo 2015 blev Tårnby Kommune orienteret herom. Da CPH havde erfaret, at det oppumpede vand var forurennet med PFAS-forbindelser, blev der opsat et anlæg med kulfiltre. Der pumpes 3-4 m³/h, som renses gennem 3 serieforbundne kulfiltre med hver 500 kg aktivt kul.

Primo 2016 blev der etableret 6 dobbelte monitoringsboringer til afgrænsning af forurening vertikalt og horisontalt i grundvandet. Dobbeltboringerne består i en 8-10 meter dyb boring samt en ca. 40 meter dyb boring. Boringerne blev prøvetaget i det terrænnære grundvand og lagspecifikt i kalken samt pejlet i 2016. Herudover blev der udtaget vandprøver langs Tømmerupvej i enkeltindvindingerne.

18. september 2017 modtog CPH påbud i henhold til § 40 i jordforureningsloven om undersøgelse af forurening ved Brandstation Vest. Formålet med denne rapport er at imødekomme undersøgelsespåbuddet af 18. september 2017. Ultimo 2017 blev der etableret endnu en dobbelt monitoringsboring NØ for brandstationen. Der blev udtaget en vandprøve fra det terrænnære grundvand og i kalken til analyse for PFAS. Det var ligeledes CPHs ønske at etablere en boring på nabogrunden NV for brandstationen for at afgrænse forureningen mod Tømmerupvej, men dette måtte opgives, da grundejeren ikke reagerede på CPHs forslag om en frivillig aftale om etablering af boringen på fremmed grund mod compensation, og boringen derfor ikke kunne etableres.

I 2018 blev de sidste jordprøver udtaget til den endelige afgrænsning af jordforureningen ved Brandstation Vest. Til afgrænsning af forureningen i grundvandet blev der igen i 2018 udtaget vandprøver i dobbelt monitoringsboringerne, langs Tømmerupvej og supplerende vandprøver i forbindelse med grundvandsmonitoringen.

Nærværende rapport er opbygget som beskrevet i "Miljøstyrelsens vejledning nr. 6 og nr.7, 1998, Oprydning på forurenede lokaliteter"/1/ under anvendelse af "Håndbog om undersøgelse og afværge af forurening med PFAS-forbindelser, Regionernes Videntcenter for Miljø og Ressourcer, 2018"/2/. Undersøgelse og prøvetagningen følger "Miljøstyrelsens vejledning nr. 13, 1998"/3/.

1.2 Oplysninger om virksomhed og lokalitet

I tabel 1.1 findes oplysninger om lokaliteten.

Adresse:	Københavns Lufthavne A/S, Lufthavnsboulevarden 6, 2770 Kastrup
Ejerforhold:	Københavns Lufthavne A/S, CVR nr. 14 70 72 04
Listebetegnelse:	Bilag 2, punkt H202
Matrikelnummer:	Brandstation Vest er beliggende på matrikel 87a, Tømmerup By, Tårnby
Kortlægningsnummer:	Matriklen er V2 kortlagt. Sags nr. 08000853
Miljøgodkendelse:	"Miljøgodkendelse Brandstation Vest, Københavns Lufthavn" af 15. september 2000, Københavns Amt.

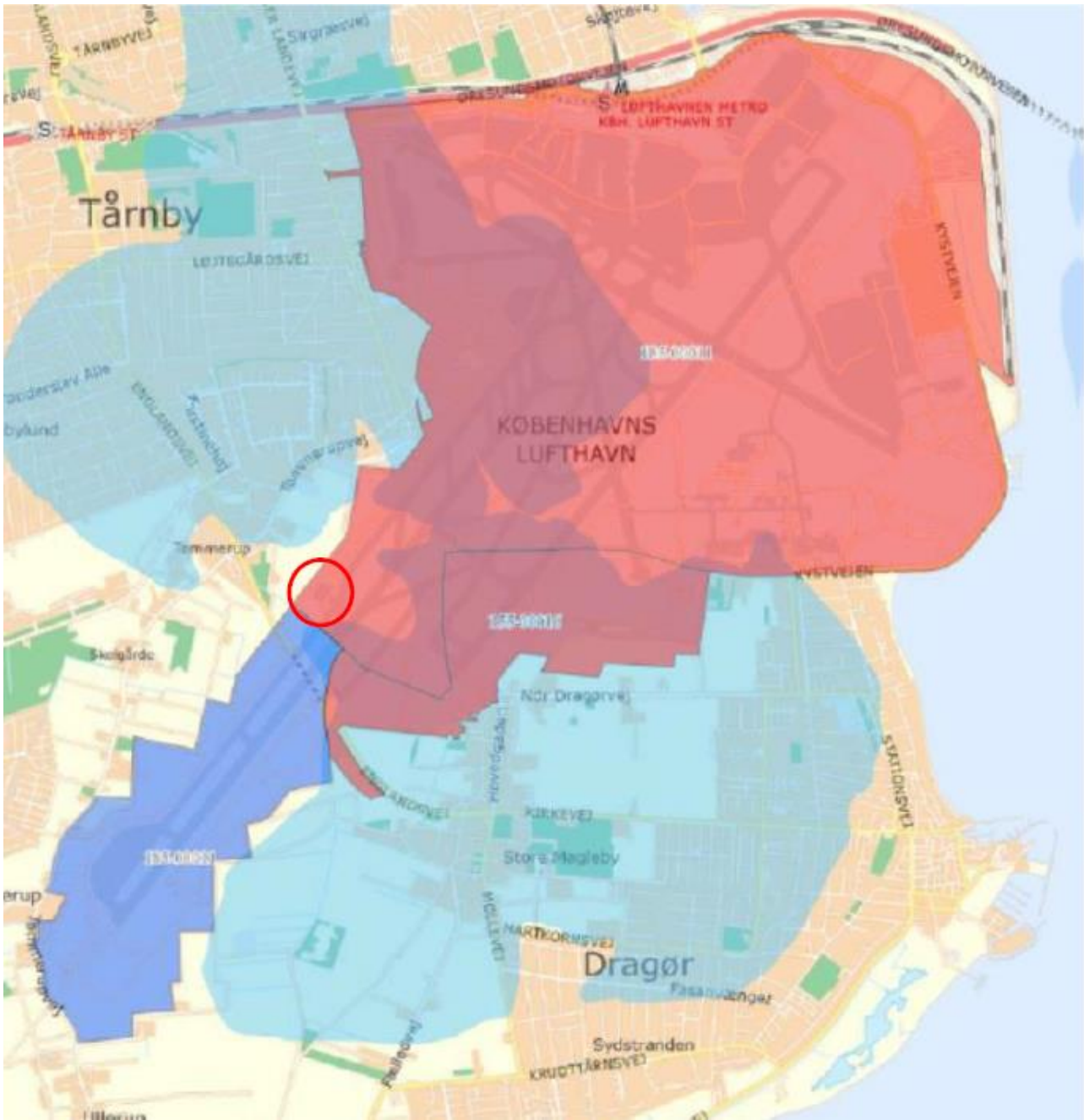
Tabel 1.1 Oplysninger om lokaliteten.

1.3 Anvendte boreentreprenører og analyselaboratorie

I tabel 1.2 er listet de anvendte boreentreprenører, rådgiver og analyselaboratorier.

Udførsel af boringer med og uden filtersætning samt geologiske profiler i den indledende forureningsundersøgelse er foretaget af	Franck Geoteknik A/S, Sandøvej 3, 8700 Horsens
Etablering af dobbelte monitoringsboringer til afgrænsning af forurening i grundvandet er udført af	Brøndboringsfirmaet Brøker A/S, Spånnebæk 7, 4300 Holbæk.
Analyser af vand- og jordprøver samt prøvetagning af enkeltindvindinger, Tømmerupvej er forestået af.	ALS Denmark A/S, Bakkegårdsvej 406A, 3050 Humlebæk
Potentialekort er udarbejdet af	Orbicon A/S, Linnés Allé 2, 2630 Taastrup

Tabel 1.2 Anvendte boreentreprenører, rådgiver og analyselaboratorier



Figur 1.2 Kortlægning af Københavns Lufthavn. Brandstation Vest er beliggende i V2 kortlagt område. V1 kortlagt areal (blåt), V2 kortlagt areal (rødt) og indvindingsopland (lyseblåt). /4/ Cirkel markerer beliggenhed af Brandstation Vest. Indvindingsoplandene på kortet er inklusiv afværgeanlæggene ved Icopal og Brandøvelsespladsen.

2 Beskrivelse af lokaliteten

2.1 Historisk redegørelse

Nærværende historiske redegørelse danner grundlag for hypotese om, hvilken forurenende aktivitet og hvilke stoffer forureningsundersøgelsen skal omfatte.

Brandstation Vest blev bygget i 1972, og har siden da fungeret som en del af lufthavnens brandberedskab. Ved Brandstation Vest har der i perioden fra 1972 til 1998 hver mandag været skumafprøvning på græsarealerne hhv. SV og NØ for brandstationen. Vindretningen var bestemmende for lokaliteten for afprøvningen. Det oftest benyttede græsareal var SV for brandstationen. Længden på brandslukningsfanen var op til 80 m og blev foretaget fra sf-belægningen og ud, se figur 2.1. Skumtendernes dyser blev ligeledes afprøvet og justeret, hvilket resulterede i at brandslukningsskummet blev sprøjtet i grøfterne omkring brandstationen, hhv. SV og NØ for brandstationen.



Figur 2.1 Skumafprøvning hver mandag ved Brandstation Vest. Markeringerne viser, hvor brandslukningsskummet blev sprøjtet ud i perioden 1972-1998.

I tabel 2.1 er listet hvilke skumprodukter, der er anvendt i lufthavnen indtil indeværende år. Brandsluknings-skummet har indeholdt PFAS forbindelser fra 1973-2008.

Anvendelsesperiode	Produkt/produkt navn	Producent	Indholdsstoffer
Indtil 1973	Animalsk skum	Kendes ikke	Skumvæske baseret på slagterioverskud, vegetabiliske olier og æggehvite stoffer. Den nøjagtige sammensætning kendes ikke. Men det indeholdte ikke syntetiske stoffer.
1973-1998	AFFF Uniform - SM 3% Uni-Light AFFF-P 3%	Svenske Skum Bolaget Svenske Skum Bolaget	Produktsammensætning kendes ikke. Indhold af PFAS forbindelser.
1998-2008	AFFF Light Water 3% Arctic Foam ATC 3% (samme produkt, men forskelligt produkt navn)	3M Solberg Foam	Fortrolige dokumenter, Tårnby Kommune er bekendt med produktsammensætning. Indhold af PFAS forbindelser.
2008 -	Re Healing Foam RF Foam 3 % ACT	Solberg Foam	Fortrolige dokumenter, Tårnby Kommune er bekendt med produktsammensætning. Indeholder ikke PFAS forbindelser

Tabel 2.1 Historik over anvendelse af forskellige typer af skumvæske i Brand og Redning (BOR). /5/

Der har været afprøvning af brandsluknings-skum AFFF Uniform - SM 3% og Uni-Light AFFF-P 3% på græsarealerne i perioden 1972-1998. Fra 1998 har der kun været oplag af skumvæsker på brandstationen. Afprøvning af skum skete på brandøvelsespladsen i lufthavnens sydømråde, Brandstation Øst samt på den miljøgodkendte skumafprøvningsplads i nordømrådet (øst for Hangar 5). Sidstnævnte blev nedlagt i 1996.

Jf. "Miljøgodkendelse for Brandstation Vest Københavns Lufthavn", af 15. september 2000, Københavns Amt /6/ blev der i 1973 nedgravet en 20.000 l dieseltank på sydøstsiden af bygningen. I 1987 overgik brandstationen til naturgas, og tanken blev nedlagt.

Ved den nordøstlige gavnl af brandstationen har der i perioden 1973 – 1999 været opsamlingsplads for brandstationens olieaffald. Brandstationens olieaffald har siden været håndteret via lufthavnens behandlingsanlæg for olieaffald og siden da har der på brandstationen kun været en 50 l spand til olieaffald placeret indendørs på spildbakke. /7/

Nærværende forureningsundersøgelse vil primært omhandle 12 PFAS-forbindelser (12 MST PFAS), som er fastsat i "Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord og kvalitetskriterier for drikkevand", maj 2015, Miljøstyrelsen/8/ samt stikprøve for kulbrinter udtaget fra det terrænnære grundvand.

2.2 Grundens nuværende og fremtidige anvendelse

Brandstation Vest er stadig i dag en del af lufthavnens beredskab, og der er for nuværende ingen planer om, at denne konstellation skal ændres. Det forurenede område ligger på Airside lige op af lufthavnens manøvreområde. Der er ikke planer om at området skal anvendes til andet end lufthavnsdrift.

2.3 Vandindvindingsinteresser og nærtliggende overfladerecipienter

Brandstation Vest er beliggende mellem oplandene til henholdsvis Tårnby Forsyning og HOFORs kildepladser, og ligger som det kan ses af figur 2.2 udenfor indvindingsoplandene. Langs Tømmerupvej findes der stadig borgere, som ikke er tilsluttet offentlig forsyning med drikkevand. Borgerne har enkeltindvindinger til drikkevand og markvanding.

Grøfterne omkring Brandstation Vest er en del af lufthavnens overfladevandssystem, hvis udløb udmunder i Hovedgrøften.



Figur 2.2 Indvindingsoplandene for hhv. Tårnby Forsyning og HOFORs kildepladser.

3 Formål og strategi

Formålet med denne rapport er at imødekomme undersøgelsespåbuddet af 18. september 2017. Forureningsundersøgelsen vil primært omhandle forurening med PFAS-forbindelser (12MST PFAS). Forureningsundersøgelsen vil fastlægge forureningens udbredelse horisontalt og vertikalt i jord og grundvand, samt estimere et skøn for kildestyrken i jord og terrænnært grundvand i hotspot ved Brandstation Vest. Desuden vil forureningens spredning i grundvandsmagasinerne kortlægges for at kunne vurdere forureningens påvirkning af miljø og mennesker.

Strategien i forureningsundersøgelsen kan illustreres ved følgende bullets:

- Fastlæggelse af forureningsniveauet i hotspot ved Brandstation Vest i det terrænnære grundvand samt de kvartære aflejringer.
- Gennemgang af historik i og omkring Brandstation Vest.
- Afgrænsende jordprøver.
- Etablering af dobbelte monitoringsboringer i området ved Brandstation Vest til afgrænsning af forurening i terrænnært og de dybere grundvandsmagasiner.
- Udtagning af lagspecifikke vandprøver i kalken.
- Vandprøvetagning af enkeltindvindinger langs Tømmerupvej.
- Bestemmelse af grundvandsstrømning i området.

Det skal bemærkes, at det var CPHs ønske at etablere en dobbelt monitoringsboring mellem Brandstation Vest og enkeltindvindingerne langs Tømmerupvej, men det er ikke lykkedes at få en aftale med nabogrundejeren herom.

Desuden er afgrænsningen af jordforureningen foretaget mere konservativt end kvalitetskriteriet jf. "Håndbog om undersøgelse og afværge af forurening med PFAS-forbindelser"/2/, da de analyserede parametre i undersøgelsesperioden har ændret sig fra et antal på 9 parametre til 12 parametre) fastsat i "Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord og kvalitetskriterier for drikkevand" /8/.

