TREFOR VAND A/S

ADRESSE COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby

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

ANALYSE AF DATA FOR INDVINDING, PEJLING OG VANDFØRING I FORBINDELSE MED OVERVÅGNING

BILAG 12 TIL MILJØKONSEKVENSVURDERING FOR TREFOR VANDS REGIONALE VANDINDVINDING I JYLLAND

INDHOLD

1	Indledning	2
2	Hypoteser	2
3	Datagrundlag	3
4	Databehandling og analyse	5
4.1	Sampling	5
4.2	Grafisk visning og visuel inspektion	6
4.3	Statistiske analyser	9
5	Varighedsanalyser	13
5.1	Beregning af alarmværdier	13
5.2	Forlængelse af tidsserier til beregning af alarmværdier	19
5.3	Effekt af indvinding	21
6	Forslag til dataindsamling og -behandling samt korrigerende handlinger	22
6.1	Fastlæggelse af baseline og alarmværdier	23
6.2	De følgende år	23
6.3	Aktioner ved overskridelse af alarmværdi	24
7	Konklusioner	25

PROJEKTNR. DOKUMENTNR.

A110091

VERSION	UDGIVELSESDATO	BESKRIVELSE	UDARBEJDET	KONTROLLERET	GODKENDT
3.0	08.12.2025	Notat til information	ANRE, BVCH	UVA	UVA

https://cowi.sharepoint.com/sites/A110091-project/Shared Documents/03 Project documents/004 VVM Jylland/VVM-redegørelse/Bilag 12 til MKR. Baggrundsnotat til overvågning_v3.0.docx

1 Indledning

TREFOR Vand er i proces med at gennemføre en miljøkonsekvensvurdering i forhold til fornyelse af deres indvindingstilladelser. Der er i den forbindelse identificeret en række naturområder, hvor der skal foretages overvågning.

Dette notat beskriver metoder til at analysere overvågningsdata og vurdere, hvornår der sker en påvirkning af naturområdet i forhold til ændringer i grundvandsindvinding.

2 Hypoteser

Inden dataanalysen blev påbegyndt, blev der opstillet en række hypoteser, som er forsøgt eftervist gennem dataanalysen:

- Pejledata fra terrænnære grundvandsmagasiner er påvirket i stor grad af **årstidsvariationer**. Variationer afhænger af nærheden af "positive" barrierer i form af søer, større vandløb eller fjorde/havet, idet der tæt på sådanne "positive" barriere alt andet lige vil være mindre variation.

- Pejledata fra dybere grundvandsmagasiner **varierer ligeledes over året**, men med mindre amplitude end i de terrænnære grundvandsmagasiner.

- Der er en **god overensstemmelse** mellem årstidsvariationerne i de forskellige grundvandsmagasiner. Dog vil man forvente, at svingningerne er lidt forsinkede i de dybere grundvandsmagasiner i forhold til de terrænnære grundvandsmagasiner i hvert fald for grundvandssystemer, hvor der er nedadrettet gradient.

- Pejledata fra indvindingsmagasiner forventes at afspejle ændringer i grundvandsindvinding i form af umiddelbare niveaufald eller -stigning ved henholdsvis forøgelse og formindskelse af grundvandsindvinding. Der forventes således en **negativ korrelation mellem indvinding og pejling.**

- Perioder (uger) med mangel på nedbør eller stor **nedbør kan afspejles i pejledata i de terrænnære** grundvandsmagasiner som henholdsvis niveaufald og -stigning. Der vil ikke være samme reaktion i pejledata i dybere grundvandsmagasiner.

- Perioder (uger) med **frost eller tø efter en længere frostperiode kan afspejles i pejledata i de terrænnære** grundvandsmagasiner som henholdsvis niveaufald og -stigning. Der vil ikke være samme reaktion i pejledata i dybere grundvandsmagasiner.

- De generelle klimaforandringer med **højere temperatur, mere nedbør om vinteren, voldsommere skybrud og længere perioder med samme vejr (tørke/nedbør) vil påvirke specielt det terrænnære** grundvandsspejl. Det er forventet, at der vil være et stigende grundvandsspejl set over lang tid (år/årtier).

- Der kan være **udefra kommende påvirkninger,** som kan påvirke grundvandsstanden specielt i de terrænnære grundvandsmagasiner. Det kan f.eks. være regulering af vandløb, ændring af dræn i nærliggende områder, markvanding, opstemning af søer, opvækst af vedplanter med deraf følgende større fordampning eller anden form for hydrogeologisk indvirkning.

- Vandløbsafstrømninger i nærliggende vandløb er ligesom grundvandsstanden i de terrænnære grundvandsmagasiner styret af **årstidsvariationer** i nedbør og fordampning.

