



AALBORG UNIVERSITET

GEOGRAFISK ANALYSE AF VANDINDVINDINGSOMRÅDE

GIS-BASERET KONCEPT FOR VURDERING AF MULIGHEDER OG
TRUSLER FOR NUVÆRENDE OG FREMTIDIG VANDFORSYNING

Anders Petz Christiansen



Afgangsprojekt 10. semester, kandidat i geografi 7/10/2022

Institut for byggeri, by og miljø, Aalborg universitet

Forsidebilledet er af en drikkevandsboring ved Bagterp kildeplads, lokaliseret tæt ved Bagterp vandværk. Dette er drikkevandsboringen med boringsnummer (DGUnr): 5.1763, som også er boringens unikke identifikationsnummer der bruges i forbindelse med analyser, prøver osv. Boringen kan også findes på Danmarks nationale boringsdatabase (Jupiter) som De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) står for.

Bagerst til venstre på billedet ses strømforsyning og automatsikringer, til højre for denne sidder de to styringsbokse. Styringsboksen er forbundet med pumpen som sidder nede i boringen, toppen af boringsrøret ses til venstre på billedet. På røret er der monteret en taphane som bruges til prøvetagninger, hvorefter vandet bliver analyseres for en række naturlige og miljøfremmede stoffer. Mellem boringen som er røret til venstre og vandforsyningsledningen til Bagterp vandværk til højre, sidder en vandmåler som blandt andet måler vandindvindingsmængden.

Billedet er ejet fotografi.



AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

10. semester v/ Institut for
Byggeri, By og Miljø,
Aalborg Universitet
Geografi MSc
Thomas Manns Vej 23
9220 Aalborg Øst

Abstract:

Titel:

- Geografisk analyse af vandindvindingsområde - GIS-baseret koncept for vurdering af muligheder og trusler for nuværende og fremtidig vandforsyning

Projektperiode:

- September 2021 - Oktober 2022

ECTS:

- 60

Deltagere:

- Anders Petz Christiansen

Vejleder:

- Diana Stephansen
- Per Møldrup

Oplag: [] stk.

Antal sider: [] sider

Appendiks: []

Bilag: []

The purpose of this project is to develop a mapping concept that can be used by people with basic knowledge of GIS to provide a visual overview of a water source site for water extraction. The tool is used to evaluate the vulnerability of environmentally harmful substances that are present at the water source site, through a time-related development of the environmentally harmful substances. For this, some physical factors are used such as groundwater flows, geology, and land use, as well as time-related factors such as measured concentrations of harmful substances and water extraction volumes.

In this project Bagterp water source is used as a case. It is investigated how the water source site can be sustained today and in the future. The mapping shows that the groundwater generally flows from north to south, and that the water extraction is carried out from a continuous groundwater reservoir. The groundwater that is extracted is formed under the town of Hjørring, where most of the pollution in the wells also originates from.

The mapping shows that the water extraction strategy should be changed for Bagterp water source to sustain it. As there is a connection between the spreading and the extraction. A remedial pumping should be carried out at the water wells in the north, which contain high concentrations, to avoid high concentrations also occurring in the southern wells. Otherwise, the contamination plume of the pesticide DMS will move towards the southern wells.

Rapportens indhold er frit tilgængeligt, men offentliggørelse (med kildeangivelse) må kun ske efter aftale med forfatteren.

Forord

Dette speciale er udarbejdet af en geografistuderende på 9. og 10. semester kandidatuddannelsen på Aalborg Universitet i perioden september 2021 til oktober 2022. Projektets omfang er 60 ECTS.

Formålet med denne rapport er at opsætte et værktøj, som kan bruges af personer indenfor vandforsyningen, med lidt kendskab til geografiske informationssystemer (GIS), til at danne et overblik over deres vandindvindingsstrategi, så de bedre kan korrigere vandindvindingsstrategien efter den intention, som er ønsket. Værktøjet skal hjælpe med en bedre planlægning af vandindvinding, der er baseret på udviklingen over tid og sted, samt nogle fysiske gældende faktorer.

Projektet tager udgangspunkt i Bagterp kildeplads ved Hjørring som står over for flere forskellige udfordringer i dag, men også tidligere har haft udfordringer ved Bagterp kildeplads.

Vil gerne sige en tak til professor Per Møldrup og lektor Diana Stephansen for vejledning og sparring igennem projektførløbet. Samtidig skal der lyde en tak til Hjørring vandselskab for rundvisning, indsigt i driften og data omkring Bagterp kildeplads og vandværk.

Alle kortene og geologiske profiler i dette projekt er udarbejdet i ArcMap og ArcGIS Pro.

Rettigheder til data og kort tilhører følgende:

Topografiske baggrund © SDFE, Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS | Esri, Geodatastyrelsen, Intermap, NASA, NGA, USGS

Topografisk kort © SDFE

Ortofoto © SDFE | © Hexagon

DHM © SDFE

Markblokke © LBST

Satellitbillede © Maxar, Microsoft

Indhold

Forord	4
1. Indledning	7
1.1. Vandboringernes tilstand i forhold til pesticider	7
1.2. Håndteringen af pesticide udforingen	7
1.3. Afgrænsning for projektet og projektopbygning	8
2. Kortlægningskoncept - Trusler mod en vandressource - vigtige faktorer	10
2.1. Hydrologi og grundvandsstrømning	11
2.2. Geologi	16
2.3. Arealanvendelse	17
2.4. Kemikalier og forurening	18
2.5. Vandindvinding	18
2.6. Usikkerheder i kortlægningen	19
3. Case Bagterp kildeplads	21
3.1. Udvælgelse af borer	25
4. Anvendelse af kortlægningskoncept ved Bagterp kildeplads	28
4.1 Hydrologi og grundvandsstrømning	28
4.1.1. Potentialekort	30
4.2 Geologi	33
4.3 Arealanvendelse og forureningsområder	40
4.3.1. Historisk udvikling af arealanvendelsen	40
4.3.2. Kendte forureningskilder	41
4.4. Vandindvinding	44
4.5. Kemikalier og forurening	46
4.5.1. Pesticider	46
4.5.1.1. Pesticider og deres følgevirkninger	47
4.5.1.2 Pesticider i grundvandet	47
4.5.1.3. Regulering af pesticider og lovgivning i Danmark	48
4.5.1.4. Pesticider ved Bagterp kildeplads	49
5. Samlede kortlægning af Bagterp kildeplads	54
5.1. Fysiske forhold	54
5.2. Tidsserie over pesticider	56
5.2.1. Tidsserie over MTBE og vandindvinding	56
5.2.3. Tidsserie over BAM og vandindvinding	57

5.2.4. Tidsserie over DMS og vandindvinding	59
5.2.2. Tidsserie over DEIA og vandindvinding	61
5.3. Fremskrivning mod år 2030	62
6. Diskussion	65
7. Konklusion	67
Referencer	68
Bilag	74
Tabel A	74
Tabel B	75
Tabel C	79
Tabel D	80
Tabel E	81
Tabel F	82
Tabel G	83
Tabel H	84
Tabel I	85
Graf A	86
Kort A	86
Tabel J	87
Tabel K	88
Tabel L	91
Kort B	92

1. Indledning

I Danmark bliver tæt på 100 % af alt drikkevandet indvundet fra grundvandet, og ofte bliver der kun udført simpel eller ingen vandbehandling, inden det sendes ud til forbrugerne (Miljøstyrelsen, u.å.a; Miljøstyrelsen, u.å.b) Omkring 98 % af den danske befolkning er afhængig af, at få deres drikkevand fra et af de cirka 2700 almene vandforsyningsanlæg her i landet, hvoraf cirka 200 af disse er større vandforsyningsanlæg (Duer, 2020). Herved opstår der en problematik, når uønskede stoffer såsom pesticider og pesticidrester bliver fundet i grundvandet. Disse stoffer kan både være naturligt forekommende i jordlagene eller være menneskeskabte. Menneskeskabte forureninger, kan være pesticider, næringssalte mm. (Miljøstyrelsen, u.å.c).

1.1. Vandboringernes tilstand i forhold til pesticider

Antallet af vandværksboringer med fund af pesticider har været stigende i de seneste par år, hvor der i årrækken 2010-2017 er blevet fundet pesticider i ca. 23-30 % af alle de indberettet målinger af vandværksboringerne. Særligt herefter har der været en stigning i fund og særligt fra 2018 mod 2020 er der blevet fundet flere pesticider år efter år, i 2020 lå dette tal på 51,8 % (Danske Regioner, 2021). I dag bliver der fundet pesticider eller deres nedbrydningsprodukter i mere end hver anden vandværksboring i Danmark, og mere end hver niende boring overskrider den tilladte grænseværdi på 0,1 µg/L. Hvor det mest problematiske stof som bliver fundet i flest vandværksboringerne, og som også overskrider grænseværdien i flest tilfælde er N,N-Dimethylsulfamid (DMS) (Johnsen A. R., 2022; Johnsen A. R., u.å.a).

Indsatsen blev startet i 1986 ved, at der i Folketinget blev vedtaget en pesticidhandleplan, så grundvandet kunne overvåges bedre. I 1990 blev de første data præsenteret, hvilket viste at der var pesticider eller nedbrydningsprodukter i 7 % af de undersøgte boringer (GEUS, u.å.b). I den forbindelse satte man gang i flere overvågningsprogrammer, som Det danske Varslingssystem for udvaskning af pesticider i grundvandet (VAP) og Den landsdækkende grundvandsovervågning (GRUMO). GRUMO undersøger og overvåger kvaliteten af grundvandet via mere end 1000 overvågningsboringer (GRUMO-boringer) placeret jævnt fordelt i hele landet. VAP undersøger hvert år risikoen for udvaskning af udvalgte pesticider og nedbrydningsprodukter fra 5 forsøgsmarker, som repræsenterer de mest udbredte jordbunds- og klimaforhold i Danmark (Brodam, 2021; GEUS, u.å.c; Badawi, u.d.).

I årene har der indgået et varieret antal stoffer i analyseprogrammet, idet nye pesticider samt nedbrydningsprodukter er medtaget i programmet (Thorling, et al., 2021). I perioden 2017-2019 blev der tilføjet 11 pesticider til listen over pesticider og nedbrydningsprodukter, som drikkevandet skal kontrolleres for (Duer, 2020). I 2019-2020 udførte man den første og hidtil største og mest omfattende massescreening i Danmark. Her blev der screenet for i alt 415 pesticider og pesticidrester i 263 boringer fordelt over hele landet (Miljøministeriet, 2020b; Thorling, et al., 2021). I 2021 tilføjes yderligere 6 stoffer til listen over pesticider og pesticidrester som vandværkerne skal kontrollere drikkevandet for (Miljøstyrelsen, 2021a). I løbet af de seneste 20 år er pesticidlisten vokset til at indeholde 16 Obligatoriske pesticider og nedbrydningsprodukter (Aktivstof), 29 relevante nedbrydningsprodukter samt 12 ikke relevante nedbrydningsprodukter som drikkevandet skal testes for (Drikkevandsbekendtgørelsen, 2021).

1.2. Håndteringen af pesticide udforingen

Idet flere pesticider tilføjes til listen bliver det gradvis svære og mere udfordrende for vandforsyningerne at finde "rent" drikkevand. Fund af miljøfremmede stoffer er skyld i at vandværksboringer hvert år bliver taget ud af drift eller helt sløjfet (Miljøstyrelsen, 2018). En sløjfning er sidste trin for en boring, og dette skyldes i nogle tilfælde at koncentrationen af et miljøfremmede stof er for høj. Hvis koncentrationen ikke er for høj,

opblandes vandet oftest fra den belastede boring med rent vand fra andre boringer, så koncentrationen fortyndes til under grænseværdien (Kokkegård, 2018).

På landsplan foretager vandværkerne, alt efter størrelse, nogle kortsigtede tiltag når miljøfremmede stoffer indtræffer i deres boringer, hvor nogle af de værktøjer vandværkerne bruger er:

1. At tage den eller de problematiske boringer, hvor det miljøfremmede stof indtræffer ud af drift, men fortætter med at oppumpe vand fra den eller de udtagne boringer, så de fungerer som afværgepumpning for resten af boringerne, hvis det er muligt.
2. At lave en fortynding af vandet, ved at opblende det forurenede vand med rent eller renere vand fra de andre boringer for at leve op til drikkevandskvalitetskriterierne. Denne er for at sikre forsyningssikkerheden af vand, hvis det ikke er en mulighed at udtage den eller de problematiske boringer.
3. At fortsætte uændret, dette betragtes som nødforsyning for at sikre forsyningssikkerheden, indtil problemet afhjælpes på den ene eller anden måde.
4. At søge om midlertidig tilladelse til at udføre videregående vandbehandling for at fjerne det eller de problematiske stoffer.

De små vandværker med en enkelt eller ganske få boringer, har ikke særlig mange muligheder for at udtage den problematiske boring af produktionen. De har mulighed for at ændre indvindingsmønsteret så indholdet af det miljøfremmede stof mindskes, hvis kapaciteten er til det. Har vandværket flere boringer kan indvindingen reduceres ved den problematiske boring, men tager højde for eventuel spredning af det miljøfremmede stof. I tilfælde af at vandværket bliver nødt til at fortsætte uændret eller lave en nødforsyning, kan flere tiltag etableres for at afhjælpe situationen så drikkevandskvaliteten overholdes (Elkjær, et al., 2002).

Forsyne forbrugerne med rent vand via tankvogne.

Etablerer midlertidige rørledninger til et andet vandværk.

Forbinde vandværket permanent til et andet vandværk.

Lave videregående vandbehandling for at rense vandet, fx med aktiv kulfilter.

Større vandværker vil have mulighed for, at trække på flere boring, men også sprede indvindingen ud over flere kildepladser, og derved også større indvindingskapacitet, hvis det er tilgængeligt. Herved har vandværket også større fleksibilitet til at ændre vandindvindingen, da det er sjældent at alle boringerne indenfor en kildeplads er alvorligt ramt men også mellem kildepladserne (Elkjær, et al., 2002).

1.3. Afgrænsning for projektet og projektopbygning

Et vandværk som er specielt udfordret, er Bagterp Vandværk der leverer vand til borgerne i Hjørring kommune. Flere af boringerne ved Bagterp Kildeplads har så høj en koncentration af pesticider og pesticidrester at de overskrider den tilladte grænseværdi. Dette medfører at boringer bliver taget ud af drift og i værste tilfælde helt sløjfet (Hjørring Vandselskab, u.å.; Jürgensen, 2022). Dette leder hen til følgende problemformulering.

Hvordan kan Bagterp vandværk opretholde Bagterp kildeplads i dag og i fremtiden, i takt med at der bliver fundet flere pesticider i flere af boringerne?

Til at besvare dette, er opbygningen af rapporten som følger: først præsenteres et kortlægningskoncept, som kan bruges til at dannes et visuelt overblik over kildepladsen. Her introduceres nogle fysiske- og tidlige faktorer som bruges i kortlægningskonceptet, og hvordan de konstrueres. Efterfølgende

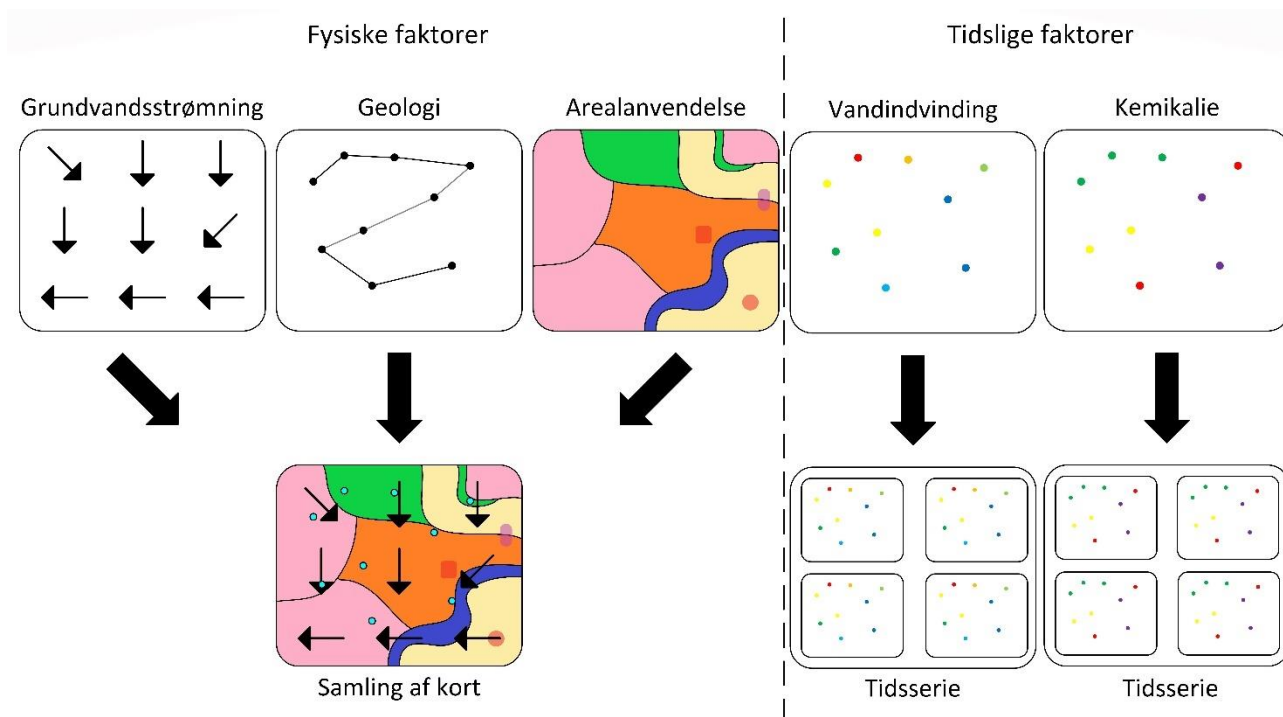
præsenteres casen Bagterp kildeplads, som giver indsigt i udfordringerne kildepladsen står overfor. Casen vil derefter blive anvendt med kortlægningskonceptet, hvor faktorerne vil blive foldet ud i forhold til baggrundsviden, og hvordan situationen er ved Bagterp kildeplads og har været for udvalgte pesticider. Kortlægningsresultaterne fra Bagterp kildeplads bliver herefter samlet i forhold til kortlægningskonceptet, hvor det præsenteres samt kildepladsens tilstand og udvikling analyseres. Udviklingen af de udvalgte pesticider bruges til en fremskrivning mod 2030, hvordan tilstanden højt sandsynligt vil være, baseret på den hidtidige og nuværende drifts. Herefter er der en diskussion af hele problematikken ved Bagterp kildeplads, hvorefter der konkluderes på, hvordan kildepladsen kan opretholdes.



2. Kortlægningskoncept - Trusler mod en vandressource - vigtige faktorer

Formålet med projektet er at lave et visuelt koncept, hvor GIS bliver brugt som værktøj til at vurdere trusler mod en vandressource. Dette gøres ved at kortlægge forskellige parametre som har betydning for om et miljøfremmede stof dukker op i en drikkevandsboring ved en kildeplads. Idet en kildeplads består af flere boringer, bliver hver enkelt boring brugt til at vurdere kildepladsens samlede sårbarhed mod forskellige trusler af miljøfremmede stoffer. Her skal den sammenlagte kortlægning give et billede af de fysiske parametre som har betydning for grundvandet omkring boringerne. Dette bliver sammenholdt med analyseresultater for et kemikalie samt indvindingsmønstre i samme tidsperiode. Det skal hjælpe med at give en vurdering af kildepladsens tilstand og dens fremtidige mulighed baseret på den historiske udvikling, som har været registreret på kildepladsens boringer, og de fysiske faktorer som har indflydelse på grundvandet. Værktøjet bruges også til at visualisere om den hidtidige måde, at håndtere de miljøfremmede stoffer har været hensigtsmæssigt, for at sikre boringerne mod uønsket miljøfremmede stoffer.

Til at generere denne kortlægning, for at kunne vurdere eventuelle trusler mod kildepladsen via en visuel fremstilling, bliver flere forskellige vigtige parametre inddraget. En oversigt over kortlægningskonceptet bliver illustreret på Figur 1, hvor konceptet kan inddeles i to faktorer, de fysiske faktorer bestående af grundvandstrømninger, geologi og arealanvendelse som er vist på den venstre side. På den højre side er de tidlige faktorer bestående af kemikalier og vandindvindingsmængder. De fysiske faktorer har en indvirkning på de betingelser som gør sig gældende for kemikalierne der bliver fundet, dette har vandindvindingsmængder også en stor indflydelse på. De fysiske parametre på Figur 1 bliver sammenlagt til et kort så de fysiske betingelser bedre kan overskues, når de sammenholdes med tidsserien af et kemikalie og indvindingsmængderne. Selvom alle parametrene er afbilledet i en todimensionel størrelse i kortlægning, er de i virkeligheden udfoldet i et tredimensionelt rum. Idet alle parametrene reelt har en længde, bredde og højde med en bestemt placering i rummet. Dette gør det svært at visualisere de sammenlagte parametre i et tredimensionel kort, idet parametrene vil komme til at skygge for hinanden på grund af deres forskellige størrelser og placering i rummet. Ved at parametrene vises i et todimensionel kort, bliver visualiseringen dermed også simplificeret og herved bliver overskueligheden af parametrene også bedre. Dette gør, at afbildningen af parametrenes placering ligger i samme plan, hvilket gør at parametrene lettere kan sammenlægges i et kort.



Figur 1: Oversigt over konceptmodel for visuel kort vurdering

Som det fremgår af kortlægningskonceptet på Figur 1, består kortlægningen af fem hoveddele. Hvor tre er fysiske faktorer bestående af grundvandsstrømningerne der viser retningen for vandets strømninger, dernæst den geologisk del som viser jordlagene sammensætning, herefter en arealanvendelses del som viser arealernes benyttelse. Disse tre kortlægninger bliver sammenlagt til ét kort, hvor lagene lægges ovenpå hinanden, så de danner ét samlet kort, altså et overlay kort. De andre tidslige faktorer i kortlægningen består af to kort, hvor den ene er kemikaliedelen, som viser koncentrationerne for et bestemt kemikalie i et givent år, mens der i vandindvindingsdelen vises den indvundet grundvandsmængde i samme år. Disse to dele bliver sammenholdt i en tidsserie hvor vandmængden og koncentrationen af et kemikalie bliver opstillet side om side for det samme år i en udvalgt årrække. Denne proces gentages for forskellige udvalgte kemikalier.

Den samlede kortlægning består af tre kort. Det sammenlagte kort af grundvandsstrømning, geologi, arealanvendelse skal sammenholdes med de to matchende tidserier af henholdsvis kemikalie og indvindingsmængde, for at kunne belyses om de uønsket kemikalier udgør en trussel mod kildepladen, og om der er en sammenhæng mellem fundene i borerne og indvindingsmønstret.

2.1. Hydrologi og grundvandsstrømning

Den hydrologiske del skal bidrage med at give en visuel fremstilling af strømningsretningen af grundvandet ved kildepladsen. Dette er vigtigt i forhold til de naturlige strømninger som ville være gældende for området, når der ikke indvindes grundvand. Idet kan bruges til at forklare, hvorfor et stof fra område A eventuelt er endt i område B. Dette gøres for at vurdere om forureninger i én boring kan have indvirkning på de resterende borer på en kildeplads, men også hvilken retning forureningen sandsynligvis stammer fra.

Det er vigtigt at have med, at vandstrømningerne ikke følger en lige linje som eventuelt afbilledet på kortet, men reelt strømmer vandet den nemmeste rute med mindst mulige modstand gennem jordlagene. Dette

er en tredimensionel problemstilling, men som bliver kortlagt i et todimensional kort. Til at vise grundvandsvandsstrømninger genereres et kort over det hydrologiske opland. Til at fremstille kortet gennemgås 8 trin, og fremgangsmåde bliver vist i kronologisk rækkefølge nedenfor.

Første trin til at fremstille det hydrologiske opland skal Danmark højdemodel terræn (DHM) bruges. DHM'en hentes fra (Dataforsyningen, u.d.) i felter 10km x 10km størrelse, hvorefter de skal samles via "Mosaic to new raster" til ét samlet kort, ligesom det illustreres på Figur 2.

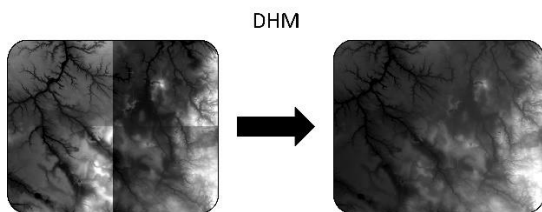
For at gøre beregningstiden mindre senere, klippes "Clip raster" DHM'en efter ønsket område, ligesom det illustreres på Figur 3. For yderligere at mindske beregningstiden samles cellerne fra rasteren "Resample", så størrelsen for hver celle går fra 0,4m x 0,4m til 5m x 5m, det betyder at opløsningen bliver grovere, og derved reducerer beregningstiden. Ved brug af samlingsteknikken "Nearest" minimeres ændringen i elevationsværdien, idet ingen ny værdi tildeles cellen, men de nærmeste celler får den samme værdi som centre cellen ved naboen, ligesom det illustreres på Figur 4.

For at finde vandets strømninger, og hvor vandet samles henne på jordoverfladen, skal DHM'en bearbejdes. Først udjævnes DHM'en via "Fill" som udfylder eventuelle huller i terrænet, dette illustreres på Figur 5. Dette sker ved at cellerne i et hullet eller lavningen tildeles ny elevationsværdi baseret på de omkringliggende cellers højde i terræn, så elevationsværdierne bliver sammenhængende i forhold til afstrømning, som det illustreres på Figur 6. Antallet af huller i DHM'en er afgørende for behandlingstiden, idet værktøjet "Fill" kræver meget computerkapacitet i form af hukommelse, processer og harddisk, derfor er de to forrige step meget vigtige at inddrage i forhold til at nedbringe behandlingstiden.

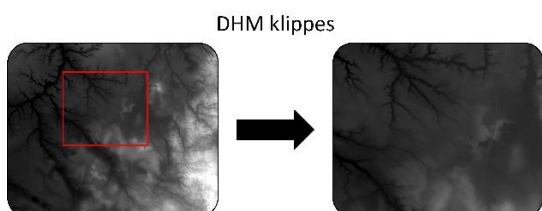
Efter at DHM'en er udjævnet, beregnes strømningsretningen ud fra hældningen på hver celle via "Flow direction". Ved brug af "D8" metoden kigges på hver celled elevationsværdi sammenlignet med nabocellen i forhold til faldets retning, hvor retningen bliver bestemt ud fra den stejleste hældning fra nabocellerne, som det illustreres på Figur 7. Cellernes tildelte værdi svarer til en af de 8 retninger i forhold til nabocellerne, disse værdiers retning vises på Figur 8.

Til at finde, hvor alle vandstrømningerne samles henne, bruges "Flow accumulation" til at genere akkumuleringsstederne. Her tildeles cellerne en værdi som svarer til antallet af alle de højere liggende strømningsceller som strømmer ind i den pågældende lavere liggende celle, som illustreres på Figur 9. De celler med høje værdier danner en form for afstrømningslinjer, som viser hvor vandet akkumuleres, ligesom det illustreres på Figur 10.

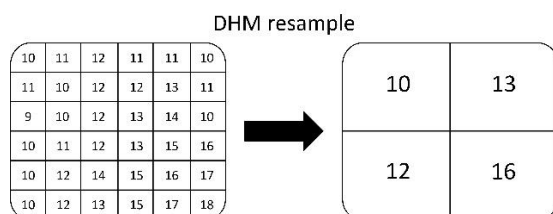
Til at finde arealet som strømmer mod disse akkumuleringslinjer, oprettes et punkt på linjen som skal bruges i "Watershed". Værktøjet bruges til at afdække oplandet som strømmer til punktet ved hjælp af strømningsretningerne, som det illustreres på Figur 11. Resultatet er en polygon raster format, og det konverteres til shape format via "Raster to polygon", derved bliver afgrænsningskanten udglattet som det vises på Figur 12.



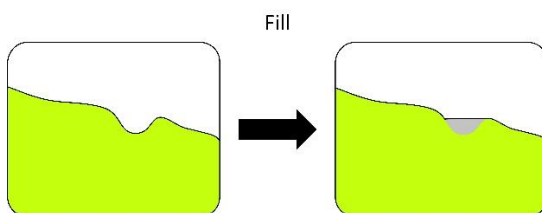
Figur 2: Flere DHM felter samles til et samlet DHM kort



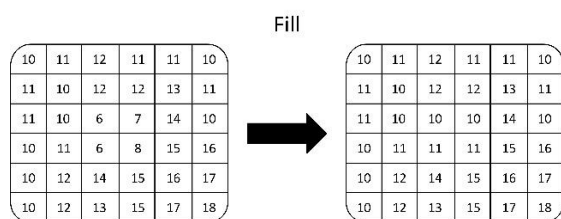
Figur 3: Det samlede DHM kort som klippes efter en polygon der repræsenterer det ønskede område



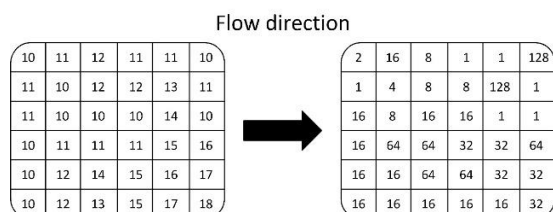
Figur 4: Antallet af celler som reduceres, ved at de omkringliggende celler får samme værdi som den midterste celle



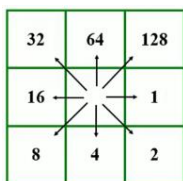
Figur 5: Udfyldning af huller i kortet, så der altid vil være en hældning i terrænet.



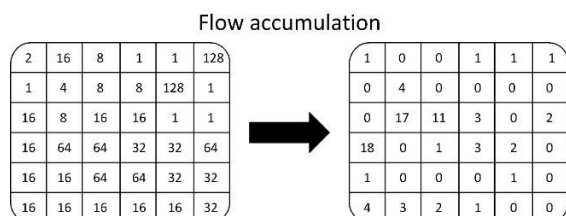
Figur 6: I hullerne får cellerne tildelt en ny værdi som svare til den laveste omkringliggende celled værdi, så værdierne hæves.



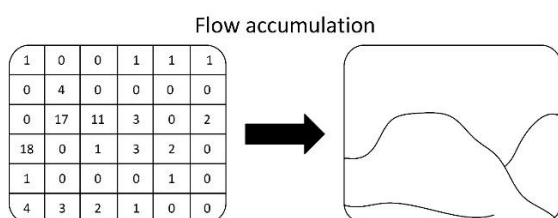
Figur 7: Hvordan cellerne for tildelt en værdi ud for retningen som hældningen har mellem cellerne.



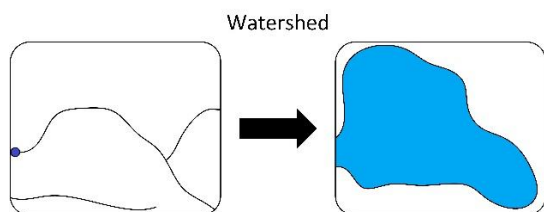
Figur 8: Hvilken retning som værdien repræsenter.



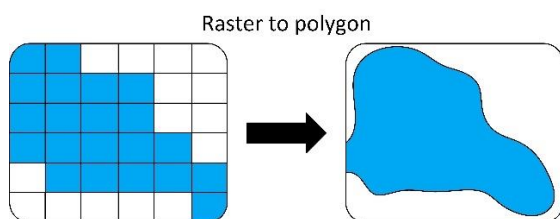
Figur 9: Ud fra retningen sammenlægges cellerne som flyder hen mod samme felt, så tallet repræsenterer antallet af celler som er akkumuleret i samme celle.



Figur 10: Ved at zoome ud på akkumuleringsværdierne, dannes en form afstrømningslinjer, idet deres værdier er højere end de omgivende celler



Figur 11: Ved at sætte et punkt på afstrømningslinjen, kan alle de tilstrømmende celler findes til det punkt.

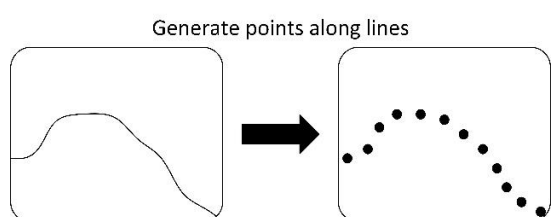


Figur 12: De fundne celler i raster format konverteres til en figur i shape format, så kanterne bliver glattet mere ud.

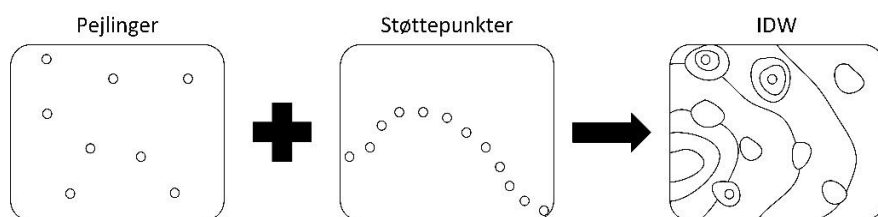
Selvom grundvandsstrømningerne tilnærmelsesvis følger vandstrømningerne fra terrænet, så bliver grundvandsstrømningerne påvirket af indvindingerne fra drikkevandsboringer, især når der indvindes betydelige mængder ved hver enkelt boring. Til at genere et kort over grundvandsstanden gennemgås de 5 trin, for at finde vandindvindingernes påvirkning på strømningerne. Til det bruges boringslokationerne fra (GEUS Jupiter databasen, u.d.), og pejlinger under indvinding tilføjes til "attribute table" ved

boringspunkterne, som er givet af Hjørring Vandselskab. Først bruges også støttepunkter i form af vandløbslinjer der er hentet fra (Statens IT, u.d.) disse linjer konverteres til punkter via "Generate points along lines" med en afstand på 100m, som vist på Figur 13. Herefter vælges kun vandløbspunkterne som ligger inden for den hentede DHM, idet DHM'en bruges til at tildele hvert vandløbspunkt en højdeværdi via "Extract Values to Points". Efterfølgende laves en gridning på pejlingerne og støttepunkterne fra vandløbet via "IDW", som det illustreres på Figur 14.

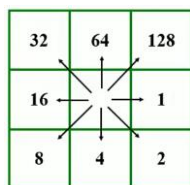
Til at vise strømningsretningerne med pile konverteres hver celle i rasteren (flow direction) til punkter via "raster to points", hvorefter antallet af punkter reduceres via "Resample" for at punkterne ikke kommer til at ligge for tæt. Derefter bliver punkterne under "Symbology" ændret fra runde cirkler til pile. Hvert punkts værdi repræsenterer en retning som vist på Figur 15, og her tildeles disse værdier en vinkel så pilen peger i den rigtige retning, som er vist på Figur 16.



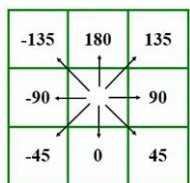
Figur 13: Linjen splittes op til punkter, efter en ønsket afstandslængde mellem hvert punkt.



Figur 14: Af pejlinger og støttepunkter laves en gridning, hvorefter et højdekort over grundvandsstanden beregnes.



Figur 15: Værdierne som strømningsretningerne repræsenterer.



Figur 16: Vinklen som svarer til strømningsretningernes værdier.

2.2. Geologi

Den geologiske del skal give et indblik i den geologiske sammensætning som eksisterer ved kildepladsen. Sammensætningen er altafgørende for, hvordan grundvandet strømmer i undergrunden, men har også stor betydning for placeringen af filterindtagene ved hver boring på kildepladsen. Dette er med til at fortælle om grundvandsmagasinet er forbundet i et sammenhængende geologisk lag og dermed indvinder grundvand fra et sammenhængende grundvandsmagasin. Dertil kan den geologiske sammensætning også bruges til at vurdere om borerne har en naturlig god beskyttelse i form af et tykt lerlag eller om de har en ringe beskyttelse i form af et tyndt lerlag.

Den geologiske sammensætning er en kompleks størrelse og kan variere meget i den tredimensionelle virkelighed, hvor et todimensionelt tværsnit i jorden giver det mest overskuelige overblik over sammensætningen.

Til at fremstille den geologiske profiler, hentes en tilføjelse til ArcMap som hedder Xacto Cross Section fra (Illinois State Geological Survey, u.d.). Til fremstillingen af den geologiske profil er forskellige data nødvendige, et af disse er boringslokationerne i form af boringspunkter. I boringspunktens "attribute table" skal den indeholde DGU-nr. og boringsdybde som hentes fra (Jupiter national boringsdatabase, u.d.) og derefter tilføjes, i dette tilfælde laves det som en tabel og kan ses på Tabel A i Bilag

. Herudover skal der bruges tværsnitlinjer over de steder den geologiske profil skal laves, hvilket er linjer som generes mellem borerne der har geologiske data tilknyttet.

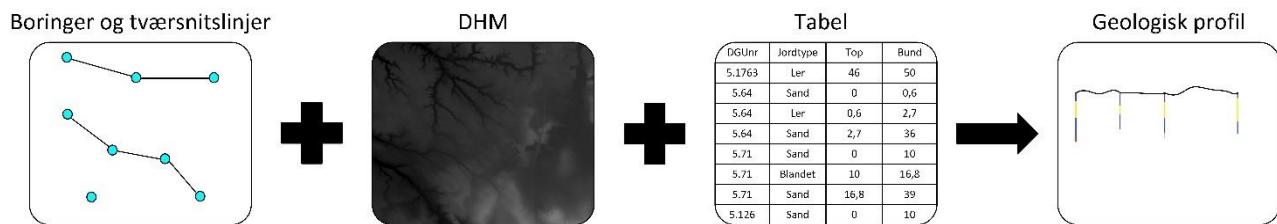
Yderligere skal den samlede DHM fra området bruges, samt en tabel som indeholder DGU-nr., de forskellige geologiske lag, og niveauhøjden af toppen og bunden af forskellige geologiske lag målt fra terrænoverfladen som findes på (Jupiter national boringsdatabase, u.d.), og tabellens opbygning kan ses på Tabel B i Bilag.

Det er vigtigt at tabellen er i formatet dbf, og her kan Microsoft Access bruges til at konvertere de almindelige formater csv og xlsx til dbf. Inde i Xacto Cross Section værktøjet vælges en vertikal overdrivelses faktor på 10, for at det er muligt at skelne mellem de forskellige jordlag, idet tværsnitlinjen kan være 2 km lang men borerne er kun 50 m dyb ved denne kildeplads. Alle de forskellige data input som bruges til at fremstille den geologiske profil, som det illustreres på Figur 17.

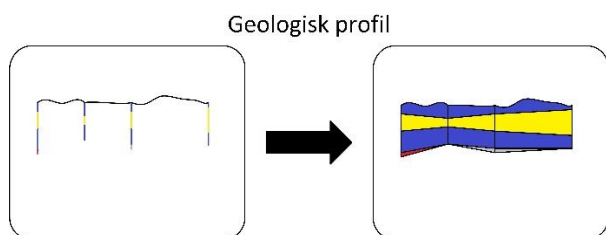
Resultatet fra Xacto Cross Section værktøjet, skal efterfølgende grafisk redigeres ved at de forskellige geologiske lag forbindes, så sand bliver forbundet med sand fra hver af borerne. For at give felterne farve efter de er blevet lukket/forbundet af linjer bruges "Feature to polygon", hvorefter polygoner af samme jordtype flettes sammen "Merge", så der kun er en polygon for hver jordtype. Dette illustreres på Figur 18.