4 Undersøgelsens omfang

Franck Geoteknik A/S har udført 23 boringer med sneglebor til 6-8 m og udtaget jordprøver for hvert gennemboret lag (7-9 analyser per boring) på engarealerne NØ og SV for brandstationen. 8 af boringerne er filtersatte i sandlaget over kalken. Desuden har Franck Geoteknik A/S udarbejdet geologiske profiler for de gennemborede lag.

Afgrænsende jordprøver er udtaget af CPHs miljøafdeling.

Brøndboringsfirmaet Brøker A/S har etableret 7 dobbelte monitoringsboringer til afgrænsning af forurening i grundvandet. Dobbeltboringerne består i en 8-10 meter dyb boring fra terræn til topkalken samt en ca. 40 meter dyb boring afproppet ved topkalken. Boring B1-B6 blev prøvetaget i det terrænnære grundvand og lagspecifikt i kalken samt pejlet i 2016 og Boring B1-B7 i 2018. Brøker A/S har derudover lavet geologiske profiler af de gennemborede lag.

ALS Denmark A/S har analyseret alle jord- og vandprøver. Endvidere har ALS Denmark A/S udtaget og analyseret prøver fra enkeltindvindingerne langs Tømmerupvej i 2016 og igen i 2018.

Orbicon A/S har udarbejdet potentialekort på baggrund af synkronpejlinger fra lufthavnens grundvandsmonitoring, Tårnby Forsyning og HOFORs pejlerunde i okt. 2018.

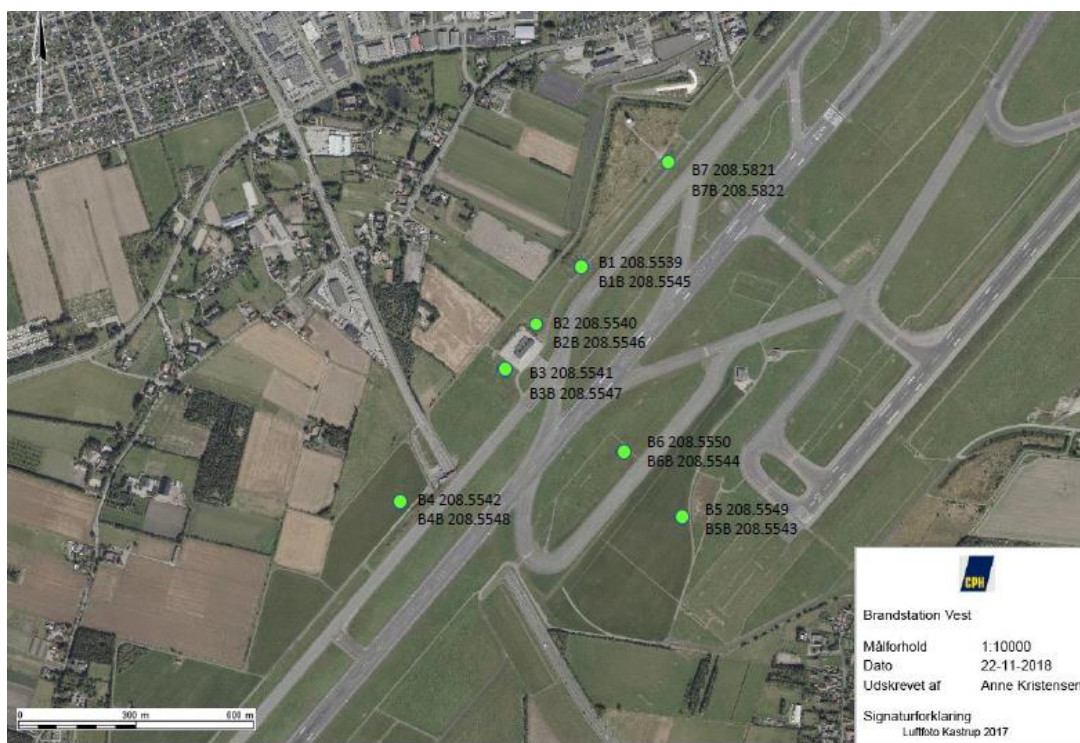
5 Geologi og hydrogeologi

5.1 Geologi i Tårnby- Dragør området

Tårnby- Dragør området er relativt fladt og topografien varierer fra +7 m/DVR90 til under +2 m/DVR.

Overfladen i Tårnby- Dragør området består primært af kvartære moræneaflejringer fra sidste istid, Weichsel med mindre områder af ferskvandssand. Området ligger øst for Carlsbergforkastningen, og er i modsætning til bryozokalk øst for forkastningen underlejret af Københavner Kalk (Danien). Københavnerkalken er underlejret af først bryozokalk (Danien) og herunder Skrivekridt (Senon).

Københavner Kalken består af 3 lag kalksandskalk med varierende karakteristika. Det øverste lag er typisk stærkt opsprækket og vandførende med tynde flint bånd. Det mellemste lag er mindre hærdet end det øvre lag, og er typisk langt mindre opsprækket. Pletvise flintformationer. Det nederste lag minder i høj grad om det øvre, med brede, tykkere flintbånd. Mægtigheden af den samlede Københavner Kalk er 38-45 meter.



Figur 5.1 Oversigtskort over de dobbelte monitoringsboringer i området ved Brandstation Vest.

5.2 Geologi i området ved Brandstation Vest

Brandstation Vest er beliggende i et relativt lavtliggende terræn omkring kote +3 m/DVR90.

I tabel 5.1 og tabel 5.2 findes en grov inddeling af jordarter til identificering af forekomster af vandførende smeltevandsaflejringer, morænelag, københavner kalk og bryozokalk i området omkring Brandstation Vest. Boringernes placering er angivet i figur 5.1. Boringerne er listet i retning NØ-SV og NV-SØ, og der henvises til de geologiske profiler i figur 5.4 og figur 5.5.

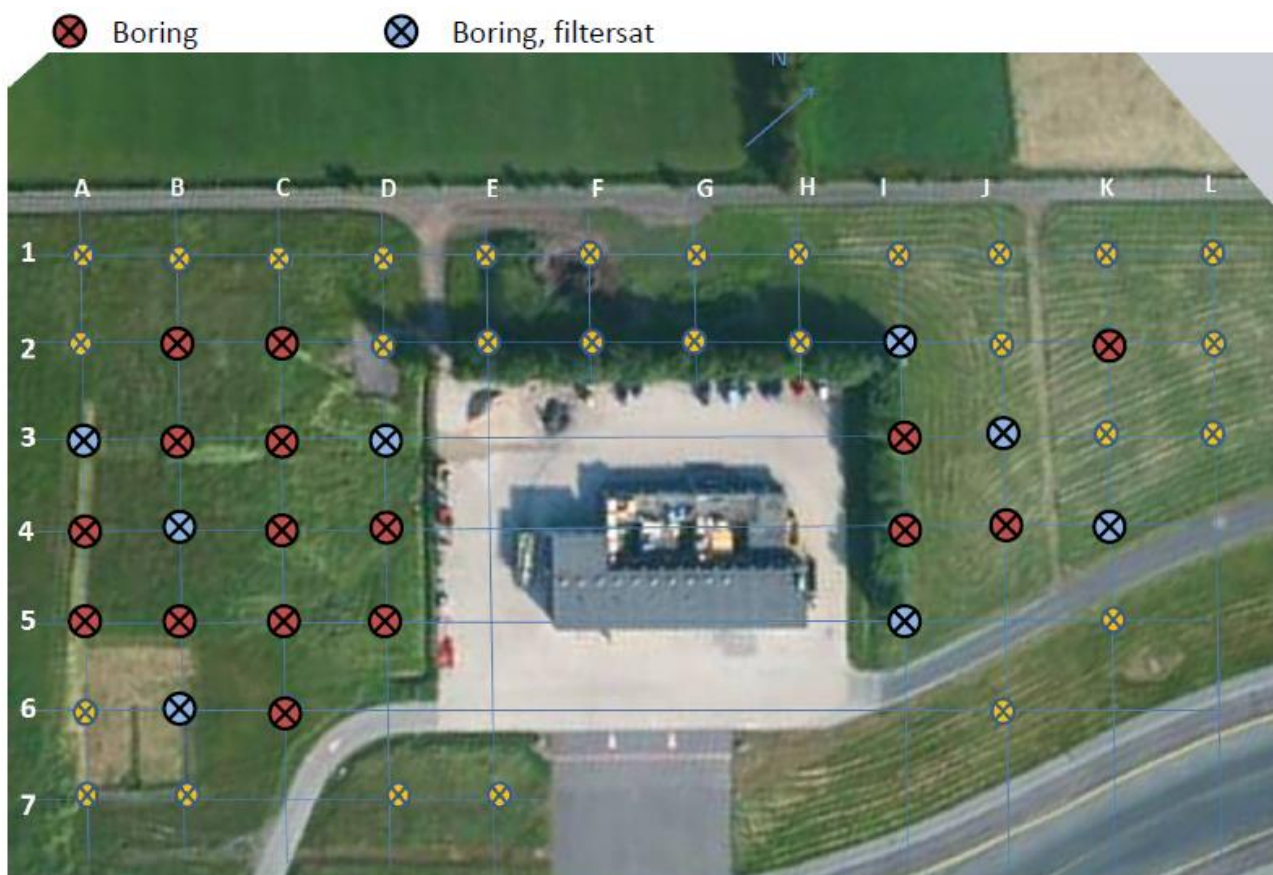
Boreprofilerne findes i bilag 1.

Retning	Boring	Beskrivelse	Ro vandstand	
NØ-SV ← AS-Ø	B7	DGU. Nr. 208.5821	<ul style="list-style-type: none"> 0-6 mut. ler og hård, stenet moræneler (kvartær) 6-9 mut groft smeltevandssand (kvartær) 9-22 mut. grå kalk med flint (danien) 22-42,5 mut. (boringens bund) hvid kalk og flint med bryozo (danien) 	0,9 mut. okt. 2017
	B1	DGU. Nr. 208.5539	<ul style="list-style-type: none"> 0-8 mut. smeltevandssand varierende nedefter fra fint til mellem og gruset (kvartær) 8-24 mut. københavner kalk, hård (danien) 24- 41 mut. (boringens bund) bryozokalk (danien) 	2,35 mut. april 2016
	B2	DGU. Nr. 208.5540	<ul style="list-style-type: none"> 0-6 mut. smeltevandssand mellem til groft (kvartær) 6-24 mut. københavner kalk, hård * 24- 45 mut. (boringens bund) bryozokalk 	1,05 mut. marts 2016
	B3	DGU. Nr. 208.5541	<ul style="list-style-type: none"> 0-2 muld (holocæn) 2-6 mut. smeltevandssand og smeltevandsgrus (kvartær) 6-26 mut. københavner kalk, hård (danien) 26-44 mut. (boringens bund) bryozokalk (danien) 	1,01 mut. marts 2016
	B4	DGU. Nr. 208.5542	<ul style="list-style-type: none"> 0-2 mut. morænesand (kvartær) 2-6 mut smeltevandsgrus (kvartær) 6-10 mut. morænegrus (kvartær) 11-24 mut. københavner kalk (danien) 24-44 mut. (boringens bund) bryozokalk (danien) 	1,37 mut. feb. 2016

Tabel 5.1 Grov inddeling af jordarter til identificering af forekomster af vandførende smeltevandsaflejringer, morænelag, københavner kalk og bryozokalk i området omkring Brandstation Vest.

Retning	Boring		Beskrivelse	Ro vandstand
← ØS-ΛN	B6	DGU. Nr. 208.5544	<ul style="list-style-type: none"> • 0-4 mut. moræneler (kvartær) • 4-8 mut. smeltevandssand og -grus (kvartær) • 8-26 mut. københavner kalk (danien) • 26-42 mut. (boringens bund) bryozokalk (danien) 	1,2 mut. feb. 2016
	B5	DGU. Nr. 208.5543	<ul style="list-style-type: none"> • 0-5,5 mut. moræneler (kvartær) • 5,5-6 mut. morænegrus (kvartær) • 6-8 mut. smeltevandssand og -grus (kvartær) • 8-20 mut. københavner kalk (danien) • 20-41,5 mut. (boringens bund) bryozokalk (danien) 	0,8 mut. feb. 2016

Tabel 5.2 Grov inddeling af jordarter til identificering af forekomster af vandførende smeltevandsaflejringer, morænelag, københavner kalk og bryozokalk i området omkring Brandstation Vest.



Figur 5.2 Gridsystem angiver boringsbetegnelsen. De røde boringsangivelser er boringer til udtagning af jordprøver. De blå boringer er boringer med filter nedsat til vandprøveudtagning. De gule markeret potentielt prøvetagningssted.

5.2.1 Geologi Brandstation Vest i Hotspot

I tabel 5.3 -tabel 5.9 er listet jordarterne fundet ved gennemboring af lagene med sneglebor i forureningens hotspot. Boringernes placering fremgår af figur 5.2. Der findes et toplag af muld, underlejret af primært sand med enkelte forekomster af ler, moræneler og grus. Brandstation Vest er altså beliggende i et område, der til forskel fra Tårnby-Dragør områdets geologi adskiller sig fra resten af området med smeltevandssand i stedet for overvejende moræneaflejringer, som beskrevet i afsnit 5.1. Brøndboreren har enkelte steder beskrevet lag ved opfyld. Topkalken findes godt 8 mut. For boreprofiler henvises til bilag 1.

Boring		Beskrivelse jordarter	Vandspejl (gvs)
A3	DGU. Nr. 208.5691	<ul style="list-style-type: none"> 0-0,7 mut. muld 0,7-5,1 sand 5,1-6,3 mut. (boringens bund) kalk	1,8 mut. i sandlag
A4		<ul style="list-style-type: none"> 0-1 mut. muld og sandopfyld 1-7 mut. fint sand 7-8 mut (boringens bund) kalkslam, siltet	2 mut. i sandlag
A5		<ul style="list-style-type: none"> 0-0,2 mut. Muld 0,2-4,8 mut. Sand 4,8-8 mut. (boringens bund) kalk	

Tabel 5.3 Jordarter fundet ved gennemboring af lagene med sneglebor i forureningens hotspot. Der findes et toplag af muld, underlejret af sand og grus. Brøndboreren har enkelte steder beskrevet lag ved sandopfyld. Data fremgår af borelag i bilag 1.1. Topkalken findes godt 8 mut.

Boring		Beskrivelse jordarter	Vandspejl (gvs)
D3	DGU. Nr. 208.5694	<ul style="list-style-type: none"> 0-0,7 mut. Muld 0,7-0,9 mut. Ler 0,9-5,2 mut. Sand 5,2-6 mut. grus 6-7mut. (boringens bund) kalk 	
D4		<ul style="list-style-type: none"> 0-0,3 mut. Muld 0,3-1,1 mut. Ler 1,1-5,4 mut fint sand 5,4- 8 mut. (boringens bund) kalk/flint 	1,1 mut. i sandlag
D5		<ul style="list-style-type: none"> 0-0,7 mut. Muld 0,7-1,1 mut ler 1,1-6,6 sand 6,6 -8 mut. (boringens bund) kalket grus og kalk 	

Tabel 5.4 Jordarter fundet ved gennemboring af lagene med sneglebor i forureningens hotspot. Der findes et toplag af muld, underlejret af sand og grus. Brøndboreren har enkelte steder

beskrevet lag ved sandopfyld. Data fremgår af borelag i bilag 1.1. Topkalken findes godt 8 mut.