- Generelle klimaforandringer med **højere temperatur, mere nedbør om vinteren, voldsommere skybrud og længere perioder med samme vejr (tørke/nedbør) vil resultere i en direkte påvirkning af vandløbsafstrømninger.**

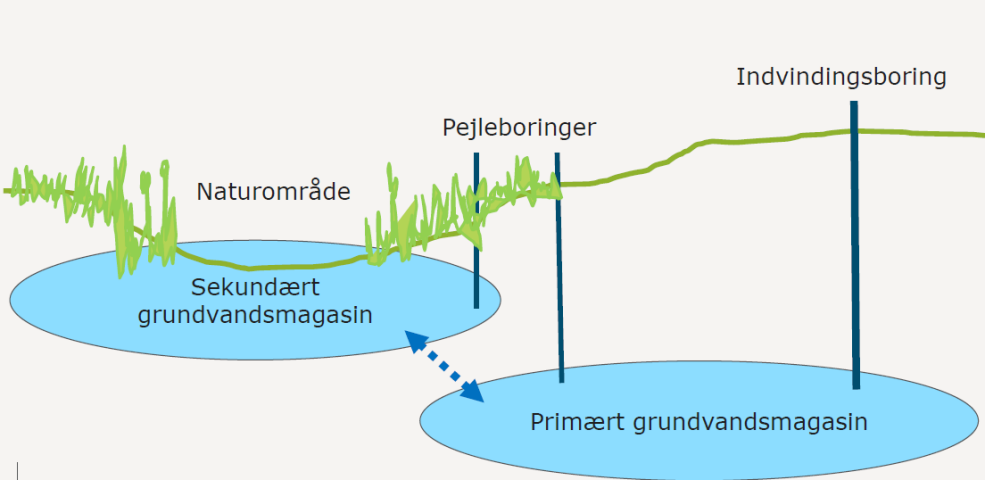
- Der er en **direkte korrelation mellem nedbør og vandløbsafstrømninger**, tydeligst om vinteren.

3 Datagrundlag

Der findes ikke lange tidsserier med overvågningsdata fra naturlokaliteterne i TREFOR Vands indvindingsområder i forhold til grundvand. Der er dog etableret overvågningsboringer mange steder, og overvågningsdata er under opbygning. Vandføringer er dog til rådighed for tre mindre vandløb i nærheden af naturlokaliteter og indvindinger indenfor TREFORs område omkring Fredericia og Kolding. De tre vandføringsstationer er: Truds Å, Østdal Bæk og Pjedsted Bæk-Surbæk. Vandførings- og vandstandsdata er leveret med varierende tidslige intervaller fra ned til 1 minut op til flere dage over en periode på et år fra 7/7/2022 til 4/7/2023.

Derudover har HOFOR – hovedstadens vandforsyning - velvilligt stillet data til rådighed i form af ugentlige indvindingsdata og pejledata fra forsyningens overvågningsindsats. Overvågningen sker som et led i vilkår for indvindingstilladelser, som HOFOR fik i forbindelse med en tilsvarende VVM-proces for den regionale vandindvinding på Sjælland. Her overvåges grundvandets trykniveau i indvindingsmagasiner (primære grundvandsmagasiner) og i terrænnære lag (sekundære grundvandsmagasiner) tæt på et antal naturlokaliteter. Figur 1 viser en principskitse over placering af pejleboringer til overvågning af grundvand i forhold til et beskyttet naturområde. Disse data anvendes i denne sammenhæng alene til at vurdere, hvilke metoder der kan anvendes i dataanalysen, og hvordan det kan vurderes, om ændringer i grundvandsindvinding giver anledning til ændringer i fugtighedsforholdene ved naturområder.

HOFOR overvåger ligeledes naturtilstanden hver fjerde år i udvalgte beskyttede naturlokaliteter.