Til at placere filterindtagenes geologiske profil, bruges samme fremgangsmåde som før, men tabellen i dbf format bruges filtertoppens og filterbundens højde fra terræn, i stedet for de geologiske lag, hvilket kan ses på Tabel C i Bilag.

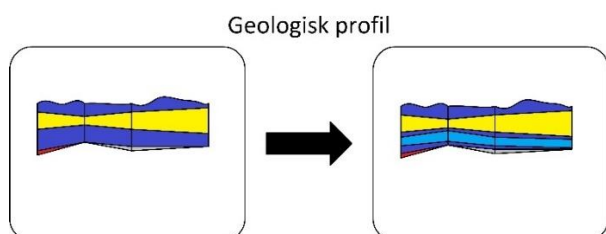
Resultatet skal også grafisk redigeres, og når det er gjort, lægges filterindtag polygonen oven på den geologiske profil, hvor filterindtaget bliver gjort 50% transparent. Dette er også illustreret på Figur 19.



Figur 17: Inputtene fra boringer, tværsnitslinjerne, DHM'en og tabellen giver grundlaget for dannelsen af det geologiske profil



Figur 18: Det geologiske profil foretages en grafisk redigering, hvorefter en fyldig version af det geologisk profil laves.



Figur 19: Det geologiske profil med filterindtaget lagt ovenpå eksisterende profil

2.3. Arealanvendelse

Den kortlagte arealanvendelse skal give et kendskab til tidligere og nuværende anvendelse, idet forskellige arealanvendelser ofte hænger sammen med bestemte typer af forurening. Derved er det med til at gøre det nemmere at indikere hvilke arealer som sandsynligvis kan have eller har haft indflydelse på de miljøfremmede stoffer der findes i grundvandet i dag.

Til at fremstille arealanvendelseskortet for 2020, hentes de kortlagte arealanvendelsespolygoner fra (Statens IT, u.d.), hvorefter kortet klippes til efter DHM'en størrelse via "Clip". For at vise de forskellige arealanvendelser, oprettes et nyt felt i "Attribute table" som bruges til at give arealerne et navn. Alle arealerne har et nummer, kaldet grid_code i tabellen som passer til arealanvendelsen, navnet skrives ind i det nyoprettede felt, disse numre som passer til navnene, kan ses på Tabel D i Bilag. Idet arealanvendelsen er blevet kortlagt i 2016, bliver alle polygonerne efterfølgende kontrolleret og tilrettet efter et ortofoto fra 2020, som det illustreres på Figur 20.



Figur 20: Kontrollen af arealanvendelsen og ændringen af arealanvendelsen så den tilpasses ortofotoet

Til at fremstille et arealanvendelseskort fra 1999, bruges de allerede hentede arealanvendelsespolygoner som base, mens et landbrugsareal tema, markblokke 2005, hentes fra (LBST, u.d.). Herefter bliver alle polygonerne kontrolleret og tilrettet efter et ortofoto fra 1999, så polygonerne passer til anvendelsen i 1999.

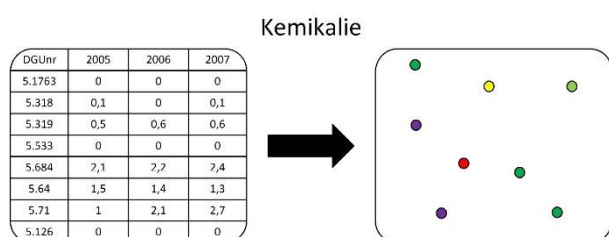
Til at fremstille forureningspolygonerne bruges de kortlagte og allerede dokumenterede V1 og V2 kortlægninger, V1 områder og v2 områder hentes fra (Danmarks Miljøportal, u.d.). Herefter gennemgås alle relevante V2 jordforureningsattesterne indenfor området, idet der er dokumenteret en forurening på arealerne. Den dokumenterede forurening bliver noteret sammen med lokalitetsnummer i en csv eller xlsx fil, som kan tilføjes til "Attribute table" for de hentede data. Herefter er det muligt at sammenligne de miljøfremmede stoffer som er fundet i drikkevandet og dem som er dokumentet på arealerne.

2.4. Kemikalier og forurening

Ved at udvælge nogle kemikalier giver det et bedre overblik over, hvilke boringer der har problemer med det miljøfremmede stof, men også i hvilken grad. Samtidig skal det også kunne bruges til at vurdere om det stof er et tiltagende, stagnerende eller aftagende problem i boringen. Hvor kemikalierne har transporteret sig gennem jordlagene og spredt sig over et rummeligt areal, men målt og opdaget ved boringspunktet.

Til at fremstille de kort bruges boringslokationerne og analysemålingerne af koncentrationerne for de udvalgte kemikalier. Til dette kopieres koncentrationsmålingerne fra Jupiter (Jupiter national boringsdatabase, u.d.) for de valgte stoffer, og sættes ind i en csv eller xlsx fil for alle årene og for hver boring som bliver noteret med DGU-nr., og de fremstillede tabeller Tabel E, Tabel F, Tabel G og Tabel H ligger i Bilag.

Herefter tilføjes csv eller xlsx filen til boringspunkternes "Attribute table", og her er det meget vigtigt at tallene oprettes som tal og ikke tekst i boringspunkternes "Attribute table", for at det er muligt at vise de målte koncentrationerne under "Symbology". Fremgangen er illustreret på Figur 21. Herefter kan en række kort fra forskellige år genereres.



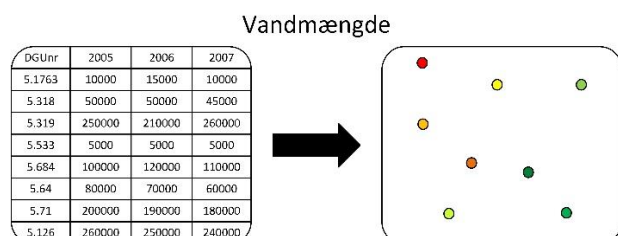
Figur 21: Tabellen over kemikalie koncentrationerne bruges til at generere et kort for et givent år

2.5. Vandindvinding

Den indvundet vandmængde skal give et indblik i eventuelle indvindingsmønstre mellem boringerne. Idet store differencer mellem boringer kan påvirke strømningsmønstrene mellem boringerne, og derved belyse om dette er tilfældet. Selvom vandet har en rummelig størrelse og udbredelse i jordlagene, skal boringspunkterne betragtes som en form for sugerør som har fjernet en vandmængde over et tidsrum.

Til dette bruges boringslokationerne fra GEUS (GEUS Jupiter databasen, u.d.), hvortil de indvundne vandmængder tilføjes via en csv eller xlsx fil, og disse data er tilvejebragt fra Hjørring vandselskab, og kan ses på Tabel I i Bilag.

Det er meget vigtigt at tallene også her oprettes som tal og ikke tekst i boringspunkternes "Attribute table", for det er muligt at vise de indvundne vandmængder under "Symbology". Hele fremgangsmåden illustreres på Figur 22. Hvorefter kan en række kort fra forskellige år genereres og stilles op side om side.



Figur 22: Tabellen over de indvundne vandmængder bruges til at generere et kort for et givent år

2.6. Usikkerheder i kortlægningen

Kortet med grundvandsstrømninger og opland tager ikke højde for de geologiske forhold, om der er mindre forkastningszoner eller tykke lerlag som har indvirkning på grundvandsstrømningerne. Kortet tager heller ikke højde for vandindvindings påvirkning på grundvandsspejlet, idet vandindvindingen skaber sænkningstragte omkring borerne, som er med til at øge oplandet grundvandet indvindes fra. Kortet tager heller ikke højde for vandbalancen, som er med til at give grundvandsdannende opland, der samler hele arealet vandet indvindes fra.

Potentialekort baseret på pejlinger er indbefattet generelt med flere usikkerhedsparametre, idet pejlingerne kan være foretaget på forskellige tidspunkter. De kan være lavet på gennemsnittet af pejlingerne, hvor der er stor variation i antallet af pejlinger som er foretaget. Pejlingerne kan også være foretaget på forskellige årstider, hvilket giver større variationer af grundvandsspejlet. Pejlinger foretaget under indvinding, kan variere alt efter årstid men også efter udnyttelsen af indvindingskapaciteten i forhold til vandforbruget.

Det umiddelbart bedste afbildning af grundvandsspejlet, er gennem synkronpejling med mange borer. Dette kan dog være udfordrende da der er placeret mange private borer omkring og ved Bagterp Kildeplads som ville være ideelle at inddrage.

Antallet af borer er vigtigt da flere borer vil give et mere detaljeret billede af grundvandsspejlet. Støttestrukturer er vigtige idet grundvandsspejlets kote kendes ved søer og vandløb, samtidig er det også vigtigt at vide om de er i direkte eller indirekte kontakt med indvindingsmagasinet.

Geologisk kortlægning omfatter nogle større usikkerheder når det er baseret på boreprøver, idet tykkelsen af jordlagene samt hvilken type jordlag som er til stede ved hver boring varierer. Derfor vil det også være et skøn når jordlagene mellem borerne karakteriseres ud fra boreprøverne.

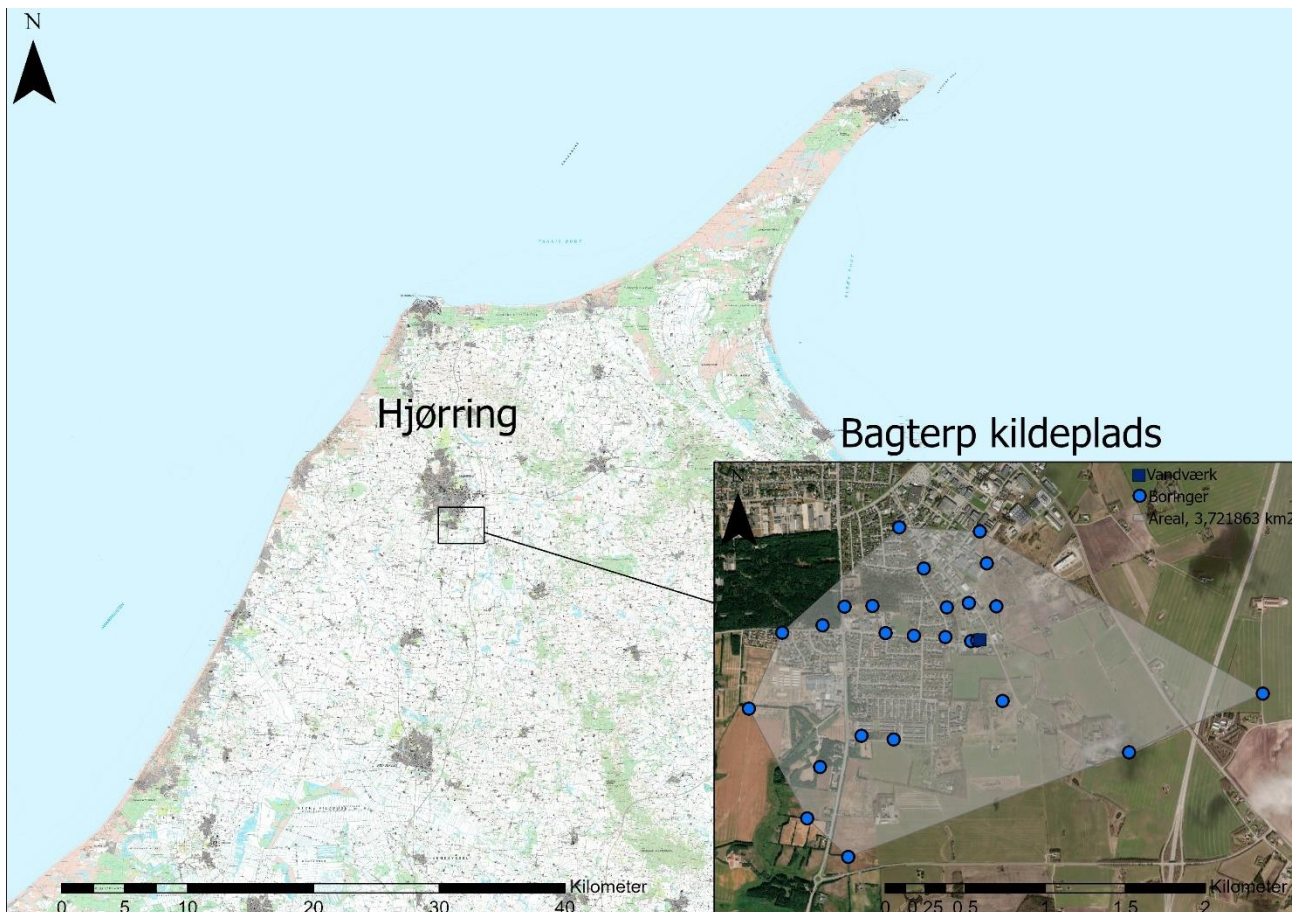
Der er variation i tidsintervallerne i de afbillede tidsserie over analyseresultater der viser koncentrationer af stoffer i borerne, analyserne er ikke nødvendigvis foretaget på samme tidspunkt og den måned de bliver taget, kan svinge fra år til år. Reelt kan der være alt fra 2 måneder til 24 måneder mellem 2 analyser fra et år til det næste.

3. Case Bagterp kildeplads

Bagterp kildeplads er benyttet som casestudie, idet kildepladsen repræsenterer et eksempel på en generel problematik som eksisterer mange andre steder i Danmark, hvor pesticider også bliver fundet i grundvandet der bruges til drikkevand. Bagterp kildeplads vil blive anvendt i kortlægningskonceptet, og danner derfor platformen for dataene som bruges i GIS-værktøjet, men konceptet kan også bruges på andre kildepladser. Her kan værktøjet være overbliksskabende for andre vandforsyninger, så planlægningsstrategien til bevarelse af deres kildeplads kan optimeret.

Bagterp Kildeplads har haft 25 vandforsyningsboringer fordelt over et mindre geografisk område på 3,72 km² i og omkring Hjørring by, som det fremgår af Kort 1. Størstedelen af disse boringer er beliggende i byområde med parcelhuse, men også landbrugsområder og industriområder, som det kan ses på Kort 1, hvor et større satellitbillede kan ses på Kort A i Bilag.

For at give et overblik over den geografiske placering af Bagterp kildeplads i forhold til dens lokation i Danmark, er kildepladsen beliggende i Nordjylland i den sydøstlige del af Hjørring, dette illustreres på Kort 1. Dette oversigtskort giver også en indikation af afstanden mellem de forskellige drikkevandsboringerne på Bagterp kildeplads, samt Bagterp Vandværks placering.

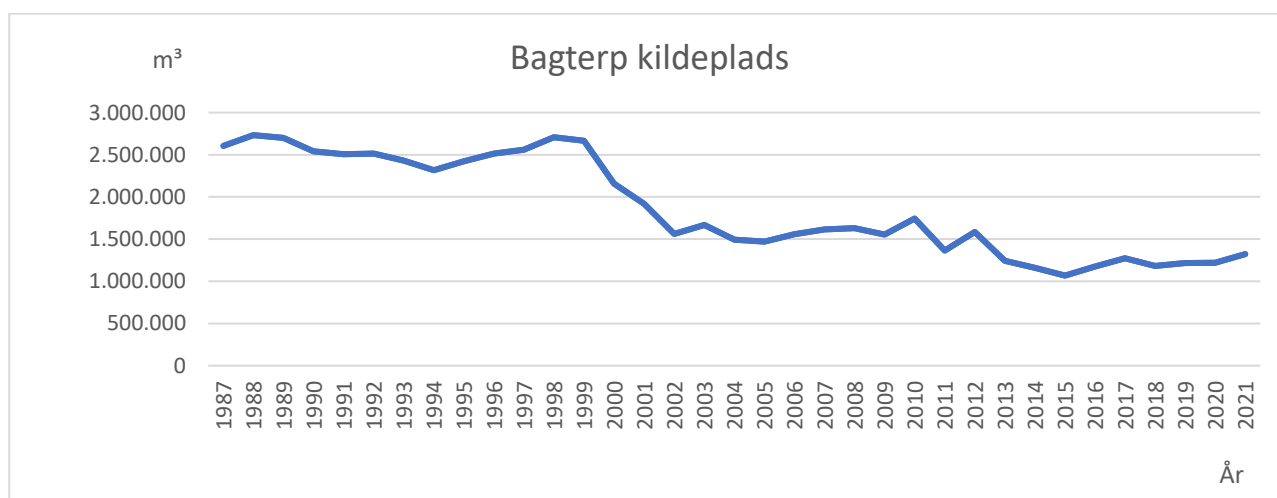


Kort 1: Oversigtskort over placeringen af Bagterp kildeplads i det nordjyske, hvor de runde blå punkter viser placeringen af alle drikkevandsboringerne til Bagterp kildeplads mens den blå firkant viser Bagterp Vandværks placering.

Bagterp kildeplads leverer vand til Bagterp Vandværk som er det største af de fire vandværker i Hjørring Vandselskabs forsyningsområde i Hjørring Kommune. Det næst største vandværk i Hjørring vandselskab indvindende kun 70% af Bagterp Vandværks volumen i 2021, og denne forskel i indvindingsmængde har tidligere været endnu større, for at se hvilke tidspunkter på Graf A i Bilag

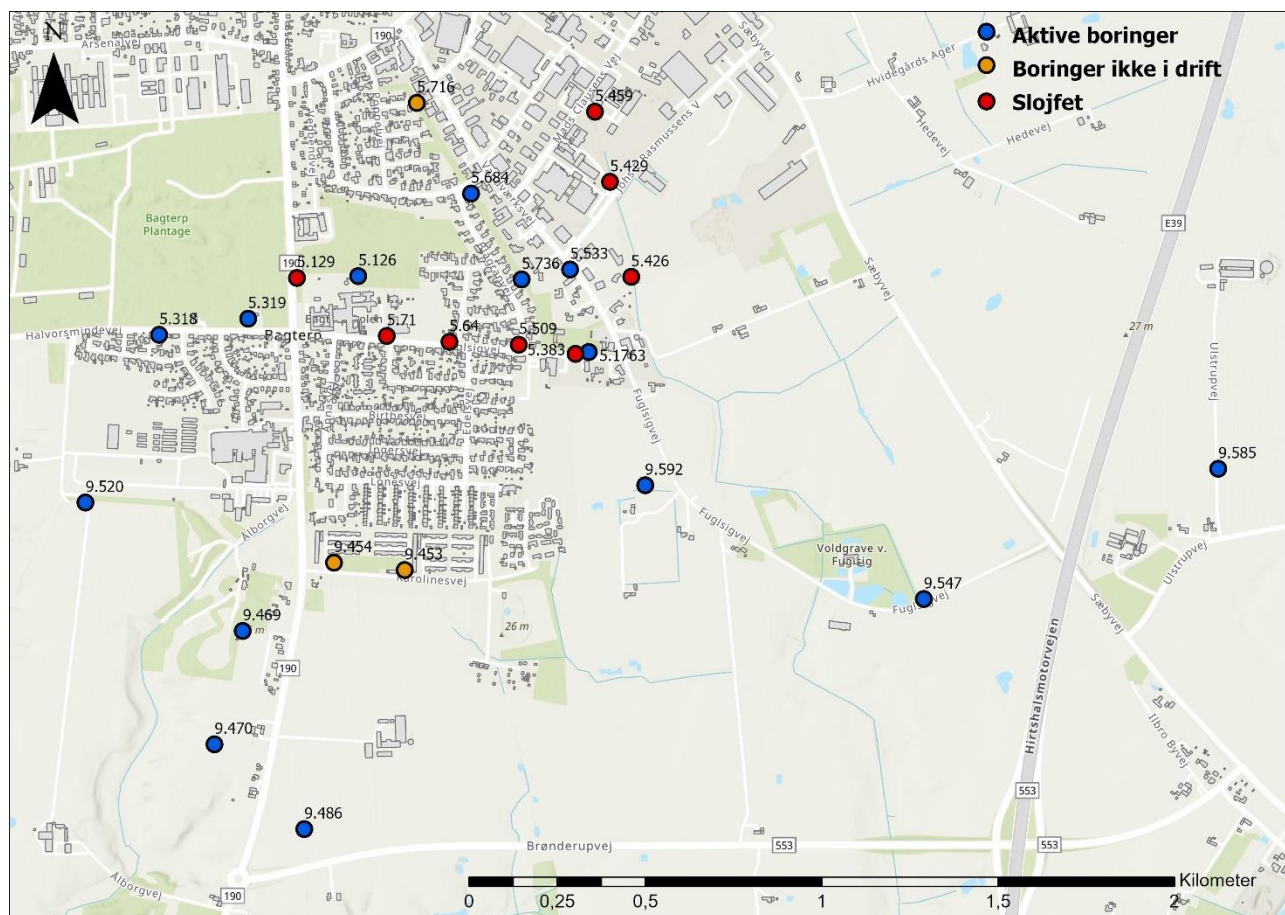
Alt vandet fra Bagterp kildeplads behandles på Bagterp vandværket (Hjørring Vandselskab, u.å.). Alle husstandene i Hjørring by får hovedsageligt deres drikkevand fra Bagterp Vandværk og derved Bagterp kildeplads. Samtidig er det også muligt at distribuere vandet fra kildepladsen via det tilhørende vandværk til resten af Hjørring Vandselskabs forsyningsområde som inkluderer cirka 19.300 husstande. Herved er Bagterp kildeplads vigtig i forhold til Hjørring Vandselskabs forsyningssikkerhed af drikkevand, og specielt hvis der skulle komme problemer ved et af de andre vandværker indenfor forsyningsområdet (Hjørring Vandselskab, u.å.; Jürgensen, 2022; Hjørring Vandselskab, 2022).

Vandindvindingen på Bagterp kildeplads er blevet reduceret gennem årene, og i 2021 blev der indvundet 1.321.940 m³ grundvand fra Bagterp Kildeplads (GEUS, u.å.d). Graf 1 illustrerer indvindingen på Bagterp Vandværk og det er tydeligt at den reduceres markant fra 1999-2002, hvilket er sammenhængende med ibrugtagningen af Bredkær Vandværk i 2000, idet Bredkær Vandværk også kan levere vand til Bagterp Vandværk. Bredkær Vandværk kompensere for noget af den store reduktion, og hvor mængden Bredkær vandværk indvinder kan aflæses på Graf A i Bilag.



Graf 1 Udvikling for vandindvindingen ved Bagterp kildeplads fra 1987-2021.

Kildepladsen har ændret sig inden for de seneste 14 år, hvor 8 af de 25 drikkevandsboringer tilknyttet kildepladsen er blevet sløjfet. Den første drikkevandsboring blev sløjfet i 2008, mens de næste tre blev sløjfet i 2014, én enkelt i 2015 og tre i 2021. Dertil er der yderligere 3 boringer som er taget ud af drift i 2020 og derved har Bagterp kildeplads kun 14 aktive drikkevandsboringer tilbage i dag. Statussen på de enkle drikkevandsboringer illustreres på Kort 2, hvor boringerne kan identificeres ved deres DGU-nr., der står ved hver boring. Alle de sløjfede boringer er beliggende i områder med bebyggelse og i forlængelse af hinanden som det fremgår på Kort 2.



Kort 2: Status på alle drikkevandsboringer tilhørende Bagterp kildeplads, de blå punkter er aktive boringer som bruges, mens de orange punkter er boringer som ikke er drift og derved ikke bruges længere, mens de rød er blevet sløjfet og helt fjernet.

Der er på Bagterp Kildeplads fundet en bred vifte af mange forskellige miljøfremmede stoffer i drikkevandsboringerne, lige fra pesticider, pesticidrester, klorerede opløsningsmidler mm. Nedenfor på Tabel 1 er listet alle de miljøfremmede stoffer der er eller har været fundet i drikkevandsboringerne på Bagterp kildeplads.

Pesticider og nedbrydningsprodukter	Form	Type	Moderstof	Anvendelse
BAM	Metabolit	Herbicid, Fungicid	Dichlobenil, Fluopicolid, (Chlorthiamid)	Byområder
DMS	Metabolit	Acaricid, Fungicid, Insekticid	Dichlofluanid, Tolyfluanid	Byområder
DEIA (1)	Metabolit	Herbicid	Atrazine, Simazin, Terbutylazin	Landbrug
Desisopropylatrazin (1)	Metabolit	Herbicid	Atrazine, Simazin, Terbutylazin	Landbrug
Simazin (1)	Moderstof	Herbicid		Landbrug
Atrazin (1)	Moderstof	Herbicid		Landbrug
Desethylatrazin (1)	Metabolit	Herbicid	Atrazin	Landbrug

Metazachlor ESA (2)	Metabolit	Herbicide	Metazachlor	Aldrig været godkendt
Metazachlor OA (2)	Metabolit	Herbicide	Metazachlor	Aldrig været godkendt
Metribuzin-Desamino-Diketo (3)	Metabolit	Herbicide	Metribuzin	Landbrug
Metribuzin-Desamino (3)	Metabolit	Herbicide	Metribuzin	Landbrug
CGA108906 (4)	Metabolit	Fungicide	Metalaxyl	Landbrug
CGA62826 (4)	Metabolit	Fungicide	Metalaxyl	Landbrug
2, 6-DCPP2 (5)	Metabolit	Herbicide	Dichlorprop, Dichlorprop-P	Landbrug
4-CPP (5)	Metabolit	Herbicide	Dichlorprop, Dichlorprop-P, Mecchlorprop, Mecchlorprop-P	Landbrug
Dichlorprop (5)	Moderstof	Herbicide		Landbrug
Bentazon	Moderstof	Herbicide		Landbrug
Mecchlorprop	Moderstof	Herbicide		Landbrug
CGA369873	Metabolit	Herbicide	Dimetachlor	Landbrug
MCPA	Moderstof	Herbicide		Landbrug
2, 6-Dichlorphenol	Metabolit	Herbicide		
Organisk mikroforurening			Brug	
Trifluoreddikesyre (Miljøstyrelsen, 2021c)	(Nedbrydnings- produkt)		Fluorerede kølemidler	Erhverv
MTBE (Miljøstyrelsen, 2000)			Benzin additiv	Erhverv
Chloroform (Miljøstyrelsen, 1996a)			Kølemiddel	Erhverv
Trans-1,2-dichlorethen (Miljøstyrelsen, 1996b)	(Nedbrydnings- produkt)		Opløsningsmiddel for gummi & voks	Erhverv
Cis-1,2-Dichlorethylen (Miljøstyrelsen, 1996b)	(Nedbrydnings- produkt)		Opløsningsmiddel for gummi & voks	Erhverv
Benzen (Miljøstyrelsen, 2002a)			Benzin additiv	Erhverv
Tetrachlormethan (Miljøstyrelsen, 1995)			Renserier og køleanlæg	Erhverv
(Miljøstyrelsen, 2002b)			Affedtningsmiddel i metalindustrien	Erhverv

Tabel 1: Forskellige miljøfremmede stoffer fundet i borerne ved Bagterp kildeplads. Hvor der vises om det er det oprindelige stof eller en nedbrudt udgave, og hvad det er blevet brugt til, og arealanvendelse er det typisk blevet brugt på.

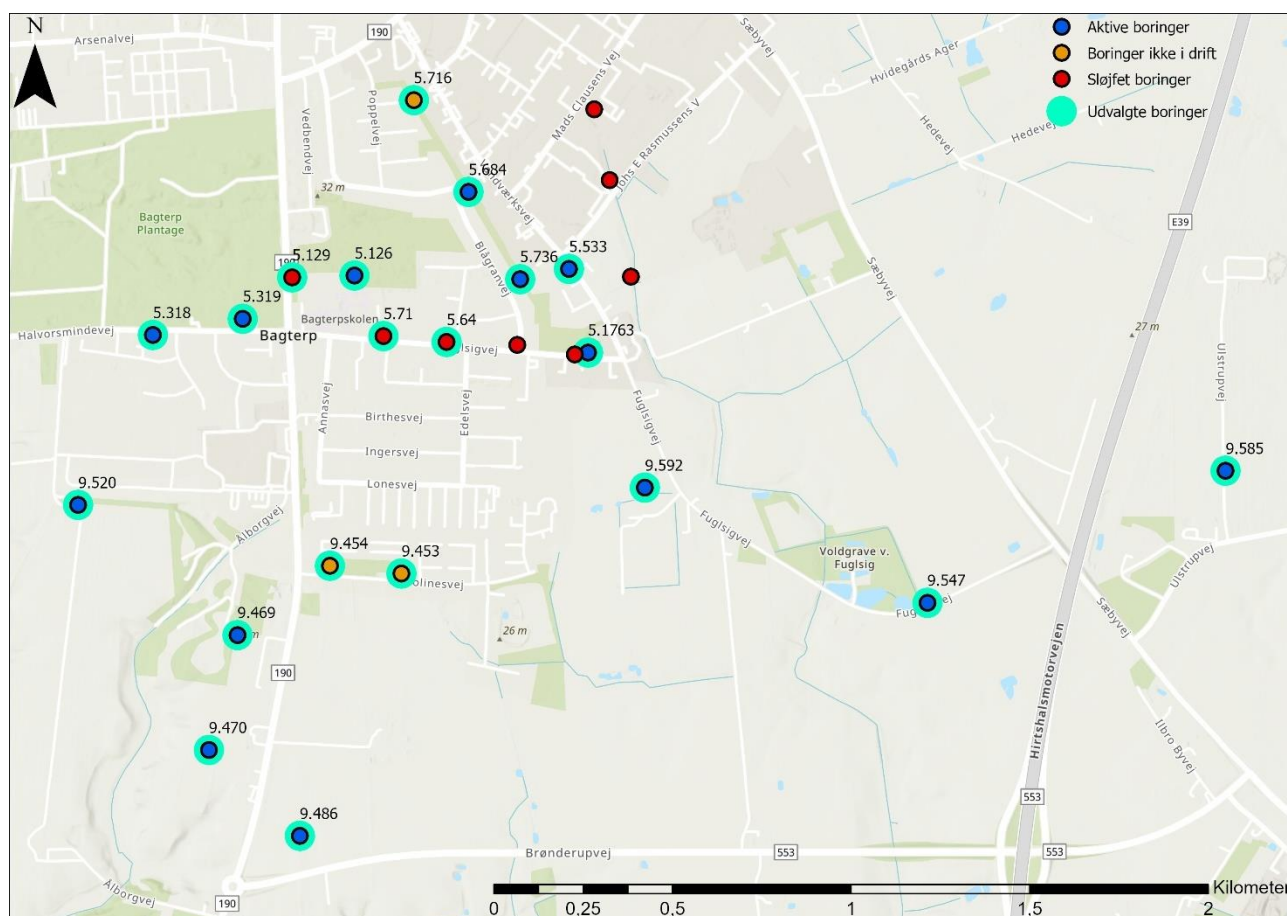
Informationerne om pesticider i Tabel 1 (Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer, u.å.; University of Hertfordshire, 2022)

Metabolitter er nedbrydningsprodukter af et pesticid også kaldet moderstof, som det fremgår af Tabel 1 så stammer mange af de metabolitter der findes på kildepladsen fra de samme moderstoffer. Selvom der er listet 21 forskellige fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i borerne, så er det sandsynligt, at det er ca. 12 forskellige moderstoffer som de alle sammen stammer fra.

3.1. Udvælgelse af boringer

For at give et bedre billede af tilstanden af de forskellige drikkevandsboringer, er udvælgelsen af boringerne baseret på boringsanvendelsesperioden. Idet drikkevandsboringer er blevet sløjfet i 2008, 2013, 2014, 2015 og 2021 og yderligere er tre drikkevandsboringer taget ud af drift i 2020. Alle de aktive boringer samt de boringer der er sløjfet i 2021 og dem som er taget ud af drift i 2020 er udvalgt, idet der kun foreligger analysedata af drikkevandet indtil boringerne, tages ud af drift og derefter sløjfes. Derfor fokuserer projektet på boringerne, hvor der forefindes nyere analysedata af de miljøfremmende stoffer.

Derved er det samlet 20 boringer som bliver studeret nærmere, hvoraf tre af dem er sløjfet, tre af dem er taget ud af drift og 14 er aktivt i brug. På Kort 3 er det illustreret, at alle boringerne med turkis farve som er inddraget i det videre forløb af projektet.



Kort 3 De blå punkter illustrerer aktive boringer, orange punkter illustrerer boringer der ikke er i drift, røde punkter illustrerer sløjfede boringer, turkise punkter illustrerer de udvalgte boringer der medtages i dette studie og deres DGUnr.

Ligesom på landsplan så er det DMS der udgør det største problem for Bagterp Kildeplads idet DMS er det stof der er fundet i flest boringer (GEUS, u.å.d). DMS er fundet i 15 af de 20 boringer ved kildepladsen, som det fremgår af Tabel 2.

Antal fund	Stofnavn
15	BAM
15	DMS
5	DEIA (1)

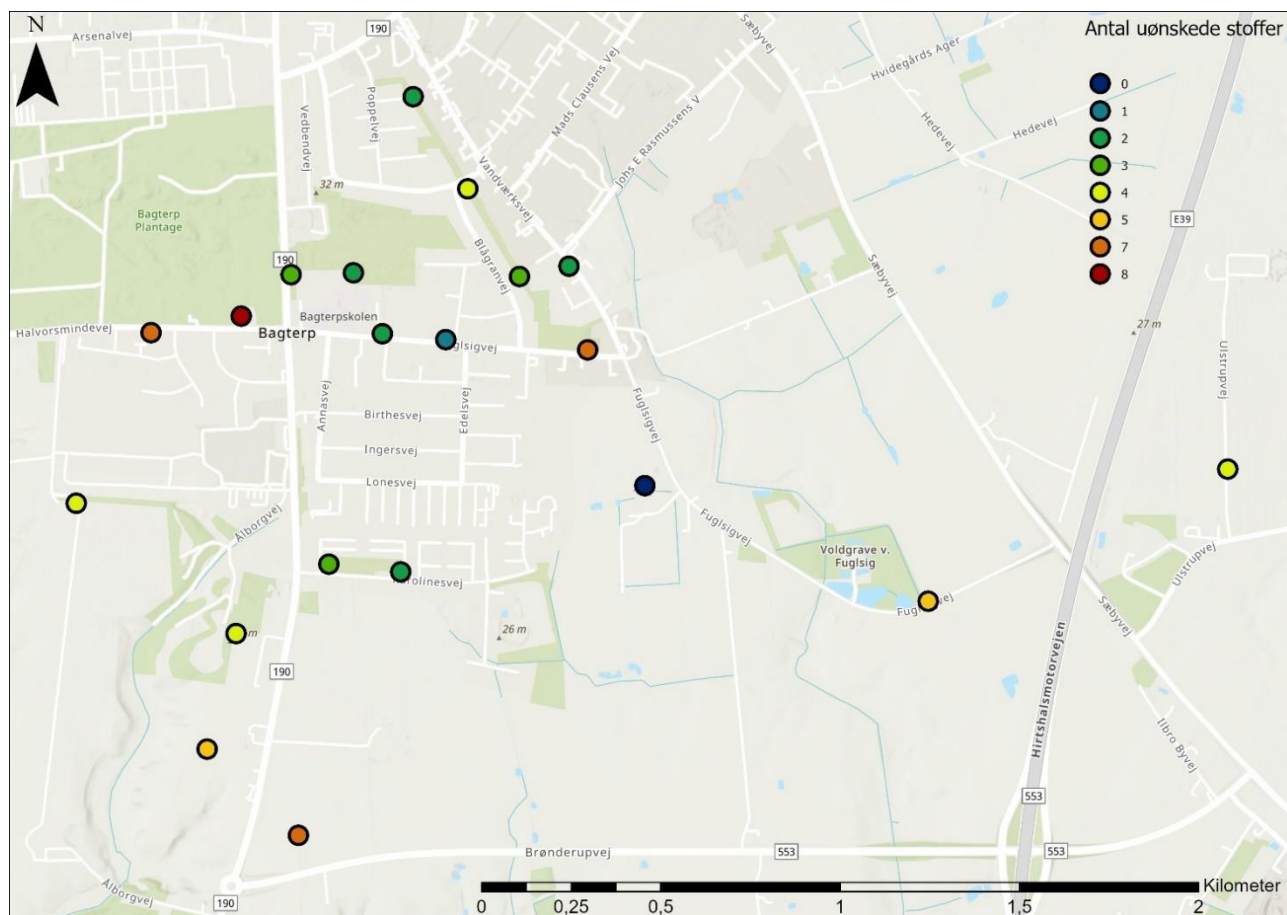
Antal fund	Stofnavn
5	Trifluoreddikesyre
3	MTBE
3	Chloroform

Tabel 2: Udsnit af antal fund i de valgte borer, hvor de kan ses at DMS og BAM er fundet i 15 af de 20 borer, for at se alle fundene ses Tabel L i Bilag.

For at kunne håndtere det forurenede grundvand valgte Hjørring vandselskab i 2003 for første gang at søge om tilladelse til at udføre videregående vandbehandling på Bagterp Vandværk. Denne ansøgning blev afslået med den begrundelse, at der ikke var overskridelser med grænseværdi af pesticider på afgang fra vandværket. I 2007 søgte man igen om tilladelse til at benytte aktiv kulfiltrering som videregående vandbehandling da koncentrationerne af BAM var stigende. Først i 2009 efter der var udarbejdet handleplan for kildepladsen blev der givet en midlertidig 5-årig tilladelse til filtrering med aktivt kul (Villumsen, 2012).

Vandet der behandles på Bagterp Vandværk, bliver den dag i dag stadig ført gennem et aktivt kulfilter for at fjerne miljøfremmede stoffer som pesticider (Hjørring Vandselskab, u.å.). Der er dog udfordringer ved at benytte aktiv kulfiltrering da de kultyper man anvender, ikke er effektive til at fjerne alle miljøfremmede stoffer og specielt DMS skaber problemer, da det ofte ikke fanges i kulfiltrene. Der forskes i at finde andre alternative kulfiltertyper som er i stand til at tilbageholde DMS og her er Hjørring Vandselskab aktive spillere da DMS findes i størstedelen af borerne på Bagterp Kildeplads (Musovic, u.å.)

Den videregående vandbehandling har været nødvendig på Bagterp vandværk, for at husstandene i Hjørring by kunne få drikkevand som overholder grænseværdierne for miljøfremmede stoffer, som er blevet indvundet på Bagterp kildeplads. På kildepladsen er nogle borer særlig hårdt ramt af forskellige miljøfremmede stoffer, mens der er en enkelt boring hvor der ikke er påvist tilstedeværelse af miljøfremmede stoffer. Omfanget af antal fund af miljøfremmede stoffer i hver af de 20 borer er illustreret på Kort 4.



Kort 4: Antal af forskellige fund af miljøfremmede stoffer i hver enkelt boring, hvor den mørkeblå farve repræsenterer 0 fund, mens den røde farve repræsenterer 8 fund. Navnene på de forskellige miljøfremmede stoffer kan ses på Tabel K i Bilag

Mange af de 20 borerer overskrider også grænseværdien for et enkelt eller flere miljøfremmede stoffer. Ved seneste analysemåling blev der fundet miljøfremmede stoffer i grundvandet fra 15 ud af 20 borerer, dette fremgår af Tabel K i Bilag.