Boring		Beskrivelse jordarter	Vandspejl (gvs)
B2		<ul style="list-style-type: none"> • 0-0,3 muld • 0,3-0,8 ler • 0,8-5,2 sand • 5,2-8 (boringens bund) kalk, flint 	1,3 mut. i sandlag
B3		<ul style="list-style-type: none"> • 0-0,6 mut. Muld • 0,6-4,9 mut. Sand • 4,9-8,0 mut. (boringens bund) kalk 	1,8 mut i sandlag
B4	DGU. Nr. 208.5692	<ul style="list-style-type: none"> • 0-0,8 mut. muld, fyld • 0,8-2,05 ler • 2,05-6,70 fint sand • 6,70-8,0 mut. kalkslam, siltet 	2,05 mut. i sandlag
B5		<ul style="list-style-type: none"> • 0-0,6 mut. muld • 0,6-1,15 mut. fint sand • 1,15-2,10 mut. ler med sandslirer • 2,10-6,6 mut. fint sand • 6,6-7 silt., kalkholdigt • 7-8 mut. (boringens bund) kalksten 	2,1 mut. i sandlag
B6	DGU. Nr. 208.5693	<ul style="list-style-type: none"> • 0-1,6 mut. Muld • 1,6-2 mut. sand, grus • 2-3 mut. moræne sand • 3-4,8 mut. fint sand • 4,8-8 mut. (boringens bund) kalk 	1,6 mut. i sand, gruslag

Tabel 5.5 Jordarter fundet ved gennemboring af lagene med sneglebor i forureningens hotspot. Der findes et toplag af muld, underlejret af sand og grus. Brøndboreren har enkelte steder beskrevet lag ved sandopfyld. Data fremgår af borelag i bilag 1.1. Topkalken findes godt 8 mut.

Boring		Beskrivelse jordarter	Vandspejl
K2		<ul style="list-style-type: none"> • 0-0,6 mut. muldfyld • 0,6-1,05 mut. sandfyld • 1,05-8,0 mut. (boringens bund) sand 	2,0 mut. i sandlag
K4	DGU. Nr. 208.5698	<ul style="list-style-type: none"> • 0-0,8 muld • 0,8-1,4 moræneler • 1,4-7,0 sand 	2,5 mut. i sandlag

Tabel 5.6 Jordarter fundet ved gennemboring af lagene med sneglebor i forureningens hotspot. Der findes et toplag af muld, underlejret af sand og grus. Brøndboreren har enkelte steder beskrevet lag ved sandopfyld. Data fremgår af boreprofiler i bilag 1. Topkalken findes godt 8 mut.

Boring	Beskrivelse jordarter	Vandspejl (gvs)	
C2		<ul style="list-style-type: none"> • 0-0,6 mut. Muld • 0,6-1 mut. Ler • 1- 6,05 mut. fint sand • 6,05-6,80 mut. fint sand kalkholdigt • 6,8-8 mut. (boringens bund) kalkslam siltet 	1,0 mut. i sandlag
C3		<ul style="list-style-type: none"> • 0-0,6 muld • 0,6-1,05 mut. ler • 1,05-5,60 mut. fint sand, nederst humus striber • 5,60-8 mut. (boringens bund) kalkslam 	2,05 mut. i sandlag
C4		<ul style="list-style-type: none"> • 0-0,6 muld • 0,6-1,4 mut. ler • 1,4-7,6 mut. fint sand, 6 mut. kalksten ibl. • 7,6-8 mut. (boringens bund) kalkslam 	2,05 mut. i sandlag
C5		<ul style="list-style-type: none"> • 0-0,6 mut. muld • 0,6-6,30 mut. fint sand, nederst kalkholdigt • 6,30-8 mut. (boringens bund) kalkslam 	2,05 mut. i sandlag
C6		<ul style="list-style-type: none"> • 0-0,4 mut. Muld • 0,4-1,7 mut. moræne lag • 1,7-5,2 mut. Grus • 5,2-6,2 mut. fint sand • 6,2 – 8 mut. (boringens bund) kalk 	1,7 mut i sand- og gruslag

Tabel 5.7 Jordarter fundet ved gennemboring af lagene med sneglebor i forureningens hotspot. Der findes et toplag af muld, underlejret af sand og grus. Brøndboreren har enkelte steder beskrevet lag ved sandopfyld. Data fremgår af borelag i bilag 1.1. Topkalken findes godt 8 mut.

Boring		Beskrivelse jordarter	Vandspejl
I2	DGU. Nr. 208.5697	<ul style="list-style-type: none"> • 0-0,5 mut. muld • 0,5-6,8 sand • 6,8-7,6 mut. (boringens bund) kalk 	2,0 mut. i sandlag
I3		<ul style="list-style-type: none"> • 0-0,3 mut. Muld • 0,3-1,4 mut. Moræneler • 1,4-5,3 mut. Sand • 5,3-6,5 mut. Grus • 6,5-6,7 kalk, hård 	
I4		<ul style="list-style-type: none"> • 0-0,6 mut. Muld • 0,6-1,1 mut. Ler • 1,1-6,9 mut. Sand • 6,9-8,0 mut. med kalkflager 	
I5	DGU. Nr. 208.5696	<ul style="list-style-type: none"> • 0-0,6 mut. muld • 0,6-1,25 mut. moræneler • 1,25-6,2 mut. sand • 6,2-7,0 mut. grus 	2,0 mut. i sandlag

Tabel 5.8 Jordarter fundet ved gennemboring af lagene med sneglebor i forureningens hotspot. Der findes et toplag af muld, underlejret af sand og grus. Brøndboreren har enkelte steder beskrevet lag ved sandopfyld. Data fremgår af boreprofiler i bilag 1. Topkalken findes godt 8 mut.

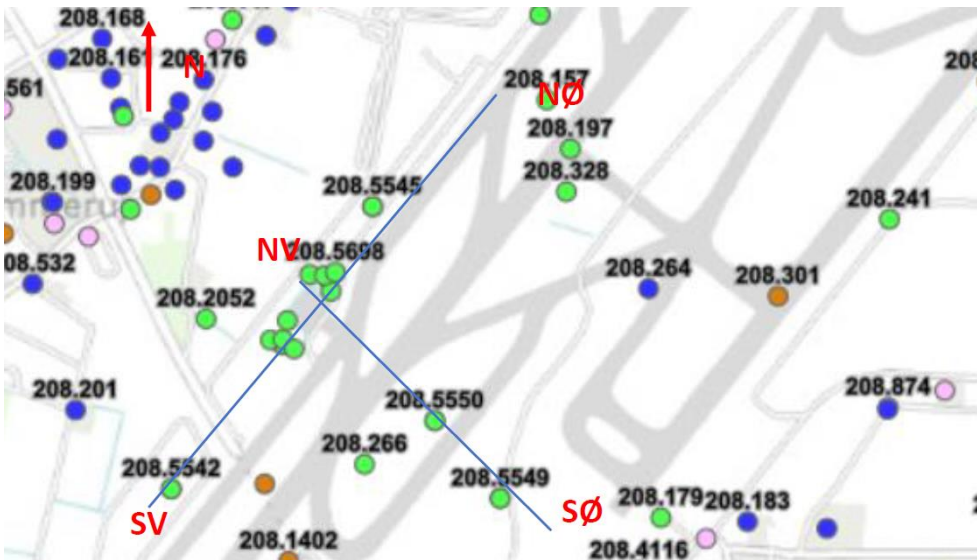
Boring		Beskrivelse jordarter	Vandspejl
J3	DGU. Nr. 208.5697	<ul style="list-style-type: none"> • 0-0,6 mut. muldfyld • 0,6-8,0 mut. (boringens bund) sand 	2,0 mut. i sandlag
J4		<ul style="list-style-type: none"> • 0-0,6 mut. muldfyld • 0,6-1,1 mut. lerfyld • 1,1-8,0 mut. (boringens bund) sand 	2,05 mut. i sandlag

Tabel 5.9 Jordarter fundet ved gennemboring af lagene med sneglebor i forureningens hotspot. Der findes et toplag af muld, underlejret af sand og grus. Brøndboreren har enkelte steder beskrevet lag ved sandopfyld. Data fremgår af boreprofiler i bilag 1. Topkalken findes godt 8 mut.

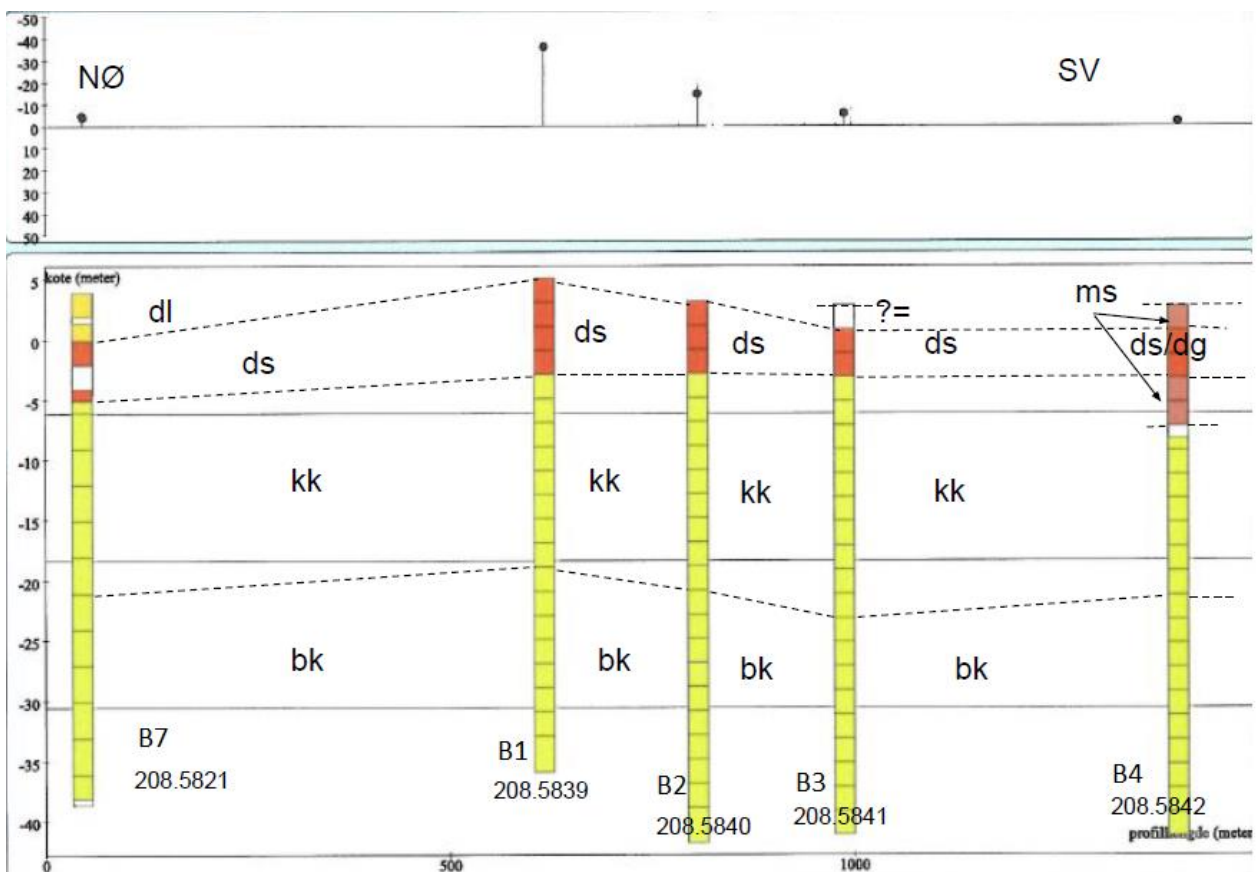
5.2.2 Geologiske snit

Der er udarbejdet to geologiske snit på baggrund af boreprofiler foretaget af Franck Geoteknik A/S og Brøker A/S. I figur 5.3 er placeringen af de geologiske profiler angivet. I figur 5.4 og figur 5.5

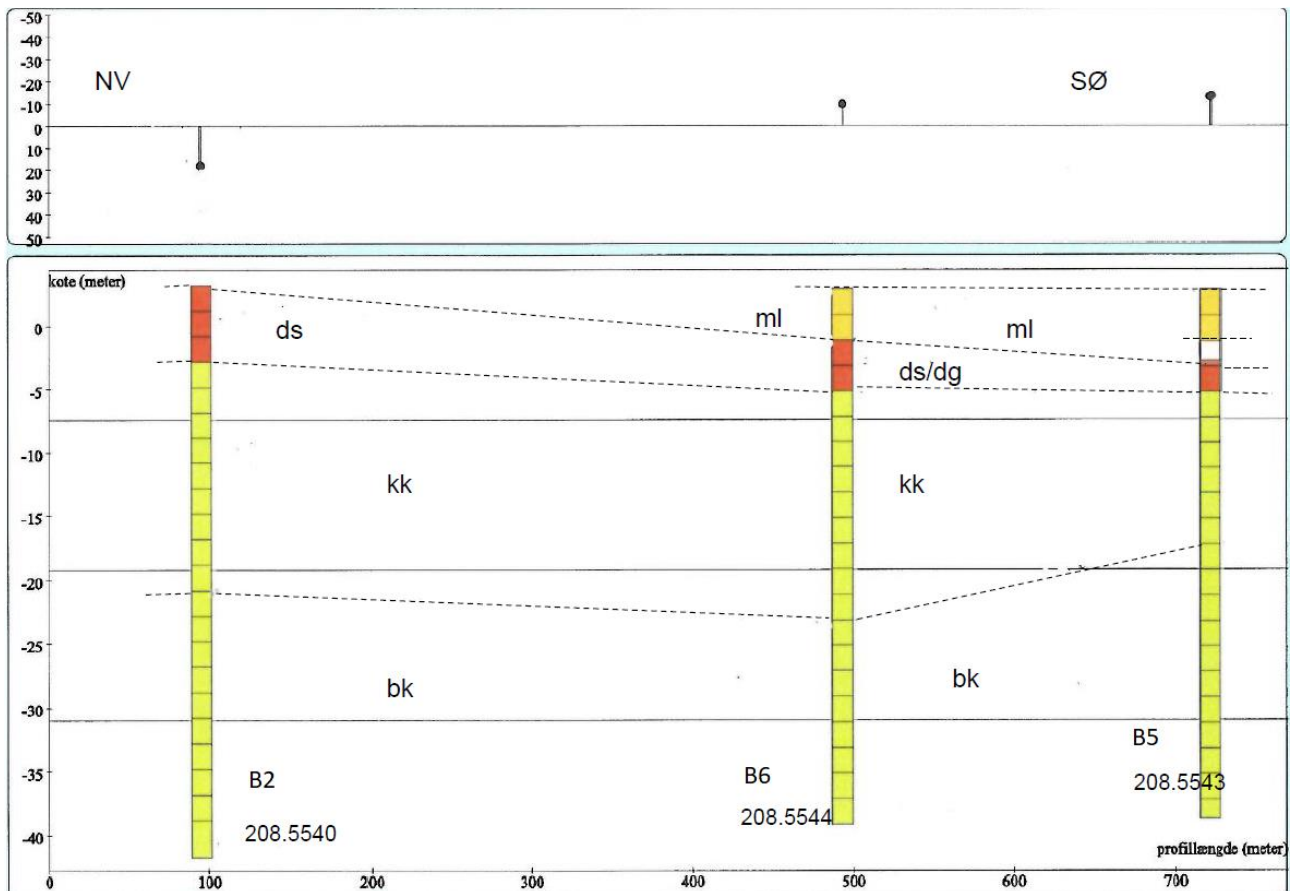
findes hhv. de geologiske snit i retning NØ-SV og NV-SØ. Områdets toplag ses at være domineret af kvartære smeltevandsaflejringer underlejret af kalkaflejringer.