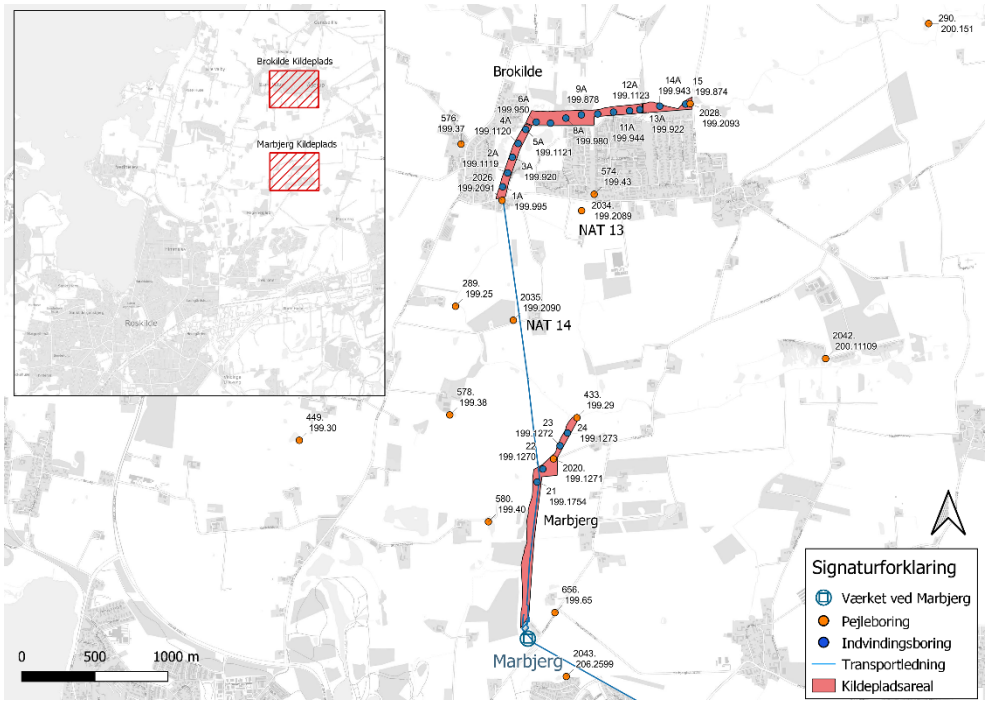
Figur 1 *Principskitse for overvågning af grundvand i forhold til naturområder*

HOFOR håndterer selv opsamling og bearbejdning af indvindingsdata, og disse data foreligger på ugentlig basis på kildepladsniveau. HOFORs overordnede indvindingsstrategi er at holde indvindingen så konstant som muligt både på borings- og kildepladsniveau, hvilket også afspejles i de data, der er modtaget fra forsyningen.

HOFOR har anmodet COWI om at indsamle data over grundvandets trykniveau og grundvandsstand i de overvågningsboringer, der er blevet etableret. Overvågningsboringer blev etableret for 3-4 år siden, og der findes nu mere end tre års data fra overvågningsprogrammet fra ca. 20 pejleboringer. Pejledata indsamles automatisk på timebasis og kan tilgås via en database med tilhørende grafisk visning on-line. HOFOR har endvidere i en lang årrække foretaget overvågning af udviklingen i grundvandets trykniveau i et stort antal boringer fordelt over hele Nordsjælland.

Figur 2 viser placeringen af to pejleboringer, som er anvendt i nærværende analyse, nemlig Nat 13 og Nat 14, som er henholdsvis en terrænnær boring og en dyb boring. Desuden ses Marbjerg kildeplads syd for disse boringer og Brokilde kildeplads nord for disse boringer.

Som supplement til overnævnte data er der ligeledes indhentet vejrdata fra DMIs on-line database i form af temperatur og nedbør på daglig basis fra Roskilde kommune. Daglige nedbørsdata er ligeledes indhentet for Kolding Kommune til en analyse af sammenhængen mellem klima og vandløbsafstrømning i TREFOR Vands indvindingsområde.



Figur 2 *Kort over placering af pejleboringer til naturovervågning, kildepladser og pejleboringer med lange tidsserier*

4 Databehandling og analyse

4.1 Sampling

Da indvindingsdata foreligger på ugebasis, er alle øvrige data ligeledes samplet til ugebasis, da det gør databehandlingen lettere og mindre, daglige udsving midles ud. Indvindingsdata på ugebasis angiver, hvor meget der er indvundet de seneste 7 dage. Pejledata er midlet "bagud" i tid for en uge ad gangen, så de nu er angivet som dato og værdi, hvor værdi svarer til midling af timedata fra de seneste syv dage.