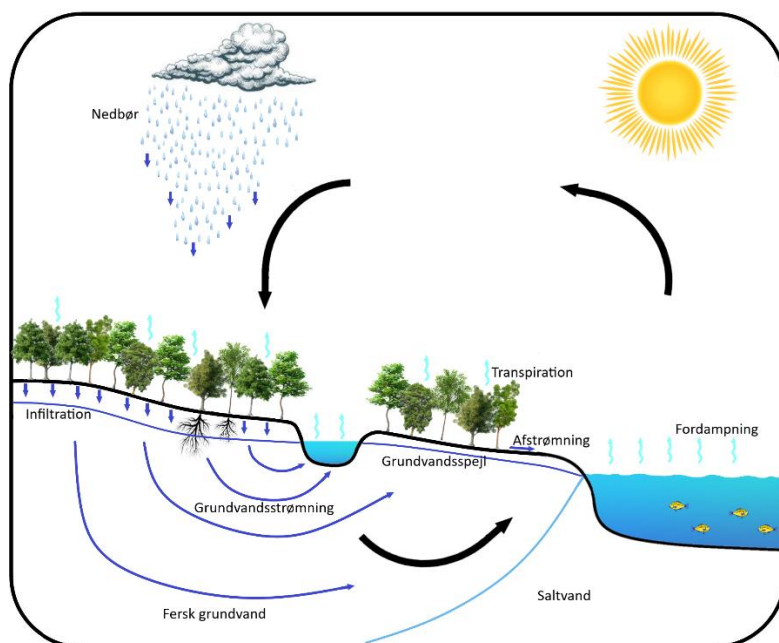
4. Anvendelse af kortlægningskoncept ved Bagterp kildeplads

I dette afsnit bliver de 5 faktorer fra kortlægningskonceptet præsenteret, sammen med baggrundsviden for de forskellige parametre. Alle faktorerne er vigtige på hver sin måde, for at forstå den indvirkning de hver i sær og sammen kan have på Bagterp kildeplads.

4.1 Hydrologi og grundvandsstrømning

Det hydrologiske kredsløb er essentielt for grundvandet, og det hele starter med nedbøren. Nedbøren falder på jordoverfladen, hvor der kan ske enten fordampning, afstrømning og infiltration af vandet.

Fordampningen sker i form af transpiration fra planterne der har optaget vandet via deres rødder, eller ved fordampning fra jordoverfladen eller vandoverflader. Hele kredsløbet illustreres på Figur 23, som viser vandafstrømninger fra overfladevand og grundvandet mod havet. Fordampningen som fortætter og falder igen som nedbør, hvorefter vandet infiltrerer jorden hvorefter vandet har nået en cyklus. Nedbøren som infiltrerer jorden og når grundvandet betegnes også som nettonedbøren, hvor en del af den bliver optaget eller tilbageholdt af vegetationens rødder, og derved afgør hvor meget vand som nedsiver forbi rodzonen og videre ned til grundvandsmagasinet. Dette er også årsag til at den største nedsivning foregår i vinterhalvåret, idet transpiration er meget begrænset, hvilket skyldes at plantevæksten er meget beskeden. Om sommeren er plantevæksten størst, og derfor kan det i nogle tilfælde forekomme at alt den nedsivende nedbør bliver optaget i rodzonen, og derved siver intet videre ned til grundvandsmagasinet (Gravesen & Kelstrup, 2001).



Figur 23: Hydrologisk kredsløb, de blå pile illustreres strømninger eller vandet vej, mens de sorte pile viser de store linjer om kredsløb fordampningen, nedbøren og strømningerne.

Afstrømningen som foregår overfladisk, er relativt begrænset her i Danmark til befæstet arealer i hovedsageligt byområder. Den mere overfladenære afstrømning foregår gennem kunstige drænsystemer som markdræn, utætte kloakrør og lignede. Mens de naturlige drænsystemer foregår gennem grøfter, de øvre permeable jordlag og lignede (Refsgaard, et al., 2002). Selvom størstedelen af grundvandet dannes ved direkte infiltration af nedbør, så kan det også dannes ved at der drænes vand fra vandløb og søer. Der kan nemlig ske udveksling mellem grundvand og overfladevand i vandløb og søer skabt af afstrømmende

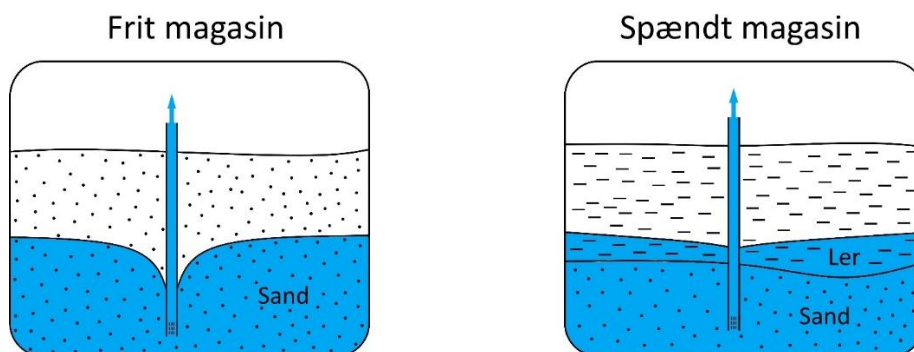
nedbør. Hvis trykket ved overfladen af søen eller vandløbet er højere end ved grundvandsspejlet vil der drænes vand fra disse til grundvandet. Omvendt vil et lavere tryk ved overfladen af søen eller vandløbet resultere i indstrømning fra grundvandet til vandløbet eller søen (Karlsen, et al., 2014). Ovenstående gør sig gældende da grundvandsstrømninger er styret af trykvariationerne i vandet. Vand vil altså altid strømme mod de steder med det laveste tryk. Hastigheden hvormed vandet flytter sig gennem jordlagene betegnes som den hydrauliske ledningsevne. Ud over trykniveauforskellen er strukturen af jordlagene, altså permeabiliteten, en afgørende faktor. Dette skyldes at densitet- samt temperaturforholdene i jorden typisk er konstante (Karlsen, et al., 2014; Bloetscher, 2014). Vandstrømningerne i jorden er ikke konstante, idet tilførslen af vand via infiltrationen varierer meget i løbet af året, helt naturligt vil der være en balance mellem hvor meget vand der strømmer ind i et grundvandsmagasin og hvor meget der afstrømmer derfra (Karlsen, et al., 2014).

Der findes både en mættet og umættet zone i jorden. I den mættede zone er alle hulrum mellem partiklerne vandfyldte omvendt er der i den umættede zone både luft og vand mellem partiklerne. Der hvor den mættede zone begynder definerer grundvandsspejlet. Grænsen mellem den umættet og mættet zone betegnes som det kapillærer vandspejl, dette ligger altid højere end grundvandsspejlet. Her er partiklernes størrelse afgørende for hvor meget vandet i det kapillærer vandspejl er hævet over grundvandsspejlet. Fine partikler som ler og silt kan hæve vandet adskillige meter over grundvandsspejlet. Grove partikler som sand og grus har ikke samme kapillærende effekt, og derfor vil det kapillærer vandspejl og grundvandsspejlet være næsten sammenfaldende eller kun ligge ganske få centimeter over. Under grundvandsspejlet ligger grundvandsmagasinet hvilket betyder at det er vandmættede jordlag. Her er det muligt at oppumpe vand fra da det er permeable jordlag som er vandmættede. Grundvandsmagasin kapacitet til at afgive vand, også betegnet magasintallet, er defineret ved den vandvolumen der frigøres fra en søjle med tværsnitsarealet 1 m^2 i det pågældende jordlag. Dette vil altid være mindre end porøsiteten i jorden, idet noget af vandet vil blive tilbageholdt af partikelstrukturen. Finere partikler vil tilbageholde mere vand end grovere partikler (Karlsen, et al., 2014).

Størrelsen af oplandet til en indvindingsboring er afhængig af de fysiske egenskaber i form af geologien og kriterierne i hydrogeologien. Indvindingsboringens dybde og mængde, samt antallet af boringer er afgørende for at kunne bestemme oplandets udbredelses. Idet undergrunden er meget kompleks sammensat, er det svært at afbillede sammensætning med 100% nøjagtighed, men nærmere en tilnærmelses af de reelle forhold, på grund af de ukendte egenskabsværdier som vil være til stede. Udbredelsen af oplandet vil være dynamisk, idet den vil blive større eller mindre over en tid i takt med variationer til indvindingen og infiltrationen af regnvand (Iversen, Lauritsen, Nyholm, & Kürstein, 2008).

Et indvindingsopland er det område i grundvandsmagasinet som strømmer hen mod grundvandsboringen. Indvindingsoplandet bør betragtes som et tredimensionalt område, hvor alle de vandpartikler der befinder sig i området vil ende i indvindingsboringen (Iversen, Lauritsen, Nyholm, & Kürstein, 2008). Det grundvandsdannende opland er det areal på jordoverfladen, hvor regnvandet nedsiver til grundvandet og strømmer videre hen til indvindingsboringen fra grundvandsmagasinet. Arealmæssigt skal det grundvandsdannende opland stemme overens med vandbalancen, så indvindingen (Q) er afstemt med infiltrationen (I) og arealet (A), for alt vandet der infiltrerer grundvandsmagasinet (Bloetscher, 2014). Det kan være vigtigt at skelne mellem indvindings- og grundvandsdannende opland, idet begge har betydning for en eventuel grundvandsbeskyttelse. Udbredelsen af indvindingsoplandet dækker som regel er større område end det grundvandsdannende opland, hvis grundvandsindvindingen fortages fra et spændt grundvandsmagasin, mens indvindings- og grundvandsdannende opland som regel er sammenfaldende i frie grundvandsmagasiner (Iversen, Lauritsen, Nyholm, & Kürstein, 2008).

Trykvariationer i grundvandsmagasinet ændres i forbindelse med oppumpning men kan også ændres ved skiftende nedbørsmængder. I perioder med meget nedbør vil trykket i grundvandsmagasinet stige og omvendt vil det i meget tørre perioder falde. Når der indvindes fra et grundvandsmagasin, vil det resultere i en tryksækning i magasinet. Herved vil der dannes en sænkningstragt i grundvandet omkring oppumpningsstedet, hvilket også illustreres på Figur 24. Mængden af vand og tidsperioden der oppumpes i, afgør hvor stor en hældning sænkningstragten i grundvandsspejlet får mod indvindingsboringen (Karlsen, et al., 2014). Når der pumpes på et frit magasin vil sænkningstragten udvides forholdsvis langsomt da der afdrænes store mængder grundvand. Ved pumpning fra et spændt magasin vil trykfaldet hurtigt forplante sig til det omgivende grundvand og det påvirkede område vil være større sammenlignet med tilsvarende pumpning i et frit magasin, ligesom det illustreres på Figur 24.



Figur 24: Til venstre illustreres et frit magasin, hvor magasinet er vandfrit i den øvre halvdel af magasinet. Til højre illustreres et spændt magasin, hvor der er et vandstandsende lerlag som holder magasinet under tryk.

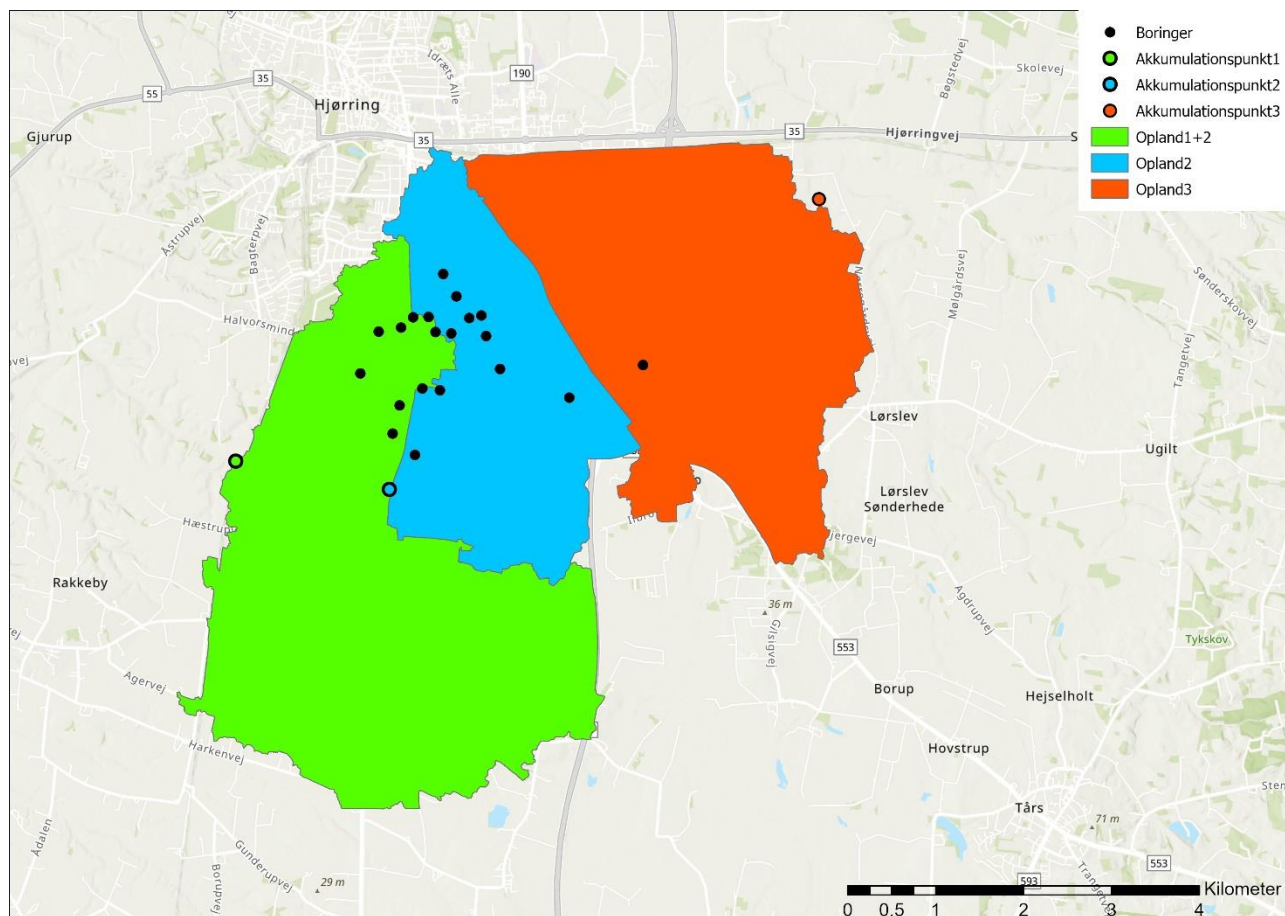
Hvis der pumpes massivt på grundvandsmagasinet og trykket ved grundvandsspejlet når under trykket ved havoverfladen kan der ske indtrængning af saltvand (Karlsen, et al., 2014).

4.1.1. Potentialekort

Grundvandspotentialer er den potentielle energi for grundvandet, dette bliver udtrykt i en kote for vandspejlet, altså meter over havniveau. Den potentielle energi forekommer ved at grundvandet strømmer fra de høje potentialeforhold mod de lavere potentialeforhold (Iversen, Lauritsen, Nyholm, & Kürstein, 2008). Grundvandspotentialet følger i en vis udstrækning terrænet i landskabet, så hvis landskabet er højt beliggende, vil potentialet eller grundvandet også gøre det, mens det vil være lavere i takt med at terrænet vil blive lavere. Potentialet vil også variere over tid i forbindelsen med større variationer af nedbøren, grundvandsindvinding eller årstidsvariationen (Haitjema & Mitchell-Bruker, 2005; Karlsen, et al., 2014).

Til at konstruere kortet som viser grundvandsstrømningerne ved kildepladsen, er fremgangsmåden fra kortlægningskonceptet i kapitel 2 brugt, hvor nogle af de vigtigste step var at få reduceret antallet af pixels ved at klippe højdekort til uden at det blev for småt, og "resample" kortet bagefter uden højdekortet bliver grynnet. Dette var vigtigt i forhold til den tilgængelige computerkapacitet, for ellers gik processerne i ArcGIS pro i stå efter lang ventetid. Idet grundvandet i en vis udstrækning følger topografien er Kort 5 konstrueret ud fra topografien, til at illustrere hvor vandet strømmer og samles henne. På Kort 5 kan det ses at vandet ved alle borerne undtagen én vil strømme mod samme punkt, det grønne akkumuleringspunkt. Den østligste boring hører ikke under samme vandskel som de 19 andre borer gør, idet vandet ved den østligste boring strømmer mod et andet punkt, det røde akkumuleringspunkt. Dette indikerer at der

indenfor kildepladsens område er to forskellige vandskel hvor borerne er beliggende. Det betyder at vandet også strømmer i forskellige retninger i opland 1+2 og opland 3.

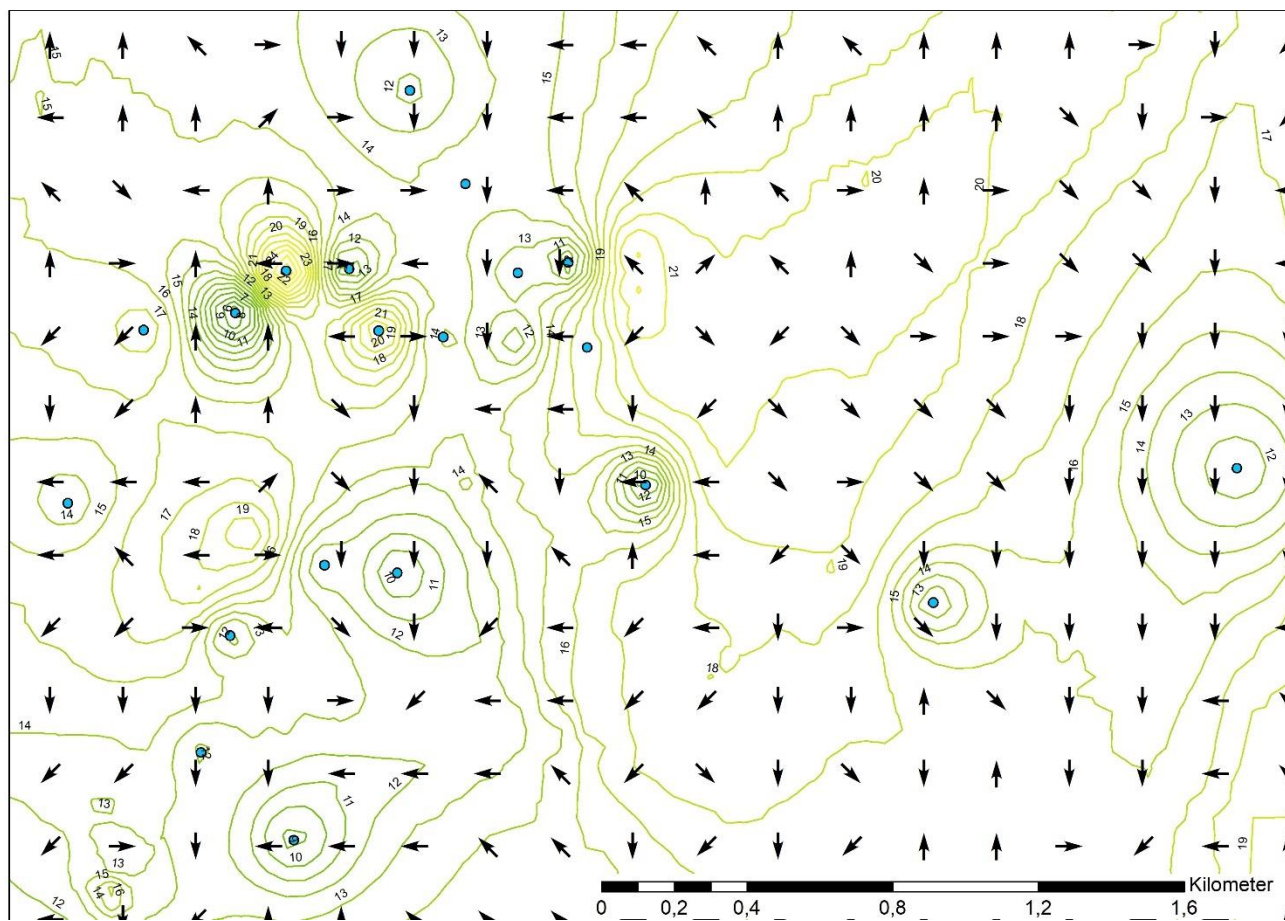


Kort 5: Sorte punkter illustrer borerne, grønt punkt illustrer akkumulationspunkt 1, blå punkt illustrer akkumulationspunkt 2, rødt illustrer akkumulationspunkt 3, grønt område illustrer opland 1 og 2, blå område illustrer opland 2 og rødt område illustrer opland 3.

Vandet strømmer den hurtigste vej gennem jorden, hvor den hydrauliske ledningsevne er størst. Dette kan visualiseres via et potentialekort, hvor grundvandspotentialer er afbilledet via konturer, altså potentialelinjer som hver repræsenterer en kote for grundvandsspejlet. Strømningsretningen optegnes med vinkelrette pile fra potentialelinjen fra den høje kote mod den lavere kote (Iversen, Lauritsen, Nyholm, & Kürstein, 2008).

Til at genere potentialekortet af kildepladsen, bruges fremgangsmåden fra kortlægningskonceptet i kapitel 2, hvor det vigtigste er kvaliteten af pejlingerne som er til rådighed. Det er vigtigt at pejlingerne er udført på samme årstid, på grund af årstidsvariationer og samtidig også er det også vigtigt at de ikke er for gamle på grund af klimaforandringerne. Det mest optimale vil være synkronpejlinger, hvilket næsten er tilfældet her, dog var kvaliteten af pejlinger udenfor kildepladsen meget mangelfuld. På Kort 6 kan det ses at strømningerne ændres under indvindingen fra borerne, og der skabes potentialesænkninger omkring hver boring. Overordnet set ser det ud til at strømningerne på Kort 6 er i en sydlig retning, mens det

omkringliggende areal ved borerne strømmer mod selve borerne. Det kan ses gennem konturlinjer, at niveauet er lavere omkring selve boringen end den er længere væk.



Kort 6: Illustrerer potentialet for grundvandet, konturlinjerne repræsenterer 1m niveauforskel af grundvandet, samt hvilken kote det er beliggende i, hvor pilene er strømningsretningen af grundvand baseret på hældningen af grundvandsejlet.

4.2 Geologi

Geologien har en stor betydning for grundvandet. Den er altafgørende i forhold til om der overhovedet dannes grundvand i et område og samtidig også hvilken kvalitet grundvandet har. De geologiske lag i Danmark varierer meget fra sted til sted og dermed vil kvaliteten af grundvandet naturligt også variere. Her er to afgørende faktorer som har bestemt, hvordan geologien af undergrunden er konstrueret - aflejringer og istidens gletschere. De geologiske lag i vores undergrund er dannet under forskellige tidsperioder, hvor der er blevet aflejret sediment af forskellige typer. Her var datidens klima og fysiske forhold afgørende for hvilket steder og hvilket typer sediment der blev aflejret hvor og dermed afgørende for hvilke lag der forefindes i dag. Istidernes gletschere har ligeledes været med til at forme landskabet og undergrunden. Gletschere har evnen til at bevæge sig over jordlagene men samtidig også skubbe til nogle af de foranliggende jordlag. Dette fænomen har skabt glacialtektonik altså har samme typer af jordarter forskudt eller foldet sig i forhold til hinanden. Dette er medårsag til at forskellige jordtyper er synlige alt efter hvilket sted man befinder sig i Danmark. De forstyrrede jordlag har en stor betydning for grundvandsmagasinerne udbredelse, da blandt andet forskudte lerlag som regel begrænser grundvandsmagasinerne størrelse (Gravesen & Kelstrup, 2001).

Jordlag betragtes også som bjergarter, idet de består af forskellige mineraler. Disse bjergarter kan inddeles i sedimentære-, metamorfe- og vulkanske/magmatiske bjergarter, hvor de metamorfe- og vulkanske/magmatiske bjergarter betegnes som grundfjeld. I Danmark er alle de grundvandsførende lag sedimentære bjergarter, med undtagelse af størstedelen af Bornholm. Dette betyder at der er mulighed for at finde og indvinde grundvand alle steder af forskellig kvalitet (Gravesen & Kelstrup, 2001).

Jordlagenes geologiske opbygning har stor betydning for hvilken vandkvalitet der findes i grundvandsmagasinet. Jordlagenes geologiske opbygning har særlig stor betydning for nedsivningen af vand til grundvandsmagasinerne. Her har partiklernes sammensætning og struktur betydning for om et jordlag har de egenskaber der skal til for at det betragtes som et grundvandsmagasin (Bloetscher, 2014). Grundvandsmagasiner inddeles ofte i primære og sekundære magasiner hvor det primære er det der indvindes drikkevand fra da det vil indeholde vand af en god kvalitet sammenlignet med det sekundære (Larsen, 2013).

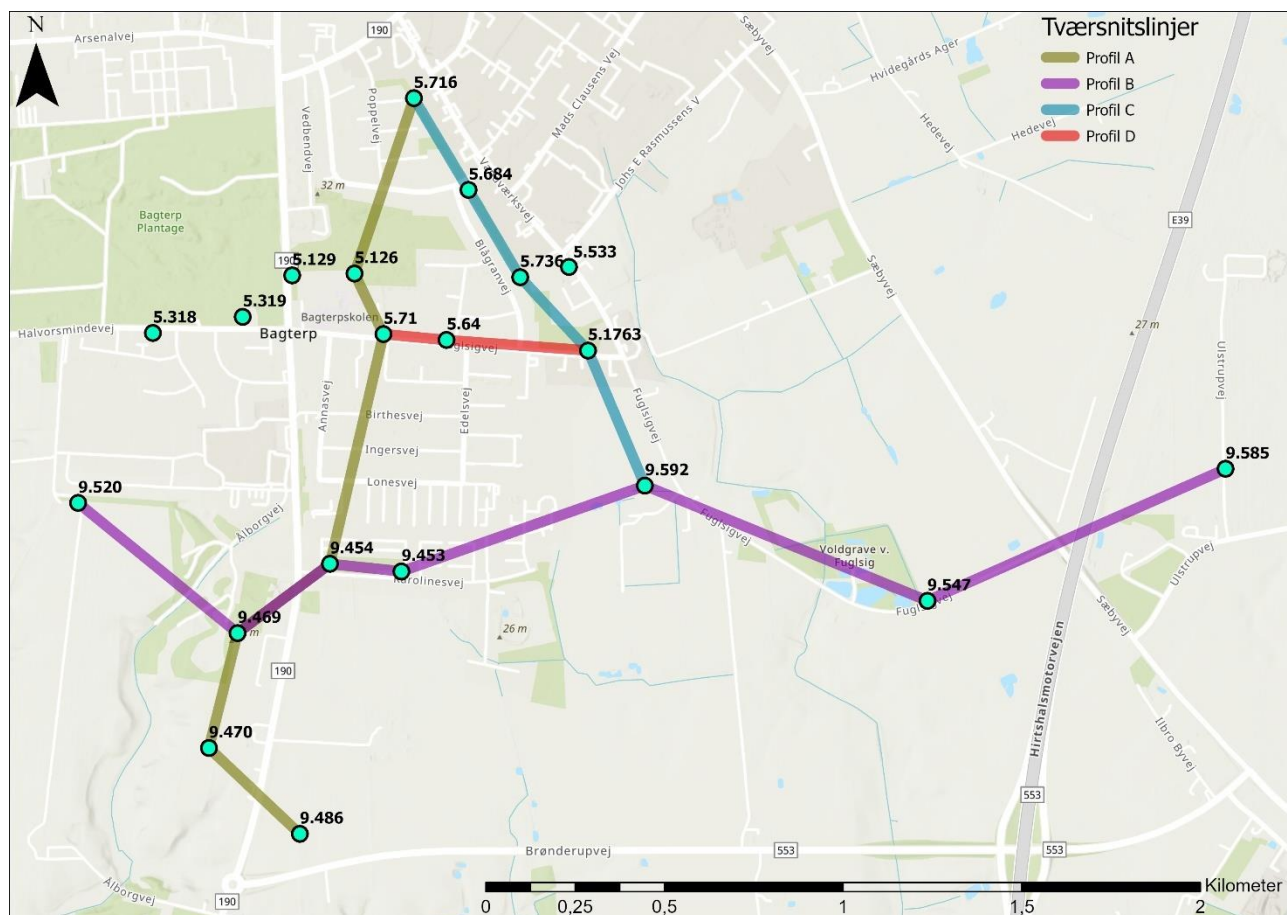
Her bruges porøsiteten og permeabiliteten til at beskrive vandets egenskaber i jordlagene. Porøsiteten er forholdet mellem partiklerne og hulrummene i jordlaget, altså porevolumen og jordartens totalvolumen. Permeabiliteten er evnen til at vand eller luft kan passere fra et hulrum til et andet, og herved hele jordlaget, altså jordartens sammenhængende porevolumen. Her findes der primære og sekundære porøsitet/permeabilitet, hvor primære er den som eksisterer mellem enkle partikler, mens den sekundære er den som eksisterer i sprækker og andre makroporer, som er tværgående på partiklerne i jordarten (Gravesen & Kelstrup, 2001).

Nedsivning af vand er betydelig højere i sandede jordlag sammenlignet med lerede jordlag, idet de består af meget grovkornede partikler og dermed har en forholdsvis høj porøsitet og permeabilitet. Modsat er ler og kalk meget finkornet og har som regel en høj porøsitet men en lav permeabilitet i deres primære porer. Da jordlag der består af ler og kalk også kan indeholde sekundære porer som sprækker og ormegange kan disse jordlag også have en høj permeabilitet (Gravesen & Kelstrup, 2001). Den hydrauliske ledningsevne beskriver jordlagenes egenskab til at transportere vand over tid, et udtryk for vandafledningen og den bestemmes grundlæggende af porestørrelsen og poresystemets kontinuitet (Gravesen & Kelstrup, 2001; Hansen, 1976).

Vandets kemiske sammensætning ændres mens det nedsiver gennem jordlagene til grundvandsmagasinet, og jordlagene har en rensende effekt på det forurenede vand som nedsiver. Der kan være tilfælde hvor den naturlige rensning af vandet er begrænset, dette gør sig blandt andet gældende hvis vandringvejen til et grundvandsmagasin der indvindes fra, er kort. Den naturlige rensning begynder i det øverste jordlag som oftest består af et muldlag, her er den biologiske aktivitet stor og derfor er det i dette jordlag, at det meste af de organiske urenheder nedbrydes. Det øverste jordlag binder også størstedel af tungmetaller og radioaktivt støv der kunne være i vandet. De efterfølgende jordlag under muldlaget filtrerer de fleste af de miljøfremmede stoffer fra, mens den biologiske aktivitet også nedbryder flere af dem. Jordlagene af ler og brunkul er gode til at tilbageholde og forsinke miljøfremmede stoffer før det når grundvandsmagasinet. Dette er også grunden til at der oftest ledes efter grundvandsmagasiner med et lerlag ovenover grundvandsmagasinet da det anes som værende en god beskyttelse (Bach, Rikskov, & Gravesen, 2001). Her anses tykke lerlag for at have en bedre evne til at beskyttelse end tynde lerlag, men er lerlaget usammenhængende eller opsprækkede kan nedsivningshastigheden øges og derved reducerer den naturlige beskyttelse. Er sprækkeintensiteten og sprækkedybden stor vil lerlagets naturlig beskyttelse reduceres betragteligt, i forhold til et tyndt sammenhængende lerlag (Miljøstyrelsen, 2020).

En anden faktor der kan påvirke kvaliteten af grundvandet, er at Danmark ligger på én tektoniske plade. På denne tektoniske plade opstår interne spændinger som medfører en opdeling af større eller mindre områder, og ved disse områder eller zoner opstår der forskellige bevægelser, altså forkastninger. Disse forkastningszoner har nogle steder betydning for grundvandets kemiske sammensætning, dette gør sig blandt andet gældende i Nordjylland, hvor det giver mulighed for at der kan trænge saltholdigt grundvand eller methan op fra de underliggende jordlag (Karlsen, et al., 2014).

Til at undersøge den geologiske sammensætning bruges fremgangsmåden fra Kapitel 2, hertil bruges nogle tværsnitlinjer og deres placering er vist i forhold til hinanden på Kort 7. Den lilla profil b er den længste, mens den brunlige profil a er den næst længste, hvorefter den blålige profil c er den næst korteste og den røde profil d er den korteste af tværsnitlinjerne. Boringer 5.318, 5.319, 5.129 og 5.533 er ikke inddraget i nogen tværsnitlinje i og med at ingen borerapport over geologien foreligger på dem, mens de resterende har en borerapport over geologien og derved inddraget. Dog er der overlap mellem den brunlige profil a og lilla profil b ved boring 9.469 og 9.454.



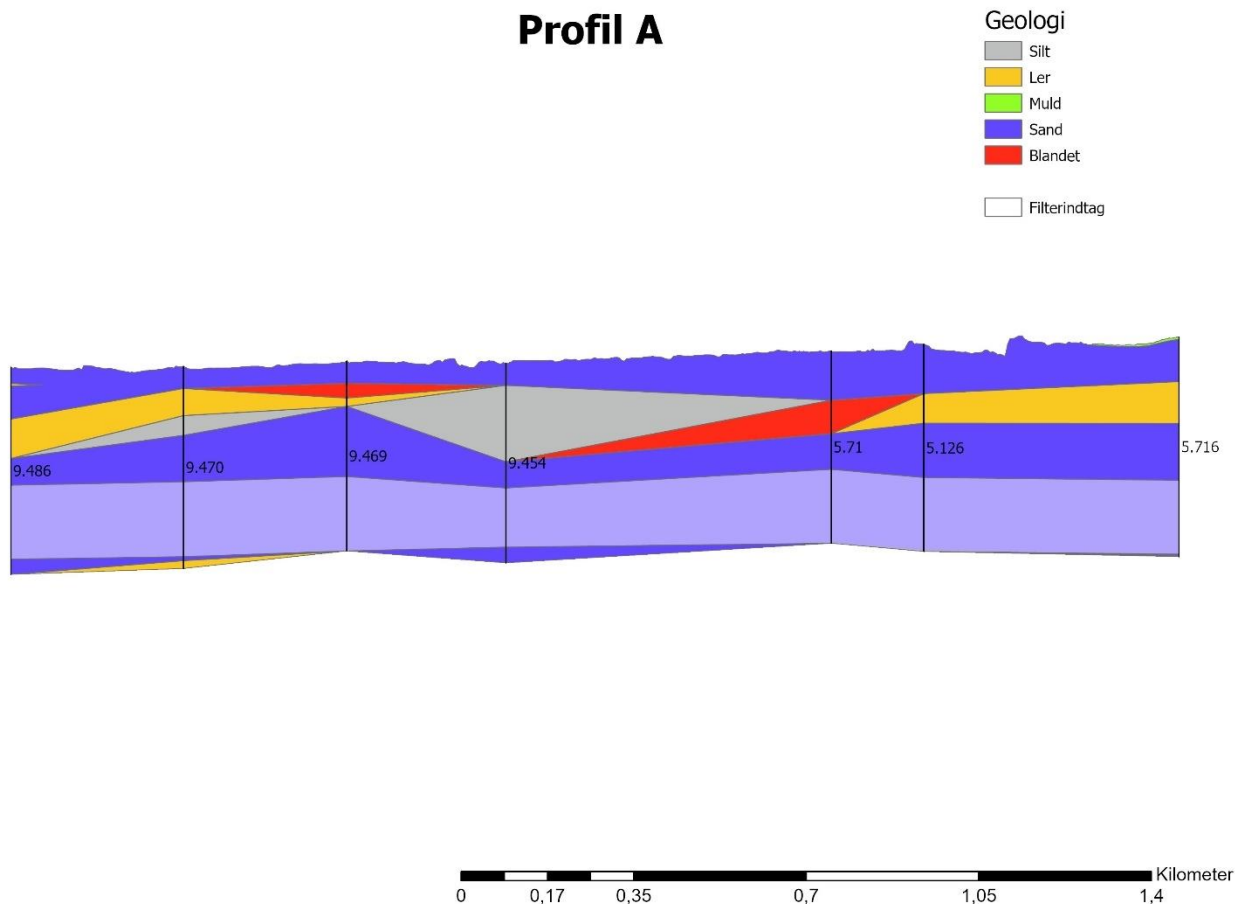
Kort 7: Tværslitslinjerne for de forskellige geologiske profiler, hvor hver farverne repræsenterer hver linje. Hvor de turkise punkter repræsenterer borerne med deres individuelle DGU-nummer ved siden af.

De fire geologiske profiler på Kort 8, Kort 9, Kort 10 og Kort 11 har en overdrivelse faktor på 10 i dybden, så bruges målestokken på kortene til at måle lagtykkelsen, skal målet divideres med 10 for den korrekte dybde. Mens målestokken passer ved måling af afstand mellem borerne.

På Kort 8 kan det ses at lerlaget over grundvandsmagasinet som indvindes fra, ikke er sammenhængende, men er i stedet brudt med partikler af større størrelser som silt, og blandet ler, sand og grus. Dette har stor betydning for tilbageholdelsen af miljøfremmede stoffer, idet porøsiteten er større og har svære ved at tilbageholde de miljøfremmede stoffer. Den naturlige dæklagsbeskyttelse, i form af ler, er i området mellem boring 9.486 og 5.716 ikke tilstedeværende og derved mere sårbar over for pesticider og andre miljøfremmede stoffer. Derudover viser Kort 8 at vandindvindingen sker fra et større sandlag, hvor det er muligt at indvinde vand fra og dette sandlag bliver også kaldet for grundvandsmagasinet.

Grundvandsmagasinet mellem de syv borer er sammenhængende og muliggør også at vandet kan flytte sig næsten frit mellem borerne i sandlaget. Dernæst er det geologiske profil orienteret i en nord-sydlig retning, hvor boring 5.716 er den nordligste af dem, mens boring 9.486 er den sydligste af dem.

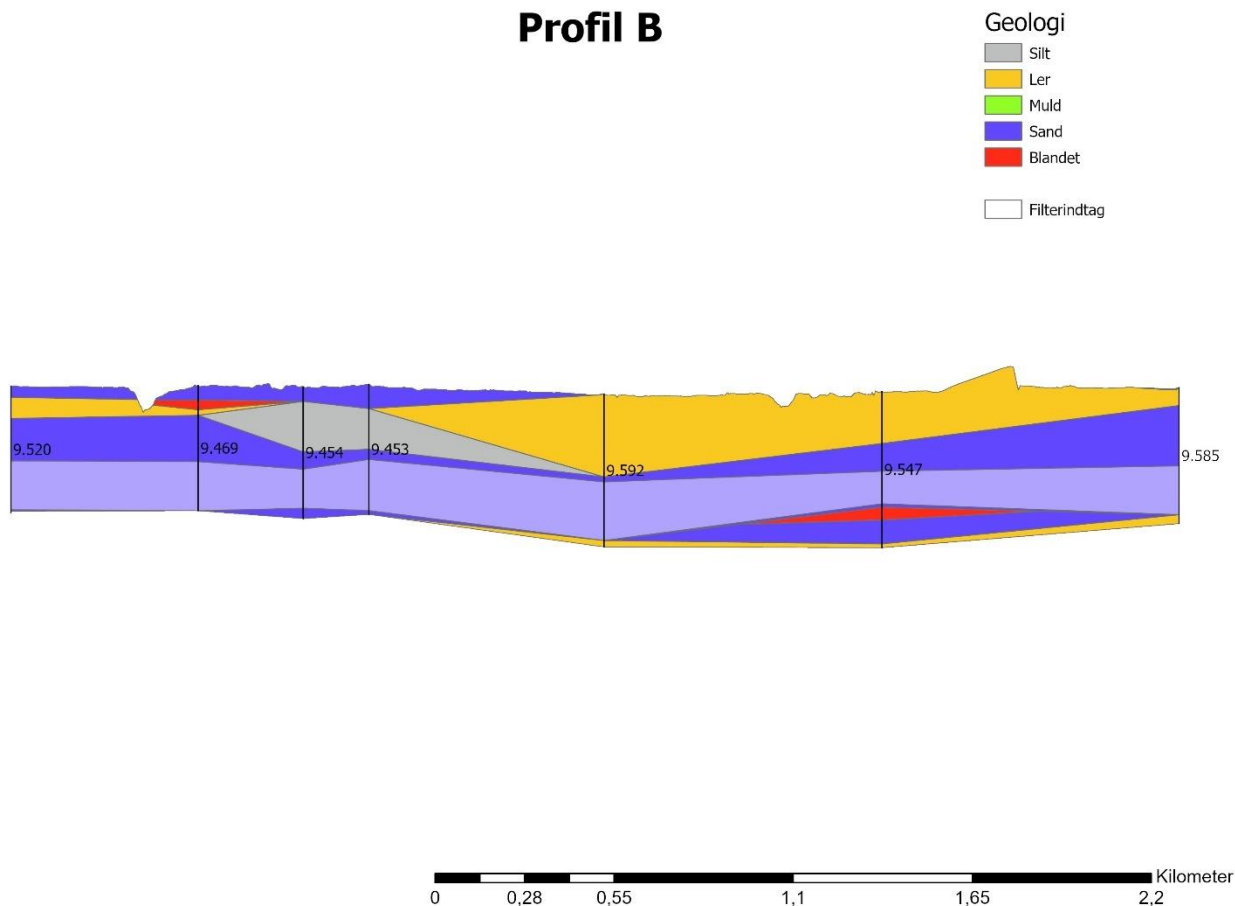
Profil A



Kort 8: Viser den geologiske profil over tværsnittslinjen profil a, hvor farven grå repræsenterer silt, den gule repræsenterer ler, den grønne repræsenterer muld, den blå repræsenterer sand og den røde farve repræsenterer blandet jord med ler, sand og grus. Den lyseblå lidt over i den lilla farve repræsenterer filterindtagshøjden, som også er vist som en gennemsigtig hvid i signaturforklaringen.