Figur 5.3 Oversigtskort over placering af geologiske snit.



Figur 5.4 Geologisk profil retning NØ-SV. Ler [dl], smeltevandssand [ds], ds [smeltevandsgrus], morænesand [ms], københavn kalk [kk], bryozokalk [bk].



Figur 5.5 Geologisk profil retning NV-SØ. Ler [dl], smeltevandssand [ds], ds [smeltevandsgrus], morænesand [ms], københavner kalk [kk], bryozokalk [bk].

5.3 Sårbarhedsvurdering

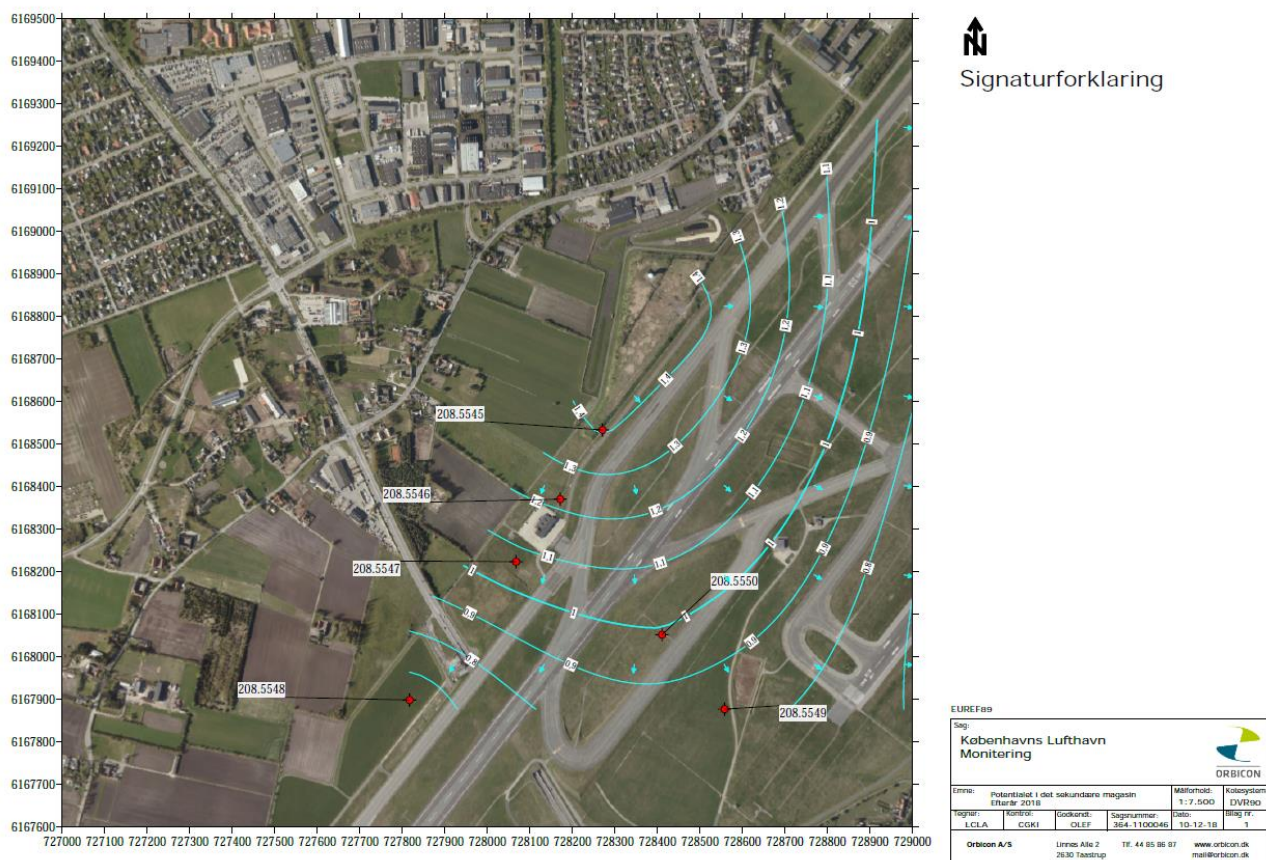
Området ved og omkring Brandstation Vest har en høj sårbarhed. Både ved og i området omkring brandstationen består lagene over kalken af et lag af muld underlejret af et sandlag. Der forekommer kun sporadisk ler eller moræneler, hvilket betyder at forureningen vil kunne bevæge sig i sandlagene både vertikalt og horisontalt med vandstrømningen i det terrænære grundvand. Under sandlaget findes københavner kalk, hvis midterste zone kan være relativt impermeabel og yde en vis beskyttelse for grundvandsmagasiner i bryozokalken.

5.4 Potentialekort

Orbicon har udarbejdet potentialekort for det sekundære og det primære grundvandsmagasin. I figur 5.6 og figur 5.7 findes hhv. et detail udsnit af det sekundære og det primære grundvandsmagasin.

Potentialekortet for det sekundære grundvandsmagasin er dannet på grundlag af meget få data, og der har kun data for lufthavnsområdet, hvilket betyder at der ikke er data N og NV for

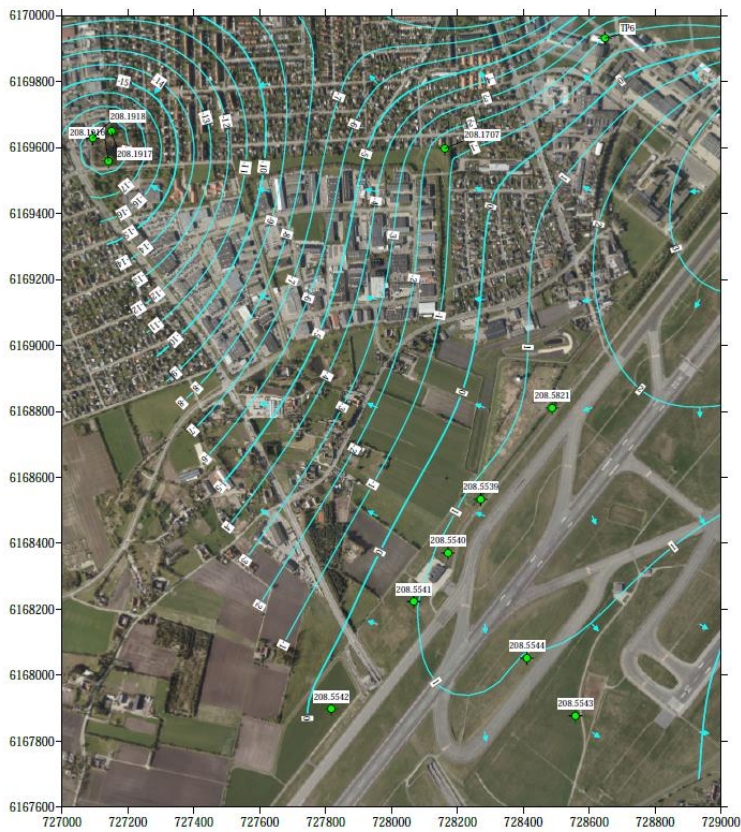
Brandstation Vest. Grundvandsstrømningens retning ved forureningens hotspot ifølge figur 5.6 fra NØ til SV mod Engelsbøjs tunnelen.




Figur 5.6 Detailudsnit for det sekundære grundvandsmagasin ved Brandstation Vest, Orbicon.

Grundvandsstrømningen i det primære magasin ved Brandstation Vest er ifølge figur 5.7 overvejende mod NV, men strømmer også mod SV og S.

Potentialekort for det sekundære og det primære grundvandsmagasin findes i bilag 2.4.




 Signaturforklaring

EUREF09

Sag:					
Københavns Lufthavn Monitoring					
Emne: Potentialet i det primære magasin Efterår 2018			Målførelse: 1:10.000	Køleystem: DVR90	
Tegner: LCLA	Kontrollør: CGK1	Godkendt: OLEF	Sagnummer: 364.1100045	Dato: 10.12.18	Blag nr.: 1
Orbicon A/S		Limnes Alle 2 2630 Taastrup		Tlf. 44 85 86 87 www.orbicon.dk mail@orbicon.dk	

Figur 5.7 **Detailudsnit for det primære grundvandsmagasin ved Brandstation Vest, Orbicon.**

6 Forureningens omfang

Dette afsnit indledes med en begrundelse for forureningsundersøgelsens afgræsning til PFAS-forbindelser. Herefter følger en gennemgang af forurenings omfang i jord og grundvand.

6.1 Afgræsning til PFAS

Forureningsundersøgelsen er afgrænset til undersøgelse af forurening med PFAS fra tidligere anvendt brandskum indeholdende PFAS forbindelser. Der er foretaget en historisk gennemgang af Brandstation Vest for at spore, om der kunne være andre forureninger på lokaliteten. CPH har ikke kendskab til andre forureninger i området. Der er dog udtaget stikprøver for oliekomponenter i det terrænnære grundvand for at afklare dette, da der som beskrevet i afsnit 2.1 tidligere har været en olietank og olieoplag ved brandstationen.

Der er udtaget 3 vandprøver af oppumpet terrænnært grundvand, som er analyseret for totalkulbrinter (C6-C35). Der er ikke konstateret olieprodukter, der overskrider analysemetodens detektionsgrænse på 5 µg/l. Prøverne er udtaget 1. maj 2018, 23. maj 2018 og 3. juli 2018. Analyserapporterne findes i bilag 2.1.

6.2 Forurening af jord

Forureningsundersøgelsen er indledt i 2014 med en indledende undersøgelse af hotspot. I 2016 påbegyndes de afgrænsende undersøgelser, som er afsluttet i 2018.

6.2.1 Indledende undersøgelser

I 2014-2015 blev den indledende undersøgelse af formodet hotspot ved Brandstation Vest foretaget. Der blev udtaget både jord- og vandanalyser. Rapporten blev sendt til Tårnby Kommune 16. juli 2015 /9/.

Formålet med den indledende undersøgelse var at lokalisere forureningens hotspot og finde forureningsniveauet i jorden og i det terrænnære grundvand.

Jf. statusnotat fremsendt til Tårnby Kommune primo 2018 blev der efterfølgende foretaget en række yderligere undersøgelser i jord og grundvand/10/. Vandanalyserne beskrives i afsnit 6.3. Som det fremgår af notatet blev de første afgrænsende jordprøver udtaget i september 2016.

Da analyseparametrene i analysepakken ikke har været de samme i hele undersøgelsesperioden, er resultaterne ikke helt sammenlignelige. Overordnet angives forureningsniveauet som sum af de analyseparametre, der er analyseret på det givne tidspunkt. I 2014-2015 blev jordprøverne analyseret for 9 parametre. På dette tidspunkt var der endnu ikke givet et kvalitetskriterie for jord og heller ikke retningslinjer for hvilke parametre, der skulle analyseres for.

Årstal	Analysemetode	Parametre	Detektionsgrænse
2014-2015	DIN 38414-14, GBA	PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFBS, PFHxS, PFOS, PFDS og PFOSA	<10 µg/kg TS
Maj 2015	DIN 38414-14	PFBS, PFHxS, PFOS, PFOSA, 6:2 FTS, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA.	<3 µg/kg TS
2018	DIN 38414-14	PFUnDA, PFDoDA, PFDS, PFBS, PFHxS, PFOS, PFOSA, 6:2 FTS, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA.	<0,5 µg/kg TS

Tabel 6.1 Analysemetode og -parametre i undersøgelsesperioden for jord.

I maj 2015 kom Miljøstyrelsen med et jordkvalitetskriterie på 400 µg/kg TS for sum af 12 specifikke PFAS-forbindelser (ΣMST12 PFAS) fastsat i "Liste over kvalitetskriterier i relation til forurennet jord og kvalitetskriterier for drikkevand" /8/.

Analyseresultater relevante for afgrænsning af jordforurening er samlet og kan ses i figur 6.1- figur 6.4 i det følgende afsnit 6.2.2. Analyserapporter fremgår af bilag 2.2.

Ved Brandstation Vest er der udtaget jord- og vandprøver af 3 omgange i perioden september 2014 til januar 2015. Datoer fremgår af analyserapporter. Der er lavet 23 borer med sneglebor til 6-8 mut og udtaget jordprøver for hvert gennemboret lag (7-9 analyser pr. boring) på engarealerne NØ og SV for brandstationen. 8 af borerne er filtersatte, se placering af borer i figur 6.1 - figur 6.7. Borerne er ført ned til topkalken gennem lag af overvejende sand med enkelte lerlag og stigende andel af kalk/kalkslam nedefter. Filtrene er sat i den nedre del af borerne gennem sandlag og ned i topkalken. Vandspejlet ligger 1,5-2 mut. Prøvetagningslokaliteten er valgt på baggrund af viden om udsprøjtningssteder. Der blev derfor ikke udtaget jordprøver på bagsiden af brandstationen på dette tidspunkt.

PFOS er den primære forureningskomponent i jorden ved brandstation Vest, og der blev i 2014-2015 fundet koncentrationer fra analysens detektionsgrænse på 10 µg/kg TS til 11000 µg/kg TS. Der blev fundet PFHxS i mindre målestok fra analysens detektionsgrænse på 10 µg/kg TS til 130 µg/kg TS. Forureningen blev primært fundet i de øverste jordlag i jordprøverne udtaget i 0,5 mut. og koncentrationerne reduceres betydeligt i prøverne udtaget i 1,0 og 1,5 mut, hvilket fremgår af figur 6.1 - figur 6.7. Der blev endvidere konstateret få meget lave koncentrationer PFOA op til 21 µg/kg TS.

På figur 6.1 - figur 6.7 er skitseret overskridelser af jordkvalitetskriteriet for sum af PFAS-forbindelser på 0,4 mg/kg TS for prøver udtaget hhv. 0,5 mut., 1,0 mut. og 1,5 mut.) fastsat i "Liste over kvalitetskriterier i relation til forurennet jord og kvalitetskriterier for drikkevand" /8/.

6.2.2 Afgrænsende undersøgelser

I juni og august 2018 blev den endelige afgrænsning af jordforureningen ved brandstationen foretaget. I nedenstående figur 6.1 - figur 6.7 er resultaterne af alle jordprøver fra perioden 2014-2018 illustreret for hhv. 0,5, 1,0, 1,5 og 2,0 mut. Koncentrationerne er Σ PFAS og er angivet i enheden $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS.

I afgrænsningen af forureningen er der søgt at afgrænse til et niveau væsentligt under jordkvalitetskriteriet for Σ MST12 PFAS på $400 \mu\text{g}/\text{kg}$ TS dels fordi jordanalyserne udtaget i perioden 2014-2015 kun er analyseret for 9 parametre og dels fordi at 12 MST parametrene ikke nødvendigvis dækker over alle de mulige PFAS-forbindelser, der kunne være tilstede.