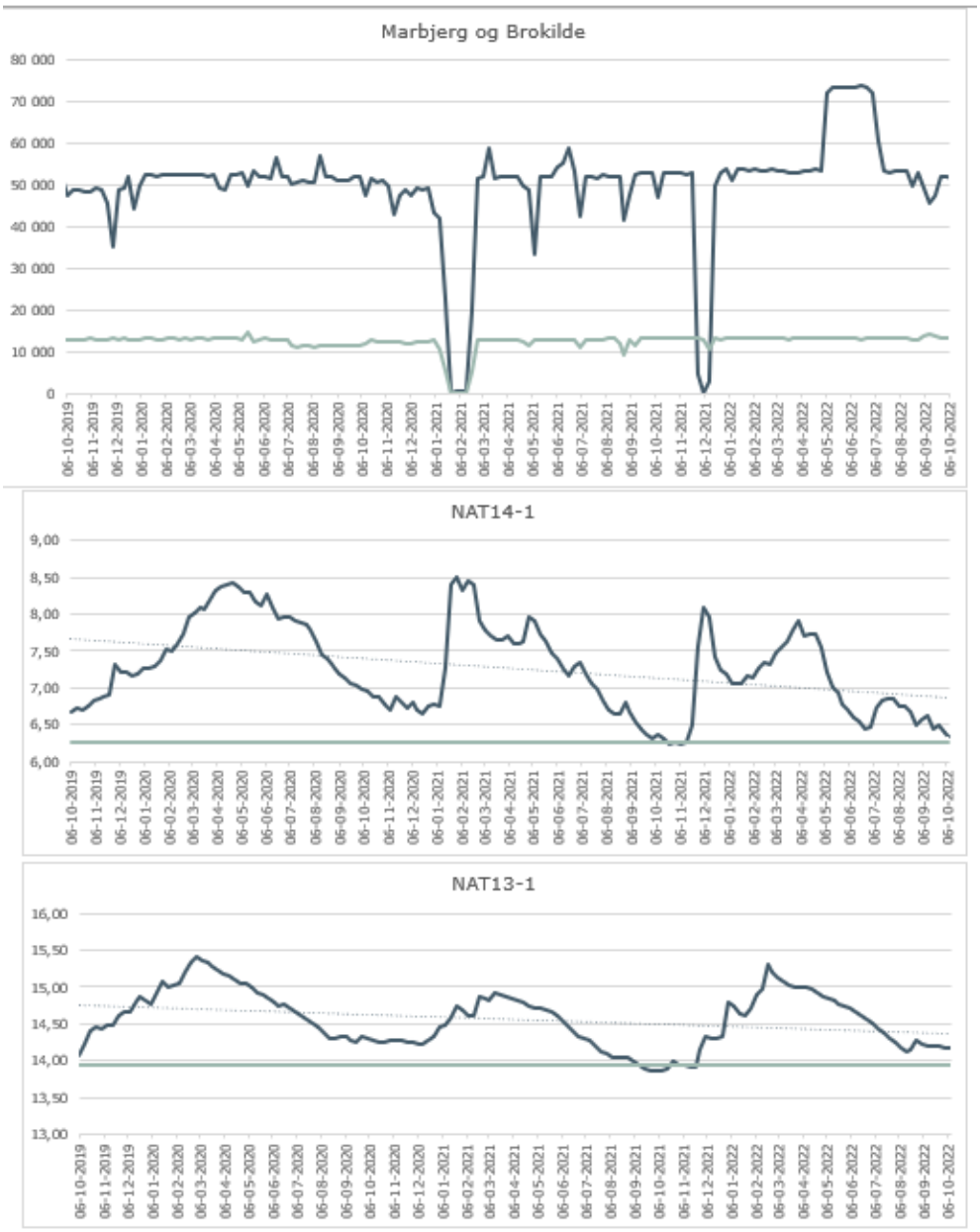
Vandløbsafstrømninger for de tre vandløb er leveret med varierende intervaller fra 1 minut til flere dages mellemrum. Til analysen er data midlet både dagligt og over 7-dages intervaller (bagud i tid for en uge ad gangen som pejledata). Huller i tidsserierne er ikke forsøgt udfyldt, men manglende eller fejlbehæftede data skal tages i betragtning ved anvendelse til analysen (se afsnit 5).

Nedbørsdata er som indvindingsdata summeret op på ugebasis, og viser nu hvor meget nedbør, der har været de seneste syv dage. Temperatur er ligesom pejledata "midlet "bagud" i tid for en uge ad gangen, så de nu er angivet som dato og værdi, hvor værdi svarer til midling af daglige (middeltemperatur) data fra de seneste syv dage.