På Kort 9 vises det geologiske profil b som er orienteret øst-vest, hvilket også illustreres på Kort 7, hvor boring 9.585 er den østligste boring, mens boring 9.520 er den vestligste boring på profilen. Lerlaget mellem borerne er ikke sammenhængende over grundvandsmagasinet hvor drikkevandet indvindes fra, idet lerlaget brydes af silt og blandet ler, sand og grus partikler. Beskyttelseseffekten af meget fine partikler er begrænset i den vestlige del af profilet, idet laget ved blandt andet boring 9.469 udgør ler og ler blandet partikler henholdsvis 1,7m og 3m tykkelses over sandlaget, som det fremgår af Tabel i Bilag. Grundvandsmagasinet mellem de syv borer hvor drikkevandet hentes fra ser ud til at være sammenhængende, hvilket muliggør udveksling af vand mellem de forskellige borer.

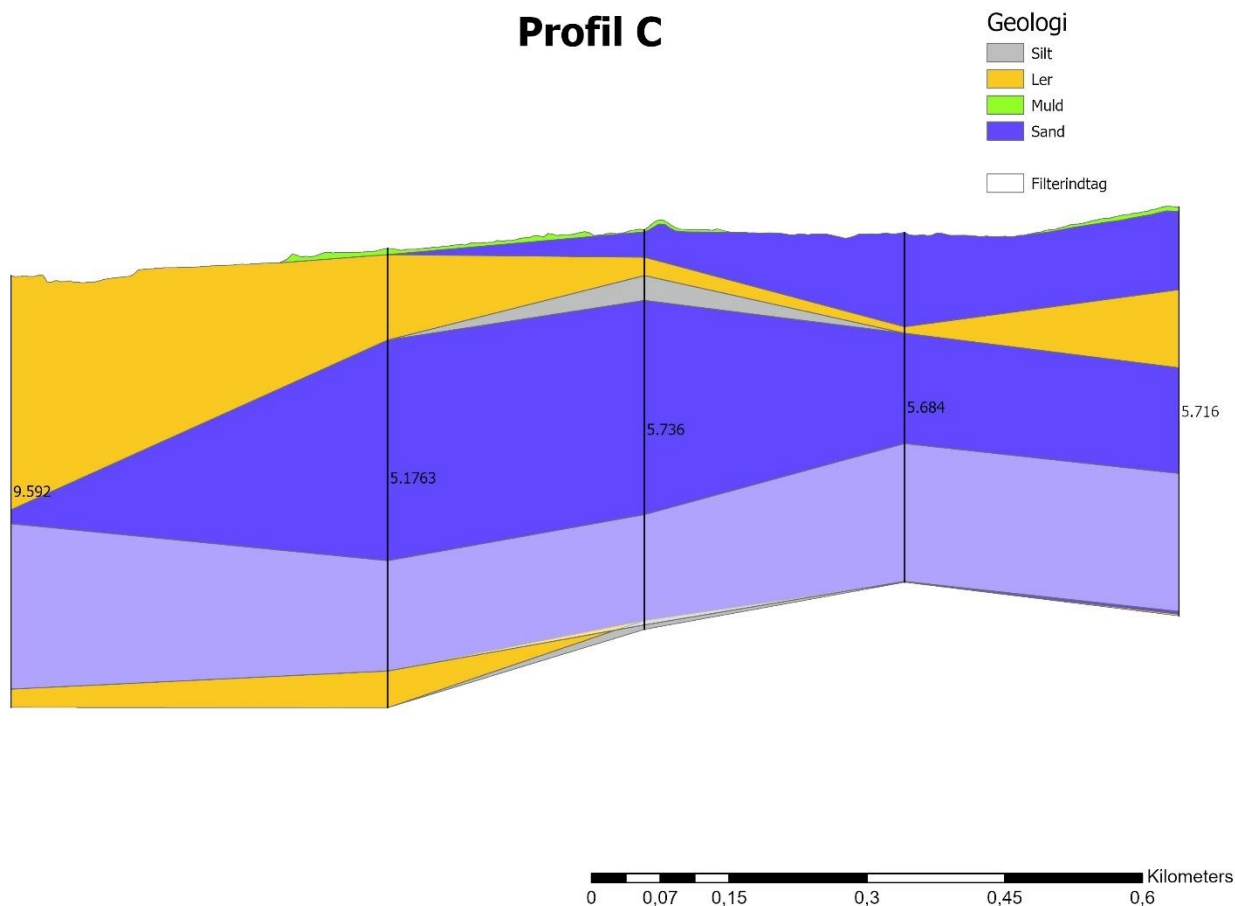
Profil B



Kort 9: Viser den geologiske profil over tværsnittslinjen profil b, hvor farven grå repræsenterer silt, den gule repræsenterer ler, den grønne repræsenterer muld, den blå repræsenterer sand og den røde farve repræsenterer blandet jord med ler, sand og grus. Den lyseblå lidt over i den lilla farve repræsenterer filterindtagshøjden, som også er vist som en gennemsigtig hvid i signaturforklaringen.

På Kort 10 ses det geologiske profil c, der har en orientering næsten nord-syd, med boringen 5.716 som den nordligste boring, mens boringen 9.592 er den sydligste boring på profilet, hvilket også vises på Kort 7. Lerlaget mellem de fem borerne er sammenhængende, dog er det meget tyndt ved boring 5.684 idet lerlagets tykkelse kun er 70 cm. Hvis boring 5.684 ikke havde det tynde lerlag, ville der have været et sammenhængende sandlag fra terrænoverfladen ned til filterindtaget. Selvom lerlaget er sammenhængende, betyder det ikke nødvendigvis at den naturlige beskyttelse i form af fine partikler er bedre idet lerlag er tyndt i den nordlige ende.

Indvindingen fra de fem borerne fortages fra et sammenhængende grundvandsmagasin, som det kan ses på Kort 10 ved at filterindtaget er lokaliseret i det samme sandlag, uden bryd af mindre partikel størrelser.

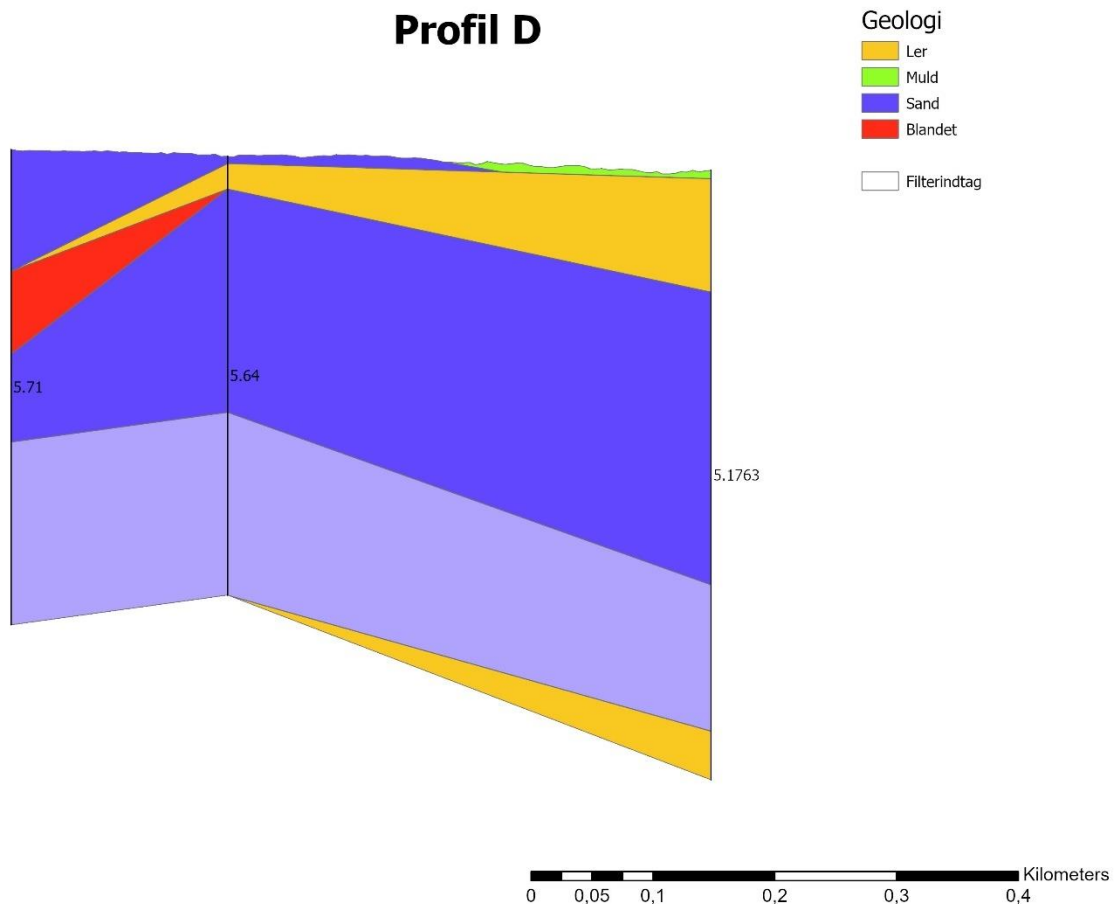


Kort 10: Viser den geologiske profil over tværsnittslinjen profil c, hvor farven grå repræsenterer silt, den gule repræsenterer ler, den grønne repræsenterer muld og den blå farve repræsenterer sand. Den lyseblå lidt over i den lilla farve repræsenterer filterindtagshøjden, som er vist som en gennemsnitlig hvid i signaturforklaringen.

Det geologiske profil d, vises på Kort 11 nedenfor. Profilet er orienteret i en øst-vestlig retning, hvilket også kan ses på Kort 7 som er vist tidligere, hvor det er boring 5.71 som er det vestligste beliggende på profilet, mens boring 5.1763 er den østligste boring på profilet. Lerlaget mellem de tre borerne er ikke sammenhængende, idet det brydes med et blandet jordlag bestående af ler, sand og grus. Dette gør grundvandsmagasinet under borerne mere sårbar mod miljøfremmede stoffer, idet større partikler har svære ved at tilbageholde det nedsivende vand og derved også de miljøfremmede stoffer.

Alle filterindtagene er beliggende i det samme sandlag, og derved er grundvandsmagasinet også sammenhængende, så vandet i grundvandsmagasinet kan transporteres mellem borerne. Dette gør at den naturlige beskyttelse ved boring 5.1763 med et 9,3m tykt lerlag svækkes, ved at miljøfremmede stoffer lettes kan sive ned boring 5.64 med 2,1m tykt lerlag og boring 5.71 med 6,8m tykt blandet jordlag. Herefter transporten af vandet med eventuelle miljøfremmede stoffer er mulig mod boring 5.1763.

Profil D



Kort 11: Viser den geologiske profil over tværsnittslinjen profil d, hvor farven gul repræsenterer ler, den grønne repræsenterer muld, den blå repræsenterer sand og den røde farve repræsenterer blandet jord med ler, sand og grus. Den lyseblå lidt over i den lilla farve repræsenterer filterindtagshøjden, som er vist som en gennemsnitlig hvid i signaturforklaringen.

Det ser ud til at den naturlige beskyttelse i form af lerlag, er dårligst i den nordlige del af kildepladsen. Den beskyttelse er heller ikke alt for god i den vestlige del af kildepladsen, men den er bedre i den sydlige del af kildepladsen. I den østlige ende af kildepladsen er den naturlige beskyttelse over borerne bedst, idet lerlaget er større i den ende. Hele kildepladsen indvinder også drikkevandet fra et sammenhængende drikkevandsmagasin, hvilket betyder der ikke er nogle større barrierer for at vandet transporteres fra en boring til en anden.

Alle de fire geologiske profiler vises også i et samlet 3D kort fra to forskellige vinkler på Kort B i Bilag

.

4.3 Arealanvendelse og forureningsområder

Kvaliteten af grundvandet og arealanvendelsen hænger tit sammen, hvor det ofte er antropogene aktiviteter som er årsagen til forureninger der bliver fundet grundvandet (Lerner & Harris, 2009). Mange af de forureninger som bliver fundet i dag, stammer fra tidligere dårlige håndtering af kemikalier, særligt fra virksomheder og industri. Dette er grunden til at det at forureningerne bliver fundet i jorden og grundvandet i dag (Olsen, et al., 2019). Som regel er risikoen for udvaskning og fund af pesticider større ved tæt bebyggede områder end det er ved landbrugsområder. Det hænger ofte sammen med at befæstede områder som regel har fjernet det organiske jordlag, hvor det meste af den biologiske aktivitet foregår og hermed også nedbrydningen af pesticiderne (Naturstyrelsen, u.å.). Den landbrugsmæssig arealanvendelse udgør stadigvæk en risiko idet sprøjtemidler bruges på markerne, og derved kan nedsive til grundvandet (Bloetscher, 2014).

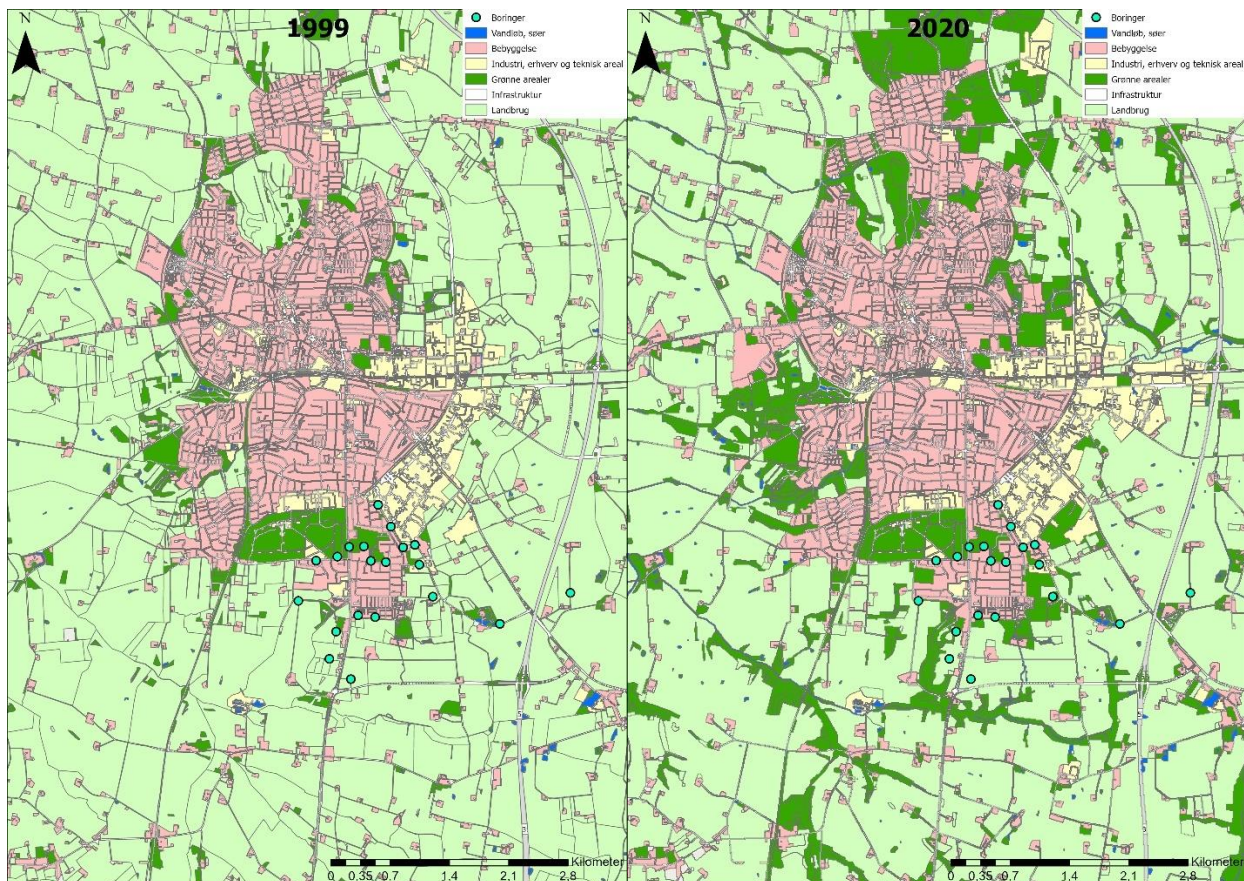
Det er særligt den mangelfulde håndtering af kemikalier på forskellige arealer og ringe opbevaring, som har ført til de mange fundne jordforureninger der senere kan indtræffe i grundvandet (Olsen, et al., 2019). Arealanvendelsen hænger som regel også sammen med typen af forurening som er indtruffet i grundvandet, hvor graden af forureningen kan variere meget på grund af de geologiske forhold og mængden af kemikalier som er udledt, samt kemikaliets egenskaber (Wang, 1989).

De største og mest omfattende forureninger i Danmark er også kendt som generationsforureningerne, da de har stået på over generationer og vil også fremadrettet være problematisk for kommende generationer, indtil forureningerne er fjernet. (Miljøstyrelsen, u.å.d.) Tidligere manglende viden gjorde at kemikalier kunne blive deponerede i landskabet med statens tilladelse, hvor kemikalie depoter i det fri også var tilladt (Danske regioner, 2022). Forureningerne som er sket som følge af en bestemt arealanvendelse, hvor håndteringen og opbevaringen af kemikalier har været utilstrækkeligt, og der var ikke noget lovgivningsmæssigt som modvirkede det før 1973, hvor første miljølovgivning blev indført (Miljøministeriet, 2022).

Forureninger bliver som regel inddelt i to grupper punkt- eller fladekilder, hvor punktkildeforureninger er koncentreret om et mindre areal, hvor koncentrationen af den pågældende forurening er høj. Fladekildeforureninger er spredt udover et større areal, hvor koncentrationen er den pågældende forureningen, er lav. Skelnet mellem om det er en punktkilde eller fladekilde gør en forskel i forhold til, hvilken myndighed der administrativt tager sig af den. For det er regionerne som tager sig af punktkilderne, mens det er kommunerne og miljøstyrelsen som tager sig af fladekilderne (Roost, et al., 2022).

4.3.1. Historisk udvikling af arealanvendelsen

På Kort 12 nedenfor indikerer, hvordan arealanvendelsen er skiftet i og omkring Hjørring i de seneste 20 år. Særligt industri- og erhvervsområdet i den østlige ende er udvidet betragteligt, samtidig er de eksisterende erhvervsområder blevet bibeholdt i den østlige ende af byen. Desuden er de bebyggede arealer i form af beboelse udvidet mod den nordlige, sydlige og vestlige dele af byen. Samtidig har der været en ændring i landbrugsarealer, hvor der været en omlægning af flere landbrugsarealer omkring byen, hvor forskellige naturtyper, parker, skove og grønne areal er blevet etableret.

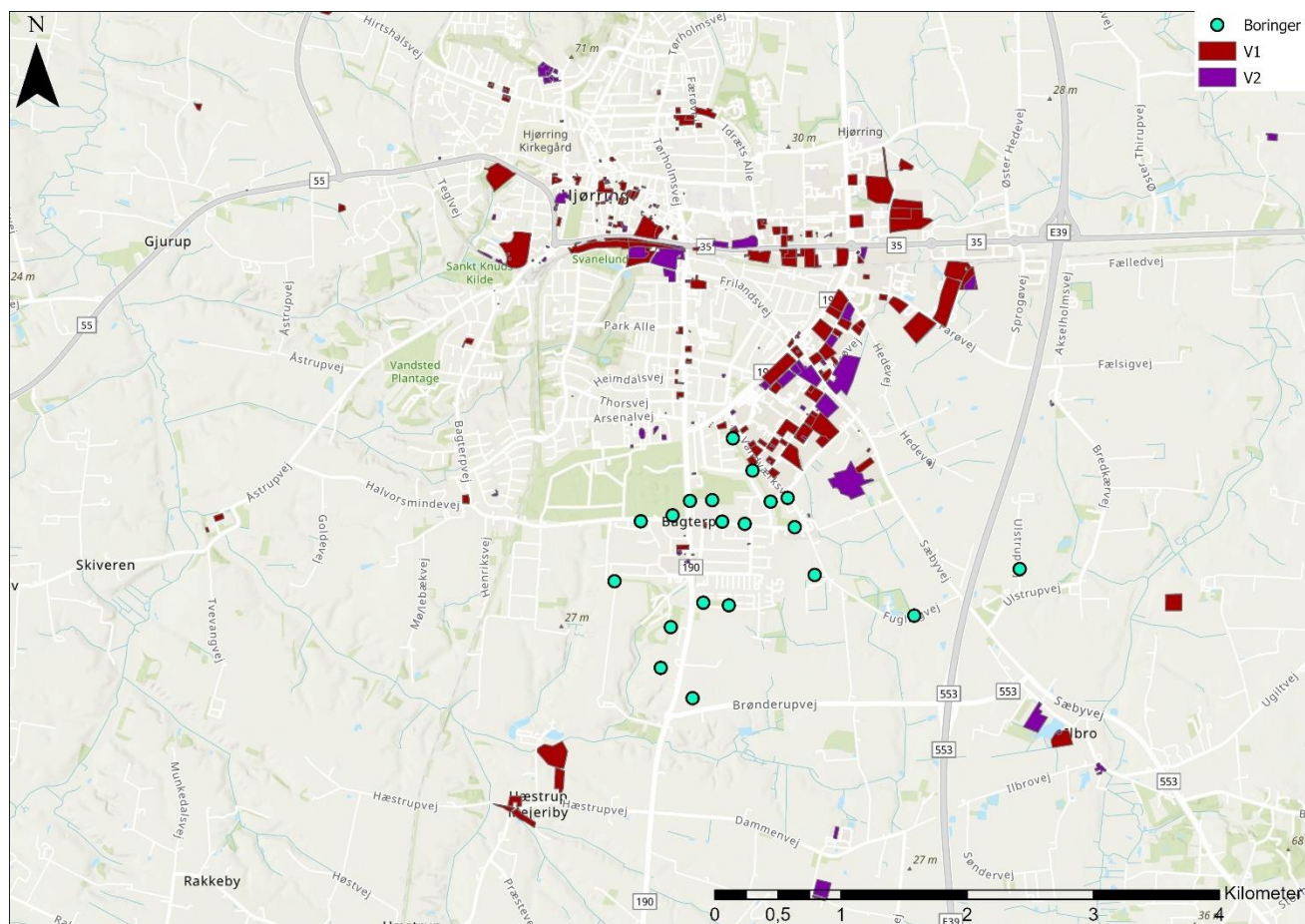


Kort 12: Blå punkter illustrerer borer. Blå områder er vandløb, søer mm. lyserød illustrerer bebyggelse, gule områder illustrerer industri, erhverv og tekniske arealer, mørkegrønne områder illustrerer grønne arealer, hvide områder illustrerer infrastruktur og lysegrønne områder illustrerer landbrugsområder.

4.3.2. Kendte forureningskilder

Meget tæt på Bagterp kildeplads findes en række af forskellige grunde som er forurenet med alt lige fra forskellige olieprodukter, klorede opløsningsmidler, tungmetaller, halogenerede kulbrinter osv. Kildepladsen er derfor ikke særlig godt beskyttet og placeringen er en smule uheldig. Mange af de virksomheder som tidligere har ligget på grundene var startet nogenlunde samtidigt eller efter man havde etableret borerne. Så størstedelen af de forureningerne arealer er kommet efter kildepladsen er blevet etableret.

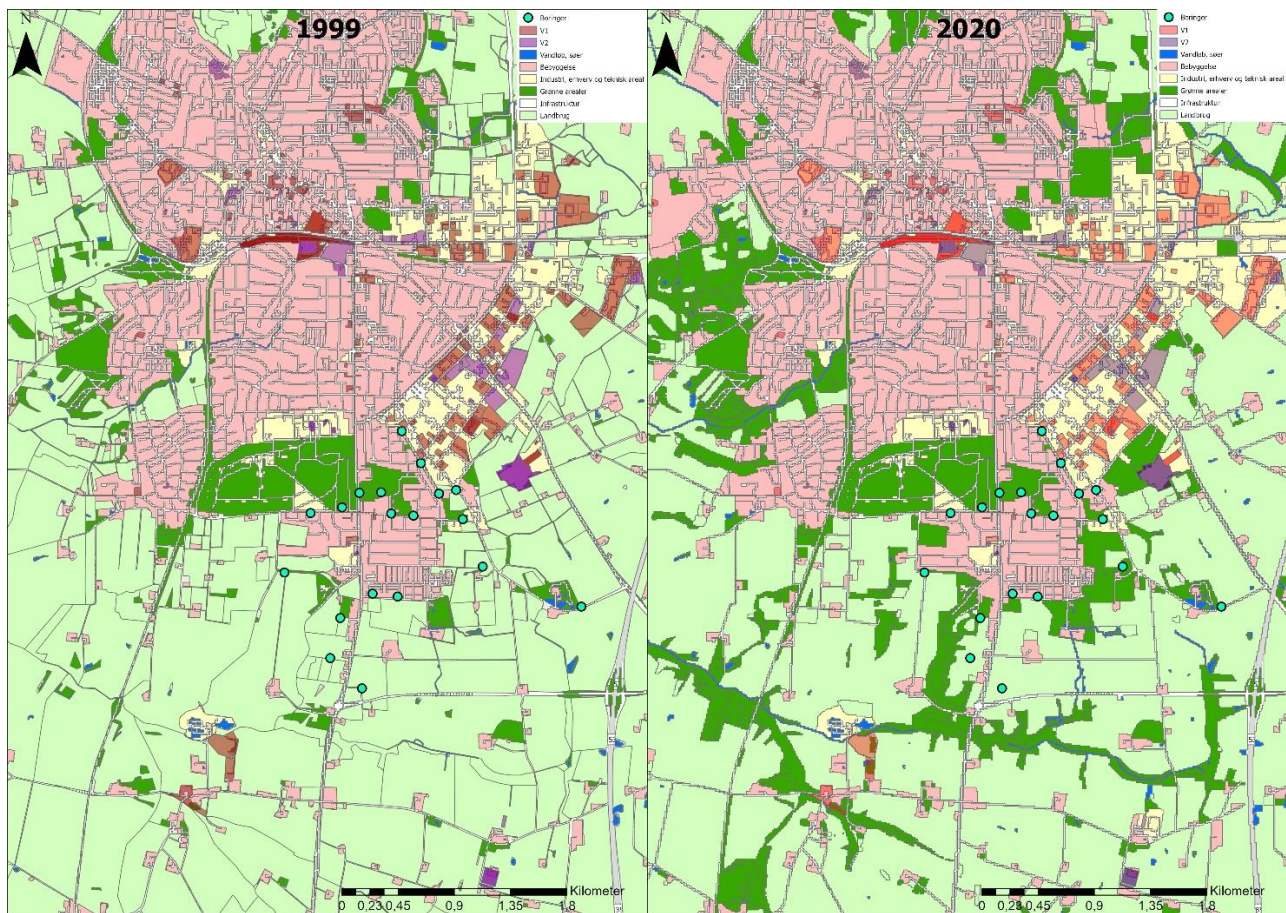
På Kort 13 er regionens inddeling af grunde som er eller muligvis er forurenet. De er inddelt efter V1 og V2, altså hvilket vidensniveau der er om arealet. Hvor V1 indikerer at der er indsamlet viden om tidligere aktiviteter på arealet som kan være kilde til den mulige forurening på arealet. Mens V2 indikerer at forureningen på arealet er dokumenteret, og at koncentrationerne som er blevet fundet med høj sandsynlighed, har en skadelig virkning på mennesker og miljø på arealet. Som Kort 13 indikerer, er der forurenede grund meget tæt på borerne i den nordvestlige ende, hvilket kan forklare nogle af de andre miljøfremmede stoffer end pesticider som bliver fundet i borerne. En af de mest hyppige forureninger som er dokumenteret, er olieprodukter på V2 arealerne.



Kort 13: Blå punkter illustrerer borer, røde områder illustrerer V1 undersøgte områder og lilla områder illustrerer V2 undersøgte områder.

Antallet af forskellige pesticider i borerne er højest i yderkanten af kildepladsen, særligt i den sydvestlige og nordvestlige del af byen. Borerne i den sydvestlige del er omgivet af landbrugsarealer, her bliver der henholdsvis fundet fem og seks forskellige pesticider i borerne.

De to borer i den nordvestlige del, grænser op til et militærområde mod nord og boligområde mod syd. I begge de to borer er der fundet fem forskellige pesticider, hvilket er i den højde ende på Bagterp. På militærområdet mod nord er der dokumenteret en række af forskellige miljøfremmede stoffer i grundvand som Benzen, BTEX, Klorerede opløsning midler, olieprodukter, Tetrachlormethan, Toluen, Trichlorethylen og Xylen. Disse er ikke pesticider men giver dog en anden bekymring (Jordrapport GEUS). I industri- og erhvervsområdet i den nordvestlige del, hvor der er dokumenteret forskellige forureninger er fundet af antallet af pesticider ikke højere end de borer beliggende i midten af kildepladsen. Herved ser det ikke ud til at de forurenede arealer i industri- og erhvervsområdet er større kilde end boligområdet ved Bagterp.



Kort 14: Blå punkter illustrerer boringer. Blå områder er vandløb, søer mm. lyserød illustrerer bebyggelse, gule områder illustrerer industri, erhverv og tekniske arealer, mørkegrønne områder illustrerer grønne arealer, hvide områder illustrerer infrastruktur og lysegrønne områder illustrerer landbrugsområder. V1 undersøgte områder er illustreret med rød og V2 undersøgte områder er illustreret med lilla.

4.4. Vandindvinding

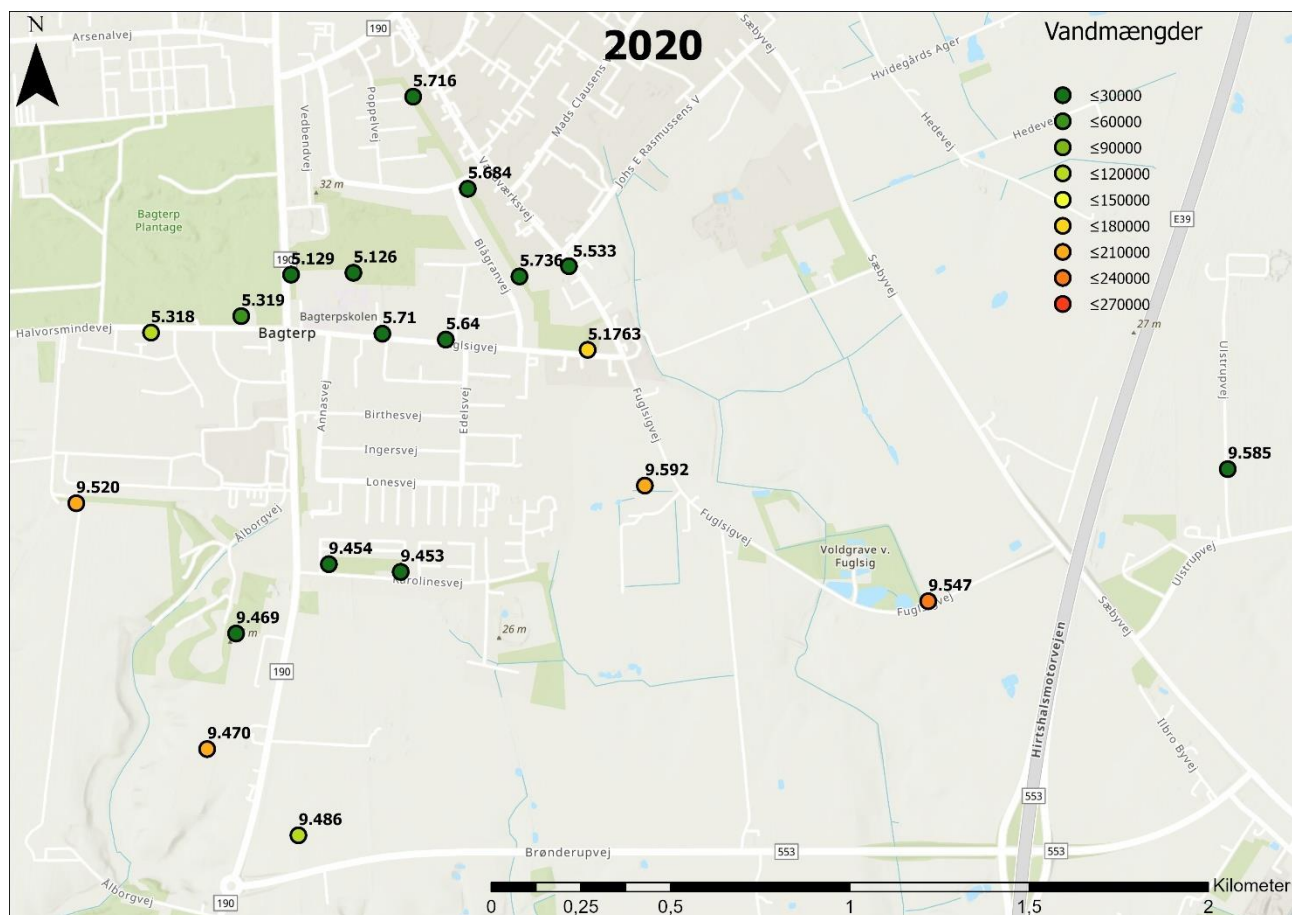
Vandet indvindes via grundvandsboringer fra et vandholdigt sandlag, hvor der er boret igennem andre jordlag undervejs. Der bores som regel gennem et beskyttende lerlag under etablering af en boring. Netop derfor er forseglingen omkring borerøret meget vigtigt for at undgå dannelse af menneskeskabte transportveje ned gennem jordlagene, som potentielt ville kunne forurene boringen med overfladevand. Tætningen omkring indvindingsrøret er derfor vigtig for at potentielle forureninger ikke siver direkte ned til drikkevandet, og derved er en god tætning med til at sikre kvaliteten af drikkevandet (Köser, 2011).

Den indvundne vandmængde bestemmer ændringen af grundvandsspejlet i forhold til rovandstand. Under indvinding danner grundvandsspejlet en sænkningstragt mod indvindingsboringen, og størrelsen af sænkningstragten afhænger af indvindingsintensiteten over tid. Den ændrer sig i takt med indvindingsbehovet varierer i løbet af dagen, hvor forbruget er størst i dagtimerne mens tidspunktet varierer meget alt afhængig af aftagen af vandet (Karlsen, et al., 2014). Der er flere parametre som har en sænkingsdæmpende indvirkning på den sænkningstragt som dannes ved indvindingen ved en boring. Dette gør sig blandt andet gældende ved forsinket vandafgivelse da alt vandet i det vandførende lag ikke vil frigives momentant, idet vandet i de større porer afgiver deres vand hurtigere end de mindre porer. En anden parameter er lækage ved en artesiske tilstand - under indvinding vil trykniveauet i det vandførende lag sænkes i forhold til det overliggende lerlag, da det overliggende lerlag er lettere permeabelt, vil det betyde at trykniveauforskellen får lerlaget til at frigive det bundne vand. En parameter mere er hydrologisk positiv grænse, dette kan opstå hvis sænkningstragten ligger i nærheden af en sø eller et vandløb som potentielt kan tilføre vand til det vandførende lag under indvinding. Et parameter som har en sækningsforøgende indvirkning, er en hydrologisk negativ grænse. Dette kan opstå hvis udbredelsen af sænkningstragten rammer et impermeabel jordlag, som for eksempel et lerlag der stopper udbredelsen, hvilket formindsker området vandet transporteres fra (Gravesen & Kelstrup, 2001).

Indvindingsmængden vil kunne have en indvirkning på vandføringen til et vandløb, og størrelsen af påvirkningen vil være alt afhængig af de geologiske forhold som eksisterer i nærheden af vandløbet. Det samme gør sig gældende med andre naturtype som søer, vådområder, osv. hvor der er overfladevand (Refsgaard, et al., 2002).

Det er yderst vigtigt at der er balance mellem indvindingsmængde og dannelse af grundvand. Hvis der bliver indvundet mere grundvand end der dannes, kan der ske nedsynkning af visse jordlag. Dette sker nemlig når vandet fjernes samtidig med at presset fra de overliggende jordlag er højt da det kan få hulrummet til at kompaktere yderligere. Er dette kollaps i et vandførende grundvandsmagasin sket, kan vandkapaciteten ikke genoprettes til tidligere tilstand igen idet der er mindre hulrum tilbage. Derudover kan et overforbrug af grundvandet sænke grundvandsspejlet, og derved kan tilgængeligheden af vandressourcen mistes, når grundvandsdannelsen er mindre end grundvandsindvindingen (Bloetscher, 2014).

På Kort 15 vises de indvundne vandmængder for 2020, og her er det tydeligt at grundvandsboringerne i den midt/ østlige og vestlige del indvinder betydeligt mere end de resterende boringer og derved trækker mere af det omkringliggende vand imod boringen. Indvindingen vil komme til udtryk ved boringerne i form af en sænkningstræk af grundvandsspejlet. På en af boringerne indvindes næsten 220.000 m³ mens der ved tre boringer indvindes mellem 180.000 og 200.000 m³ vand, samtidigt er der også fire boringer hvor intet vand blev indvundet. Dertil er der 8 boringer hvor der blev indvundet mellem 3000 og 20.000 m³, hvilket giver et stort spænd mellem indvindingsmængder. De præcise indvindingsmængder er vedlagt som Tabel I i Bilag.



Kort 15: Indvundne vandmængder for 2020, hvor den grønne farve repræsenterer borerne med den mindste indvinding. Den grønne farve går over i gul derefter orange og til sidst rød. Den røde farve repræsenterer borerne med den højeste vandindvinding.