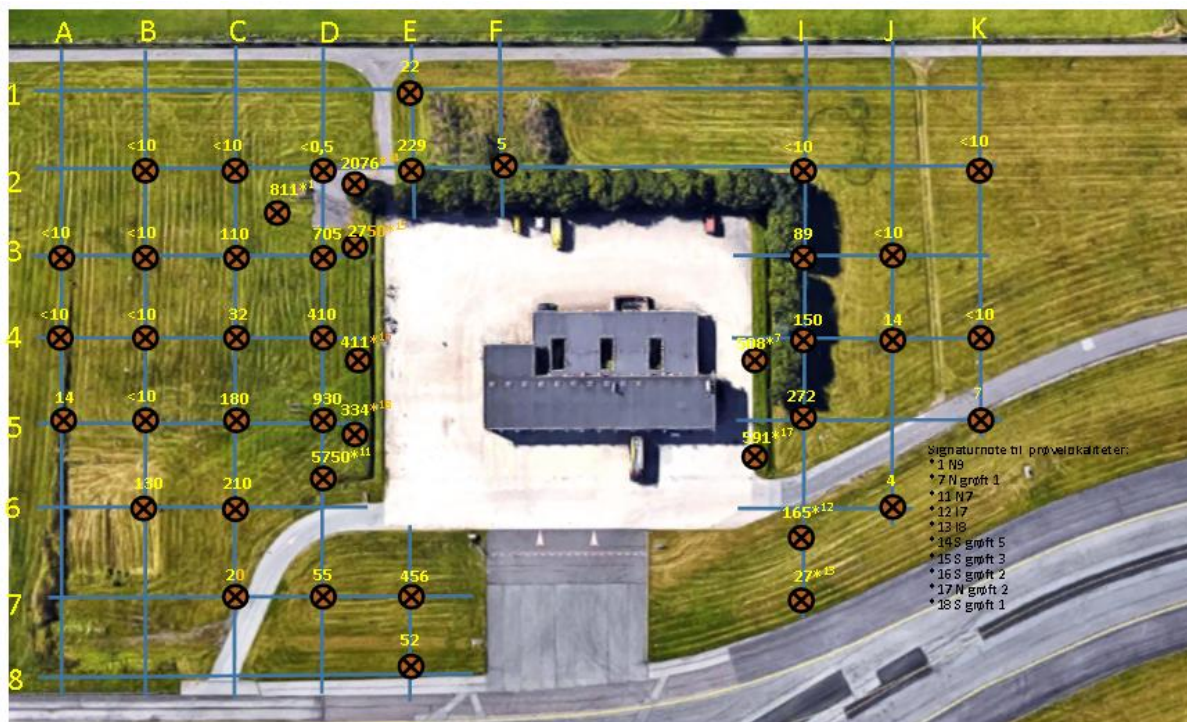
I de afgrænsende jordprøver er der analyseret for 15 parametre.

Forureningen ved Brandstation Vest er afgrænset såvel horisontalt som vertikalt. På figur 6.5 - figur 6.7 ses forureningsniveauer, der overskrider kvalitetskriteriet, at ligge op mod belægningskanten og nedefter i dybden til 1,5 mut. Af figur 6.4 ses, at forureningen i jorden 2 mut. er væsentligt under jordkvalitetskriteriet og derfor afgrænset.

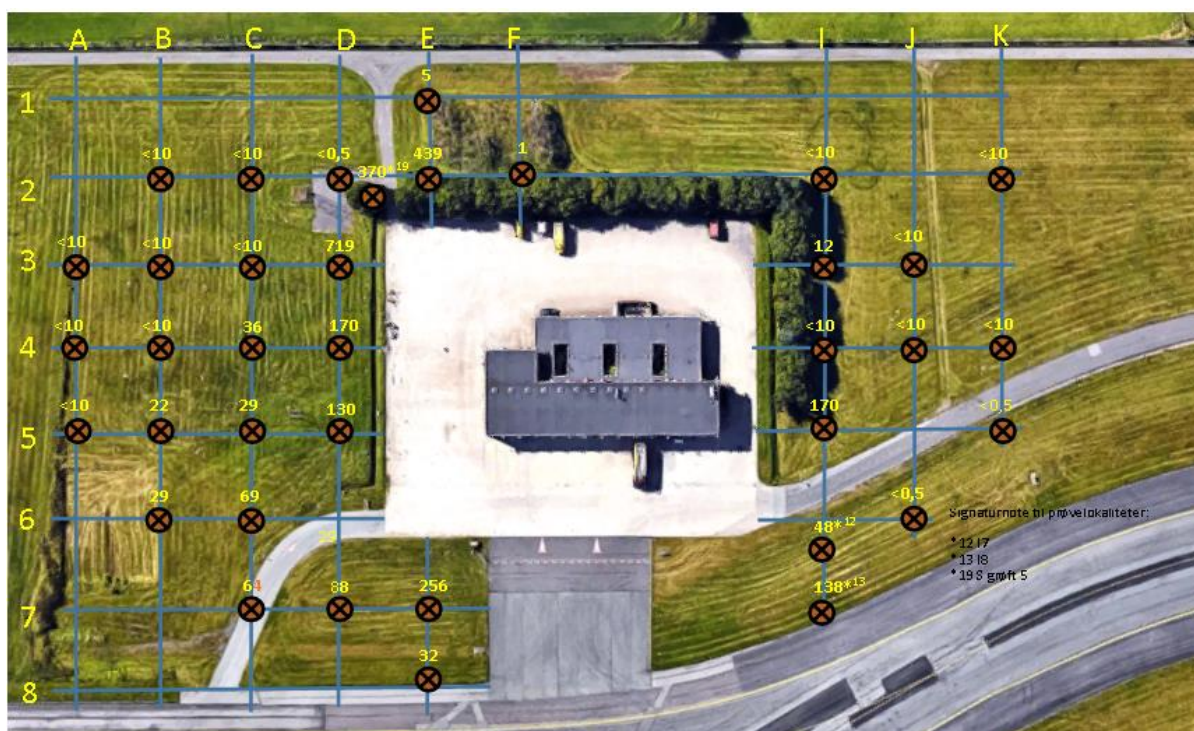
De afgrænsende jordprøver er udtaget mod SSV, foran brandstationen og bag brandstationen, hvilket fremgår af figur 6.1 - figur 6.7. På græsarealet SSV og foran brandstationen blev fundet høje koncentrationer af PFAS på hhv. 14282 og 9516 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS for Σ MST12 PFAS. Fundene blev afgrænset ved udtagning af nye prøver med niveauer på $< 200 \mu\text{g}/\text{kg}$ TS. På figurerne ses ligeledes placeringen af 4 prøver udtaget under sf-belægningen i 0,5 mut. I den ene prøve blev fundet Σ MST12 PFAS på $23 \mu\text{g}/\text{kg}$ TS, hvilket er under kvalitetskriteriet.



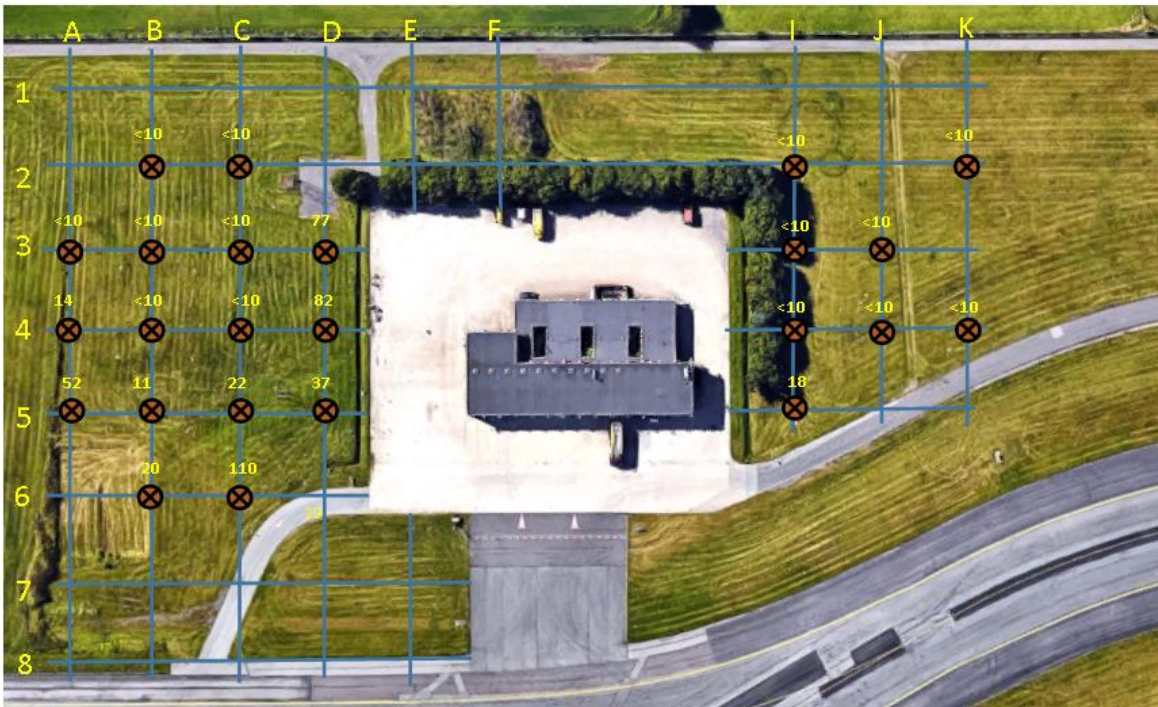
Figur 6.1 Jordprøveresultater 0,5 mut. Koncentration af Σ PFAS angivet i $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS.



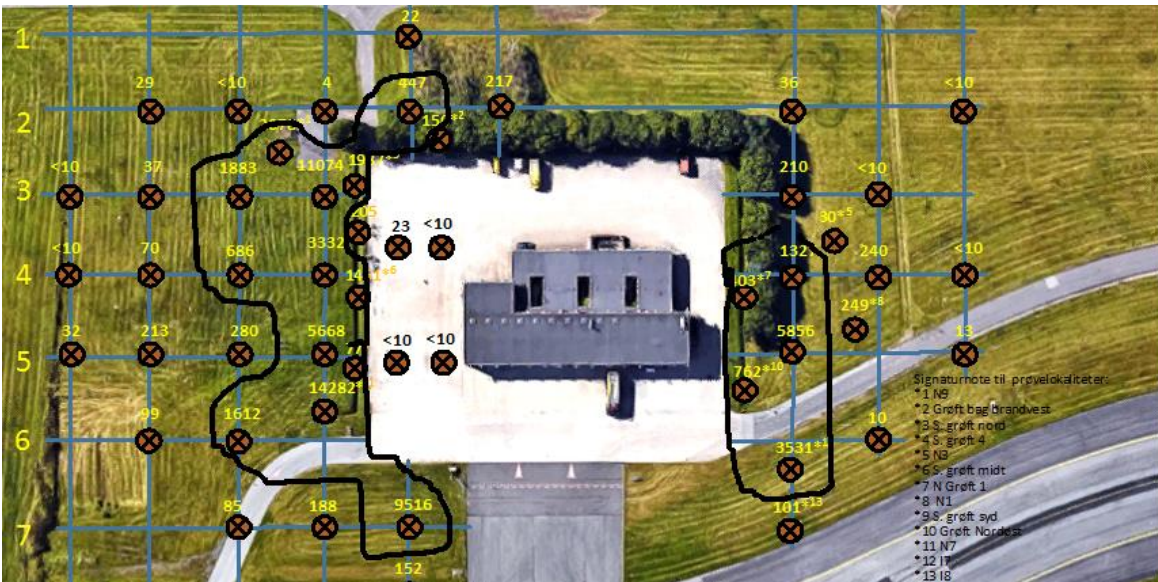
Figur 6.2 Jordprøveresultater 1,0 mut. Koncentration af ΣPFAS angivet i µg/kg TS.



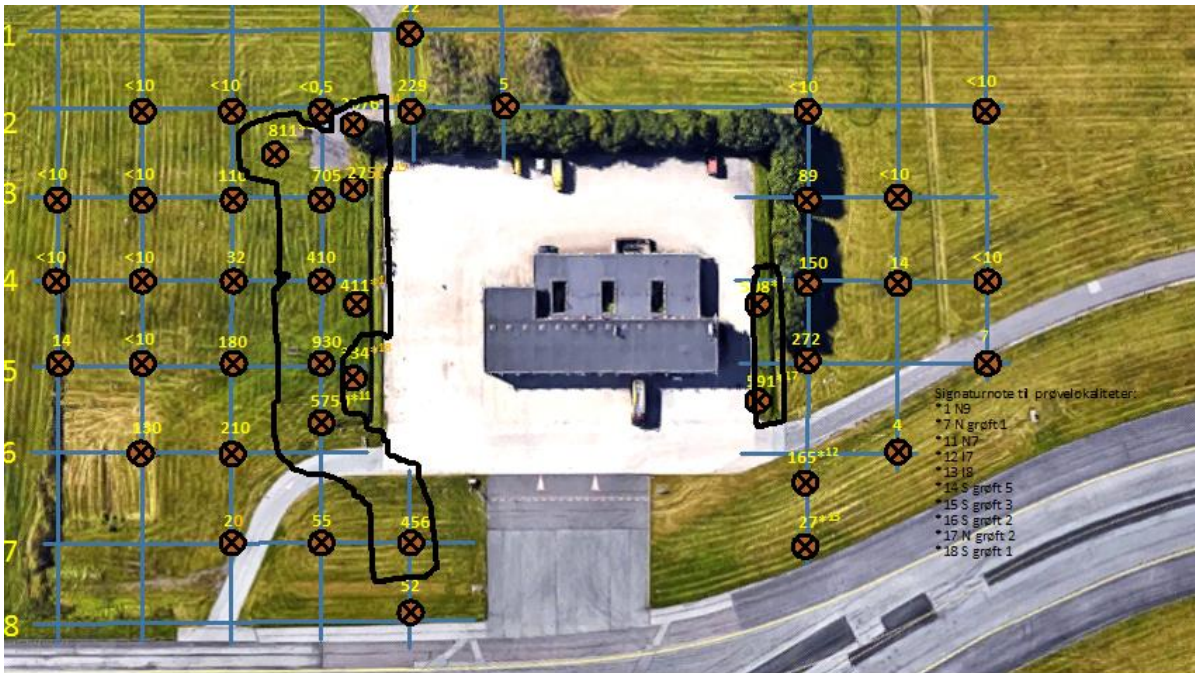
Figur 6.3 Jordprøveresultater 1,5 mut. Koncentration af ΣPFAS angivet i µg/kg TS.