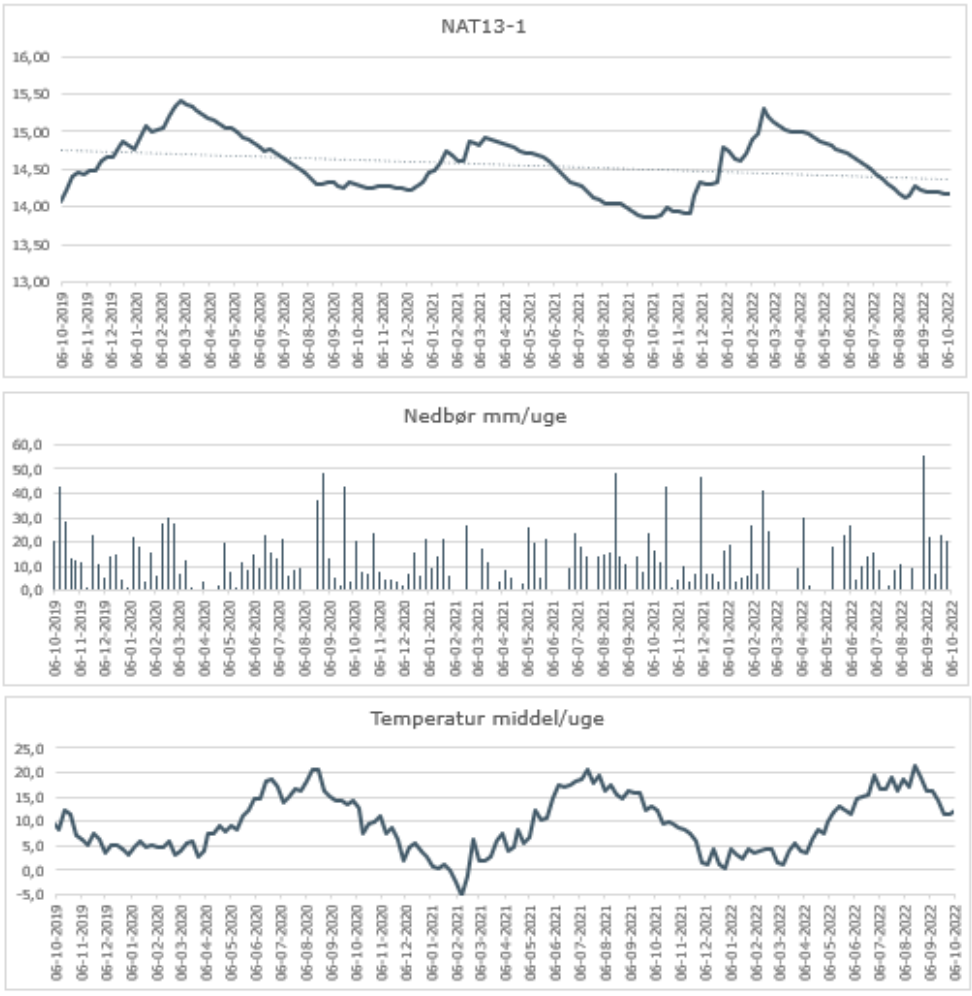
Det er valgt at analysere data for perioden 6/10 2019 til 6/10 2022, da der foreligger data fra alle pejleboringer i denne periode.

4.2 Grafisk visning og visuel inspektion

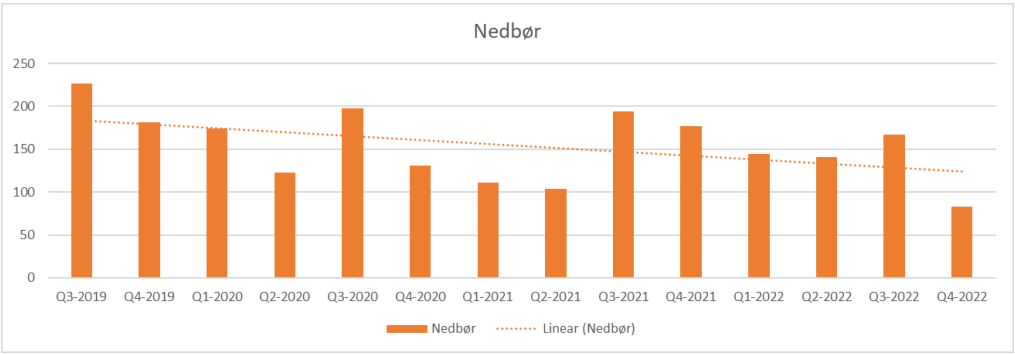
Figur 3 nedenfor viser pejlinger i det dybe grundvandsmagasin (NAT14-1) det terrænnære grundvandsmagasin (NAT13-1) sammen med indvindingsdata fra Marbjerg og Brokilde kildepladser. Figur 4 viser pejlinger i det terrænnære grundvandsmagasin sammen med nedbør og temperatur.



Figur 3 *Øverst ugentlig indvinding (m³) fra Brokilde og Marbjerg kildepladser. I midten (NAT14-1) pejledata (kote) fra pejleboring i primært grundvandsmagasin ca. 2 km fra Brokilde og 2 km fra Marbjerg kildeplads. Nederst (NAT13-1) pejledata (kote) fra pejleboring i sekundært grundvandsmagasin ca. 1 km fra Brokilde og 3 km fra Marbjerg kildeplads. Alarmværdien (se senere) er vist for de to pejleboringer*



Figur 4 *Øverst (NAT13-1) pejledata (kote) fra pejleboring i sekundært grundvandsmagasin. I midten nedbør (mm/uge). Nederst temperatur (middeltemperatur pr. uge)*



Figur 5 *Kvartalsnedbør (mm/kvartal)*

Visuelle "konklusioner":

- Der er en tydelig **årstidsvariation i både sekundære (terrænnære)** og primære (dybe) grundvandsmagasiner. Variationen er ca. 1,5 m mellem maksimalt og minimalt grundvandsspejl i terrænnært grundvandsmagasin og en anelse mindre i det dybe grundvandsmagasin.