På grund af forskellen mellem indvundne vandmængder vil det også resultere i større forskelle i grundvandspotentialen inden for kildepladsen, idet vandet suges hen mod få borer.

4.5. Kemikalier og forurening

For at sikre kvaliteten af drikkevandet som indvindes af vandværkerne er regler og krav blevet opsat gennem vandforsyningsloven, drikkevandsdirektivet og drikkevandsbekendtgørelsen. Det er kommunerne som skal holde tilsynet med at vandværkerne, for at sikre at de blandt andet overholder kvalitetskriterierne i drikkevandsbekendtgørelsen (Duer, 2020). Formålet med kvalitetskriterierne er at beskytte folkesundheden. Beskyttelsesniveauet er baseret på at man kan blive udsat for et stof hele livet (defineret som 70 år) uden at det har en negativ effekt på helbredet. Ved fastsættelse af kvalitetskriterierne for kemikalier bruges en forsigtighedstilgang for også at sikre at særligt følsomme befolkningsgrupper har et højt beskyttelsesniveau, hvis de udsættes for et stof et helt liv. Ud over den faglige vurdering af et stofs effekt på sundheden, indgår kriterier for lugt, smag og udseende også under fastsættelsen af drikkevandskvalitetskriterierne (Miljøstyrelsen, 2006). En gruppe af stoffer som kontrolleres for i drikkevandet er pesticider og deres nedbrydningsprodukter (Duer, 2020).

4.5.1. Pesticider

Pesticider er syntetisk fremstillede kemikalier designet til at dræbe skadevoldere som har potentiale til at hæmme væksten af eller skade afgrøder og dermed vil mindske udbyttet. Formålet med at benytte pesticider er altså at maksimere udbyttet fra afgrøderne. Dertil findes mange forskellige pesticidtyper med forskellige egenskaber. Man kan kategorisere eller gruppere pesticider efter hvilken skadevolder de er målrettet mod, for eksempel, insekticider mod insekter, fungicider mod svampe, herbicider eller ukrudtsmiddel mod planter der efter brugerens mening vokser det forkerte sted eller på et forkert tidspunkt og derfor betegnes ukrudt. Pesticider kan også kategoriseres på en mere videnskabelig måde, nemlig efter deres kemiske egenskaber (Syadrudin, et al., 2021; Hedemand & Strandberg, 2009).

Det er lidt over 60 år siden de kemiske bekæmpelsesmidlerne blev meget udbredt i det danske landbrug (Hedemand & Strandberg, 2009). Hvor forbruget af pesticider i Danmark bliver vurderet ud fra salget, og fra 1956 til 1984 var der en femdobbel stigning i salget af pesticider i Danmark (Statens planteavlsforsøg, 1986) Salget i Danmark toppede i 1984 hvor der blev solgt hele 10464 tons, og det er siden hen faldet til 2797 tons i 2019 (Danmarks statistik, u.å.).

Ved at anvende pesticider i produktionen af afgrøder opnås flere fordele, udbyttet øges og desuden gøres produktionen mere stabil ved at minimere tab. Samtidig bliver kvaliteten af udbyttet bedre og mere jævn (Syadrudin, et al., 2021; Statens planteavlsforsøg, 1986). De primære årsager til at man begyndte at benytte pesticider i produktion af afgrøder var at der gennem tiden har været flere eksempler, hvor plantesygdomme og skadedyr har forårsaget et større tab i udbyttet af afgrøder, som har ført til hungersnød i befolkninger. Derudover har skadedyr, ukrudt og plantesygdomme også været skyld i større forringelser i kvaliteten af udbyttet, og i nogle tilfælde kan det angrebne og inficeret udbytte forårsage sygdomme hos mennesker (Statens planteavlsforsøg, 1986). I dag er der i den vestlige verden ikke stor risiko for forhold med hungersnød men der benyttes stadig pesticider. Brugen af pesticider er et vigtigt værktøj i forhold til at opretholde og forbedre levestandarden i den globale verden vi lever i. Der bliver flere og flere mennesker i verden og krav til høj levestandard bliver kun større. Det ligger et vis pres på blandt andet landbruget (Syadrudin, et al., 2021)

Organismer har en evne til at ændre og tilpasse sig de omgivelser de lever i. Derfor kan de også vænne sig til pesticider og ændre sig så de ikke længere har den ønskede effekt. For lille variation i brugen af pesticidprodukter kan derfor føre til, at organismer udvikler resistens overfor dette produkt over flere generationer. Dette er problematisk da skadevolderen ikke længere kan bekæmpes med et bestemt produkt. Hvis de uønskede skadevoldere bliver modstandsdygtige eller resistente over for et

pesticidprodukt, kan det i nogle tilfælde føre til en øget dosering af pesticidet, idet personen ikke er klar over at skadevolderne er resistente endnu. Dette kan gøre skaden værre. For at undgå eller minimere at der udvikles resistens skal der veksles mellem hvilke pesticidprodukter der bliver brugt, men også et skift af afgrøde fra år til år. Idet skadevolderne typisk er forskellige for de forskellige afgrøder. Klimaet ændres i Danmark, så vintrene bliver mildere og vådere, mens somrene bliver tørrere og længere. Idet temperaturen og luftfugtigheden øges, medfører det ofte flere skadevoldere, flere nye arter kan overleve og trives i det danske klima, og arter kan reproducere flere generationer på en sæson. Dette vil sandsynligvis medføre et større behov for flere og andre typer af pesticider (Hedemand & Strandberg, 2009).

4.5.1.1. Pesticider og deres følgevirkninger

Allerede i 1960'erne begyndte man at observere følgevirkninger i miljøet fra brugen af pesticider. Det blev opdaget at selvom aktiv stoffet, så som glyphosat, i pesticiderne ikke havde nogen sundhedsskadelig effekt så kunne det nedbrydes til andre produkter som i nogle tilfælde kunne være mere skadelige. Blandt andet havde nedbrydningsprodukterne fra DDT, DDE alvorlige påvirkning på flere dyrearter, hvor nogle rovfugle var tæt på at uddø, idet disse stoffer var bioakkumulerende ophobede sig i fødekæde (Københavns Universitet, u.å.) (Hedemans & Strandberg, 2009).

Specielt pesticiders evne til at bioakkumulere i fødekæden er til stor bekymring for menneskers sundhed. Effekten af pesticider på menneskets sundhed kan inddeles i akut sygdom og kroniske sundhedsproblemer. Hvor akut sygdom opstår hvis man udsættes for store mængder pesticid over kort tid eller hvis pesticidet er ekstremt toksisk, de mest almindelige symptomer er nedsat syn, hovedpine, diarré, kvalme, opkast, koma og i værste tilfælde død. Kroniske sygdomme udløst af pesticid eksponering kunne være skade på nervesystemet så som tidlig Parkinsons (Syadrudin, et al., 2021). Risikoen for at udvikle tidlig Parkinson hænger sammen med området mennesker bor i og hvilket arbejde de har. Særligt landbrug arbejdere i intensive landbrug, hvor der bruges pesticider, har tre gange større sandsynlighed for at udvikle tidlig Parkinson, mens personer som bor i områder med intensivt landbrug har 80% større sandsynlighed for tidlig Parkinson, end personer som ikke bor i tæt på intensivt landbrug (Ritz, et al., 2011).

Samtidig har pesticiderne evnen til at efterligne naturlige hormoner i den menneskelige krop hvilket kan reducere kroppens immunforsvar, forstyrre hormonbalancen, reproduktionssystemet kan påvirkes og specielt børns hjerne kan tage skade vis udsat for pesticider (Syadrudin, et al., 2021). På grund af sideeffekterne fra flere pesticider bliver der hele tiden forsket i og udviklet nye bekæmpelsesmidler for at udgå tidligere skadelige effekter (Hedemand & Strandberg, 2009).

4.5.1.2 Pesticider i grundvandet

Allerede i 1980'erne var man opmærksom på at pesticider med bestemte egenskaber har en øget risiko for at udvaske til grundvandet, samt at miljøets sammensætning og den måde pesticiderne bruges, også kan øge risikoen for at de udvaskes til grundvandet (Statens planteavlsforsøg, 1986).

Når pesticider bliver sprøjtet på marker, vil der med regnvand være risiko for at pesticiderne bliver udvasket fra markerne og andre steder hvor pesticider benyttes eller opbevares. De kemiske egenskaber af pesticiderne er altafgørende i forhold til om de havner i grundvandet. Egenskaber så som halveringstid, opløselighed og adsorptionskapacitet er vigtige i denne sammenhæng. Samtidig kan pesticiderne også nedbrydes i forskellig grad da de fleste er organiske stoffer – både mikrobiologiske og kemisk nedbrydelse samt fotolyse kan være med til at nedbryde nogle pesticider. Pesticider der er svært bionedbrydelige, vil have en lang halveringstid og dermed have større risiko/potentiale til at ende i grundvandet sammenlignet med let bionedbrydelige pesticider. Samtidig vil det have stor betydning om pesticiderne har evnen til at adsorbere på partikler i jorden, det vil betyde at pesticider med stor adsorptionsevne vil være

langsommere til at flytte sig gennem jordlagene. Specielt de vandopløselige pesticider udgør en stor risiko for vores grundvand da de nemmere udvaskes. De kan opløses i regnvandet og løbe igennem jordlagene og dermed sive ned til grundvandet (Københavns Universitet, u.å.; Syadrudin, et al., 2021).

Pesticiderne har mulighed for at havne i grundvandet enten via punktkilder eller diffuse kilder. Punktkilder opstår når der fra et afgrænset sted udledes en forurening – det kunne for eksempel være fra en plads hvor der lagres eller lastes kemikalier så som pesticider. Det er meget kendt at pesticider kan ende i grundvandet grundet et spild eller ved forkert bortskaffelse af pesticider. Forurening af grundvandet via en diffus kilde hentyder til bevægelse af pesticider fra større områder der med tiden vil nå grundvandet. Det kunne for eksempel være når landmanden har sprøjtet med pesticider på sin mark som med tiden vil udvaske fra marken og dermed ende i grundvandet. Selvom landbruget er meget store forbruger af pesticider så udgør brugen af pesticider i byer specielt af privatpersoner også en stor kilde til pesticidforurening af grundvandet, specielt insekticider er populære blandt haveejere (Syadrudin, et al., 2021).

4.5.1.3. Regulering af pesticider og lovgivning i Danmark

Eftersom der er observeret flere sideeffekter af brugen af pesticider i miljøet og at man er blevet mere opmærksom på hvordan pesticider kan transporteres til grundvandsmagasiner er der blevet indført flere regulerende tiltag. Flere pesticider igennem tiden blevet forbudt og flere pesticider reguleres da der er strenge krav til mængder (Stasia, et al., 2020). Idet Danmark er en del af EU, reguleres brugen af aktiv stofferne i pesticider gennem deres reglement (Holtze, u.å.; Miljø- og Fødevareministeriet, 2017).

EU's pesticidforordning har inddelt EU-landene i tre zoner. Zoneinddelingerne er sat ud fra lande som har sammenlignelige klimatiske, miljø, landbrugsafgrøde forhold. Dette er for at skabe en bedre harmonisering af tilladte pesticider på tværs af EU-landene, og særligt i de inddelte zoner. Danmark tilhører nordzonen sammen med de nordiske og baltiske lande (Miljø- og Fødevareministeriet, 2017; Miljøstyrelsen, u.å.f). Pesticider skal i Danmark være godkendt af Miljøstyrelsen, før det kan markedsføres og anvendes, men som nævnt skal aktivstofferne i pesticidprodukterne være godkendt af EU først. Her er de særlige hjælpe stoffer i pesticidprodukterne ikke omfattet af godkendelsesordningen i EU, dog kan EU sætte krav til disse stoffer (Miljø- og Fødevareministeriet, 2017).

Godkendelsesprocessen skal gerne sikre, at når godkendte pesticidprodukter bruges efter de forskrevne regler, så ender de ikke i grundvandet. I Danmark er det vandforsyningerne som gennemfører de regelmæssige kontroller, for at sikre at kvaliteten af drikkevandet overholder de forskellige grænseværdier for pesticider. Der er krav til at kontrollen som minimum skal omfatte de stoffer som er oplyst på listen med obligatoriske pesticider og nedbrydningsprodukter, som er beskrevet i bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg (Miljøstyrelsen, u.å.e).

Der kan være visse lokale forhold, som gør at andre stoffer end dem omfattet af den obligatoriske liste kan udgøre en trussel mod grundvandet. I et sådan tilfælde skal der også testes for disse. Det er kommunerne som laver denne vurdering om vandforsyninger skal kontrollere for yderligere pesticider og nedbrydningsprodukter, end de obligatoriske (Miljøstyrelsen, u.å.e).

Der stilles krav til at vandforsyninger der leverer drikkevand og vand til mennesker til husholdningen eller fødevareindustri overholder kvalitetskrav for drikkevandet. Disse drikkevandskvalitetskrav er fastsat i den danske lovgivning (Drikkevandsbekendtgørelsen, 2021; Miljøstyrelsen, u.å.b). I drikkevandsbekendtgørelsen stilles der krav til flere forskellige parametre herunder også koncentrationen er pesticider. Kvalitetskravet for vand på boringsniveau ligger for de fleste stoffer på 0,1 µg/l og det

samlede indhold af pesticider må ikke overstige 0,5 µg/l. Drikkevandsbekendtgørelsen bliver jævnligt revideret og ændret, i slutningen af 2021 blev den nye drikkevandsbekendtgørelse offentliggjort – her blev blandt andet tilføjet tre nye pesticider til listen (Drikkevandsbekendtgørelsen, 2021). Kvalitetskravet på 0,1 µg/l i grundvand er oprindeligt fastsat ud fra den laveste koncentration, der på daværende tidspunkt var muligt at måle. Grænseværdien eller kvalitetskravet er dermed ikke fastsat ud fra en sundhedsmæssig risikovurdering og der skelnes heller ikke mellem de forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter (Miljøministeriet, u.å.).

Der findes flere overvågningsprogrammer for at holde øje med hvordan pesticider og nedbrydningsprodukter herfra havner i grundvandet. Disse er med til at vurdere om drikkevandsbekendtgørelsen skal reguleres eller ændres.

Et af disse er Varslingssystemet til Udvaskning af Pesticider til grundvandet (VAP) som undersøger om godkendte pesticider eller deres nedbrydningsprodukter udvaskes til grundvandet. VAP er et samarbejde mellem GEUS, Miljøstyrelsen og Aarhus Universitet. VAP har seks forsøgsmarker som sprøjtes med pesticider i godkendte doser for at undersøge risikoen for udvaskning af pesticider og nedbrydningsprodukter. Dette gør de ved at følger pesticider og nedbrydningsprodukter fra de sprøjtes på marken og undersøger om de udgør en risiko for grundvandet (Miljøministeriet, u.å.; GEUS, 2020).

Overvågningsprogram GRUMO en del af Miljøstyrelsens Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljø og Natur (NOVANA). GEUS er en del af overvågningsprogrammet og deltager ved at fungerer som fagdatacenter for grundvand og borer. GRUMO har blandt andet til formål at undersøge status og udvikling af grundvandets kvalitet og mængde samt at beskrive den kemiske status og udviklingen i grundvandet så de kan vurdere om det udgør en potentiel trussel mod grundvandet. Grundvandets kvalitet overvåges gennem 1000 overvågningsboringer – såkaldte GRUMO-boringer. Ud over disse 1000 boringer så benyttes der også data fra vandværkernes indvindingsboringer til at overvåge grundvandets kvalitet (GEUS, u.å.c).

4.5.1.4. Pesticider ved Bagterp kildeplads

Nogle af de stoffer som bliver fundet i flere af drikkevandsboringerne, er blandt andet:

- Methyl-tert-butyl ether (MTBE) (Ikke et pesticid)
- 2,6-dichlorbenzamid (BAM)
- N,N-dimethylsulfamid (DMS)
- Desethyldeisopropylatrazin (DEIA)

Methyl-tert-butyl ether (MTBE)

MTBE tilhører indenfor forurening, gruppen organisk mikroforurening ligesom underkategorien pesticider gør, men her går MTBE ind under oliestoffer. MTBE er blevet brugt som additiv til benzin for at hæve benzinens oktantal, og fundene af MTBE i grundvandet stammer hovedsageligt fra utætte tankanlæg (Miljøstyrelsen, 2000).

Årsagen til at MTBE er inddraget, skyldes dens fysisk-kemiske egenskaber, som gør det optimalt som sporstof. For MTBE's struktur gør at det er et polært stof og herved er letopløseligt i vand, samtidig er adsorptionen til organisk materiale lav, og herudover har MTBE en ringe flygtighed når det er opløst i vand. Dette gør, at MTBE stort set transporteres med vandets hastighed og dermed ikke forsinkes på den vej gennem jordlagene og i grundvandet (Harrekilde, Korneliusen, & Nielsen, 2003).

MTBE har en opløselighed på 41850 mg/l ved 20 °C, og har en nedbrydningstid DT_{50} under anaerobe forhold som ikke nedbrydeligt, samt en adsorptionskoefficient på K_{oc} 9,1 (European chemicals agency, u.å.).

2,6-dichlorbenzamid (BAM)

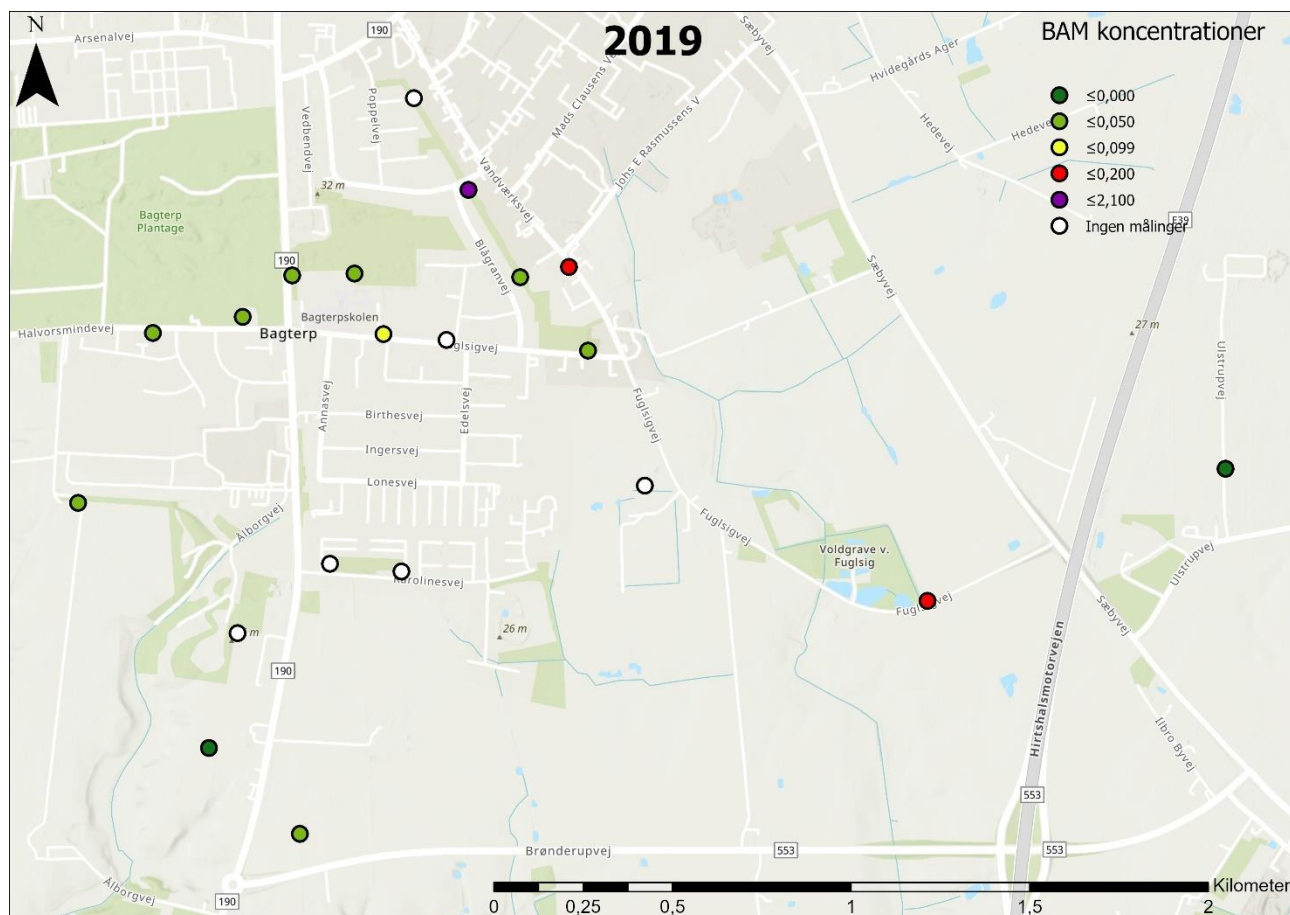
Et af de stoffer som er at finde i 11 af boringerne er nedbrydningsproduktet 2,6-dichlorbenzamid også kaldet BAM. BAM er nedbrydningsprodukt fra pesticiderne dichlobenil og chlorthiamid. Pesticidet anvendes til at bekæmpe ukrudt og falder derfor under gruppen af pesticider kaldet herbicid. Det er blevet andet handlet under navnene Prefix, Casoron G, Prefix G og Prefix Garden. BAM har været anvendt mange forskellige steder på vandværksgrunde, gårdspladser, kolonihaver, stier, veje osv. men hovedsagelig ved bebyggede områder (Clausen, et al., 2003). BAM er blevet brugt i perioden fra 1965 til 1997 (Juhl & Bjerg, 2004).

Moderstofferne til BAM har siden 1997 været forbudt at bruge og er derfor heller ikke længere godkendt til salg i Danmark. Selvom BAM har været forbudt i 25 år findes det stadig i grundvandet i dag. Der kan dog observeres tendenser for at det har været forbudt i mange år da koncentrationen generelt er faldende (Miljøstyrelsen, 2021b; Clausen, et al., 2003).

BAM transporteres nemt med det nedsivende vand gennem jorden, hvor det på et tidspunkt når grundvandet. Grundvandets beskyttelses bliver ofte holdt op mod tykkelsen af lerlaget, men her vil lerlaget kun forsinke BAMs nedsivning mod grundvandet og ikke forhindre det (Juhl & Bjerg, 2004).

BAM bliver betragtet som svagt giftigt i forhold til akvatiske dyr. Derudover er der risiko for forhøjede levervægte, formindsket vægt af afkom, forandringer i blodets sammensætning og formindsket legemsvægt. BAM er også betydeligt mere polært end moderpesticidet dichlobenil og sorptionsegenskaber for BAM er begrænset, samtidig er det særligt mobilt og ikke særlig nedbrydeligt (Clausen, Arildskou, & Larsen, 2. Sorption og nedbrydning af chlorthiamid, dichlobenil og BAM. Data fra litteraturen, 2002).

BAM har en opløselighed på 1830 mg/l ved 20 °C, og har en nedbrydningstid DT_{50} 1194 under aerobe forhold (Thomsen, Bovin, Truelsen, Baun, & Albrechtsen, 2021). adsorptionskoefficient er K_{foc} 40,98 mL/g (University of Hertfordshire, 2021). Da adsorptions værdien K_{foc} er < 50 har MTBE en meget lav adsorption og betragtes som meget mobilt.

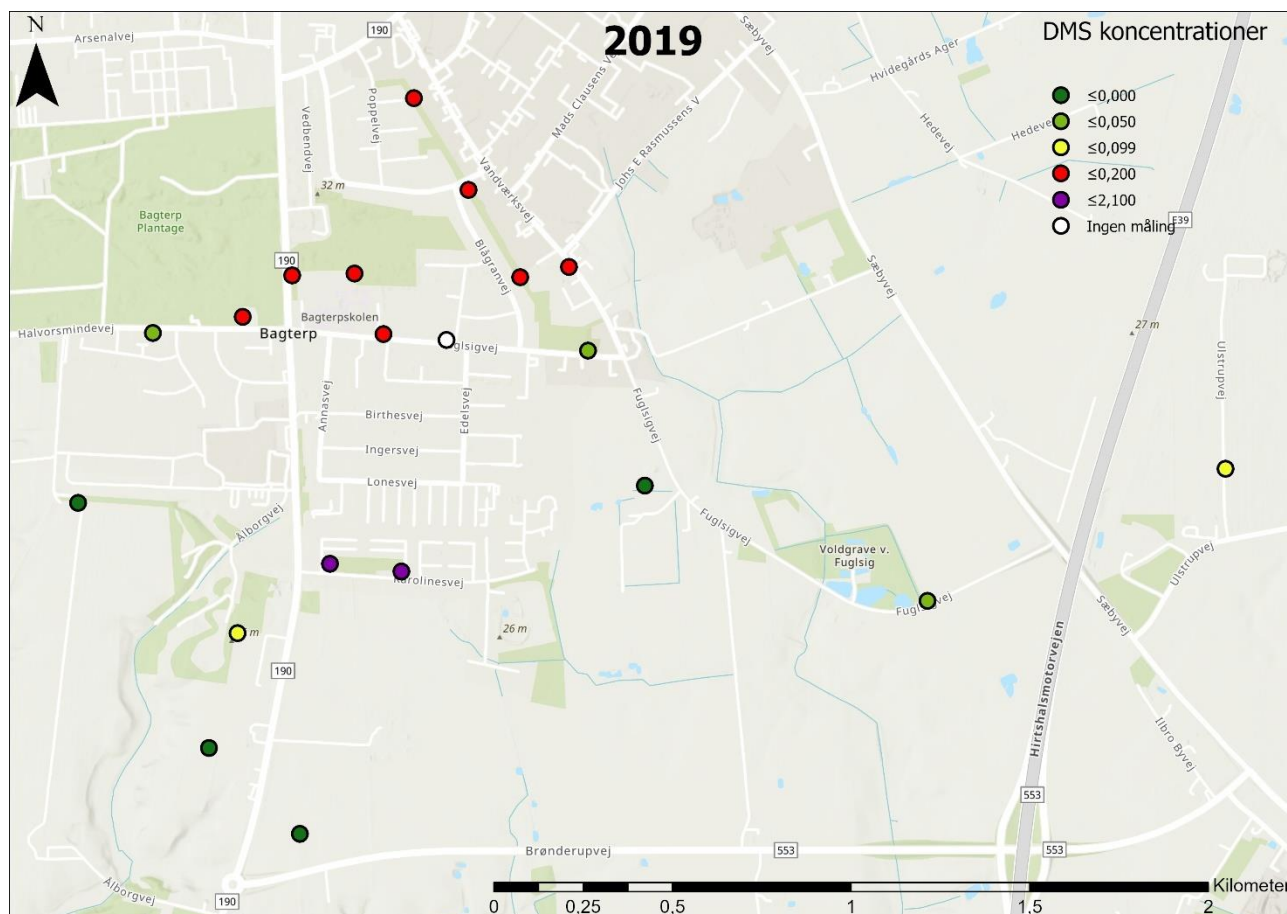


Kort 16: BAM koncentrationer, hvor den mørke grønne repræsenter at der ikke kunne måles en noget altså under detektionsgrænsen, den lyse grønne at der målt en værdi mellem detektionsgrænsen og 0,05 µg/L, den gule at der er målt en værdi mellem 0,05 og 0,099 µg/L altså lige under grænseværdien, den røde er der målt en værdi mellem 0,099 og 0,20 µg/L altså over grænseværdien og den lilla repræsenter en målt værdi mellem 0,20 og 2,10 µg/L altså en overskridelse af grænseværdien på minimum x2

N,N-dimethylsulfamid (DMS)

Et andet stof som går igen ved 13 af borerne er nedbrydningsproduktet N,N-dimethylsulfamid som går under betegnelsen DMS. Dermed er DMS det stof der er hyppigst fundet i borerne ved Bagterp – det er ikke usædvanligt da DMS på landsplan er et af de hyppigst forekommende pesticidstof i de almen vandværks boringskontrol (GEUS, 2019; Miljøstyrelsen, 2021b). Samtidig viser undersøgelser fra GEUS at fundene af DMS hovedsageligt er i bynære områder og Bagterp Kildeplads består af bynære borer (Wallensten, 2019). DMS er nedbrydningsprodukt fra stofferne tolyfluamid og dichlofluamid. De to pesticider har svampedræbende egenskaber og falder derfor under pesticidgruppen biocider. Tolyfluamid har været anvendt i frugt-, bær-, tomatproduktion samt pryplanter og bejsmiddel (1973-2007). Dichlofluamid var også brugt i frugt- og bærproduktion fra 1966-1974, ligeledes har det været brugt i træbeskyttelsesmidler og udendørs maling (1974-1999). I 1999 bliver det forbudt at bruge det i udendørsmaling og træbeskyttelsesmidler og i 2019 blev det forbudt at tilføje det i alt slags maling. Det har dog været muligt at bruge tolyfluamid i maling fra 2018, så længe malingen også indeholder andre aktivstoffer som er under vurdering (GEUS, 2019).

DMS er et meget mobilt stof da det stort set ikke sorberes i jorden – sorptionsevnen af DMS i jord er så lav at den ikke kan bestemmes (GEUS, 2019). DMS har en opløselighed på 140000 mg/l ved 20 °C, og har en nedbrydningstid DT_{50} 699 under aerobe forhold. Adsorptionskoefficienten er K_{foc} 0 (Thomsen, Bovin, Truelsen, Baun, & Albrechtsen, 2021; Roost, et al., 2022).

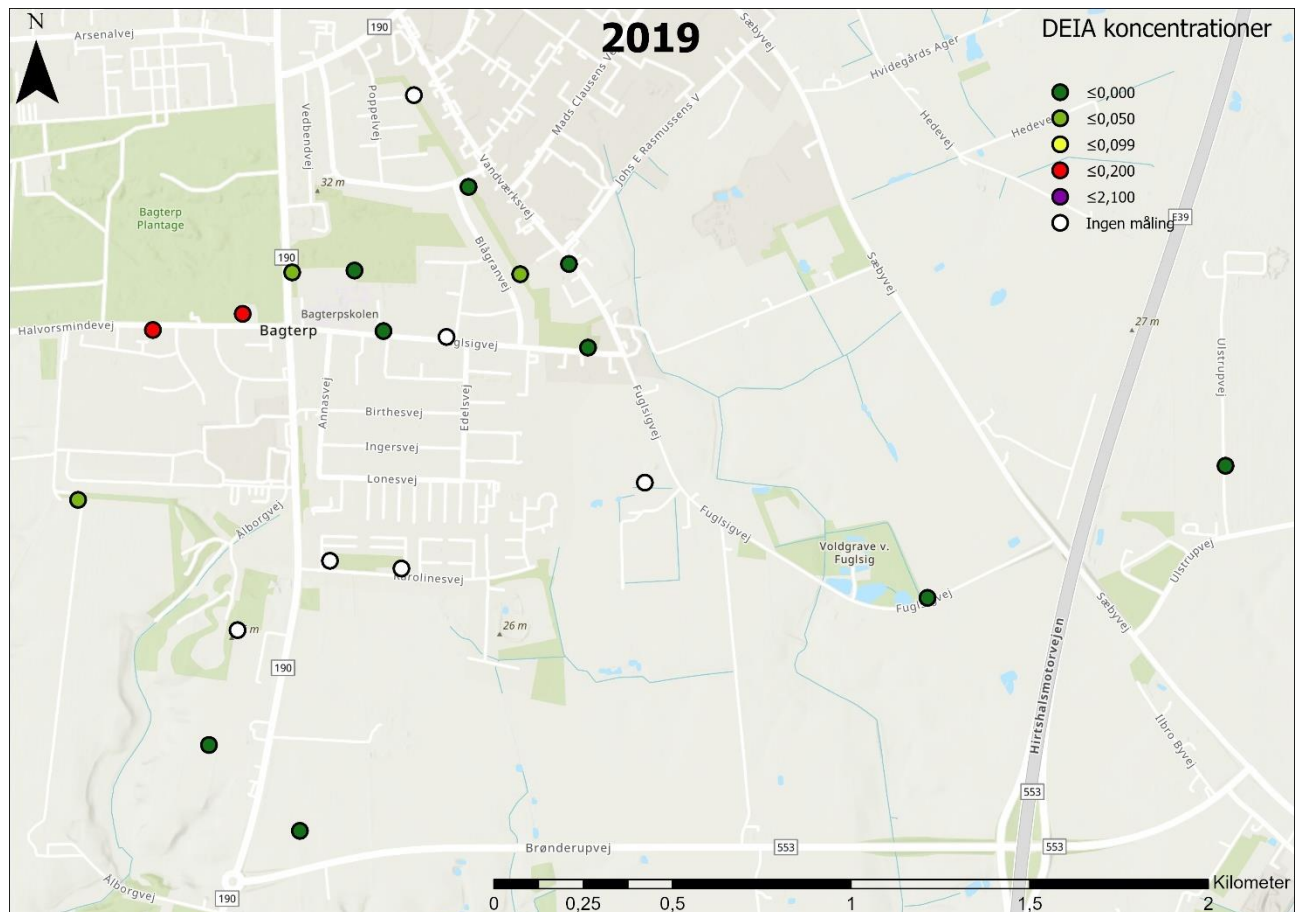


Kort 17: DMS koncentrationer, hvor den mørke grønne repræsenter at der ikke kunne måles en noget altså under detektionsgrænsen, den lyse grønne at der målt en værdi mellem detektionsgrænsen og 0,05 µg/L, den gule at der er målt en værdi mellem 0,05 og 0,099 µg/L altså lige under grænseværdien, den røde er der målt en værdi mellem 0,099 og 0,20 µg/L altså over grænseværdien og den lilla repræsenter en målt værdi mellem 0,20 og 2,10 µg/L altså en overskridelse af grænseværdien på minimum x2

Desethyldeisopropylatrazin (DEIA)

Desethyldeisopropylatrazin forkortet DEIA er nedbrydningsprodukt fra mange forskellige aktiv stoffer som atrazin, terbuthylazin, simazin, cyanazin og formentlig også andre chlortriaziner. Atrazin, terbuthylazin, simazin, cyanazin indgår alle i stofgruppen triaziner. Denne stofgruppe har tidligere været meget anvendt og ikke mindst i landbruget (Brüsch, 2004; Rügge, Tsitonaki, & Tuxen, 2011). Mange af dem har været anvendt som biocider. I dag er mange af dem forbudte. Grundvandsovervågningen udført i 2019 afslørede at triazinerne er blandt de hyppigste fundne nedbrydningsprodukter i grundvandet men ikke så udbredt i vandforsyningsboringer. Af alle triazinerne var DEIA det mest fundne i 10,5 % af GRUMO-indtagene (Thorling, et al., 2021). Der tegner sig et tydeligt billede af at de stoffer som hyppigst findes i grundvandet er udbragt i meget store mængder eller at de er udbragt som totaludryddelsesmidler hvor al vegetation har været uønsket (Stubsgaard, Simonsen, Winther, & Outzen, 2000).

DEIA har en opløselighed på 600 mg/l ved 20 °C og har også en adsorptionskoefficient på K_{ow} 6,44 (Thomsen, Bovin, Truelsen, Baun, & Albrechtsen, 2021).



Kort 18: DEIA koncentrationer, hvor den mørke grønne repræsenter at der ikke kunne måles en noget altså under detektionsgrænsen, den lyse grønne at der målt en værdi mellem detektionsgrænsen og 0,05 µg/L, den gule at der er målt en værdi mellem 0,05 og 0,099 µg/L altså lige under grænseværdien, den røde er der målt en værdi mellem 0,099 og 0,20 µg/L altså over grænseværdien og den lilla repræsenter en målt værdi mellem 0,20 og 2,10 µg/L altså en overskridelse af grænseværdien på minimum x2

5. Samlede kortlægning af Bagterp kildeplads

I dette afsnit analyseres sammenhængen af de fysiske faktorer for Bagterp kildeplads, og hvilken indvirkning de til sammen har på grundvandet. Derudover sammenholdes vandindvindingsmængderne og målte koncentrationer af henholdsvis, MTBE, DEIA, BAM, og DMS for at undersøge om der er en sammenhæng mellem indvindingsmønstret og spredningen.

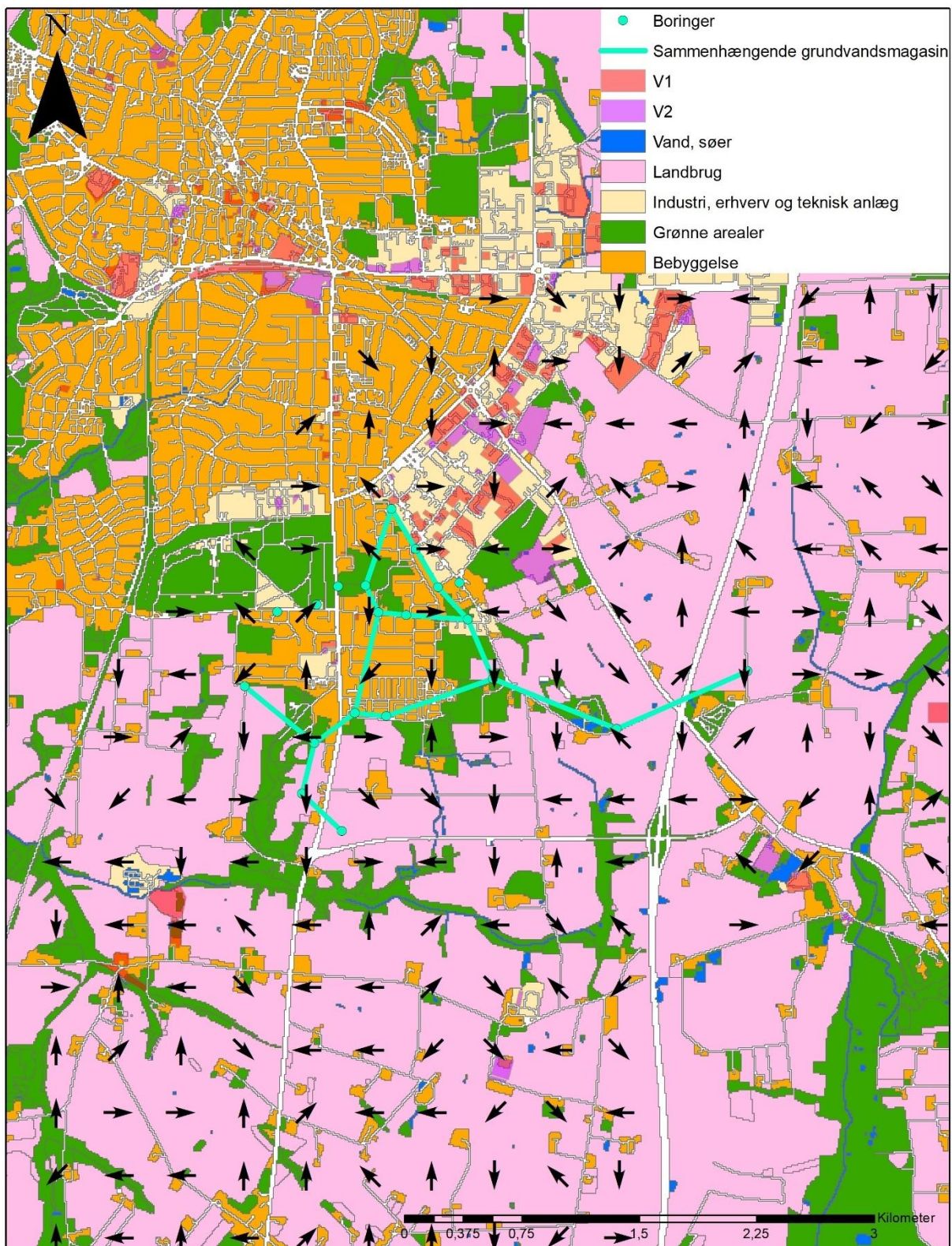
5.1. Fysiske forhold

De tre fysiske faktorer er lagt sammen til ét kort, som det fremgår af

Kort 19. Vandstrømningerne går fra nordøst mod sydvest ved alle borerne, med undtagelse af boringen beliggende længst mod øst. Grundvandsstrømningerne har retning mod det lille tekniske anlæg i sydvest. Det kunne også ses tidligere på Kort 5 at vandet akkumuleres ved det lille tekniske anlæg før det strømmer videre. Arealerne hvor grundvandet dannes bliver anvendt til boliger og industri, og dette er lidt problematisk, når store dele af industriområdet er potentielt forurenet. For V1 områderne er der ikke lavet prøvetagninger af jorden eller grundvandet for at se om de er forurenede, men er baseret på tidligere erhvervsdrivende, hvor der er større risiko for forurening ved nogle typer virksomheder sammenlignet med andre. Dette er en stor ulempe for kildepladsen, da det formodentlig kan være kilde til nogle af de miljøfremmede stoffer. Matriklerne kan ikke frikendes før jordbunden er blevet undersøgt. Der er industri- og erhvervsområdet beliggende opstrøms stort set alle borerne, udtagen boringerne længst mod øst, hvilket er skidt i forhold til eventuel udvaskning fra jordlagene til grundvandet. Det at grundvandet dannes under Hjørring by øger sandsynligheden for udvaskning af pesticider sammenlignet med landbrugsområder, da det organiske jordlag fjernes i forbindelse med anlægsprojekter.