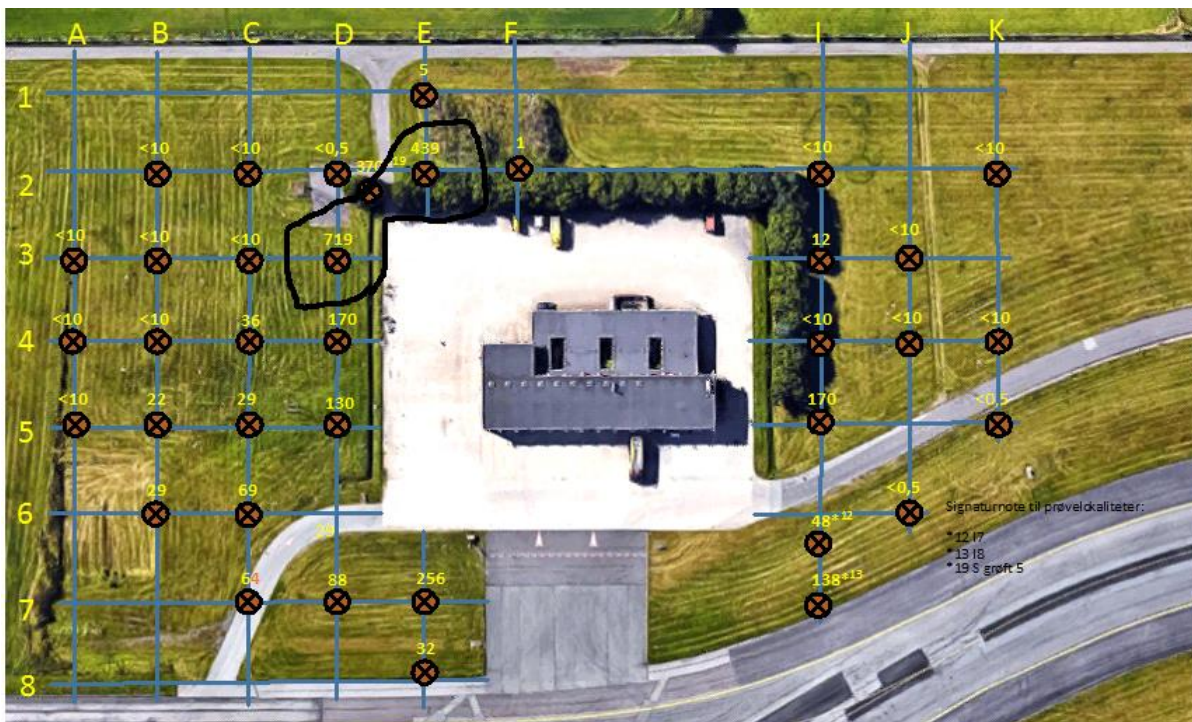
Figur 6.4 Jordprøveresultater 2,0 mut. Koncentration af ΣPFAS angivet i µg/kg TS.



Figur 6.5 Afgrænsning af jordforurening ift. Jordkvalitetskriteriet fastsat i "Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord og kvalitetskriterier for drikkevand" /8/ i 0,5 mut. Koncentration af ΣPFAS angivet i µg/kg TS.



Figur 6.6 Afgrænsning af jordforurening ift. Jordkvalitetskriteriet fastsat i "Liste over kvalitetskriterier i relation til forurennet jord og kvalitetskriterier for drikkevand" /8/ i 1,0 mut. Koncentration af ΣPFAS angivet i µg/kg TS.



Figur 6.7 Afgrænsning af jordforurening ift. Jordkvalitetskriteriet fastsat i "Liste over kvalitetskriterier i relation til forurennet jord og kvalitetskriterier for drikkevand" /8/ i 1,5 mut. Koncentration af ΣPFAS angivet i µg/kg TS.

6.2.3 Kildestyrke. Mængde af forurening i jorden i hotspot

Kildestyrken i den terrænnære jord, der udgør forureningens hotspot, er skønnet til omkring 18 kg, hvoraf det er skønnet, at godt 13 kg findes på brandstationens sydvestlige side. Til sammenligning estimerede Orbicon i 2012, at der var omkring 40 kg PFAS i sandlaget på Brandøvelsespladsen i lufthavnens sydområde.

Beregningen findes i bilag 3.1. I figur 6.8 er givet et eksempel på beregningen i et punkt.

Eksempel på beregning af kildestyrke i jord i hotspot:

Beregning findes i sin helhed i bilag 3.1 kildestyrkeberegning jord.

I den centrale del af hotspot er jordprøverne udtaget i et gridt med 19 meter mellem prøvetagningspunkterne. Nedenfor er beregningen for punktet C5 gengivet. I 0,5 mut. er sum af PFAS 280 µg/kg TS. Jordmængden er givet ved arealet 19 meter*19 meter og en dybde fra kote 0 til kote 0,75, hvilket er midt mellem 0,5 mut. og 1,0 mut. Vægtfylden af jorden (jord/muld) er sat til 1500 kg/m³. I 1,0 mut. er sum af PFAS 180 µg/kg TS. Jordmængden er givet ved arealet 19 meter*19 meter og en dybde fra kote 0,75 til kote 1,25. Vægtfylden af jorden (sand) er sat til 1700 kg/m³. Porøsiteten af sandlaget er sat til 25%. Samlet for jordmatricen C5 er skønnet en kildestyrke på 0,16 kg PFAS.

Kildestyrke C5

	mut.	Lagtykkelse	Areal	Vægtfylde	Sum af PFAS	Kildestyrke	Kildestyrke
	0	m	m ²	kg/m ³		mg	kg
C5	0,5	0,75	361	1500	280	85286,25	0,08528625
C5	1	0,5	361	1700	180	41424,75	0,04142475
C5	1,5	0,5	361	1700	29	6673,9875	0,00667399
C5	2	0,5	361	1700	22	5063,025	0,00506303
C5	2,5	0,75	361	1700	14	4832,8875	0,00483289
C5	3,5	1,5	361	1700	0	0	0
C5	5,5	1,5	361	1700	0	0	0
C5	6,5	1,25	361	1700	16	9205,5	0,0092055
C5	8	0,75	361	1700	11	3797,26875	0,00379727
Sum PFAS							0,15628367

Figur 6.8 Eksempel på beregning af kildestyrke i jord i hotspot

6.3 Forurening af grundvand

Forureningsundersøgelsen er indledt i 2014 med en indledende undersøgelse af hotspot. I 2016 påbegyndes de afgrænsende undersøgelser, som er afsluttet i 2018.

6.3.1 Indledende undersøgelser

I den indledende undersøgelse i 2014-2015 blev der etableret 8 filtersatte boringer i hotspot ved Brandstation Vest. Filtrene er sat i den nedre del af boringerne, så de sidder ned gennem sandlaget, og ned i topkalken. Vandspejlet findes 1,5-2 m. Placeringen af boringerne fremgår af figur 6.9.

I maj 2015 kom MST ligeledes med et drikke- og grundvandskvalitetskriterium på 0,1 µg/l for sum af 12 PFAS-forbindelser (ΣMST12 PFAS) fastsat i "Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord og kvalitetskriterier for drikkevand" /8/.

Årstal	Analysemetode	Parametre	Detektionsgrænse
2015	DIN 38407-42, GBA	PFHpA, PFOA, PFNA, PFBS, PFHxS, PFOS, PFDS, PFOSA, PFHxA, PFBA, PFPeA, PFUnDA, PFDODA, PFDA, 6:2 FTS	<0,010
2016-2018	DIN 38407-42, GBA	PFBS, PFHxS, PFOS, PFOSA, 6:2 FTS, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA.	<0,0050

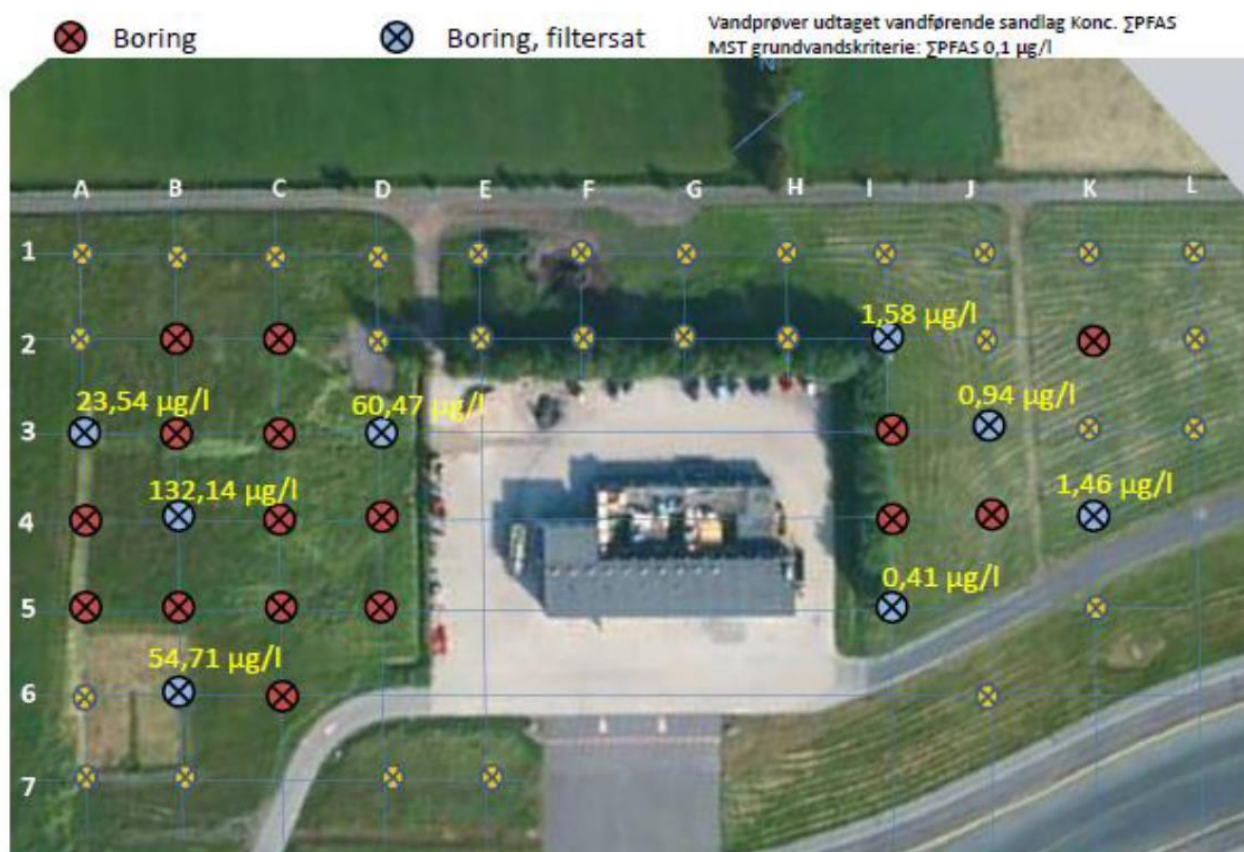
Tabel 6.2 Analysemetode og -parametre i undersøgelsesperioden for grundvand

Antallet af analyseparametre har ikke været de samme i hele undersøgelsesperioden, men koncentrationen af PFUnDa, PFDODA og PFDS er alle under detektionsgrænsen, og det har derfor ikke indflydelse på sammenligning af resultater. Analysemetoder og -parametre ses af tabel 6.2.

Det ses af figur 6.9, at de højeste koncentrationer af Σ PFAS i det terrænnære grundvand blev fundet SV for Brandstation Vest. Alle vandprøver udtaget i hotspot har koncentrationer, der overskrider kvalitetskriteriet for grundvand på 0,1 µg Σ 12 MST PFAS /l. De højeste koncentrationer af PFAS i jorden blev fundet langs belægningskanten (figur 6.5 – figur 6.7). Grundvandsstrømningen i det sekundære magasin har retning mod SV (Englandsvejs Tunnellen) og vandanalyserne tyder på, at forureningsfanen i det terrænnære grundvand trækker i retning mod SV.

6.3.1 Afgrænsende undersøgelser

I 2016 blev der etableret 6 dobbelte monitoringsboringer med formålet at afgrænse forureningen ved Brandstation Vest horisontalt og vertikalt, se figur 6.12. B2/DGU Nr. 208.5546 (sekundær)/208.5540 (primær) og B3/208.5547 (sekundær)/208.5541 (primær) er placeret i hotspot. En dobbelt boring er placeret på hver side af Brandstation Vest. I 2016 blev de første vandprøver udtaget. I det terrænnære grundvand i B2/DGU Nr. 208.5546 er der konstateret et forureningsniveau på 0,36 µg Σ 12 MST PFAS /l og i B3/208.5547 er der konstateret 48 µg Σ 12 MST PFAS /l. Begge prøver overskrider kvalitetskriteriet på 0,1 µg Σ 12 MST PFAS /l.

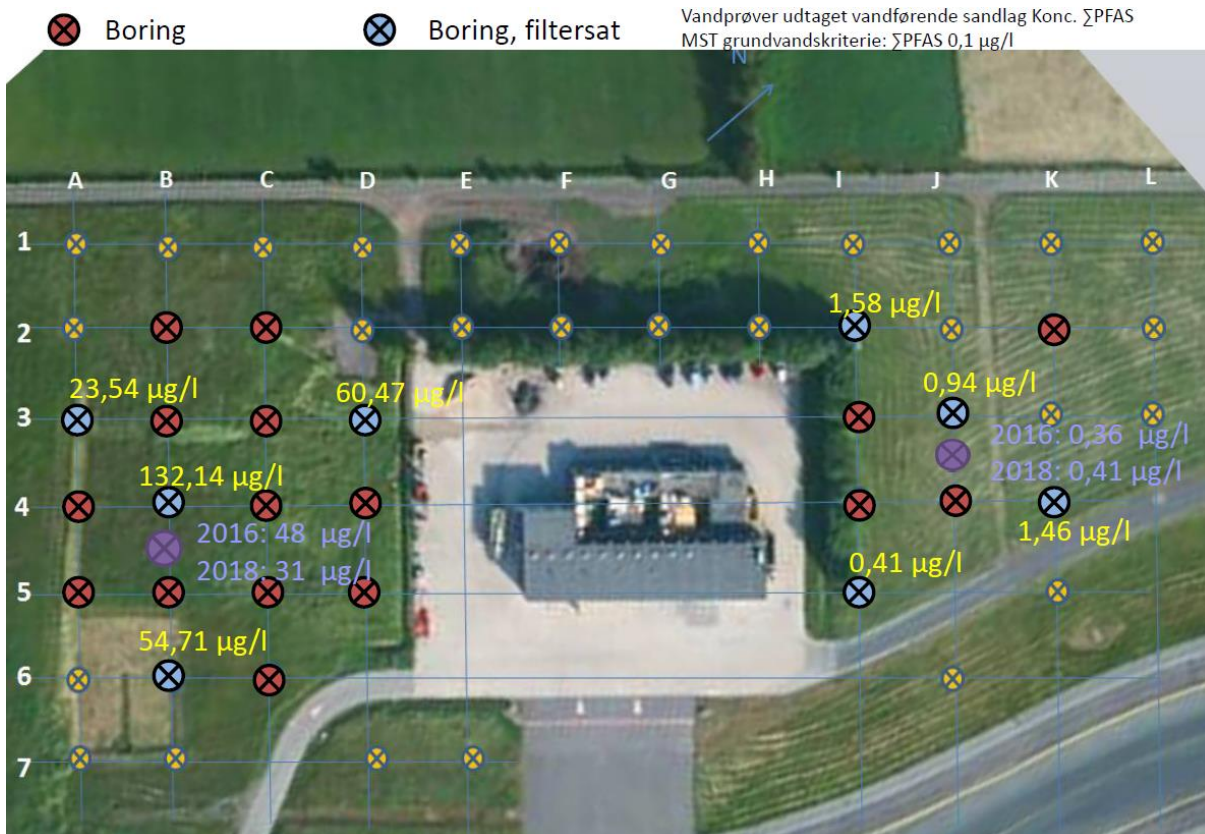


Figur 6.9 Filtersatte boringer (blå) etableret i 2014-2015 i den indledende undersøgelse.