- Årstidssvingningen i det **dybe grundvandsmagasin er ca. 2 måneder "bagud**" i forhold til det terrænnære grundvandsmagasin

- **Ændringer i indvindingen kan tydeligt ses i pejledata fra det dybe** grundvandsmagasin – se f.eks. i starten af 2021, hvor der i en periode på 5-6 uger slukkes for indvindingen ved Brokilde og grundvandets trykniveau stiger med godt 1,5 m

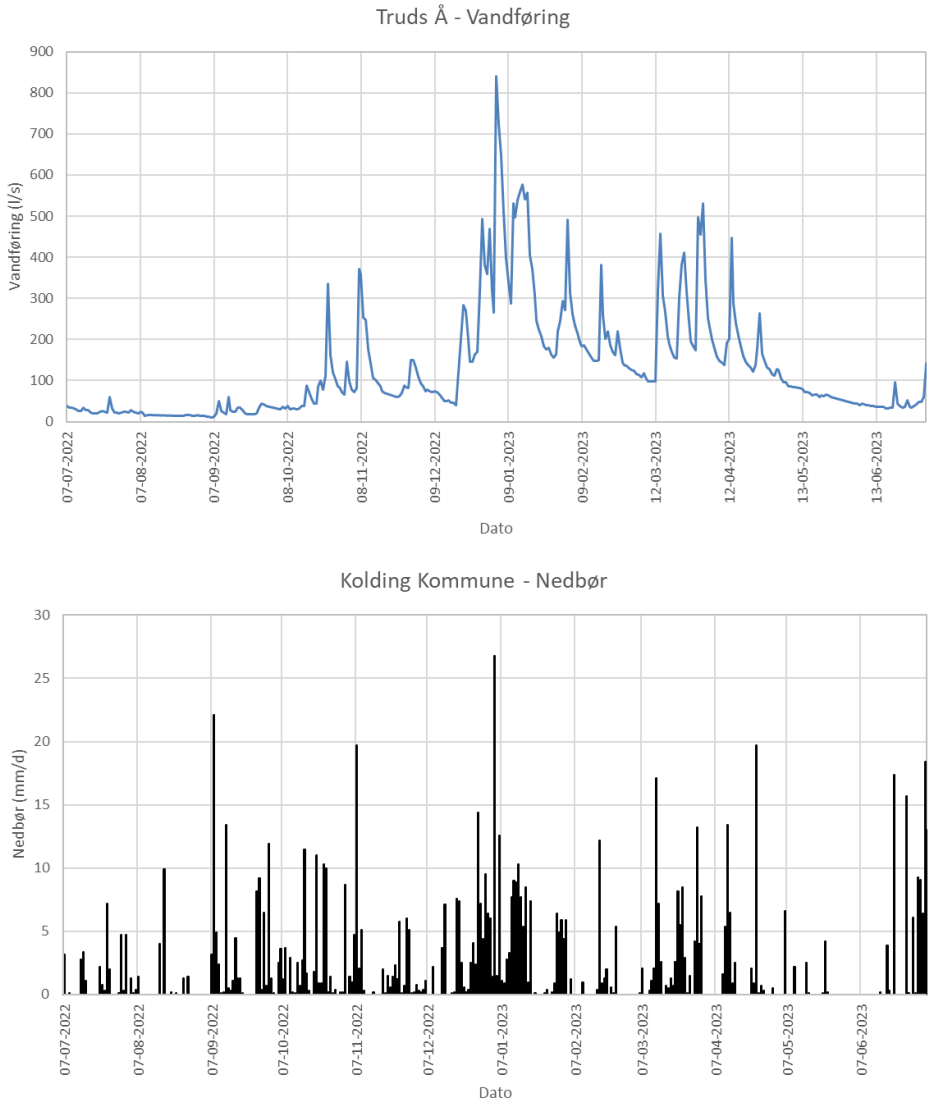
- **Ændringen i indvinding i starten af 2021 kan ikke umiddelbart ses i pejledata i det terrænnære grundvandsmagasin, mens et kortvarigt stop i indvindingen i december 2021 slår igennem i det terrænnære grundvandsmagasin med en stigning i grundvandsstanden på ca. 30 cm.**

- Det **terrænnære grundvandsmagasin er tydeligt påvirket af en længere periode med lav nedbør i foråret og sommeren 2021**, hvor grundvandsstanden er ca. 0,5 m lavere end sommeren 2020. Det modsatte er tilfældet med foråret 2020, som er meget vådt og giver anledning til stor stigning i grundvandsspejlet. Statisk er der et fald på 37 cm over perioden i det terrænnære grundvandsspejl.

- Det terrænnære grundvandsspejl er påvirket af en periode med frost i februar 2020, hvor der ses et mindre fald på ca. 20 cm og en tilsvarende stigning, når frosten ophører.