Bliver pesticider eller andre miljøfremmede stoffer først udvasket fra byområdet til grundvandsmagasinet, vil det kunne påvirke langt størstedel af borerne. Dette skyldes, at borerne er forbundet med hinanden. Som det vises på Kort 19, indvinder de fra et sammenhængende grundvandmagasin, og de borerne som ikke er forbundet på kortet, havde ikke en borerapport der viser geologien. Det må antages at samtlige borer inden for Bagterp kildeplads indvinder fra det samme grundvandmagasin, da borerne uden geologisk beskrivelse er beliggende indenfor 500 meter fra de borer hvor der forelægger borerapport. Ved at det er et sammenhængende grundvandmagasin vil borerne kunne påvirke hinanden i henholdt til forureninger og indvindingsarealets størrelse. Samtidig vil det også have stor betydning hvor meget vand der indvindes på de enkelte borer da det vil ændre de omkringliggende grundvandsstrømninger, hvis der fx indvindes meget grundvand på få borer vil det betyde at grundvandet strømmer mod disse borer. Stoppes vandindvindingen på én boring, vil vandet strømme forbi boringen og videre mod den næste, medmindre det er borerne længst mod syd da de ligger i yderkanten af kildepladsen. Forureningerne som bliver fundet i dag, hænger sammen med fortiden arealanvendelse, da det tager en længere årrække inden en forurening er udledt til det kan måles i grundvandet. Den manglede bevidsthed om konsekvenser ved brugen af forskellige kemikalier gennem tiden, har været medårsag det mange af fortidens syndere.

Ved at grundvandet dannes under Hjørring by har Hjørring vandselskab ingen muligheder for at forebygge eventuelle nye forureninger indenfor det grundvandsdannende opland, da det ikke er muligt at opkøbe jorden eller pålægge restriktioner på grundejerne i boligområdet. Dette vil være muligt hvis arealet ikke er bebygget, men i stedet er grønne arealer eller landbrugsområder. Derved giver disse arealer også potentiel bedre beskyttelse i fremtiden, idet der kan indføres restriktioner på brugen af arealerne mod kompensation.



Kort 19: De fysiske faktorer lagt sammen i til et kort

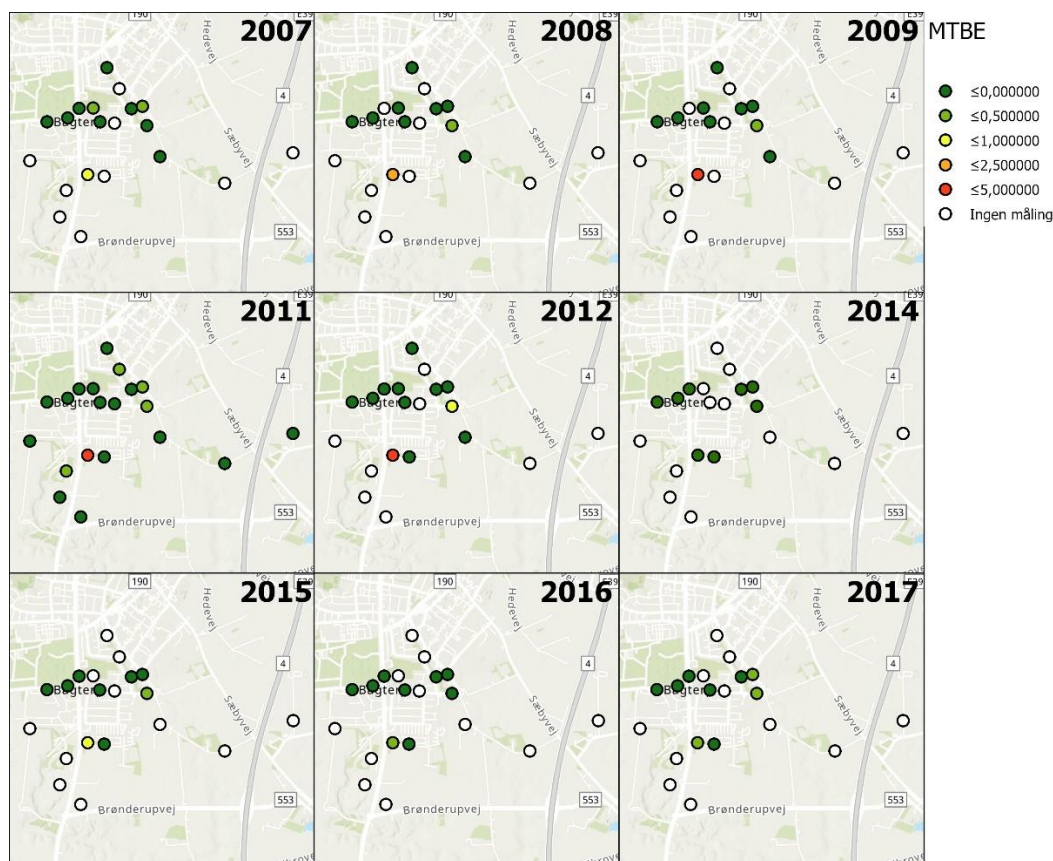
5.2. Tidsserie over pesticider

Her præsenteres de 4 miljøfremmede stoffer - 3 pesticider og 1 et oliestof. Oliestoffet MTBE er valgt på grund af dets fysisk-kemiske egenskaber som vil gøre det optimalt som sporstof, idet MTBE stort set vil følge vandets hastighed, mens de tre pesticider er de mest udbredte pesticider på Bagterp kildeplads. De 4 miljøfremmede stoffer præsenteres i en tidsserie med de målte koncentrationer og vandindvinding, hvor der analyseres på eventuelle sammenhænge.

5.2.1. Tidsserie over MTBE og vandindvinding

Grænseværdien for MBTE er på 5 µg/L, hvilket betyder at alle målingerne af MTBE er under grænseværdien for kemikaliet.

På Kort 20 ses det at, en enkelt boring er i årene fra 2007 til 2011 gul, orange og rød, hvilket kunne indikere, at der er en punktkilde i området, da det kun er i den ene boring og lidt i boringen sydvest for den forurenede boring men ikke i de andre omkringliggende boringer. I boringerne i den nord og nordvestlige del af kildepladsen måles der MTBE i en årrække men så forsvinder forureningen igen.

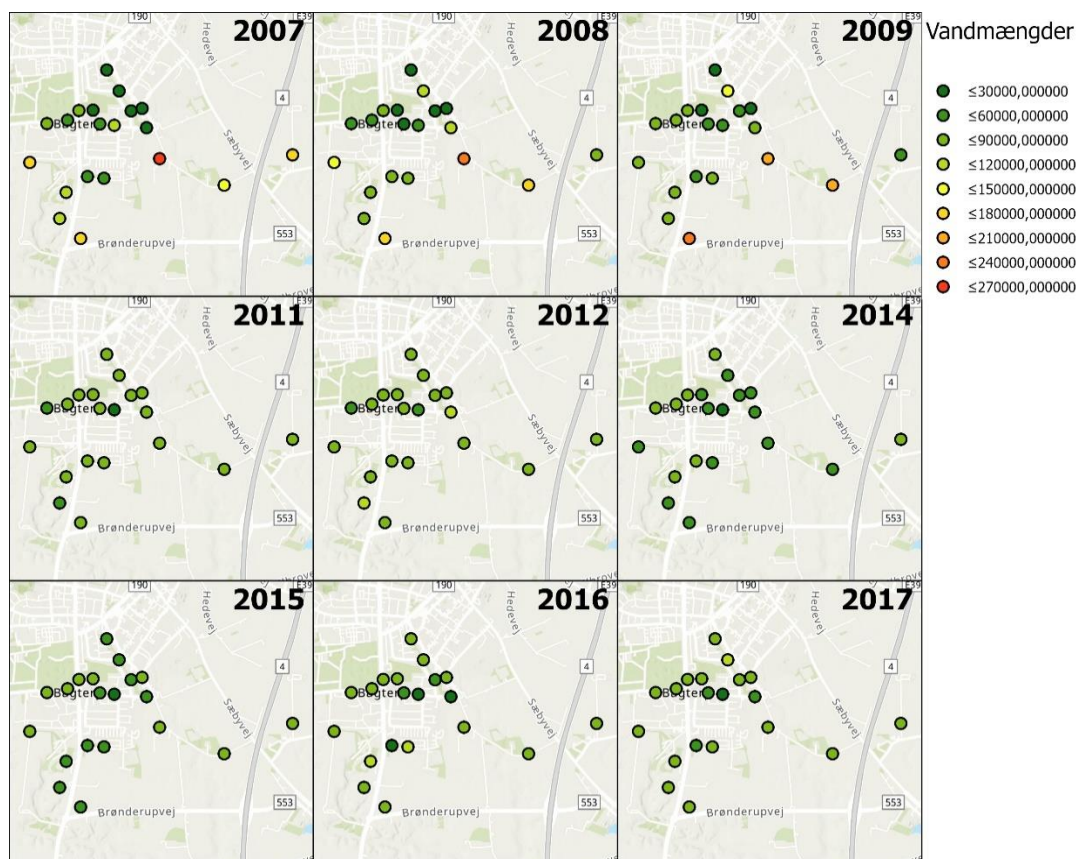


Kort 20: Tidsserie af koncentrationer af MTBE, den mørkegrønne farve repræsenterer under detektionsgrænsen på 0,1 µg/L, den lysegrønne et interval mellem 0,1 og 0,5 µg/L. Den gule repræsenterer mellem 0,5 og 1 µg/L, og den orange mellem 1 og 2,5 µg/L og den røde mellem 2,5 µg/L og grænseværdien på 5 µg/L

På Kort 21 er det tydeligt at vandindvindingsmængderne fra 2007-2009 er differenceret ved at der indvindes i de sydlige og østlige boringer, samt den vestligste boring i 2007 og 2008, mens der indvindes i en af de nordvestlige boringer i 2009. Boringen som er beliggende centralt på kildepladsen indvindes mellem

240000-270000m³ i år 2007, mens det i 2008 er 210000-240000m³ og i 2009 er mellem 180000-210000m³ vand. Hvilket er en stor forskel i forhold til den mængde der indvindes ved de fleste andre borer.

Umiddelbart er der ingen sammenhæng mellem fundet af MTBE og indvindingsmønstret, idet koncentrationen af MTBE ikke ser ud til at sprede sig. Det er en mulighed, at de sydligste borer kan have MTBE, da de ligger nedstrøms for den hårdest ramte boring, men da der ingen målinger er, er det ikke til at vide.

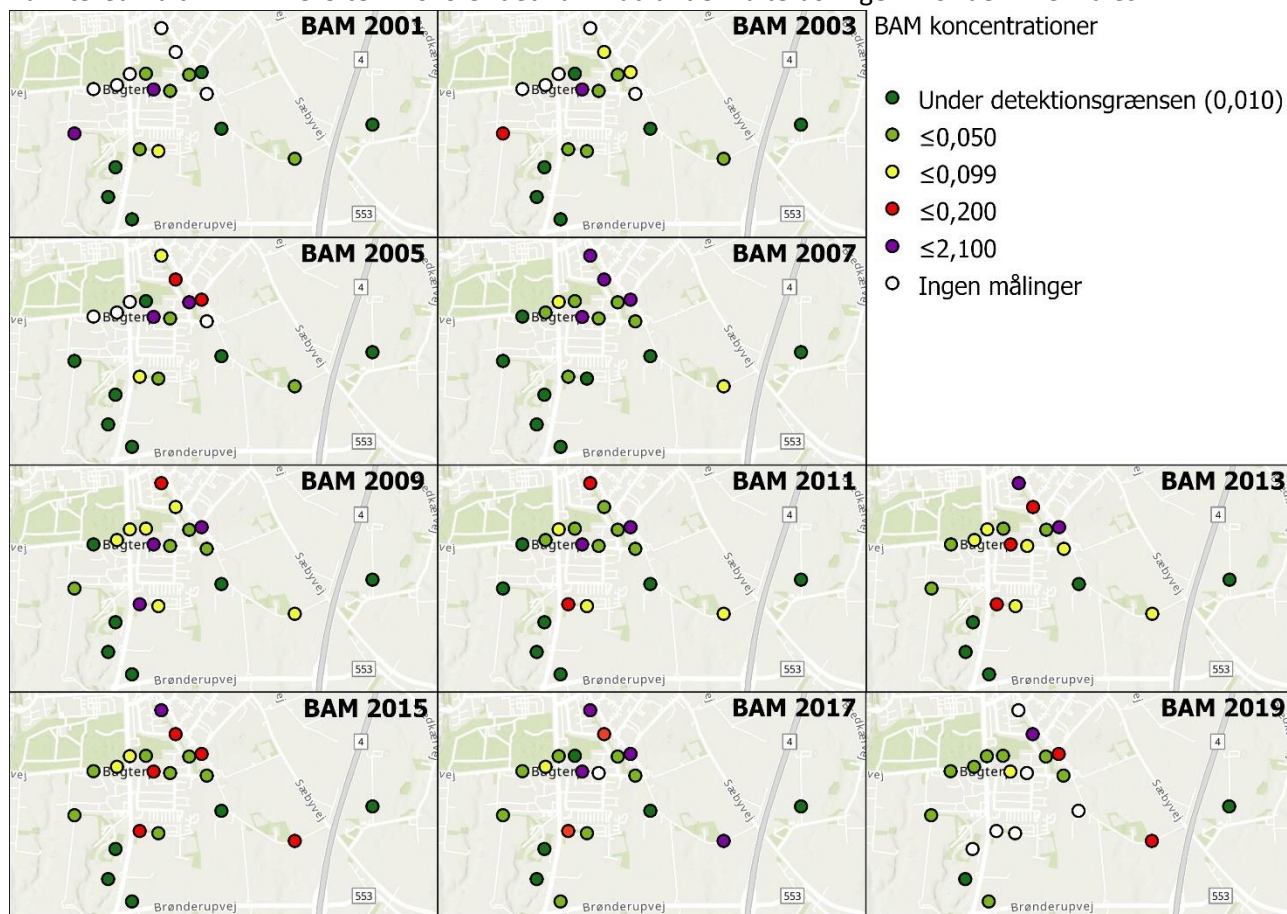


Kort 21: Tidsserie af vandindvindingen

5.2.3. Tidsserie over BAM og vandindvinding

Tidsserien med målinger af BAM strækker sig over en 19-årige periode, hvor hvert andet år er inddraget, hvilket fremgår af Kort 22. Allerede i år 2001 var der store overskridelser af BAM i 2 borer på kildepladsen, mens der var målte koncentrationer under grænseværdien i 6 af borerne. Efterfølgende i 2003 sker der en stigning i målte koncentrationer i den nordøst del af kildepladsen, men målingerne er under grænseværdien, dog er der også 2 borer som overskrider grænseværdien. Herefter er der i 2005 fundet overskridelser på 4 borer i den nordøstlige del af kildepladsen, mens en boring i den vestlige ende som tidligere indeholdt BAM går helt fri. I 2007 måles der endnu højere koncentrationer af BAM i de 4 borer i den nordøstlige del af kildepladsen som allerede tidligere overskred grænseværdien, mens en boring i den vestlige ende af kildepladsen nærmere sig grænseværdien. Herefter i 2009 kommer der overskridelse på en ny boring beliggende central i kildepladsen, mens en boring i den nordlige del kommer under grænseværdien. Samtidig er der på nuværende tidspunkt fundet BAM i alle borer i den nordlige halvdel af kildepladsen med undtagelse af én boring, og samlet set er der fundet BAM i 14 ud af de 20 borer. I 2011 fortsætter overskridelserne på de samme 4 borer som tidligere, mens der i 2013 er overskridelser på 5 borer som alle på et tidligere tidspunkt har haft overskridelser, dertil er det kun 5 ud

af de 20 boringer, hvor der ikke er registreret BAM i. Efterfølgende i 2015 bliver der målt overskridelser på 6 boringer, hvor 4 er beliggende i den nordlige del, en centralt og en ny overskridelse i den østlige del af kildepladsen. Hertil er samtlige boringer i den nordlige halvdel af kildepladsen berørt af BAM, mens det er de 3 boringerne beliggende længst mod syd, en centralt og en helt mod øst som går fri af BAM. I 2017 er der fortsat overskridelser på de samme 6 boringer, mens der samtidig bliver fundet BAM i den sydligste boring. I 2017 er det kun 5 boringer der ikke måles BAM i og hermed er det kun 4 boringer hvor der aldrig har været målt BAM i. Herefter i 2019 er det kun 2 ud af de målte boringer hvor der ikke måles BAM i.



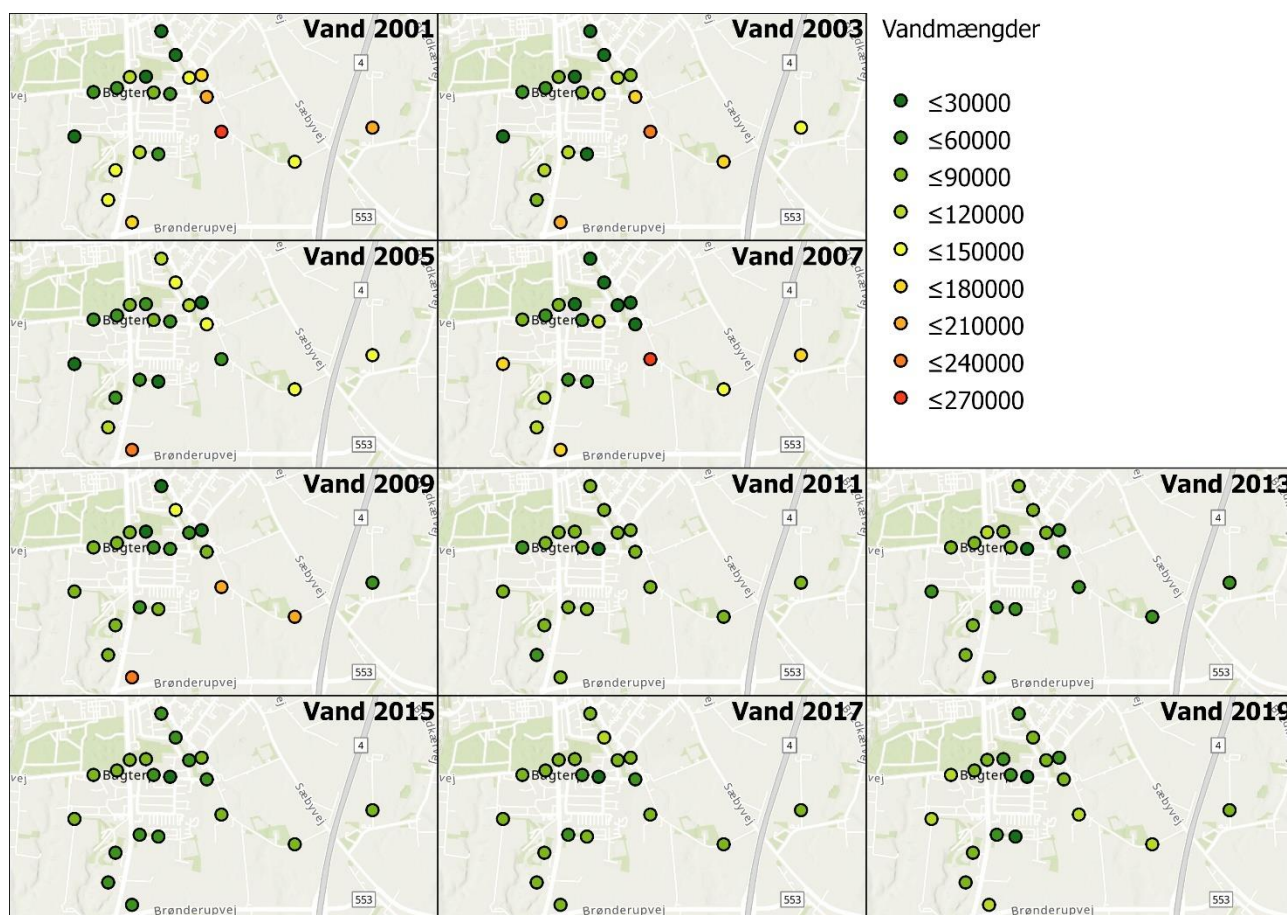
Kort 22: Tidsserie over målte BAM koncentrationer, hvor den mørke grønne repræsenter at der ikke kunne måles en noget altså under detektionsgrænsen, den lyse grønne at der målt en værdi mellem detektionsgrænsen og 0,05 µg/L, den gule at der er målt en værdi mellem 0,05 og 0,099 µg/L altså lige under grænseværdien, den røde er der målt en værdi mellem 0,099 og 0,20 µg/L altså over grænseværdien og den lilla repræsenter en målt værdi mellem 0,20 og 2,10 µg/L altså en overskridelse af grænseværdien på minimum x2

Vandindvindingsmængder var meget differenceret i 2001 med et spænd på næsten 270000 m³ fra den som indvandt mest til den som indvandt mindst, hvilket også fremgår af Kort 23. Indvindingen i 2001 var størst i den østlige og sydlige områder af kildepladsen, hvor det blev indvundet fra 120000 m³ til næsten 270000 på de forskellige boringer. Det efterfølgende år 2003 indvindes der også mest i den østlige del og der indvindes nogenlunde jævnt fra den centrale del mod syd af kildepladsen. Herefter i 2005 indvindes der mest i den østlige, nordøst og den sydlige del af kildepladsen. Derefter i 2007 indvindes der mest på vestlige, sydlige og østlige boringer. Dernæst i 2009 jævnes indvindingsmængderne mere ud over boringerne, men der indvindes stadigvæk mest på de sydøstlige boringer og en enkelt i nord. De efterfølgende år 2011, 2013,

2015, 2017 og 2019 jævnes indvindingsmængderne ud blandt borerne, mens der er lidt mere i periferien end den centrale del af kildepladsen.

Her er et tydelige mønster mellem borerne BAM indtræffer i og hvilke borer indvindingen reduceres de efterfølgende år. I 2001 findes BAM over grænseværdien i 2 borer (markeret med lilla på kort) og under grænseværdien i én boring (markeret med gul på kort) i 2003 reduceres indvindingen markant som følge heraf. Det samme gør sig næsten gældende med de lilla og rød men ikke de gule borer fra 2003, hvor vandindvindingen efterfølgende bliver reduceret i 2005. I 2007 reduceres vandindvindingen på alle de borer der i 2005 er markeret med lilla, rød og gul.

Det samme mønster gør sig gældende med koncentrationsmålingerne fra 2007, hvor de lilla og gule borer har reduceret indvindingen, med udtagelsen af en lilla boring i nordlige ende og en gul i den østlige ende. Fra 2011 differencers vandindvindingsmængderne ikke længere på trods af en del overskridelser af grænseværdierne i 2009 og alle de efterfølgende år. Det som nok ligger til grund for en mere jævn indvindingsmængde, er tilladelse i 2009 til at bruge aktivt kul som videregående vandbehandling, til at rense BAM fra vandet inden det når ud fra vandværket.



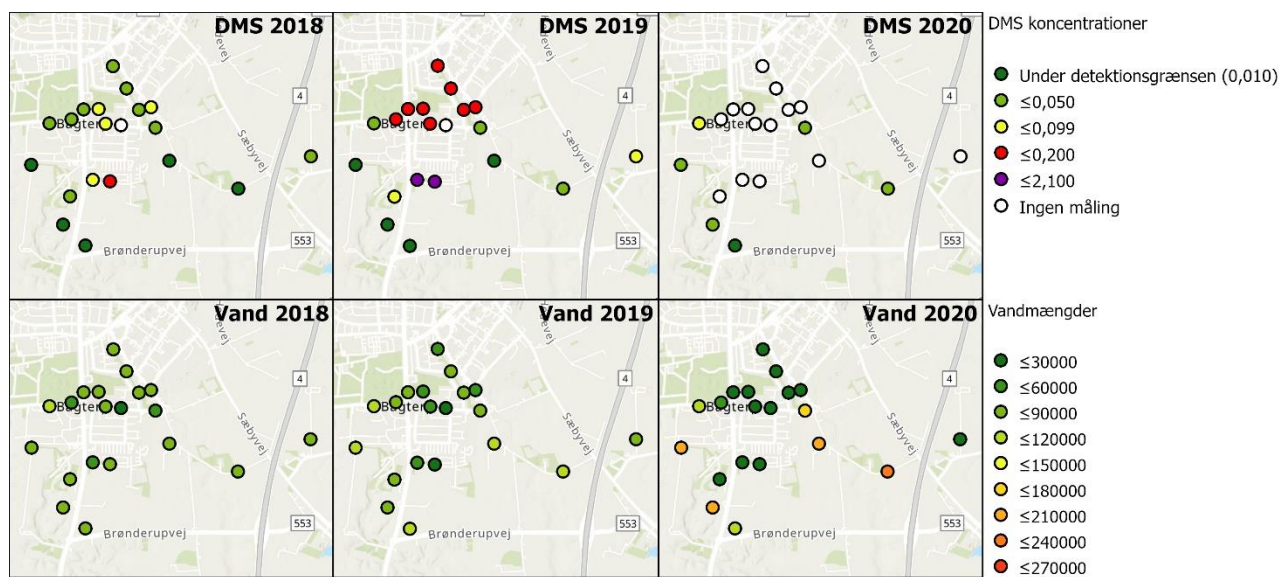
Kort 23: Tidsserie over vandindvindingen

5.2.4. Tidsserie over DMS og vandindvinding

Tidsserien for DMS går ikke særligt langt tilbage, idet der er et nyere miljøfremmet stof som man er begyndt at teste for, derfor går tidsserien kun tilbage til 2018, som det fremgår af Kort 24. Allerede i 2018

bliver der målt DMS i alle borerne i den nordlige halvdel af kildepladsen, mens der er en enkelt overskridelse af grænseværdien på en boring beliggende centralt på kildepladsen. Ud af de 19 målinger bliver der fundet DMS i de 14, mens 5 går helt fri og én boring er der ingen måling på. Året efter i 2019 sker en stor stigning i antallet af overskridelser af grænseværdien på borerne, hvor de 10 borer hvoraf 2 boring overskrider grænseværdien gange 2. Det efterfølgende år 2020 er ingen målinger lavet på de 10 borer som overskred grænseværdien, samt der er 2 boring hvor intet DMS kan måles. Ud af de borer hvor der blev foretaget målinger i 2020 blev der fundet DMS i 5 ud af 6. Så mange af de borer der ikke er målt på i 2020 er borer der i 2019 overskred grænseværdien for DMS, det er meget sandsynligt at disse stadig indeholder DMS i 2020 også, hvilket vil svare til at der findes DMS i 16 ud af 20 borer.

Vandindvindingen i 2018 er nogenlunde jævnt fordelt mellem borerne, med en enkelt boring central i kildepladsen med mindre indvundne vandmængder. Året efter i 2019 sænkes de indvundne vandmængder yderligere ved borerne central beliggende i kildepladsen, mens indvindingen øges ved borer beliggende i periferien mod vest, syd og øst. Det efterfølgende år 2020 reduceres indvindingen til et minimum eller helt ved borerne beliggende i den nordlige og centrale ende af kildepladsen, samt længst mod øst. Samtidig forøges indvindingen kraftig i den østlige, sydlige, og vestlige del af kildepladsen. Der er et tydeligt mønster mellem indvindingsmængder og målte koncentrationer, for alle gule borerne som var lige under grænseværdien og den røde boring som var over grænseværdien i 2018 bliver vandindvindingen reduceret året efter i 2019. Det samme gør sig næsten gælden for alle de målte koncentrationer i 2019, som var over grænseværdien de røde og de lilla som var mindst 2x overgrænseværdien, samt gule der var lige under grænseværdien bliver alle reduceret til minimum eller fuldstændigt året efter i 2020. Disse borer som reduceres meget i 2020 foretages der heller ikke nye målinger af.

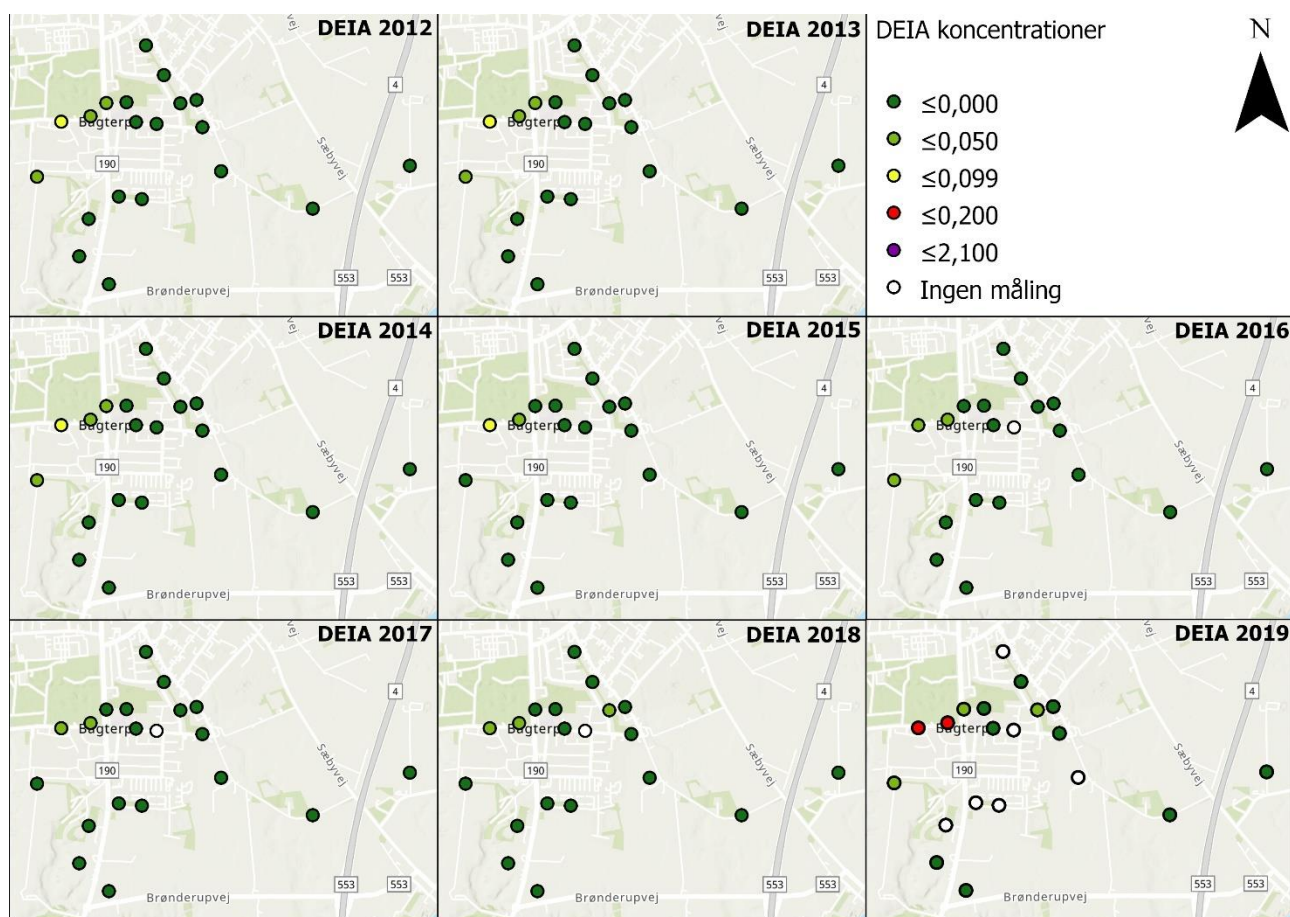


Kort 24: Øverst er en tidsserie over DMS koncentrationer, hvor den mørke grønne repræsenter at der ikke kunne måles en noget altså under detektionsgrænsen, den lyse grønne at der målt en værdi mellem detektionsgrænsen og 0,05 µg/L, den gule at der er målt en værdi mellem 0,05 og 0,099 µg/L altså lige under grænseværdien, den røde er der målt en værdi mellem 0,099 og 0,20 µg/L altså over grænseværdien og den lilla repræsenter en målt værdi mellem 0,20 og 2,10 µg/L altså en overskridelse af grænseværdien på minimum x2. Nederst er en tidsserie over vandindvinding

5.2.2. Tidsserie over DEIA og vandindvinding

Ud fra tidsserien af målte DEIA koncentrationer på Kort 25, viser det at der i 2012 var målt koncentrationer af DEIA i fire borer i den nordvestlige del af kildepladsen, og her en boring hårdere ramt af DEIA end de andre tre borer. Efterfølgende sker der et mindre fald i antallet af borer som har målt DEIA i 2015, så det bliver i to borer. Året efter i 2016 bliver det fundet i tre borer, som der også tidligere var fundet DEIA i, men den højeste koncentration er nu lavere, hvor det i 2017 bliver fundet DEIA i to borer. I 2018 har DEIA spredt sig og bliver fundet i en ny boring som ikke tidligere har registreret det og bliver fundet i alt i tre borer. Det efterfølgende år, 2019, bliver der målt værdier som overskrider den tilladte grænseværdi på to borer, samtidig er der også en stigning i antallet af borer hvor DEIA bliver målt, så det går fra tre borer til fem.

Over den otteårige årrække som er vist på Kort 26, bliver DEIA fundet i de nordvestlige borer, men spreder sig længere øst på, mens den målte koncentration i en årrække falder, bliver der i slutning af tidsserien målt høje koncentrationer af DEIA i to borer hvilket er en stor stigning som også betyder at de to borer overskrider den tilladte grænseværdi.

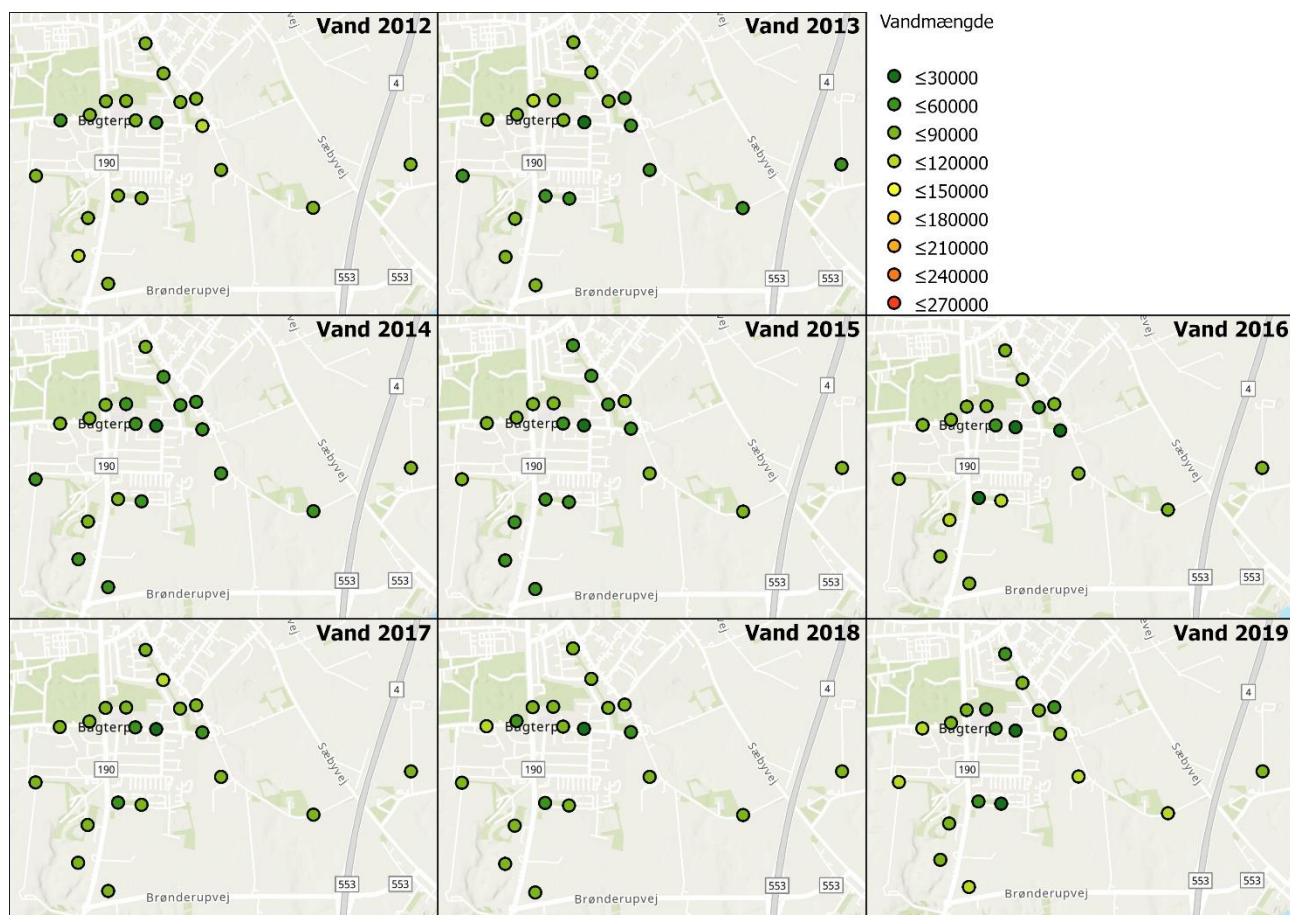


Kort 25: Tidsserie over målte DEIA koncentrationer, hvor den mørke grønne repræsenter at der ikke kunne måles en noget altså under detektionsgrænsen, den lyse grønne at der målt en værdi mellem detektionsgrænsen og 0,05 µg/L, den gule at der er målt en værdi mellem 0,05 og 0,099 µg/L altså lige under grænseværdien, den røde er der målt en værdi mellem 0,099 og 0,20 µg/L altså over grænseværdien og den lilla repræsenter en målt værdi mellem 0,20 og 2,10 µg/L altså en overskridelse af grænseværdien på minimum x2

Indvindingsmængder fra en 8-årige årrække fra 2012-2019 viser at indvindingen er nogenlunde jævn fordelt mellem borerne, hvor indvindingen i 2012 er næsten jævn. I 2013 indvindes en smule mere ved

boringerne i nord, vest og syd. Året efter i 2014 er det nord, vest og længst mod øst hvor der indvindes en smule mere, mens der i det efterfølgende år, 2015, indvindes mest i de nordvest og sydøstlige boringer. I årene 2016, 2017, 2018 og 2019 indvindes der mest på boringerne i periferien af kildepladsen, så de centralt beliggende boringer indvindes der mindst på, med mindre variationer.