Analyseresultaterne fremgår af tabel 6.3. Analyserapporter findes i bilag 2.3.

I 2018 er der udtaget endnu en prøve i B2/DGU Nr. 208.5546 (sekundær) og B3/208.5547(sekundær). I B2/DGU Nr. 208.5546 er det konstateret i forureningsniveau på 0,41 µg Σ 12 MST PFAS /l og i B3/208.5547 er der konstateret 31 µg Σ 12 MST PFAS /l. Begge prøver overskrider kvalitetskriteriet på 0,1 µg Σ 12 MST PFAS /l.

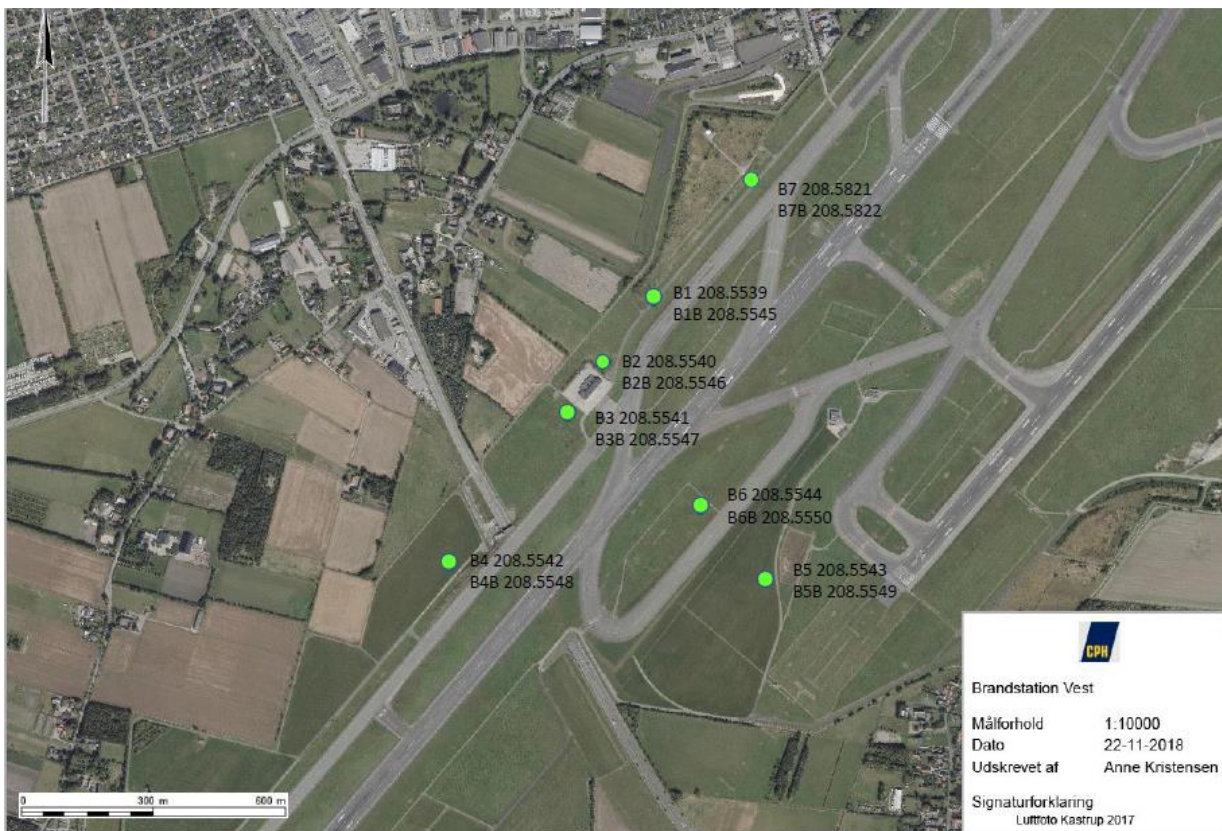
Niveauet stemmer overens med de øvrige vandprøver, der er udtaget i det terrænnære grundvand i hotspot, hvilket fremgår af figur 6.10. Der er i alt udført 10 filterboringer i hotspot, fem boringer på hver side af brandstationen, se figur 6.11.



Figur 6.10 Forureningskoncentrationer i sandlaget og kalklaget i hotspot. Filtersatte boringer (blå) etableret i 2014-2015 i den indledende undersøgelse. Den terrænnære boring af de dobbelte monitoringsboringer (lilla) er udført i 2016.



Figur 6.11 Terrænnære filterboringer udført i hotspot.



Figur 6.12 Oversigtskort over dobbelte monitoringsboringer i området ved Brandstation Vest.

Som beskrevet ovenfor i afsnit 6.3.1 overskrider resultaterne fra det terrænnære grundvand i hotspot kvalitetskriteriet. Som angivet i tabel 6.3 viser vandprøven udtaget i toppen af kalkboring B2/ DGU Nr. 208.5540 i 2018 ligeledes en koncentration over kvalitetskriteriet for grundvand på 0,18 µg PFAS/l. I boring B3/ DGU Nr. 208.5541 ses en tendens til stigende koncentrationer både i toppen af kalken og i bunden af kalken på op til 4,8 og 2,8 µg PFAS/l, hvilket overskrider kvalitetskriteriet med hhv. en faktor 48 og 28.

Vandprøven fra filterboring B7/DGU Nr. 208.5822 har vist, at det terrænnære grundvand har en koncentration på hhv. 0,48 µg PFAS/l i 2017 og 0,15 µg PFAS/l i 2018, der begge overskrider kvalitetskriteriet for grundvand. Strømningsretningen i det terrænnære grundvand har retning mod Brandstation Vest fra NØ. Som det fremgår af figur 5.4 findes der med høj sandsynlighed et vandførende sandlag mellem Brandstation Vest og boring 7/DGU Nr. 208.5821/ DGU Nr. 208.5822.

Boring		Analyseresultat µg Σ 12 MST PFAS /l (årstal)	
B1	DGU. Nr. 208.5539	Top kalk	0,27 (2016) 0,30 (2018)
B1	DGU. Nr. 208.5539	Bund kalk	0,16 (2016) 0,20 (2018)
B1B	DGU. Nr. 208.5545	Filter	1,02 (2016) 1,4 (2018)
B2	DGU. Nr. 208.5540	Top kalk	0,076 (2016) 0,18 (2018)
B2	DGU. Nr. 208.5540	Bund kalk	0,046 (2016) 0,015 (2018)
B2B	DGU. Nr. 208.5546	Filter	0,36 (2016) 0,41 (2018)
B3	DGU. Nr. 208.5541	Top kalk	3,1 (2016) 4,8 (2018)
B3	DGU. Nr. 208.5541	Bund kalk	2,1 (2016) 2,8 (2018)
B3B	DGU. Nr. 208.5547	Filter	48 (2016) 31 (2018)
B4	DGU. Nr. 208.5542	Top kalk	0,025 (2016) <0,010 (2018)
B4	DGU. Nr. 208.5542	Bund kalk	0,017 (2016) <0,010 (2018)
B4B	DGU. Nr. 208.5548	Filter	<0,010 (2016) <0,010 (2018)
B5	DGU. Nr. 208.5543	Top kalk	<0,010 (2016) <0,010 (2018)
B5	DGU. Nr. 208.5543	Bund kalk	<0,010 (2016) <0,010 (2018)
B5B	DGU. Nr. 208.5549	Filter	<0,010 (2016) <0,010 (2018)
B6	DGU. Nr. 208.5544	Top kalk	<0,010 (2016) <0,010 (2018)
B6	DGU. Nr. 208.5544	Bund kalk	<0,010 (2016) <0,010 (2018)
B6B	DGU. Nr. 208.5550	Filter	0,022 (2016) <0,010 (2018)
B7	DGU. Nr. 208.5821	Top kalk	0,036 (2017) 0,034 (2018)
B7	DGU. Nr. 208.5821	Bund kalk	0,028 (2018)
B7B	DGU. Nr. 208.5822	Filter	0,48 (2017) 0,15 (2018)

Tabel 6.3 Analyseresultater til afgrænsende undersøgelse – kalk og filterboringer. Niveauspecifikke prøver i kalkboring.

Forurening i sandlaget ved hotspot kan i princippet godt have bevæget sig mod boring 7 fra brandstation såfremt strømningen tidligere har haft en anden retning, men der kunne også være tale om en helt anden forureningskilde opstrøms. Der er under grundvandsmonitoringen i lufthavnen udtaget vandprøver fra boring TP6 (DGU. Nr. 208.140) og ved Deicingplatform A. Prøven fra TP6 (DGU. Nr. 208.140) styrker teorien om, at forureningen kan stamme fra en anden kilde. Der er i maj 2018 konstateret 0,15 µg PFAS/l og i oktober 2018 konstateret 0,25 µg PFAS/l. I

LU3 (DGU Nr. 208.1392) og B8 (DGU Nr. 208.1914) ved Deicingplatform A er spor af Σ PFAS 12 MST under $<0,010 \mu\text{g PFAS/l}$, se bilag 2.3. Som det ses af potentialekort for det primære magasin er strømmingen fra boring TP6 (DGU. Nr. 208.140) ikke i retning mod Brandstation Vest.

Sammenfattende skal det bemærkes, at forureningen ved filterboring B7/DGU Nr. 208.5822 i det terrænnære grundvand strømmer mod brandstationen og kulfilteranlægget. Koncentrationen i kalken er under kvalitetskriteriet for grundvand jf. /8/.

Mod SØ er etableret 2 dobbeltboringer, boring B5 og B6, se figur 6.13. Boring B6 ligger tættest på Brandstation Vest. Som det kan ses af figur 5.5 findes der i retning mod SØ et vandførende sand- og gruslag, der ser ud til at blive tyndere mod boring B5. I boring B6/208.5550 for det terrænnære grundvand ses $0,022 \mu\text{g PFAS/l}$. I det primære grundvand ses der ikke indhold over analysens detektionsgrænse. Forureningen er afgrænset i det primære grundvand.

Ved boring B5 og B6 ses sandlaget overlejret af moræneler. Da snittet kun er baseret på de to boringer, er det usikkert om moræneleret er mere sammenhængende, og det er grunden til at forureningen ikke har spredt sig til boring B5. Forureningen i det terrænnære grundvand er afgrænset i retning mod SØ.

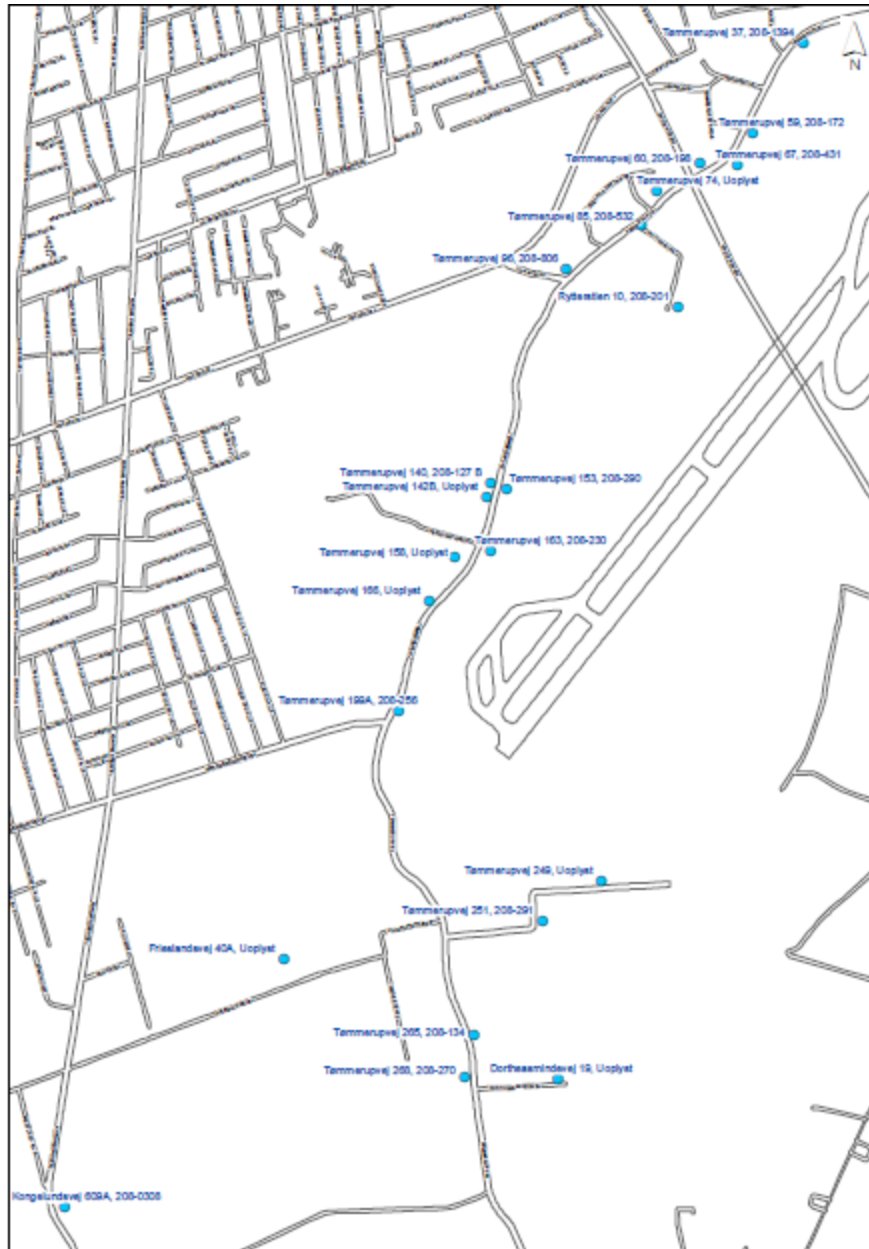
SV for Brandstation Vest efter Englandsvejs Tunnellen er boring B4 etableret. Grundvandsretningen i det terrænnære og det primære grundvand strømmer fra brandstationen mod B4.

Bygningsprofil fra opbygning af tunnellen viser, at det terrænnære grundvand ville kunne strømme til B4 fra Brandstation Vest. Af figur 5.4 ses, at der med høj sandsynlighed findes et gennemgående sandlag fra Brandstation Vest til B4, hvor det terrænnære grundvand strømmer. Som det kan ses i tabel 6.3 er der ikke konstateret PFAS i det terrænnære grundvand over analysemetodens detektionsgrænse. Forureningen er derfor afgrænset mod SV i det terrænnære grundvand. I det primære grundvand er der i 2016 både i toppen og bunden af kalken konstateret spor af PFAS, som ikke genfindes i 2018. Det vurderes ligeledes af forureningen er afgrænset i det primære grundvand.