I forhold til vandløbsafstrømning i TREFORs vandindvindingsområde viser Figur 6 nedenfor den daglige vandløbsvariation i Truds Å for en periode fra d. 7. juli 2022 til d. 4. juli 2023 sammenholdt med daglig arealnedbør for Kolding Kommune fra DMI for samme periode.

- Graferne viser som ventet en tydelig korrelation mellem arealnedbøren og afstrømningen særligt i vinterperioden. I sommerperioden spiller fordampningen også ind, og der er sammenhængen derfor mindre tydelig.



Figur 6 *Vandløbsafstrømning i Truds Å og arealnedbør for Kolding Kommune.*

4.3 Statistiske analyser

Trends

Det er oplagt at undersøge, om der sker en generel stigning eller fald i grundvandets trykniveau over tid. I den forbindelse er det vigtigt at have samme start- og sluttidspunkt for at overkomme årstidsvariationer. På trods af dette kan man ikke nødvendigvis bruge trendberegningen til at vurdere, om der er tale om en signifikant/blivende ændring over tid; der kan være forskydninger i årstidsvariationer og forskelle mellem sommer- og vinterniveauer, som skygger for reelle trends. Med tre års data er der et vist grundlag for trendanalysen, men som også beskrevet ovenfor er der klimatiske forhold, som påvirker analysen; der er således ikke nødvendigvis ændringer i indvinding, der er skyld i trenden i grundvandsspejl og grundvandets trykniveau.

Tabel 1 Trends i data for perioden 6. oktober 2019 til 6. oktober 2022

Data	Trend	Ændring over perioden
Indvinding	Ingen	
Pejling NAT14-1	-0,00074 m/dag	-0,81 m
Pejling NAT13-1	-0,00034 m/dag	-0,37 m
Nedbør	45 mm/år	90 mm

Statistisk er der en tydelig nedadgående trend i trykniveauet i det dybe grundvandsmagasin, hvor der er et fald på 81 cm over perioden på tre år. Tilsvarende er en tydelig nedadgående trend i grundvandsstanden i det terrænnære grundvandsmagasin, hvor der er et fald på 37 cm over perioden på tre år.

Det er svært at forklare disse trends med ændringer i grundvandsindvinding, da den statistisk set har været konstant over perioden.

Det er en tydeligt, at der er en faldende tendens i nedbøren over perioden; statistisk falder den kvartalsvise nedbør med 60 mm. Årsnedbøren er 625, 587 og 535 mm/år i henholdsvis 2020, 2021 og 2022 – altså også et markant fald på 90 mm over perioden. Hvis grundvandsspejlet alene var styret af nedbøren, ville dette svare til et fald på 40-50 cm i grundvandsspejlet, da der ved beregning af ændringen i grundvandsspejlet skal tages hensyn til jordens porøsitet!

Faldet i nedbør over perioden kan rent faktisk forklare de markante fald i grundvandets trykniveau og grundvandsstand over perioden.

Det beregnede (statistiske) fald kan alene forklares med, at det er naturlige svingninger i de klimatiske forhold f.eks. forskydning i årstidsvariationen.

Korrelation

For at analysere, hvor stor korrelationen er mellem de forskellige data, er korrelationskoefficienten beregnet mellem de forskellige datasæt. Der er ligeledes inddraget et datasæt, som er betegnet NAT14-1'; dette datasæt er beregnet som forskellen fra uge til uge på pejlingerne i NAT14-1, altså en form for differentiering af datasættet. Ved at differentiere får men elimineret årstidsvariationen og alene større spring i pejlingen afspejles i datasættet. Hypotesen er, at ændringer i indvindingen giver anledning til større spring i pejledata, hvorved der ville forventes en større korrelation mellem det differentierede datasæt og indvindingen. Som det fremgår nedenfor, er dette dog ikke tilfældet.