Her er ingen mønster mellem fundene af DEIA og indvindingsmængder idet der indvindes jævnt på boringerne i den vestlige ende af kildepladsen hvor koncentrationerne af DEIA bliver målt.



Kort 26: Tidsserie over vandindvindingen

5.3. Fremskrivning mod år 2030

Fremskrivning mod år 2030 ser foruroligende ud, på grund af de mange forskellige miljøfremmede stoffer der allerede er fundet i boringerne, men også nylige fundne miljøfremmede stoffer. Samtidigt vil vandindvindingsmønstret forværre situationen, idet strategien med at reducere vandindvindingen til et minimum eller helt stoppe vandindvindingen på boringer, hvor nye miljøfremmede stoffer som DMS registreres, kan have negative effekter på de resterende boringer som ikke indeholder DMS. Dette skyldes at alle boringerne indvinder vand fra et sammenhængende grundvandsmagasin, og boringerne som overskrider grænseværdien for DMS er alle beliggende opstrøms for de sydlige boringer. Så forureningsfanen af DMS vil helt naturligt transporteres i den sydlige retning, og denne transport vil blive øget, når vandindvindingen ved de nordlige boringer reduceres til et minimum samtidig med at den hæves ved de sydlige boringer. Samtidig giver det sammenhængende grundvandsmagasin DMS fri mulighed for at

transporteres videre i sandlaget hen til den næste borings filterindtag. Idet der ikke foretages en afværgepumpning ved de hårdt påvirkede boringer, til at holde stoffet i ave, vil koncentrationen af DMS spredes over et større areal.

Det er samtidigt problematisk, at den allerede videregående vandbehandling som udføres på Bagterp vandværk ikke kan fjerne DMS fra vandet, så det eventuelle indvundne DMS strømmer igennem anlægget og videre ud til forbrugerne. Dette skyldes nogle af de fysisk-kemiske egenskaber DMS besidder, at stoffets sorption er ikke eksisterende, altså sker der ingen absorption, hvor molekylet binder til et andet materiale, eller adsorption, hvor det binder sig til overflader. DMS' evne til ikke at binde sig til organiske stoffer, gør det problematisk i forhold til nedbrydning som hovedsageligt forgår i det organiske jordlag. DMS' adsorptionskapaciteten til organiske stoffer giver en indikation af at kulfiltre har svært ved at fjerne DMS, og dermed vil være overflødigt i forhold til at fjerne det. Derudover har DMS en meget lang nedbrydningstid under aerobe forhold, hvilket gør stoffet meget persistent, og derved ikke bare forsvinder når det først er i grundvandet.

Først registreres DMS over grænseværdien i 1 boring og året efter i 10 boringer. Denne voldsomme eskalering og hastighed hvormed DMS indtræffer i boringerne på Bagterp Kildeplads kunne tyde på at der muligvis er en fladekilde forurening fra bolig- og industriområdet. Dette er nemlig typisk når koncentrationen af et stof optræder i mange boringer på samme tid som det gør sig gældende med DMS ved Bagterp Kildeplads. Forureningsfanen vil bevæge sig syd på i grundvandsmagasinet i forhold til grundvandsstrømningerne, hvor det indenfor en årrække vil blive registret i de sidste boringer. Koncentrationen som vil komme til at indtræffe i de sydlige boringer, afhænger af intensiteten af forureningsfanen, og fortyndingen af koncentrationen inden den når de sydlige boringer. Med det nuværende indvindingsmønster er det uundgåeligt at DMS ikke vil blive fundet i alle boringerne, når de indvinder fra det samme grundvandsmagasin.

I forhold til udviklingen af BAM indenfor kildepladsens boringer, har forureningen været meget vedholdende i den 19-årige periode som er kortlagt, hvor koncentrationen falder og stiger igen på flere af boringerne. Samtidigt har der gennem hele perioden været overskridelser, der er over 2 gange grænseværdien på mindst 1 boring, men nogle gange helt op til 4 boringer. Idet fundene af BAM er meget vedholdende på størstedelen af kildepladsen, betyder det at der har været en jævn nedsivningen af BAM gennem jordlagene, indtil det blev forbudt for 25 år siden. Forureningen af BAM ligner en fladekilde forurening fra boligområdet nord for kildepladsen, som har spredt sig til boringerne i midten af kildepladsen på grund af grundvandsstrømnings retningen, men også med hjælp fra det ændret indvindingsmønster. Tages hele den 19-årige tidsserie af BAM i betragtning, vil stoffet også være at finde i boringerne fremover, men vil også blive fundet i alle de sydlige boringer indenfor et år eller to. De sydlige boringer har været forskånet indtil fornyeligt, og årsagen til de nye fund kan hel sikkert tildeles det ændret indvindingsmønster.

Udviklingen af DEIA fundene over en 8-årige periode som er kortlagt, bliver hovedsageligt fundet i den vestlige ende af kildepladsen, mens resten af kildepladsen er forskånet. Hvor det stammer fra grønne areal, plantagen, eller det tilstødende tekniske anlæg som tilhørende militæret. I forhold til hvordan forureningen af DEIA indtræffer i boringerne, tyder det på at det stammer fra en punktkilde tæt på. Da den målte koncentration er høj på få boringer indenfor et lille areal. Da DEIA har en lav adsorption evne, vil det også være meget mobilt i sin transport gennem jordlagene og i grundvandet. I forbindelse med den ændret vandindvinding vil de høje koncentrationer af DEIA også blive fundet i boringerne nedstrøms for de hårdt ramte boringer, indenfor få år.

I året 2030 vil kildepladsen stadigvæk være påvirket af pesticider, baseret på hvornår brugen er ophørt for de forskellige aktivstofferne i pesticidprodukterne. Der er skyld i at man finder nogle af de miljøfremmede stoffer som metabolitten DMS, som vil blive fundet i niveauer over grænseværdien på store dele af kildepladsen. Sandsynligheden for at der opdages flere miljøfremmede stoffer, som er problematiske på kildepladsen, er stor i takt med at den obligatoriske pesticidliste som analyseres for udvides.

6. Diskussion

Bagterp vandværks mulighed for at opretholde Bagterp kildeplads kan se noget dystert ud, i takt med nye fund af pesticidrester i boringerne indenfor kildepladsen. Det giver Bagterp vandværket en vanskelig position, når vandet skal leve op til kvalitetskriterierne i drikkevandsbekendtgørelsen, hvor de skal overholde gældende lovgivende grænseværdi for pesticidrester i drikkevandet. Hvor den nuværende videregående vandbehandling med kulfiltre ikke er tilstrækkeligt, når nye stoffer som DMS dukker op i grundvandet. Det vil kræve en yderligere vandbehandling end den som bruges på vandværket i dag, for at kunne rense sig ud af forureningen. Dette vil være nødvendigt for at kunne overholde kvalitetskriterierne for drikkevandet i fremtiden med de nuværende boringer på kildepladsen. For rensningen er essentielt for at opnå den rette kvalitet af drikkevandet inden det forlader Bagterp Vandværk, særligt når der blev fundet 15 forskellige pesticidrester fordelt på de 20 forskellige boringer. Uden rensningen af drikkevandet vil det kunne blive nødvendigt at fortynde sig ud af problemet med vand fra andre kildepladser som Bredkær, inden drikkevandet sendes ud til forbruger. Det at fortynde sig ud af grænseværdier vil kunne skabe flere tillidsspørgsmål mellem forbrugere og Hjørring vandselskab, hvis forbrugerne tror vandet er fri for miljøfremmede stoffer. Da alle vandselskaber drives efter at de skal hvile i sig selv princippet, skal nye tiltag være økonomisk rentabelt, i forhold til andre løsninger og muligheder.

Problematikken omkring de mange fund af pesticidrester er, at der sker en stigning i antallet af fund i boringer på Bagterp kildeplads. Hvilket hænger sammen med at flere pesticidrester tilføjes til den obligatoriske pesticidliste som vandværkerne skal teste for. Det gør også, at det kun er de pesticidrester som der analyseres for, der også forekommer målinger på. Derfor er det også sandsynligt, at der kan være flere miljø fremmede stoffer i vandet, end det analyseres for. Dem som der ikke analyseres for, kan der heller ikke tages foranstaltninger mod, men det er ikke sikkert der vil være andre miljøfremmede stoffer i grundvandet. Alle de stoffer som vil være i grundvand, kunne blive afklaret med "non-target" analyser, men det vil så kræve at der er meget store databaser over alle stoffer. Det vil være en ekstra omkostning for forbrugeren, da der ikke er lovkrav til at teste for andre stoffer eller udføre "non-target" analyser er det ikke muligt for forsyningerne at foretage disse da nødvendigheden skal kunne retfærdiggøres over for forbrugeren.

De manglende målinger er ret afgørende for, hvor god kortlægningen af tilstanden af kildepladsen kan laves, for manglende målinger giver huller i kortlægningen, når tilstanden kortlægges. De manglede målinger gør det vanskeligt, at evaluere den samlede tilstanden af drikkevandet i grundvandsmagasinet ved boringerne. Da det ikke vides om tilstanden forværres, stagnerer eller bliver bedre, da det ikke er muligt at sammenligne med tidligere målinger. Uden målinger på boringerne vil det være svært at konkretisere, hvilket område der er påvirket på kildepladsen, hvis det miljø fremmede stof dukker op i en prøve fra afgangsvandet på Bagterp vandværk. Målingsintervallet kan være problematisk i forhold til hvor hurtigt der sættes ind over for nye fund eller meget højre koncentrationer i boringerne, men også det reelle billede af tilstanden. Helt idealt set vil målinger for hvert år give den bedste føling med kildepladsens tilstand, og derved muligheden for at korrigere indsatsen for sikre boringerne så godt som muligt.

Den hidtil anvendte metode med reduktion af vandindvindingen, når nye miljøfremmede stoffer indtræffer i boringerne, kan ikke være hensigtsmæssigt, idet vandindvindingen hæves med den reducerede vandmængde på de resterende boringer. Dette vil kun skabe en endnu større sænkningstragt mod de resterende boringer, så trykniveauforskellen bliver større og derved trækker grundvandet mod boringen fra et endnu større areal. Derved transporteres vandet med miljøfremmede stoffer mod de ikke ramte boringer, og her er der flere forskellige faktorer som bestemmer hastigheden af det miljøfremmede stof. Her er det i særlig høj grad jordens struktur og det miljøfremmede stofs fysiske-kemiske egenskaber som

bestemmer hastigheden, mens trykniveauforskellen har en meget lille betydning. Her vil det kun være en estimering af jordens sammensætning ud fra borerapporternes beskrivelse af geologien da borerne blev etableret. Den er vigtig for helt konkret at kunne vurdere om det er muligt for det miljøfremmede stof at transporteres fra den ene boring til den næste. Her gør det en forskel om det er grovsand eller finsand, da vandafgivelsen er større for grovsand end den er for finsand, da porerne mellem partiklerne er større og herved giver mulighed for en større transport af vandet. Sammen med geologien er de fysisk-kemiske egenskaber for det miljøfremmede stof afgørende for transporten af stoffet, det vil være med til at bestemme om det sorberer til organiske materiale, om det er letopløseligt i vandet, og hvor hurtigt det nedbrydes eller om det overhoved kan nedbrydes. Det er vigtigt at have med for at kunne fastslå om den spredning som observeres i kortlægningen, er en nedsivning eller spredning i grundvandsmagasinet. Sker spredningen i grundvandsmagasinet vil koncentrationen også fortyndes desto mere det transporteres væk fra forureningskilden. Ud fra indvindingsmønstret og den manglende afværgepumpning vil der være spredningen i grundvandsmagasinet.

Grundvandet som indvindes ved Bagterp kildeplads dannes hvor Hjørring by er beliggende, dette gør variationen af miljøfremmede stoffer som kan nedsive til grundvandet stor. Da forureningerne kan stamme fra erhverv og industriens tidligere syndere, men også husejernes uforsigtige brug af bekæmpelsesmidler og militæret uforsigtige brug af kemikalier. Dertil kan der være materialer som har fået tilsat midler, som kan afgives når det regner, hvorved det trænger ned i jord, et eksempel herpå er maling. Netop maling kan være en af de store bidragene til DMS fundene ved borerne beliggende inden boligområderne, for to lag maling beskytter naturligvis bedre end et lag. Det kan blive udvasket fra materialet over tid, hvorefter det nedsiver mod grundvandet. For at determinere omfanget af kilden til forureningen ville det kræve en inddragelse af flere borerne som også indvinder grundvand fra samme grundvandsmagasin. Hvorved et større areal vil blive afdækket, men det vil også være en mere bekostelig affære, idet der skal foretages analyse af alle de inddragede borer. Selvom det også er vandboringer, behøver der ikke være lavet analyser af vandet de seneste år, da det er indvindingsmængden som afgør hyppigheden af prøver som analyseres. Det er højst sandsynligt det som gør sig gældende ved Bagterp kildeplads borer, når indvindingen reduceres til minimum niveau foretages der heller ikke nogen analyser på de borer.

Bagterp kildeplads position som nøglekildeplads til Bagterp vandværk i forsyningsnetværket ved Hjørring vandselskab, ser ud til at til at blive gradvis mindre over tid i takt med at mindre vand indvindes fra Bagterp kildeplads. Det ses sammen med at borerne tages ud drift, helt sløjfes eller reducere vandindvindingsmængden til et minimum niveau. Der flere årsager til at borerne sløjfes, som blandt andet forurening, boringen alder, reduceret ydelseskapaletet eller noget helt andet. Bagterp kildeplads daterer langt tilbage, så redueringen af antallet af borer hænger til dels også sammen med at de ældes borer er blevet sløjfet først, samtidigt kan der også være flere årsager.

Med de nuværende kildepladser er Bagterp kildeplads en nødvendighed for at forsyne Hjørring vandselskabs forbruger med vand. For at kunne erstatte vandet fra Bagterp Kildeplads skal en ny kildeplads etableres, men dette er en meget bekostelig og tidskrævende proces. Denne proces vil helt sikkert blive fremrykket, hvis det ikke lykkes at kunne fjerne DMS fra vandet inden de sidste borer bliver ramt, fordi de vil have svært ved at overholde kvalitetskriterierne for drikkevand. Afværgepumpning ser ud til at være den bedste løsning for at holde de resterende borer under grænseværdien, men dette kræver en tilladelse til at udlede det DMS holdige grundvandet til en å. Dette vil kræve en prioritering i kommunens forvaltning som er ansvarlig myndighed i sådan en situation.

7. Konklusion

Hvordan kan Bagterp vandværk opretholde Bagterp kildeplads i dag og i fremtiden, i takt med at der bliver fundet flere pesticider i flere af borerne?

På grund af nye vanskelige pesticider, er det allerede svært at opretholde den fulde drift på Bagterp kildeplads i dag, idet den obligatoriske liste for miljøfremmede stoffer der testes for, jævnligt bliver udvidet. Dette gør, at der højst sandsynligt vil blive opdaget flere nye miljøfremmede stoffer i fremtiden. Det er her, at vanskelige pesticider som DMS udfordrer opretholdelsen af de enkle borerne, idet DMS besidder nogle fysisk-kemiske egenskaber som gør at det er problematisk for Bagterp vandværk overhovedet at fjerne DMS gennem deres videregående vandbehandling, hvor kulfiltre bruges til at adsorbere de miljøfremmede stoffer. Den nuværende justering af vandindvindingsmængderne på de allerede hårdt ramte borerne og de ikke ramte borerne er problematisk, da de reducerede indvindingsboringer som er hårdt ramt af DMS er beliggende opstrøms de ikke ramte borerne. På grund af grundvandsstrømningerne, vil dette indvindingsmønster skabe problemer i fremtiden for borerne der ligger nedstrøms, de allerede ramte borerne. For det sammenhængende grundvandsmagasin mellem alle borerne gør, at forureningen som registreres på én boring opstrøms vil have mulighed for at indtræffe en anden boring nedstrøms over tid. Idet der ikke foretages nogen afværgpumpning på nogen af de borerne der har fået reduceret vandindvindingsmængden, vil DMS sprede sig til nye borerne nedstrøms. Dette vandindvindingsmønster er også set tidligere med BAM, hvor det hovedsageligt også blev fundet i de nordlige borerne i starten, mens differentieringen i vandindvindingsmønstret har transporteret forureningen af BAM længere mod syd. For at overholde lovkravene til drikkevandskvalitet og samtidig opretholde Bagterp kildeplads, blev der for 13 år siden introduceret kulfiltre på Bagterp vandværk for at fjerne BAM fra drikkevandet. Den efterfølgende periode med jævnt fordelte vandindvindingsmængde har holdt BAM forholdsvis i ave, ligesom det er tilfældet med DEIA. For spredningen af DEIA nedstrøms i sydlig retning har ikke været tilfældet under den jævne vandindvinning.

For at bibeholde og opretholde de resterende borerne på Bagterp kildeplads, skal en afværgpumpning foretages på hård ramte borerne i midten af kildepladsen, men også de borerne der i forhold til grundvandsstrømningen, ligger opstrøms de ikke ramte borerne. Det skal være med til at sikre forureningen af DMS ikke indtræffer lige så kraftigt i de borerne i udkanten af kildepladsen. Ved den fortsatte brug af drikkevandet fra Bagterp kildeplads, er det nødvendigt at være indstillet på at mindre mængder af DMS under grænseværdien vil være at finde i drikkevandet, idet spredningen mellem borerne allerede vil være sket, men det er et spørgsmål om tid i forhold til hvor høj koncentrationen vil være, hvis der ikke foretages nogen afværgpumpningen. For afværgpumpningen vil kunne suge det forurenede grundvand op, og derved mindske omfanget af spredningen for DMS.

Den eneste mulighed for at opretholde hele Bagterp kildeplads på nuværende tidspunkt, er gennem opblandingen af de forurenede vand med rent vand, og derved beregne sig ud af, hvor meget vand som må bruges fra hver boring. På sigt kan denne løsning være svær at opretholde, hvis koncentrationerne i borerne bliver for høje, i forhold til grænseværdien på 0,1 µg/L.

Opretholdelsen af Bagterp kildeplads i fremtiden, vil kræve en ibrugtagning af en avanceret vandbehandlingsteknologi som målrettede vil kunne fjerne problematiske stoffer som besidder lignede fysisk-kemiske egenskaber som DMS.

De manglende målinger gør at det reelle omfang af påvirkningen fra DMS ikke kendes med sikkerhed, så eventuelle indsatser ikke kan målrettes præcis nok.

Referencer

- Bach, J., Rikskov, U., & Gravesen, P. (2001). *Udvidet geologi og grundvand*. ISBN: 87-7944-827-5 : Miljøstyrelsen.
- Badawi, N. (u.d.). *VAP-marker*. https://pesticidvarsling.dk/?page_id=37 Sidst set 6. Oktober 2022
- Bloetscher, F. (2014). *Groundwater* (4. udg.). ISBN 978-1-58321-964-5: American Water Works Association.
- Brodam, C. (13. Januar 2021). *Nyt fra det unikke danske varslingssystem for udvaskning af pesticider til grundvandet (VAP)*. <https://agro.au.dk/aktuelt/nyheder/vis/artikel/nyt-fra-det-unikke-danske-varslingssystem-for-udvaskning-af-pesticider-til-grundvandet-vap> Sidst set 6. Oktober 2022
- Brüsch, W. (26. December 2004). Pesticid- og bakterieforurenede vand i små private vandforsyninger. *Miljø og sundhed*(26), s. 35-36.
- Clausen, L., Arildskou, N. P., & Larsen, F. (2002). 2. Sorption og nedbrydning af chlorthiamid, dichlobenil og BAM. Data fra litteraturen. I *Nedbrydning og sorption af dichlobenil og BAM-litteraturopsamling samt laboratorieforsøg* (s. 13-22). ISBN: 87-7972-331-4: Miljøstyrelsen.
- Clausen, L., Kagstrup, T., Christensen, T. J., Corfitzen, C., Albrechtsen, H. J., & Arvin, E. (2003). 2. Pesticider, aktivt kul og grundvand. I *Rensning af grundvand med aktivt kul for BAM og atrazin* (s. 19-27). ISBN: 87-7972-980-0: Miljøstyrelsen.
- Dahl, F., & Løkkegaard, K. (2000). Bilag 9. Ultra- og mikrofiltrering. I *Central oparbejdning af galvanisk affald* (s. 87-90). ISBN: 87-7944-227-7: Miljøstyrelsen.
- Danmarks Miljøportal. (u.d.). Hentet fra Arealdata, Danmarks Miljøportal: <https://arealdata.miljoportal.dk/?categories=Jordforurening> Sidst set 6. Oktober 2022
- Danmarks statistik. (u.å.). *PEST2: Det samlede pesticidsalg efter pesticidtype og måleenhed*. <https://www.statistikbanken.dk/PEST2> Sidst set 6. Oktober 2022
- Danske Regioner. (24. 9 2021). *Flere kilder til pesticidforurening i grundvand og drikkevand*. <https://www.regioner.dk/services/faktuelt/2021/flere-kilder-til-pesticidforurening-i-grundvand-og-drikkevand> Sidst set 6. Oktober 2022
- Danske regioner. (2022). *Danmarks generationsforureninger*. <https://storymaps.arcgis.com/stories/2279b5b1b2d746428fda77a84c8a82ae> Sidst set 6. Oktober 2022
- Dataforsyningen. (u.d.). Hentet fra Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur: <https://www.dataforsyningen.dk/> Sidst set 6. Oktober 2022
- Drikkevandsbekendtgørelsen. (26. November 2021). *Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg*. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2021/2361> Sidst set 6. Oktober 2022
- Duer, A. C. (2020). *Kvaliteten af det danske drikkevand - For perioden 2017-2019*. ISBN: 978-87-7038-251-9: Miljøstyrelsen.
- Elkjær, L., Hansen, H. O., Ludvigsen, L., Juhl, M. M., Skougaard, M., & Kirkegaard, C. (2002). 8. Håndtering af BAM-forurening på vandværker. I *Pesticider og vandværker. Udredningsprojekt om BAM-forurening* (s. 101-113). ISBN: 87-7972-324-1: Miljøstyrelsen.

- European chemicals agency. (u.å.). *tert-butyl methyl ether*. <https://echa.europa.eu/da/substance-information/-/substanceinfo/100.015.140> Sidst set 6. Oktober 2022
- GEUS. (28. Februar 2019). *Forekomst af N,N-dimethylsulfamid (DMS) og 1,2,4-triazol i de almene vandværkers boringskontrol*. <https://www.geus.dk/media/7694/geusnotat-05-va-19-dms-og-triazol.pdf> Sidst set 6. Oktober 2022
- GEUS. (20. Maj 2020). *20 år med det unikke danske Varslingssystem for udvaskning af pesticider i grundvandet (VAP)*. <https://www.geus.dk/om-geus/nyheder/nyhedsarkiv/2020/maj/vap> Sidst set 6. Oktober 2022
- GEUS Jupiter databasen. (u.d.). Hentet fra GEUS:
https://data.geus.dk/geusmap/?mapname=jupiter#baslay=baseMapDa&optlay=&extent=553121.3552903018,6363262.973109985,566988.7730218405,6369719.989491232&layers=jupiter_boringer_ws&filter_0=kode%3D%26dgunr%3D%26anlaegsnavn.part%3D%26dybde.min%3D%26dybde.max%3D Sidst set 6. Oktober 2022
- GEUS. (u.å.b). *Pesticider i grundvandet*. <https://www.geus.dk/udforsk-geologien/vi-de-jordbundne/geologisk-udforskning-af-danmark-arbejde-og-historie/pesticider-i-grundvandet> Sidst set 6. Oktober 2022
- GEUS. (u.å.c). *Grundvandsovervågning*.
<https://www.geus.dk/vandressourcer/overvaagningsprogrammer/grundvandsovervaagning> Sidst set 6. Oktober 2022
- GEUS. (u.å.d). *Anlægsrapport - Bagterp Vandværk*.
<https://data.geus.dk/JupiterWWW/anlaeg.jsp?anlaegid=71361> Sidst set 6. Oktober 2022
- Gravesen, P., & Kelstrup, N. (2001). *Grundlæggende geologi og grundvand*. ISBN: 87-7944-819-4: Miljøstyrelsen.
- Haitjema, H. M., & Mitchell-Bruker, S. (24. August 2005). Are Water Tables a Subdued Replica of the Topography? *National Groundwater Association, Issue 6*, s. 781-786.
- Hansen, L. (1976). *Jordtyper ved Statens Forsøgsstationer*. Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.
- Harrekilde, D., Korneliusen, P., & Nielsen, J. (2003). *Risikovurdering af MTBE-forurening i forhold til grundvandet*. ISBN 87-7972-532-5: Miljøstyrelsen.
- Hedemand, T., & Strandberg, M. (2009). *Pesticider - påvirkninger i naturen* (1 udg.). ISBN 978-87-7070-147-1: Forlaget Hovedland.
- Hjørring Vandselskab. (Maj. 21 2022). *Drikkevand*. <https://hjevand.dk/drikkevand-2/> Sidst set 6. Oktober 2022
- Hjørring Vandselskab. (u.å.). *Vores Vandværker*. <https://hjevand.dk/vores-vandvaerker/> Sidst set 6. Oktober 2022
- Holtze, M. S. (u.å.). *Regulering af pesticider og biocider i Danmark og EU. Hvordan fungerer reguleringen generelt? Hvad kan myndighederne i Danmark gøre, og hvad kan EU gøre?*
https://www.miljoeogressourcer.dk/filer/lix/5095/Maria_Sommer_Holtze__Milj__styrelsen.pdf Sidst set 6. Oktober 2022

- Illinois State Geological Survey. (u.d.). *ArcGIS*. Hentet fra <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=68948b2c453547cf943860164f9c45a7#> Sidst set 6. Oktober 2022
- Iversen, C. H., Lauritsen, L. U., Nyholm, T., & Kürstein, J. (2008). *Udpegning af indvindings- og grundvandsdannende opland (Del 1)*. ISBN 978-87-7871-226-4: GEUS.
- Johnsen, A. R. (5. Januar 2022). *Forekomst af pesticidstoffer i de almene vandværkers boringskontrol for perioden 1/1-2021 til 31/12-2021*. <https://www.geus.dk/Media/637770755464063466/BK%202021%20Q4%20pesticider.pdf> Sidst set 6. Oktober 2022
- Johnsen, A. R. (u.å.a). *Opgørelser over pesticidstoffer i de almene vandværkers boringskontrol*. <https://www.geus.dk/vandressourcer/vandkvalitet/grundvandskvalitet/opgoerelser> Sidst set 6. Oktober 2022
- Juhl, M. M., & Bjerg, B. (April 2004). 2. BAM-forurening i Danmark. I *Økonomisk vurdering af forskellige strategier til at imødegå BAM-problemer på vandværker* (s. 19-22). ISBN: 87-7614-227-2: Miljøstyrelsen.
- Jupiter national boringsdatabase*. (u.d.). Hentet fra GEUS: <https://data.geus.dk/JupiterWWW/index.jsp> Sidst set 6. Oktober 2022
- Jürgensen, D. L. (2. Marts 2022). Bagterp Kildeplads. (A. P. Christiansen, Interviewer)
- Karlsen, E., Sørensen, I., Karlby, H., Ramsay, L., Nielsen, J. O., Bai, W., . . . Jacobsen, P. (2014). *Vandforsyning* (3. udg.). ISBN: 978-87-571-2799-7: Nyt Teknisk forlag.
- Kokkegård, H. (2018). *Danmark fortynder sig ud af pesticidproblemet - er det tid til at rense vandet?* <https://ing.dk/artikel/danmark-fortynder-sig-ud-pesticidproblemet-tid-at-rende-vandet-213951> Sidst set 6. Oktober 2022
- Københavns Universitet. (u.å.). *Pesticider og cocktaileffekt*. <https://grundvandet.ku.dk/biologi/pesticider-og-cocktaileffekt/> Sidst set 6. Oktober 2022
- Köser, C. (2011). *Properties of Sealing Materials in Groundwater Wells*. Aalborg Universitet.
- Larsen, G. (2013). *Det danske grundvand i Naturen i Danmark*. https://naturenidanmark.lex.dk/Det_danske_grundvand Sidst set 6. Oktober 2022
- LBST*. (u.d.). Hentet fra Landbrugsstyrelsen: <https://landbrugsgeodata.fvm.dk/> Sidst set 6. Oktober 2022
- Lerner, D. N., & Harris, B. (December 2009). The relationship between land use and groundwater resources and quality. *Land Use Policy. Volume 26, Supplement 1*, s. 265-273. ISSN: 0264-8377.
- Miljø- og Fødevarerministeriet. (Oktober 2017). *Pesticidstrategi 2017-2021*. ISBN: 978-87-7120-898-6.
- Miljøministeriet. (20. Februar 2020b). *Første massescreening af grundvandet er afsluttet*. <https://mst.dk/service/nyheder/nyhedsarkiv/2020/feb/resultatet-af-massescreening-af-grundvand-2019/> Sidst set 6. Oktober 2022
- Miljøministeriet. (2022). *Kortlægning af udfordringer ift. Danmarks grundvand*. Miljøministeriet.

- Miljøministeriet. (u.å.). *Pesticider - om godkendelse og regulering af pesticider*.
<https://mim.dk/ministeriet/i-nationens-tjeneste/pesticider/> Sidst set 6. Oktober 2022
- Miljøstyrelsen & Krüger A/S. (2019). *Vejledning om videregående vandbehandling*. ISBN: 978-87-7038-113-0: Miljøstyrelsen.
- Miljøstyrelsen. (September 1995). *Tetrachlormethan B-værdi: 0,005 mg/m³*.
<https://mst.dk/media/94268/tetrachlormethan.pdf> Sidst set 6. Oktober 2022
- Miljøstyrelsen. (September 1996a). *Chloroform B-værdi: 0,02 mg/m²*.
<https://mst.dk/media/94212/chloroform.pdf> Sidst set 6. Oktober 2022
- Miljøstyrelsen. (September 1996b). *1,2-Dichlorethener B-værdi: 0,4 mg/m³*.
<https://mst.dk/media/94216/1-2-dichlorethener.pdf> Sidst set 6. Oktober 2022
- Miljøstyrelsen. (2000). Stoffet MTBE - en trussel mod vores grundvand. *Faktuelt nr. 33*.
- Miljøstyrelsen. (December 2002a). *Benzen - Jordkvalitetskriterium: 1,5 mg/kg jord - Jord, afdampningskriterium: 0,00013 mg/m³*. <https://mst.dk/media/92409/Benzen%20dec2002.pdf>
 Sidst set 6. Oktober 2022
- Miljøstyrelsen. (December 2002b). *Trichlorethylen Jordkvalitetskriterium: 5 mg/kg jord*.
<https://mst.dk/media/92462/Trichlorethylen%20dec2002.pdf> Sidst set 6. Oktober 2022
- Miljøstyrelsen. (2006). *Metoder til fastsættelse af kvalitetskriterier for kemiske stoffer i jord, luft og drikkevand med henblik på at beskytte sundheden*. ISBN: 87-7052-182-4: Miljøstyrelsen.
- Miljøstyrelsen. (2018). *Status for drikkevandsboringer 2017*. <https://mst.dk/media/170706/status-for-drikkevandsboringer-2017.pdf> Sidst set 6. Oktober 2022
- Miljøstyrelsen. (2020). *Vejledning om boringsnære beskyttelsesområder (BNBO)*. ISBN: 978-87-7038-195-6: Miljøstyrelsen.
- Miljøstyrelsen. (26. Marts 2021a). *Overvågning af flere stoffer i drikkevandet*.
<https://mim.dk/nyheder/2021/mar/overvaagning-af-flere-stoffer-i-drikkevandet/> Sidst set 6. Oktober 2022
- Miljøstyrelsen. (22. Juni 2021b). *Pesticider i grundvandet*.
<https://miljøtilstand.nu/temaer/vandforsyning/pesticider-i-grundvandet/> Sidst set 6. Oktober 2022
- Miljøstyrelsen. (27. Januar 2021c). *Nyt stof fundet i grundvandet*.
<https://mst.dk/service/nyheder/nyhedsarkiv/2021/jan/nyt-stof-fundet-i-grundvandet/> Sidst set 6. Oktober 2022
- Miljøstyrelsen. (u.å.a). *Dugfriske fakta om det danske drikkevand*.
https://mst.dk/media/114983/faktaark_dansk.pdf Sidst set 6. Oktober 2022
- Miljøstyrelsen. (u.å.b). *Drikkevand*. <https://mst.dk/natur-vand/vand-i-hverdagen/drikkevand/> Sidst set 6. Oktober 2022
- Miljøstyrelsen. (u.å.c). *Kilder til forurening af grundvandet*. <https://mst.dk/natur-vand/vand-i-hverdagen/grundvand/kilder-til-forurening/> Sidst set 6. Oktober 2022

- Miljøstyrelsen. (u.å.d.). *Generationsforureningerne*. <https://mst.dk/affald-jord/jordforurening/generationsforureningerne/> Sidst set 6. Oktober 2022
- Miljøstyrelsen. (u.å.e.). *Hvad kontrolleres drikkevandet for?* <https://mst.dk/natur-vand/vand-i-hverdagen/drikkevand/kontrol-af-drikkevand/hvad-kontrolleres-drikkevandet-for/> Sidst set 6. Oktober 2022
- Miljøstyrelsen. (u.å.f.). *Zone- og interzone samarbejde*. <https://mst.dk/kemi/pesticider/godkendelse-af-pesticider/zone-og-interzone-samarbejde/> Sidst set 6. Oktober 2022
- Musovic, S. (u.å.). *Afprøver lovende metoder til at fjerne pesticidrester i drikkevand*. <https://www.teknologisk.dk/ydelser/afproever-lovende-metoder-til-at-fjerne-pesticidrester-i-drikkevand/42802> Sidst set 6. Oktober 2022
- Naturstyrelsen. (u.å.). *Bilag 1 til: Statslig udmelding til vandplanernes retningslinjer 40 og 41 i forhold til byudvikling og anden ændret arealanvendelse i Områder med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD) og indvindingsoplande*.
- Olsen, J., Westergaard, A.-M., Laurbak, M. M., Pedersen, J. R., Poulsen, M. L., & Jespersen, K. (2019). *Regionernes arbejde med jordforurening 2018*. Danske Regioner.
- Refsgaard, J. C., Henriksen, H. J., Nilsson, B., Rasmussen, P., Kronvang, B., Skriver, J., . . . Hoffmann, C. C. (2002). *Vidensstatus for sammenhængen mellem tilstanden i grundvand og overfladevand*. ISBN: 87-7972-158-3: Miljøstyrelsen.
- Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer. (u.å.). *Pesticiddatabase*. <https://www.miljoeogressourcer.dk/pesticiddata/pesticiddatabase.php> Sidst set 6. Oktober 2022
- Ritz, B., Wang, A., Costello, S., Cockburn, M., Zhang, X., & Bronstein, J. (7 2011). Parkinson's disease risk from ambient exposure to pesticides. *NIH-PA Author Manuscript*, s. 547–555. doi:10.1007/s10654-011-9574-5
- Roost, S., Tsitonaki, K., Nielsen, A. K., Bjerg, P. L., Mosthaf, K., Fjordbøge, A. S., . . . Thorling, L. (2022). *Skelnen mellem pesticidkilder*. ISBN: 978-87-7038-400-1: Miljøstyrelsen.
- Rügge, K., Tsitonaki, K., & Tuxen, N. (2011). *Pesticider i grundvand, litteraturstudium vedr. mulige afværgeteknikker*. ISBN: 978-87-92779-38-0: Miljøstyrelsen.
- Silhorko. (u.å.). *Nanofiltrering for moderat tilbageholdelse af salte i vandet*. <https://www.silhorko.dk/dk/vandbehandlingsanlaeg/membranfiltrering/nanofiltreringsanlaeg> Sidst set 6. Oktober 2022
- Stasia, A., Pyper, M., Henderson, K., Jereb, S., Törneling, C., Oliveira, P., . . . Venckevičienė, D. (2020). *Bæredygtig anvendelse af plantebeskyttelsesmidler: Der er kun sket begrænsede fremskridt med hensyn til at måle og mindske risici*. <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/pesticides-5-2020/da/> Sidst set 6. Oktober 2022
- Statens IT. (u.d.). Hentet fra Statens IT, login: anonymous, password:: <https://sit-ftp.statens-it.dk> Sidst set 6. Oktober 2022
- Statens planteavlsforsøg. (1986). *Pesticider - Forbrug, fordele, ulemper, fremtidsperspektiver*. Statens planteavlsforsøg.

- Stubsgaard, E., Simonsen, J. G., Winther, P., & Outzen, S. (2000). *Pesticidanvendelser i forskellige brancher*. ISBN: 87-7944-254-4: Miljøstyrelsen.
- Syadrudin, M., Kristanti, R. A., Yuniarto, A., Hadibarata, T., Rhee, J., Al-onazi, W. A., . . . Al-Mohaimed, A. M. (2021). Pesticides in Drinking Water - A Review. *Environmental Research and Public Health*, Volume 18, nr 2.
- Thomsen, A. H., Bovin, E. K., Truelsen, S. F., Baun, A., & Albrechtsen, H. J. (2021). *Rensningsmuligheder for pesticider - med fokus på aktivt kul og membraner*. ISBN: 978-87-7038-350-9: Miljøstyrelsen.
- Thorling, L., Ditlefsen, C., Ernstsen, V., Hansen, B., Johnsen, A. R., & Trolborg, L. (2021). *Grundvandsovervågning - Status og udvikling 1989-2019*. ISBN: 978-87-7871-539-5: GEUS.
- University of Hertfordshire. (10. marts 2021). *2,6-dichlorobenzamide (Ref: AE C653711)*. <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/817.htm> Sidst set 6. Oktober 2022
- University of Hertfordshire. (22. September 2022). *PPDB: Pesticide Properties DataBase*. <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz.htm> Sidst set 6. Oktober 2022
- Villumsen, B. (2012). *Videregående vandbehandling*. ISBN: 978-87-7279-391-7: Naturstyrelsen.
- Wallensten, C. (4. Marts 2019). *Tidligere brug af træeskyttelse og maling mistænkt for at forurene grundvandet*. <https://mst.dk/service/nyheder/nyhedsarkiv/2019/mar/tidligere-brug-af-traebeskyttelse-og-maling-mistaenkt-for-at-forurene-grundvandet/> Sidst set 6. Oktober 2022
- Wang, X. (1989). *The Relationship of Land Use and Groundwater Quality: A Case Study of Rhode Island*. University of Rhode Island.