6.3.2 Afgrænsning mod vest – Tømmerupvej

Mod vest ligger en række enkeltindvindinger, der er eneste vandforsyning til en række borgere. Det indvundne vand anvendes til drikkevandsforsyning samt til markvanding. Der er udtaget vandprøver i boringerne i 2016 og i 2018. Der er konstateret spor af PFAS lige over analysemetodens detektionsgrænse, hvilket er langt under kvalitetskriteriet for Σ MST 12 fastsat i "Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord og kvalitetskriterier for drikkevand" /8/. Som en del af afgrænsningen af forurening mod vest var det CPH's ønske at etablere en boring på en nabogrund vest for Brandstation Vest, men dette måtte opgives, da grundejeren ikke reagerede på CPHs forslag om en frivillig aftale om etablering af boringen på fremmed grund mod kompensation, og boringen derfor ikke kunne etableres. Analyserapporterne fra enkeltindvindingerne findes i bilag 2.3.

De enkeltindvindinger, der ligger tættest på Brandstation Vest (400 m) har en alder og opbygning, der gør, at den udtagne prøve repræsenterer både det terrænnære og det primære grundvand. I tabel 6.4 findes en oversigt over prøvetagningen langs Tømmerupsvej.



Figur 6.13 Boringer langs Tømmerupsvej.

Prøvetagningstidspunkt	Resultater
2016	Prøven Tømmerupvej 74-78 har spor af PFOA på 1,3 ng/l, hvilket er en faktor 75 under kvalitetskriteriet for drikkevand. I de øvrige prøver er der ikke konstateret spor af PFAS over analysemetodens detektionsgrænsen.
2018	Prøven udtaget på Rytterstien 10 og Tømmerupvej 59 har ligeledes spor af PFAS, hhv. Σ PFOS og FTS 6:2 <4 ng/l og Σ PFOS og PFOA <4 ng/l, hvilket er en faktor 25 under kvalitetskriteriet for drikkevand. I de øvrige prøver er der ikke konstateret spor af PFAS over analysemetodens detektionsgrænsen.

Tabel 6.4 Prøvetagning langs Tømmerupvej 2016 og 2018

Forureningen vurderes at være afgrænset mod NV i både det terrænnære og det primære grundvand.

6.3.3 Kildestyrke. Mængde af forurening i det terrænnære grundvand i hotspot

Der er foretaget en beregning for at få et konservativt skøn på kildestyrken i det terrænnære grundvand i forurenings hotspot.

Det er således skønnet, at der i 2016 på prøvetagningstidspunktet var omkring 0,6 kg PFAS i det terrænnære grundvand. I jordmatricen er det skønnet, at der på prøvetagningstidspunktet var omkring 18 kg PFAS. Det skal bemærkes at begge skøn er konservative, men at de analyserede parametre ikke nødvendigvis er dækkende for de PFAS forbindelser, der findes i jord- og vandmatricen.

Eksempel på beregning af kildestyrke i det terrænnære grundvand i hotspot:

Beregning findes i sin helhed i bilag 3.2.

Nedenfor er der foretaget et konservativt skøn på kildestyrken i det terrænnære grundvand SV for Brandstation Vest. Arealet af hotspot er sat til 6400 m². Mægtigheden af det terrænnære grundvand er sat til 6 meter, svarende til den mættede zone, og porøsiteten i sandlaget sat til 25%.

	areal	dybde	porøsitet	antal liter	Sum 15 PFAS	gennemsnit konc.	Kildestyrke	Kildestyrke
	m ²	m		l	µg/l	µg/l	mg	kg
a3					23,54			
b6					54,71			
b4					132,142			
d3					60,471			
Boring 3, 2016					48,4			
Boring 3, 2018					31,024			
Kildestyrke 2016 SV for Brandstation Vest	6400	6	0,25	9600000		63,8526	612985	0,6130

Figur 6.14 Eksempel på beregning af kildestyrke i det terrænnære grundvand i hotspot.

7 Risikovurderinger

Forurening i det terrænnære grundvand ved Brandstation Vest bliver oppumpet og renses. Der pumpes 3-4 m³/h, som renses gennem 3 serieforbundne kulfiltre. Det rensede vand ledes efterfølgende til lufthavnens overfladevandssystem. Som beskrevet i indledningen er der blevet pumpet grundvand under brandstationen formentlig siden 1972, hvor bygningen blev etableret. Grundvandssænkningen var nødvendig for at holde kælderen tør. Da forureningen ultimo 2015 blev konstateret, blev der sat kulfilterrensning på det oppumpede vand.

7.1 Risiko i relation til arealanvendelse – jord

Jordforureningen ved Brandstation Vest er afgrænset såvel horisontalt som vertikalt. Arealet, der markerer de højeste forureningsniveauer og overskrider kvalitetskriteriet for jord, er angivet mere konservativt end kvalitetskriteriet, da de 12 PFAS-forbindelser ikke nødvendigvis afspejler det totale indhold af PFAS. Arealet med de højeste forureningsniveauer er fundet at ligge op mod belægningskanten ved brandstationen og nedefter i dybden til 1,5 mut.

Området er både i landsplandirektiv, kommuneplan og lokalplan udlagt til lufthavn.

Brandstation Vest er stadig i dag en del af lufthavnens beredskab, og der er for nuværende ingen planer om, at denne konstellation skal ændres. Det forurenede område ligger på Airside lige op af lufthavnens manøvreområde. Der er ikke planer om, at området skal anvendes til andet end lufthavnsdrift. Personalet i Brand og Redning er ikke i kontakt med jord når de færdes ved brandstationen.

Forureningen er kortlagt i lufthavnens kortbog således, at der ved fremtidige gravearbejder kan gøres opmærksom på eventuelle sundheds- og arbejdsmiljøhensyn samt at evt. overskudsjord håndteres korrekt.

7.2 Indeklima Brandstation Vest -luft

Der er ikke fastsat et afdampningskriterie i Danmark eller i udlandet for PFAS-forbindelser. Det skyldes, at damptryk og fordelingskoefficient mellem luft og vand er meget lavt for de 12 PFAS-forbindelser i "Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord og kvalitetskriterier for drikkevand", maj 2015, Miljøstyrelsen/8/.

Jf. "Håndbog om undersøgelse og afværge af forurening med PFAS-forbindelser"/2/ er der på nuværende tidspunkt kun meget begrænsede erfaringer med af ude- og indeluft på lokaliteter forurenede med PFAS-forbindelser.

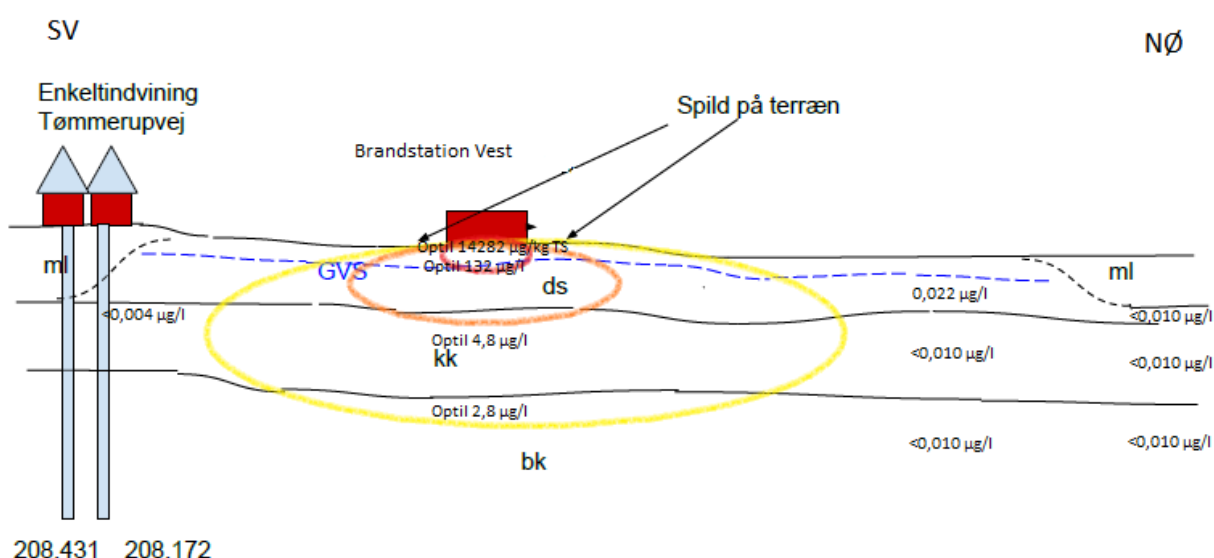
7.3 Risiko i relation til terrænnært og primært grundvand- vand

Der er foretaget en vurdering af forureningens påvirkning af det terrænnære og primære grundvand i forhold til områdets geologi og hydrologi, samt i forhold til kvalitetskriteriet for grundvand og påvirkning af drikkevandsforsyningen i området.

Der er formentlig siden 1972 blevet pumpet grundvand op fra under brandstationen, hvilket nok har reduceret forureningsspredningen i det terrænnære grundvand og følgende gjort nedsivningen til det primære langsommere i takt med at forureningen er sket i perioden 1972-1998.

Forureningen blev konstateret ultimo 2015, hvorefter der blev påsat kulfilterrensning på det oppumpede vand. Der oppumpes og renses 3-4 m³/h.

Det er for nuværende ikke muligt at foretage en JAGG-beregning, da PFAS-forbindelserne pt. ikke er med i JAGG.



Figur 7.1 Konceptuel model. Fladespild ved Brandstation Vest i form af brandskum på terrænet. PFAS-forbindelser i vandig opløsning af brandskum. [ml] moræneler, [ds] smeltevandssand, [kk] københavner kalk, [bk] bryozokalk. [GVS] grundvandsspejl. Boringerne DGU. Nr. 208.431 og DGU. Nr. 208.172 er de tættest beliggende enkeltindvindinger på Tømmerupvej. Forureningsgraden er indikeret ved angivelse af cirkler, jo mørkere nuance desto højere koncentration af forurening.

I figur 7.1 findes en konceptuel model til illustration af forureningssituationen ved Brandstation Vest. Forureningen er et fladespild i form af brandskum på terrænet, hvor PFAS i vandig opløsning er udsprøjtet på terrænet på begge sider af Brandstation Vest. Boringerne DGU.Nr. 208.431 og DGU.Nr. 208.172 er de tættest beliggende enkeltindvindinger på Tømmerupvej. Forureningsgraden er indikeret ved angivelse af cirkler, jo mørkere nuance desto højere koncentration af forurening.

Der er udtaget jord- og vandprøver over en periode fra 2014-2018. De højest konstaterede forureningsniveauer er angivet for jord og terrænnært grundvand i hotspot, i vandprøver i det primære grundvand for de niveauspecifikke prøver udtaget i toppen af kalken og bunden af kalken, samt prøver udtaget i de nærmest liggende enkeltindvindinger.



Figur 7.2 Forureningsudbredelse i sandlaget. Koncentrationerne er angivet i µg Σ 12 MST PFAS /l.

De højeste koncentrationer er fundet SV for brandstationen i hotspot og aftager relativt hurtigt horisontalt og vertikalt, se figur 7.2 – figur 7.4. Det skal bemærkes at forureningsniveauet i B7/ DGU Nr. 208.5822 kunne stamme fra en anden forureningskilde, da den ligger opstrøms fra Brandstation Vest. En anden mulighed er at strømmingen tidligere har været anderledes.



Figur 7.3 Forureningsudbredelse i toppen af kalken. Koncentrationerne er angivet i $\mu\text{g } \Sigma 12 \text{ MST PFAS /l}$.



Figur 7.4 Forureningsudbredelse i bunden af kalken. Koncentrationerne er angivet i $\mu\text{g } \Sigma 12 \text{ MST PFAS /l}$.

7.4 Information- naboer

Mod vest ligger en række enkeltindvindinger, der er eneste vandforsyning til en række borgere. Det indvundne vand anvendes til drikkevandsforsyning samt til markvanding. Der er udtaget vandprøver i borerne i 2016 og i 2018. Borgerne har forud for vandprøvetagningen modtaget et brev fra Tårnby Kommune, som var forfattet i samarbejde med CPH for at sikre borgerne information og tryghed. Efter endt prøvetagning har borgerne fået tilsendt et brev med analyserapport, og information om, at deres drikkevand og vand til markvanding overholder gældende kriterier for grundvand og drikkevand.

8 Sammenfatning

Sammenfattende kan følgende opsummeres:

- Forurening i det terrænnære grundvand ved Brandstation Vest bliver oppumpet og renses. Der pumpes 3-4 m³/h, som renses gennem 3 serieforbundne kulfiltre på hver 500 kg. Det rensede vand ledes efterfølgende til lufthavnens overfladevandssystem.
- Brandstation Vest er beliggende mellem oplandene til henholdsvis Tårnby Forsyning og HOFORs kildepladser, og ligger udenfor indvindingsoplandene.
- Jordforureningen ved Brandstation Vest er afgrænset horisontalt og vertikalt.
- Forureningen i det terrænnære og primære grundvand vurderes at være afgrænset nedstrøms Brandstation Vest. Det skal bemærkes, at forurening i det terrænnære grundvand mod NØ kan stamme fra en anden forureningskilde.
- Enkeltindvindinger langs Tømmerupvej er kontrolleret i 2016 og 2018 for PFAS-forbindelser. Der er fundet spor af PFAS i vandprøverne i 2016 og 2018, som ligger hhv. en faktor 25 og 75 under kvalitetskriteriet for drikkevand.
- Der er foretaget en risikovurdering for jord, luft og vand samt leveret information til borgere i forbindelse med prøvetagningen i enkeltindvindingerne.

9 Referencer

- /1/ "Miljøstyrelsens vejledning nr. 6 og nr., 1998, Oprydning på forurenede lokaliteter"
- /2/ "Håndbog om undersøgelse og afværge af forurening med PFAS-forbindelser, Regionernes Videntcenter for Miljø og Ressourcer, 2018".
- /3/ "Miljøstyrelsens vejledning nr. 13, 1998".
- /4/ Justeret/opdateret kortlægning for Københavns Lufthavn, modtaget fra Region Hovedstaten på mail 29. november 2018.
- /5/ Intern redegørelse "Skum i historisk perspektiv", Brand og Redning 2010.
- /6/ "Miljøgodkendelse for Brandstation Vest Københavns Lufthavn", af 15. september 2000, Københavns Amt
- /7/ Tilsynsrapport Brandstation Vest Tårnby Kommune, 2017.
- /8/ "Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord og kvalitetskriterier for drikkevand".
- /9/ Rapport fremsendt til Tårnby Kommune, mail af 16. juli 2015
- /10/ Statusnotat fremsendt til Tårnby Kommune, mail af 15. januar 2018.

10 Bilag

Bilag 1. Boreprofiler og karakteristik af jordprøver

Bilag 1.1. Boreprofiler hotspot

Bilag 1.2. Boreprofiler dobbelte monitoringsboringer

Bilag 1.3. Karakteristik af jordprøver

Bilag 2. Analyserapporter og potentialekort

Bilag 2.1. Kulbrinteanalyser

Bilag 2.2. Jordprøver

Bilag 2.3. Vandprøver

Bilag 2.4 Potentialekort

Bilag 3. Kildestyrkeberegninger

Bilag 3.1. Kildestyrkeberegning jord

Bilag 3.2. Kildestyrkeberegning vand

Bilag og rapport er vedlagt medfølgende cd.