Bilag

Tabel A

Tabellen over boringslokationerne og dybden på dem.

dgunr	boring_top_DVR90	boring_bund_DVR90	UTM_koordinater	UTM_koordinater	Datum_UTM-zone	boring_dybde
5.736	27,98	-15,52	560.432,12	6.366.571,15	EUREF89 , zone 32	43,5
5.1763	25,9	-24,1	560.622,24	6.366.366,03	EUREF89 , zone 32	50
5.533	27,5	-22,5	560.569,30	6.366.599,75	EUREF89 , zone 32	50
5.64	27,5	-8,5	560.226,53	6.366.395,12	EUREF89 , zone 32	36
5.71	27,48	-11,52	560.049,68	6.366.411,77	EUREF89 , zone 32	39
5.126	30	-12	559.968,64	6.366.581,15	EUREF89 , zone 32	42
5.129	30	-4,1	559.794,57	6.366.576,11	EUREF89 , zone 32	34,2
5.319	27,98	-5,12	559.656,13	6.366.460,24	EUREF89 , zone 32	33,1
5.318	27,48	-6,72	559.404,22	6.366.414,56	EUREF89 , zone 32	34,2
9.454	25	-15,5	559.899,92	6.365.769,05	EUREF89 , zone 32	40,5
9.592	23	-24	560.781,80	6.365.988,06	EUREF89 , zone 32	47
9.453	24,98	-15,02	560.100,46	6.365.748,29	EUREF89 , zone 32	40
9.469	25	-13,5	559.641,24	6.365.575,85	EUREF89 , zone 32	38,5
9.470	23,98	-17,02	559.560,96	6.365.254,40	EUREF89 , zone 32	41
9.486	25	-17	559.815,63	6.365.013,96	EUREF89 , zone 32	42
5.684	27,5	-10,6	560.288,10	6.366.814,97	EUREF89 , zone 32	38,1
5.716	30	-14,5	560.134,78	6.367.071,58	EUREF89 , zone 32	44,5
9.520	25	-14	559.195,32	6.365.939,33	EUREF89 , zone 32	39
9.547	23,49	-24,51	561.572,14	6.365.666,14	EUREF89 , zone 32	48
9.585	25	-16,75	562.407,21	6.366.034,72	EUREF89 , zone 32	41,8

dgunr	Boringsdato	filtre_top_DVR90	filtre_bund_DVR90
5.736	24. januar 1978	-3,02	-15,02
5.1763	31. maj 2007	-8,1	-20,1
5.533	6. januar 1966	4	-16
5.64	7. juli 1948	6,5	-8,5
5.71	2. oktober 1948	3,48	-11,52
5.126	2. september 1952	3	-12
5.129	29. august 1952	10	-4,2
5.319	5. juli 1960	8,88	-5,12
5.318	20. april 1960	8,28	-6,72
9.454	14. juli 1969	-0,3	-12,3
9.592	21. december 1981	-4	-22
9.453	17. november 1969	1,88	-13,82
9.469	10. februar 1972	1,6	-13,5
9.470	6. april 1971	0,58	-14,62
9.486	17. februar 1974	1,1	-13,9
5.684	13. juli 1972	4,5	-10,5
5.716	22. oktober 1976	1	-14
9.520	3. februar 1977	2	-13
9.547	21. juni 1978	-1,01	-11,01
9.585	2. januar 1980	1	-14

Tabel B

Tabellen de geologiske jordlag fra boreprøverne, som bruges til at generere de geologiske profiler.

dgunr	top	bund	forkortelse	jord_type	geologi
5.736	0	0,25	m	muld	muld - m
5.736	0,25	3	s	sand	senglacial saltvandssand - ys
5.736	3	5	l	ler	senglacial saltvandsler - yl
5.736	5	7,7	i	silt	senglacial saltvandssilt - yi
5.736	7,7	8,2	s	sand	sand - s
5.736	8,2	12,7	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.736	12,7	13,1	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.736	13,1	17	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.736	17	21	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.736	21	24	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.736	24	28	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.736	28	32	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.736	32	36	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.736	36	40	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.736	40	42,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.736	42,5	43,5	i	silt	glacial smeltevandssilt - di
5.1763	0	0,7	m	muld	muld - m
5.1763	0,7	5	l	ler	ler - l
5.1763	5	10	l	ler	ler - l
5.1763	10	15	s	sand	sand - s
5.1763	15	23	s	sand	sand - s
5.1763	23	25	s	sand	sand - s
5.1763	25	30	s	sand	sand - s
5.1763	30	35	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.1763	35	40	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.1763	40	46	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.1763	46	50	l	ler	glacial smeltevandsler - dl
5.533					
5.64	0	0,6	s	sand	sand - s
5.64	0,6	2,7	l	ler	ler - l
5.64	2,7	15,8	s	sand	sand - s
5.64	15,8	36	s	sand	sand - s
5.71	0	10	s	sand	sand - s
5.71	10	16,8	u	ler, sand, grus	ler, sand og grus - u
5.71	16,8	39	s	sand	sand - s
5.126	0	8	s	sand	sand - s
5.126	8	10	s	sand	sand - s
5.126	10	15	l	ler	ler - l
5.126	15	15,5	s	sand	sand - s
5.126	15,5	16	l	ler	ler - l
5.126	16	20	s	sand	sand - s
5.126	20	33	s	sand	sand - s
5.126	33	40,5	s	sand	sand - s
5.126	40,5	41,8	s	sand	sand - s
5.126	41,8	42	l	ler	ler - l

5.129	0	1,5	s	sand	sand - s
5.129	1,5	2,5	s	sand	sand - s
5.129	2,5	3,5	s	sand	sand - s
5.129	3,5	4,5	s	sand	sand - s
5.129	4,5	5,5	s	sand	sand - s
5.129	5,5	6,5	l	ler	ler - l
5.129	6,5	7,5	l	ler	ler - l
5.129	7,5	8,5	l	ler	ler - l
5.129	8,5	9,5	l	ler	ler - l
5.129	9,5	10,5	l	ler	ler - l
5.129	10,5	11,5	l	ler	ler - l
5.129	11,5	12,5	l	ler	ler - l
5.129	12,5	13,5	l	ler	ler - l
5.129	13,5	14,5	l	ler	ler - l
5.129	14,5	15,5	l	ler	ler - l
5.129	15,5	16,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.129	16,5	17,5	l	ler	glacial smeltevandsler - dl
5.129	17,5	18,5	l	ler	glacial smeltevandsler - dl
5.129	18,5	19,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.129	19,5	20,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.129	20,5	21,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.129	21,5	22,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.129	22,5	23,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.129	23,5	24,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.129	24,5	25,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.129	25,5	26,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.129	26,5	27,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.129	27,5	28,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.129	28,5	29,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.129	29,5	30,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.129	30,5	31,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.129	31,5	32,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.129	32,5	33,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.129	33,5	34,1	l	ler	ler - l
5.319					
5.318					
9.454	0	3	s	sand	senglacial saltvandssand - ys
9.454	3	4,5	s	sand	senglacial saltvandssand - ys
9.454	4,5	12	i	silt	senglacial saltvandssilt - yi
9.454	12	15	i	silt	senglacial saltvandssilt - yi
9.454	15	20	i	silt	senglacial saltvandssilt - yi
9.454	20	24,5	s	sand	senglacial saltvandssand - ys
9.454	24,5	37,3	s	sand	senglacial saltvandssand - ys
9.454	37,3	40,5	s	sand	senglacial saltvandssand - ys
9.454	40,5	40,5	l	ler	senglacial saltvandsler - yl
9.592	0	14	l	ler	senglacial saltvandsler - yl
9.592	14	20	l	ler	ler - l

9.592	20	24	l	ler	glacial smeltevandsler - dl
9.592	24	25,5	l	ler	glacial smeltevandsler - dl
9.592	25,5	45	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
9.592	45	47	l	ler	glacial smeltevandsler - dl
9.453	0	1,8	s	sand	sand - s
9.453	1,8	2,1	l	ler	ler - l
9.453	2,1	7,5	s	sand	postglacial saltvandssand - hs
9.453	7,5	15,5	i	silt	senglacial saltvandssilt - yi
9.453	15,5	20	i	silt	senglacial saltvandssilt - yi
9.453	20	22	s	sand	senglacial saltvandssand - ys
9.453	22	40	s	sand	senglacial saltvandssand - ys
9.469	0	4,5	s	sand	sand - s
9.469	4,5	7,5	u	ler, sand, grus	ler, sand og grus - u
9.469	7,5	9,2	l	ler	glacial moræner (leret till) - ml
9.469	9,2	19	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
9.469	19	36,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
9.469	36,5	38,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
9.469	38,5	38,5	s	sand	sand - s
9.470	0	4,5	s	sand	sand - s
9.470	4,5	10	l	ler	senglacial saltvandsler - yl
9.470	10	14	i	silt	senglacial saltvandssilt - yi
9.470	14	19,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
9.470	19,5	23,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
9.470	23,5	39,4	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
9.470	39,4	41	l	ler	ler - l
9.486	0	3,3	s	sand	sand - s
9.486	3,3	3,8	l	ler	ler - l
9.486	3,8	7	s	sand	sand - s
9.486	7	10,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
9.486	10,5	18,5	l	ler	glacial smeltevandsler - dl
9.486	18,5	22	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
9.486	22	39	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
9.486	39	42	s	sand	sand - s
5.684	0	10,3	s	sand	senglacial saltvandssand - ys
5.684	10,3	11	l	ler	glacial moræner (leret till) - ml
5.684	11	19	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.684	19	38,1	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.716	0	0,5	m	muld	muld - m
5.716	0,5	9	s	sand	senglacial saltvandssand - ys
5.716	9	12,5	l	ler	glacial smeltevandsler - dl
5.716	12,5	17,5	l	ler	glacial smeltevandsler - dl
5.716	17,5	21	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.716	21	27,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.716	27,5	32,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.716	32,5	37,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.716	37,5	42	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
5.716	42	44,3	s	sand	glacial smeltevandssand - ds

5.716	44,3	44,5	l	ler	glacial smeltevandsler - dl
9.520	0	3,5	s	sand	sand - s
9.520	3,5	10	l	ler	senglacial saltvandsler - yl
9.520	10	18,5	s	sand	sand - s
9.520	18,5	22	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
9.520	22	38,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
9.520	38,5	39	l	ler	glacial smeltevandsler - dl
9.547	0	8,5	l	ler	senglacial saltvandsler - yl
9.547	8,5	16	l	ler	glacial smeltevandsler - dl
9.547	16	22	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
9.547	22	35,5	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
9.547	35,5	39,5	u	sand, ler	glacial vekslende små smeltevandslag - dv
9.547	39,5	46,8	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
9.547	46,8	48	l	ler	glacial smeltevandsler - dl
9.585	0	0,4	m	muld	muld - m
9.585	0,4	4,5	l	ler	senglacial saltvandsler - yl
9.585	4,5	5,5	l	ler	senglacial saltvandsler - yl
9.585	5,5	6	s	sand	senglacial saltvandssand - ys
9.585	6	8	s	sand	senglacial saltvandssand - ys
9.585	8	9,5	s	sand	senglacial saltvandssand - ys
9.585	9,5	11	s	sand	senglacial saltvandssand - ys
9.585	11	13	s	sand	senglacial saltvandssand - ys
9.585	13	18	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
9.585	18	21	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
9.585	21	24	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
9.585	24	27	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
9.585	27	30	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
9.585	30	31	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
9.585	31	33	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
9.585	33	36	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
9.585	36	39	s	sand	glacial smeltevandssand - ds
9.585	39	41,75	l	ler	glacial smeltevandsler - dl

Tabel C

Tabellen over filterindtagshøjderne

dgunr	boring_top	boring_bund	filtre_top	filtre_bund	Navn
5.736			0	31	jord
5.736	0,00	43,5	31	43	filter
5.1763			0	34	jord
5.1763	0,00	50	34	46	filter
5.533			0	23,5	jord
5.533	0,00	50	23,5	43,5	filter
5.64			0	21	jord
5.64	0,00	36	21	36	filter
5.71			0	24	jord
5.71	0,00	39	24	39	filter
5.126			0	27	jord
5.126	0,00	42	27	42	filter
5.129			0	20	jord
5.129	0,00	34,2	20	34,2	filter
5.319			0	19,1	jord
5.319	0,00	33,1	19,1	33,1	filter
5.318			0	19,2	jord
5.318	0,00	34,2	19,2	34,2	filter
9.454			0	25,3	jord
9.454	0,00	40,5	25,3	37,3	filter
9.592			0	27	jord
9.592	0,00	47	27	45	filter
9.453			0	23,1	jord
9.453	0,00	40	23,1	38,8	filter
9.469			0	23,4	jord
9.469	0,00	38,5	23,4	38,5	filter
9.470			0	23,4	jord
9.470	0,00	41	23,4	38,6	filter
9.486			0	23,9	jord
9.486	0,00	42	23,9	38,9	filter
5.684			0	23	jord
5.684	0,00	38,1	23	38	filter
5.716			0	29	jord
5.716	0,00	44,5	29	44	filter
9.520			0	23	jord
9.520	0,00	39	23	38	filter
9.547			0	24,5	jord
9.547	0,00	48	24,5	34,5	filter
9.585			0	24	jord
9.585	0,00	41,8	24	39	filter

Tabel D

Tabellen over grid_code numrenes betydning i form af arealanvendelse

Arealanvendelses temaet: vp2_2016lulc_map_poly
Grid_code = 0: Ukendte arealer
Grid_code = 1: Tæt bebygget (over 80 %)
Grid_code = 2: Bebygget (under 80 %)
Grid_code = 3: Andet bebygget
Grid_code = 4: Industri / erhverv / teknisk areal
Grid_code = 5: Vej
Grid_code = 6: Jernbane
Grid_code = 7: Landingsbane
Grid_code = 8: Sti
Grid_code = 9: Kyst
Grid_code = 10: Parker og rekreative arealer
Grid_code = 11: Landbrug ekstensiv
Grid_code = 12: Landbrug intensive
Grid_code = 13: Landbrug uklassificeret
Grid_code = 14: Råstofgrave
Grid_code = 15: Bar jord
Grid_code = 16: Skov
Grid_code = 17: Sø
Grid_code = 18: Vandløb
Grid_code = 19: Tørre naturtyper
Grid_code = 20: Våde / tidsvis våde naturtyper
Grid_code = 21: Hav

Tabel E

Tabellen over koncentrationsmålingerne af BAM

438 (2,6-Dichlorbenzamid)

dgunr	1995	1995	1996	1996	1997	1997	1998	1998	1999	1999	1999	1999	2000	2000	2000	2001	2001	2001	2001
5.736	<0,01								<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			0,025	0,035		
5.1763																			
5.533	<0,01								<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			<0,01	<0,01		
5.64	<0,01		<0,01		<0,01		0,014		<0,01	<0,01	0,19	0,017	0,011	0,018	<0,01	0,022	0,027	0,034	0,025
5.71	0,37	0,56	0,316	0,31	0,4	1,2	1,16	1,21	1,25	1,43			1,2			1,3			
5.126			<0,01		0,032		0,053		0,044	0,026	<0,01	<0,01	0,1	<0,01		0,013			
5.129																			
5.319																			
5.318	<0,01																		
9.454	<0,01								0,015	0,016	0,014	<0,01	0,019			0,018			
9.592	<0,01								<0,01	<0,01	<0,01		<0,01			<0,01			
9.453	<0,01								0,042	0,054	0,068	0,061	0,047			0,053			
9.469	<0,01								<0,01	<0,01	<0,01		<0,01			<0,01			
9.470	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	<0,01	<0,01		<0,01			<0,01			
9.486	<0,01								<0,01	<0,01	<0,01		<0,01			<0,01	<0,01		
5.684									0,13										
5.716									0,32				<0,01						
9.520			<0,01		0,013	0,047	0,33						0,45			2,1			
9.547	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	<0,01	<0,01		0,016	0,014		0,017	0,02		
9.585	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	<0,01	<0,01		<0,01			<0,01			

438 (2,6-Dichlorbenzamid)

dgunr	2002	2002	2002	2002	2003	2003	2003	2003	2004	2004	2005	2005	2006	2007	2007	2008	2008	2009	2009
5.736	0,059	0,038			0,05	0,048			0,058	0,07	0,22	0,058	0,075	0,016	0,078	0,064	0,052	0,048	0,049
5.1763														0,013		0,019		0,03	0,028
5.533	0,048	<0,01			0,092	0,051			0,066	0,064	0,13	0,45	0,33	0,75	0,42	0,46	0,42	0,24	0,15
5.64	0,036	0,025	0,019	0,015	0,019	0,02	0,021	0,028	0,039	0,043	0,012	0,07	0,051	0,03	0,028	0,025	0,017	0,024	0,061
5.71	1,1	0,72			0,94	0,79			0,59	0,64	0,8	0,62	0,52	0,5	0,48	0,42	0,29	0,38	0,32
5.126	0,08				<0,01				<0,01		<0,01			0,017	0,048	0,068	0,05	0,069	0,064
5.129														0,087	0,13	0,074	0,073	0,074	0,072
5.319													0,052	0,044	0,045	0,047	0,038	0,068	0,12
5.318													<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
9.454	0,019	0,022			0,035	0,033			0,035	0,052	0,093	0,018	0,029	0,01	0,32	0,31	0,34	0,3	0,29
9.592	<0,01				<0,01				<0,01		<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
9.453	0,073	0,031			0,037	0,035			0,038	0,051	0,014		0,034	<0,01	0,052	0,057	0,072	0,074	0,14
9.469	<0,01				<0,01				<0,01		<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
9.470	<0,01				<0,01				<0,01		<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
9.486	<0,01				<0,01				<0,01		<0,01		<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
5.684	0,18				0,051				0,12		0,16		0,16	0,22	0,15	0,13	0,11	0,099	0,11
5.716									0,073	0,097	0,052	0,31	0,078	0,3	0,15	0,12	0,11	0,15	0,22
9.520					0,16	0,15			0,018	0,044	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,026	0,032	0,024	0,02	<0,01
9.547	0,021	0,025			0,031	0,031			0,033	0,034	0,034	0,098	0,038	0,057	0,073	0,069	0,074	0,076	0,085
9.585	<0,01	<0,01			<0,01	<0,01			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

438 (2,6-Dichlorbenzamid)

dgunr	2010	2011	2011	2012	2012	2013	2014	2015	2015	2016	2016	2017	2018	2018	2019	2020	2020	2021
5.736	0,031	0,043	0,049	0,053	0,044	0,042	0,04	0,03		0,04	0,04	0,03	0,03		0,02			
5.1763	0,037	0,047	0,063	0,051	0,04	0,053	0,06	0,05		0,05	0,07	0,04	0,05		0,04	0,04		
5.533	0,33	0,4	0,28	<0,01	0,2	0,46	0,22	0,2		0,14	0,42	0,12	0,18		0,13			
5.64	0,044	0,018	0,027	0,024	0,018	0,055	0,03	0,02										
5.71	0,26	0,21	0,19	0,19	0,15	0,15	0,16	0,12		0,1	0,09	0,13	0,09		0,08			
5.126	0,06	0,049	0,047	0,049	0,034	0,012	0,02	0,02		0,01	0,02	<0,01	0,04		0,03			
5.129	0,059	0,054	0,061	0,061	0,054	0,051	0,06	0,06		0,04	0,04	0,05	0,04		0,04			
5.319	0,104	0,044	0,088	0,076	0,074	0,062	0,06	0,06	0,06	0,05		0,07	0,05		0,05			
5.318	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,015	0,016	0,02	0,02	0,02	0,02		0,03	0,02		0,02	0,02	0,02	
9.454	0,22	0,2	0,24	0,27	0,19	0,18	0,19	0,18	0,19	0,17		0,22	0,16					
9.592	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01					<0,01
9.453	0,075	0,095	0,13	0,11	0,1	0,062	0,06	0,04	0,05	0,03		0,04	0,03					
9.469	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		<0,01	<0,01					
9.470	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		<0,01	<0,01		<0,01	<0,01		<0,01
9.486	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		0,01	<0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	
5.684	0,105	0,03	0,041	0,13	0,11	0,11	0,13	0,11		0,05		0,22	0,3		0,32			
5.716	0,13	0,18	0,82	0,88	0,31	0,3	0,38	0,28		0,2		0,14	0,14					
9.520	0,023	<0,01	0,013	0,011	0,015	0,013	0,018	0,02		<0,01		0,01	0,01		0,01	0,01		
9.547	0,081	0,072	0,098	0,15	0,089	0,092	0,15	0,11		0,1		0,14	0,1	0,1	0,1	0,1		
9.585	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		<0,01	<0,01		<0,01			

Tabel F

Tabellen over koncentrationsmålingerne af DEIA

97 (DEIA)

dgunr	2012	2012	2013	2014	2015	2015	2016	2016	2017	2018	2018	2019	2020	2020
5.736	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	0,01		0,01		
5.1763	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	
5.533	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		
5.64	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01									
5.71	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		
5.126	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		
5.129	0,011	0,011	0,015	0,01	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		0,02		
5.319	0,045	0,033	0,045	0,04	0,03	0,02	0,02		0,01	0,02		0,1		
5.318	0,052	0,045	0,063	0,08	0,06	0,04	0,05		0,02	0,03		0,11	0,08	0,15
9.454	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01				
9.592	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01				
9.453	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01				
9.469	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		<0,01	<0,01				
9.470	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	
9.486	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
5.684	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		<0,01	<0,01		<0,01		
5.716	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		<0,01	<0,01				
9.520	0,022	0,014	0,012	0,017	<0,01		0,01		<0,01	<0,01		0,01	0,02	
9.547	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
9.585	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		<0,01	<0,01		<0,01		

Tabel G

Tabellen over koncentrationsmålingerne af DMS i de 20 boringer

1655 (N,N-Dimethylsulfamid (DMS))

dgunr	2018	2019	2019	2020	2020	2021	2021
5.736	0,04	0,11	0,10				
5.1763	0,01	0,03	0,02	0,04			
5.533	0,07	0,18	0,12			0,10	0,52
5.64							
5.71	0,08	0,19	0,13				
5.126	0,09	0,20	0,24				
5.129	0,05	0,14	0,09				
5.319	0,04	0,12	0,08			0,04	0,14
5.318	0,02	0,05	0,03	0,07	0,05	0,04	
9.454	0,06	0,21					
9.592	<0,01	<0,01				<0,01	<0,01
9.453	0,10	0,39					
9.469	0,04	0,09	0,10				
9.470	<0,01	<0,01		0,01		<0,01	<0,01
9.486	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	
5.684	0,04	0,10	0,10				
5.716	0,03	0,11					
9.520	<0,01	<0,01	<0,01	0,01		<0,01	
9.547	<0,01	0,02	0,02	0,02		<0,01	
9.585	0,03	0,09	0,07			0,03	0,07

Tabel H

Tabellen over koncentrationsmålingerne af MTBE

166 (MTBE)

dgunr	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
5.736							<0,1	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
5.1763							<0,1	0,27	0,4		0,37	0,56		<0,1	0,44	<0,1	0,3		
5.533							0,17	<0,1	<0,1		0,14	<0,1		<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,02	<0,02
5.64											<0,1								
5.71	<0,1						<0,1	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1			<0,1	<0,1	<0,1		
5.126							0,14	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1							
5.129							<0,1				<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
5.319							<0,1	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
5.318							<0,1	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
9.454							0,75	1,6	4,2		3,8	3		<0,1	0,72	0,46	0,2		
9.592							<0,1	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1							
9.453											<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
9.469											0,25								
9.470											<0,1								
9.486											<0,1								
5.684	<0,1										0,29								
5.716	<0,1						<0,1	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1							
9.520	<0,1										<0,1								
9.547											<0,1								
9.585											<0,1								

166 (MTBE)

dgunr	2020	2021
5.736		
5.1763		
5.533		
5.64		
5.71		
5.126		
5.129		
5.319		
5.318		
9.454		
9.592		
9.453		
9.469		
9.470		
9.486		
5.684		
5.716		
9.520		
9.547		
9.585		

Tabel I

Tabellen er indvundet vandmængder

Vandmængder

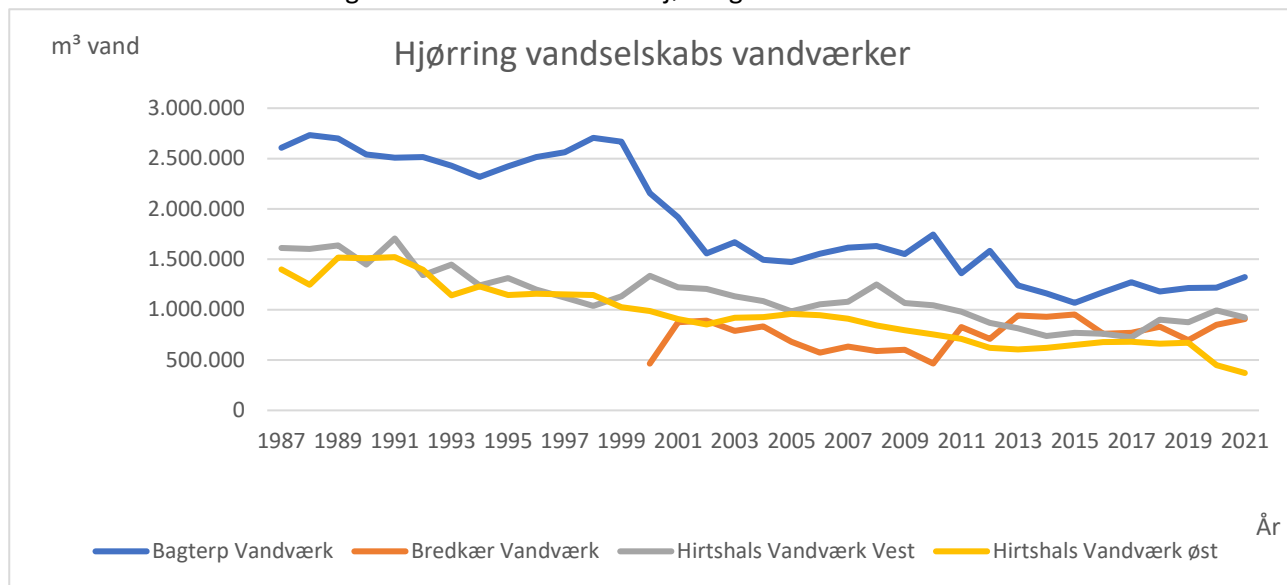
dgunr	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
5.736	146543,10	44829,10	112083,80	145872,50	92773,90	112585,30	15777,90	27527,50	33663,40	190920,40
5.1763	208484,90	145409,20	163016,70	129998,90	137200,00	130607,60	14592,10	90880,90	74504,50	64271,00
5.533	173594,70	65213,10	79124,20	56155,20	29595,80	22944,20	12122,60	8726,50	5348,90	43399,50
5.64	42034,30	62272,10	117214,80	95196,90	48217,40	55463,30	100639,70	50378,40	32099,30	9451,10
5.71	76945,00	76892,30	77935,30	72422,60	84389,40	56847,50	40154,30	28615,00	50852,20	45460,00
5.126	20487,80	12914,40	4,10	25770,40	48911,90	8174,70	3111,70	4972,10	285,40	14219,70
5.129	104594,90	63277,60	76496,20	92917,40	72494,70	52213,00	80942,10	70652,50	64586,60	89885,00
5.319	51559,30	54879,00	52054,10	46685,70	55995,40	58476,00	54092,90	44795,70	83834,90	84779,20
5.318	53258,30	58267,90	53862,90	51061,00	59590,00	60911,20	68660,50	44820,40	60688,80	58212,90
9.454	95654,90	129087,60	107252,50	53846,60	32023,30	25611,20	47015,70	76347,70	54632,00	59992,00
9.592	269282,00	264345,60	211899,10	58588,90	31030,50	50932,70	265943,40	236516,20	188987,30	254601,70
9.453	36819,60	9854,70	15318,90	32947,50	10406,20	14107,10	43914,40	70619,80	63757,40	142645,20
9.469	126684,40	110527,40	95270,10	63127,00	57306,40	46468,70	96038,50	81085,20	69833,10	18769,30
9.470	144371,80	89202,40	78810,90	72332,50	92279,00	79647,60	95776,10	67927,90	65907,40	115135,00
9.486	166147,90	190913,40	191172,90	193338,10	217106,20	275458,00	177311,30	179710,00	221741,20	216014,50
5.684	81,90	24,60	3772,00	97985,00	134606,70	120083,60	12786,70	90673,90	129805,10	38073,90
5.716	4344,30	2616,20	8799,20	102862,70	107704,60	113775,40	9025,90	24326,20	13614,20	22366,20
9.520	0,00	0,00	29767,80	79529,20	29102,00	31502,60	171065,50	145371,30	74746,10	30074,10
9.547	130619,20	198146,90	166133,30	126064,20	148322,50	146108,30	125046,40	173123,90	187193,80	242181,80
9.585	191129,40	149073,20	144208,40	124867,20	130990,30	147159,30	165428,90	71349,90	37987,90	100573,80

Vandmængder

dgunr	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
5.736	72558,10	80311,30	61578,00	57665,70	58.772,30	51.881,80	89.158,20	75.005,80	61.543,00	18.927,90
5.1763	67677,00	93331,50	51718,10	59482,60	57.937,50	24.163,50	47.479,70	54.731,90	86.817,20	162.909,20
5.533	70989,50	86160,50	56792,90	57080,10	64.278,00	73.568,50	73.294,70	66.917,80	56.392,80	19.350,90
5.64	26937,10	33104,20	2313,90	6,80	0,1	0	1,2	0,2	3,3	0
5.71	81505,80	75334,70	81729,30	58468,80	52.773,20	59.927,80	43.985,20	85.924,90	56.166,90	11.163,50
5.126	69058,50	87697,90	60838,60	54163,30	63.587,80	72.423,60	71.028,50	69.407,00	38.133,70	8.891,40
5.129	77413,20	84067,50	90471,30	86420,40	69.518,60	63.477,20	62.421,10	65.065,00	60.601,60	3.715,80
5.319	79337,90	71929,40	74712,60	72618,60	71.270,60	75.954,70	65.999,00	57.595,40	82.883,10	32.173,80
5.318	55306,80	59018,90	67789,10	67032,00	69.209,00	73.166,70	80.999,90	94.309,40	108.011,20	103.616,20
9.454	75153,80	78399,80	59224,30	67102,70	51.693,90	26.264,20	49.560,00	39.790,80	34.065,60	0
9.592	70675,10	84371,90	57357,30	58204,60	66.398,20	69.965,10	75.882,70	69.115,50	90.115,00	198.241,20
9.453	68710,90	87853,90	56742,00	56688,90	48.916,00	91.001,30	72.296,30	63.783,90	11.741,60	0
9.469	71599,60	77457,60	60577,70	68503,70	37.909,30	93.887,80	69.858,10	65.635,50	68.342,80	13.040,90
9.470	43814,00	101969,00	69703,10	55651,60	47.259,90	89.677,80	72.153,10	73.528,60	75.324,30	190.827,50
9.486	70272,20	79538,50	62095,30	57556,60	53.030,20	87.497,10	69.162,50	71.711,60	102.279,20	93.797,60
5.684	72728,60	75340,40	65346,70	56428,30	49.572,90	70.963,80	90.659,50	69.030,20	63.433,00	8.465,10
5.716	67728,30	82304,90	61759,20	62705,40	59.105,50	62.215,90	83.039,00	65.869,00	35.697,10	0
9.520	70592,90	87096,60	54701,00	58705,30	69.135,60	65.538,40	77.593,80	64.652,00	96.513,00	185.619,40
9.547	71105,40	85041,30	56018,50	58727,30	62.372,00	77.657,50	71.275,30	63.910,80	95.399,70	217.117,10
9.585	72879,00	87603,60	51838,40	60173,10	60.844,80	74.109,10	72.430,90	68.757,90	61.198,20	10.320,60

Graf A

Samlet indvundet vandmængder for hver vandværk i Hjørring vandselskab



Kort A

Satellitbillede af Bagterp kildeplads, hvor boringernes placering og udstrækningen af deres geografiske areal.



Tabel J

Tabellen over alle boringer som har tilknytning til Bagterp kildeplads, hvor de grønne er aktive drikkevandsboringer i dag, men de grå er både aktive og ikke aktive drikkevandsboringer. Boringernes DGU-nr. som deres identifikations nummer er vist, samt deres etablingsår og sløjfnings år.

DGU-nr.		Borings år	Sløjfnings år
5. 933		1989	
5. 994		1995	
5. 997		1995	
9. 715		1995	
5. 427		1962	
5. 506		1965	
5. 669		1971	
5. 19J		1901	2010
5. 60			2010
5. 61		1945	2010
5. 64	Drikkevandsboring	1948	2021
5. 71	Drikkevandsboring	1948	2021
5. 129	Drikkevandsboring	1952	2021
5. 383	Drikkevandsboring	1961	2008
5. 426	Drikkevandsboring	1962	2014
5. 429	Drikkevandsboring	1963	2014
5. 458		1963	2014
5. 459	Drikkevandsboring	1963	2015
5. 509	Drikkevandsboring	1965	2014
5. 717		1976	2013
5. 126	Drikkevandsboring	1952	
5. 318	Drikkevandsboring	1960	
5. 319	Drikkevandsboring	1960	
5. 533	Drikkevandsboring	1966	
5. 684	Drikkevandsboring	1972	
5. 716	Drikkevandsboring	1976	
5. 736	Drikkevandsboring	1978	
5. 1763	Drikkevandsboring	2007	
9. 453	Drikkevandsboring	1969	
9. 454	Drikkevandsboring	1969	
9. 469	Drikkevandsboring	1972	
9. 470	Drikkevandsboring	1971	

9. 486	Drikkevandsboring	1974
9. 520	Drikkevandsboring	1977
9. 547	Drikkevandsboring	1978
9. 585	Drikkevandsboring	1980
9. 592	Drikkevandsboring	1981
9. 546		1978
9. 606		1978

Tabel K

Tabellen er over fund af pesticider, metabolitter og mikroforurening ved sidste analyseprøve af borerne. Blå punkter illustrerer aktive borer, orange punkter illustrerer borer der ikke er i drift og røde punkter illustrerer borer der er sløjfet. Koncentrationen repræsenterer sidste måling af det miljøfremmede stof målte værdi.

DGU-nr.	Forurenings stof	Koncentration
5.736	BAM (2.6-dichlorbenzamid)	0,04
	DEIA (Desethyldeisopropylatrazin)	0,04
	DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	0,1
5.1763	BAM (2.6-dichlorbenzamid)	0,04
	Chloroform	0,05
	Trans-1,2-dichlorethen	0,04
	Cis-1.2-Dichlorethylen	0,65
	Benzen	0,05
	MTBE	0,3
	DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	0,12
5.533	BAM (2.6-dichlorbenzamid)	0,13
	DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	0,52
5.126	BAM (2.6-dichlorbenzamid)	0,03
	DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	0,24
5.319	BAM (2.6-dichlorbenzamid)	0,01
	Chloroform	0,04
	DEIA (Desethyldeisopropylatrazin)	0,13
	Atrazin, desisopropy (Desisopropylatrazin)	0,04
	DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	0,12
	Simazin	0,02
	Tetrachlormethan	0,72
	Trichlorethylen	0,06
	BAM (2.6-dichlorbenzamid)	0,03
5.318	Chloroform	0,03
	Trifluoreddikesyre	0,1
	DEIA (Desethyldeisopropylatrazin)	0,19
	Atrazin, desisopropy (Desisopropylatrazin)	0,04

	DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	0,07
	Simazin	0,01
	BAM (2.6-dichlorbenzamid)	0,16
9.454	MTBE	0,2
	DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	0,21
9.592	Ingen	
	BAM (2.6-dichlorbenzamid)	0,03
9.453	DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	0,39
	BAM (2.6-dichlorbenzamid)	0,04
9.469	MTBE	0,18
	DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	0,07
	Metazachlor ESA	0,02
	CGA108906	0,06
	N-(2,6-dimethylphenyl)-N-(methoxyacetyl)alanin	0,02
9.470	Metazachlor ESA	0,26
	Metribuzin-desamino-diketo	0,05
	Metazachlor OA	0,06
	2.6-DCPP	<0,01
	2.6-Dichlorphenol	<0,01
	4-CPP	<0,01
	BAM (2.6-dichlorbenzamid)	<0,01
	Bentazon	<0,01
	CGA108906	0,04
	N-(2,6-dimethylphenyl)-N-(methoxyacetyl)alanin	0,03
9.486	(2,6-dimethyl-phenylcarbamoyl)-methansulfonsyre	0,05
	Metazachlor ESA	0,55
	Metazachlor OA	0,01
	Dichlorprop	<0,01
	MCPA	<0,01
	Metribuzin-desamino	<0,01
	Metribuzin-desamino-diketo	0,11
	Trifluoreddikesyre	0,22
	Atrazin	0,03
5.684	BAM (2.6-dichlorbenzamid)	0,03
	Atrazin, desethyl- (Desethylatrazin)	0,01
	DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	0,11
5.716	BAM (2.6-dichlorbenzamid)	0,14
	DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	0,11
	BAM (2.6-dichlorbenzamid)	0,01
9.520	DEIA (Desethyl-desisopropylatrazin)	0,02
	Metazachlor ESA	0,04
	Atrazin, desisopropyl (Desisopropylatrazin)	<0,01

	Trifluoreddikesyre	0,1
	BAM (2.6-dichlorbenzamid)	0,12
	Bentazon	0,1
9.547	Mechlorprop	0,03
	DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	0,01
	Trifluoreddikesyre	0,07
	Metribuzin-desamino-diketo	<0,01
	CGA 108906	0,03
9.585	DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	0,05
	N-(2,6-dimethylphenyl)-N-(methoxyacetyl)alanine	0,02
	Trifluoreddikesyre	0,3
	BAM (2.6-dichlorbenzamid)	0,04
5.129	DEIA (Desethyl-desisopropylatrazin)	0,02
	DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	0,09
	BAM (2.6-dichlorbenzamid)	0,08
5.71	DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	0,13
5.64	BAM (2.6-dichlorbenzamid)	0,02
5.383	BAM (2.6-dichlorbenzamid)	0,015
	Benzen	79
5.426	MTBE	66
	BAM (2.6-dichlorbenzamid)	0,2
	1,2-Dichlorethan	5,1
	MTBE	16
5.429	BAM (2.6-dichlorbenzamid)	0,1
	Mechlorprop	0,014
	1,2-Dichlorethan	0,56
	Benzen	2,9
	Ethylbenzen	5,7
5.459	MTBE	15
	Naphthalen	0,27
	Phenol	0,37
	Xylen	200
	BAM (2.6-dichlorbenzamid)	0,24
5.509	BAM (2.6-dichlorbenzamid)	0,044

Tabel L

Ved den seneste måling der er blevet lavet ved de udvalgte borer, blev der fundet en række af forskellige miljøfremmede stoffer. Antal fund indikerer hvor mange borer det pågældende stof er fundet i. Tallet i parentes indikerer at stoffet er i familie med hinanden og dermed kan stamme fra samme moderstof. Den første tabel er antal fund af pesticid og nedbrydningsprodukter i forskellige borer ved seneste måling. Den anden tabel er antal fund af organiske mikroforurening i forskellige borer ved seneste måling.

Antal fund	Stofnavn
15	BAM
15	DMS
5	DEIA (1)
4	Metazachlor ESA (2)
3	Desisopropylatrazin (1)
3	CGA108906 (4)
2	Simazin (1)
2	Metribuzin-Desamino-Diketo (3)
2	CGA62826 (4)
1	Atrazin (1)
1	Metazachlor OA (2)
1	Desethylatrazin (1)
1	Bentazon
1	Mechlorprop
1	CGA369873
0	2, 6-Dichlorphenol (5)
0	4-CPP (5)
0	Dichlorprop (5)
0	MCPA
0	Metribuzin-Desamino (3)
0	2, 6-DCPP

Antal fund	Stofnavn
5	Trifluoreddikesyre
3	MTBE
3	Chloroform
1	Trans-1,2-dichlorethen
1	Cis-1.2-Dichlorethylen
1	Benzen
1	Tetrachlormethan
1	Trichlorethylen

Kort B

Et geologisk 3D kort, den røde er sand, den gule er silt, den orange er blandet og den grønne er ler.