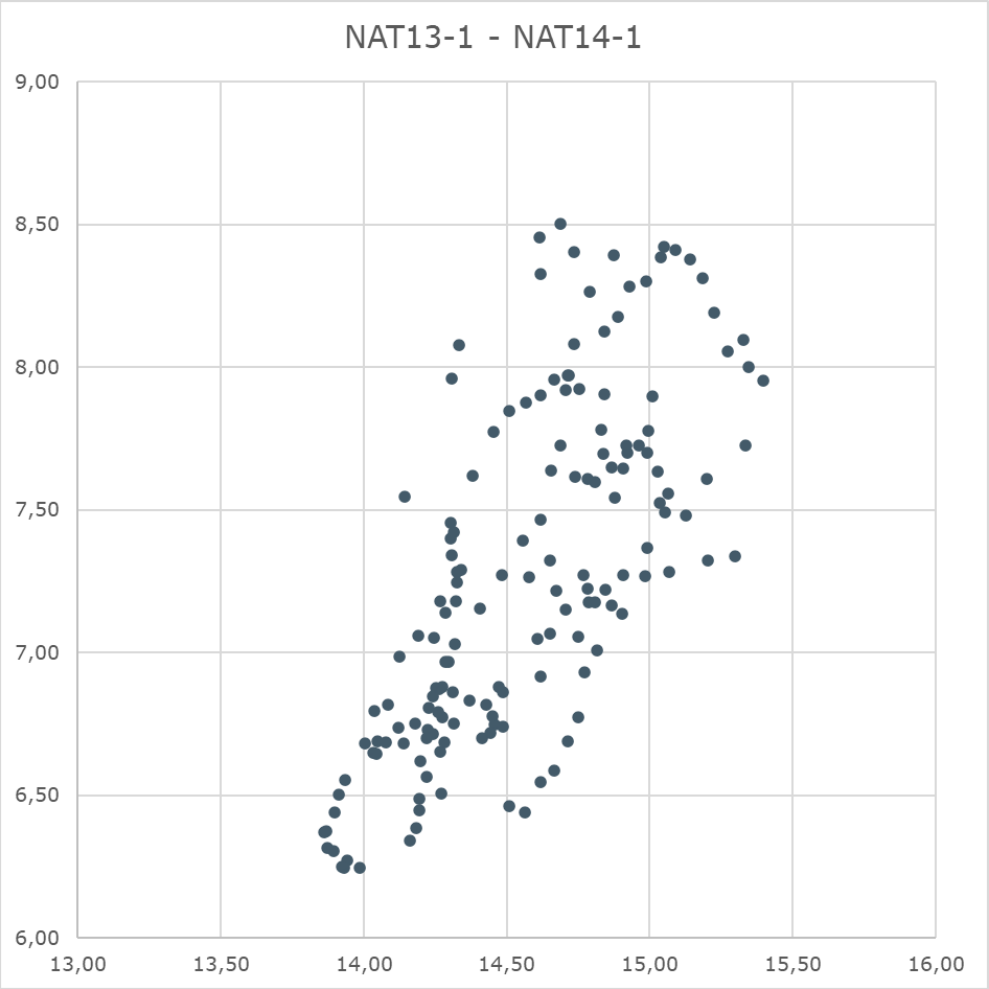
De beregnede korrelationskoefficienter fremgår af Tabel 2, idet der dog ikke er beregnet korrelation mellem datasæt som umiddelbart er har nogen sammenhæng (f.eks. nedbør og indvinding) – disse er markeret med ikke relevant (i.r.).

Tabel 2 *Korrelationskoefficienter (R^2) mellem de forskellige datasæt for perioden 7/10 2019 til 7/10 2022 (beregnet i excel)*

Data	NAT13-1	NAT14-1	Indvinding	Nedbør	NAT14-1'
NAT13-1	1				
NAT14-1	0,72	1			
Indvinding	0,09	-0,33	1		
Nedbør	-0,09	-0,19	i.r.	1	
NAT14-1'	i.r.	i.r.	-0,04	i.r.	1

Det er vanskeligt at give generelle niveauer for, hvornår data er korrelerede eller ikke. Men generelt kan følgende grænser anvendes:

$\|R^2\| < 0,2$	ingen korrelation
$0,2 < \|R^2\| < 0,5$	svag til moderat korrelation
$0,5 < \|R^2\| < 0,9$	moderat til stærk korrelation
$\|R^2\| = 1,0$	perfekt, lineær korrelation



Figur 7 *Scatter-plot af NAT13-1 mod NAT14-1 for at illustrere, hvordan data kan se ud med en moderat til stærk korrelation*

På basis af de beregnede korrelationskoefficienter kan der konkluderes følgende:

- Der er **moderat til stærk korrelation mellem pejledata i det dybe grundvandsmagasin i forhold til pejledata i det terrænnære** grundvandsmagasin.
- Der er **svag til moderat, negativ korrelation mellem pejledata i det dybe grundvandsmagasin og indvindingsdata** fra dette grundvandsmagasin.
- Der er **ingen statistisk korrelation mellem de øvrige data**.

For vandføringsdata er der en tydelig sammenhæng med både daglig nedbør og 7-dages nedbør. Der er som ventet en **svag til moderat** korrelation på 0,44 mellem daglige værdier og en **moderat korrelation** på 0,63 for 7-dages værdier.

5 Varighedsanalyser

Årstidsvariationen giver typisk anledning til relativt store variationer i grundvandets trykniveau i dybe grundvandsmagasiner og grundvandsstand i terrænnært grundvand. Som illustreret i Figur 3 ser vi fluktuationer i Nordsjælland på 1,5 m inden for ét år. Alt andet lige må dette betyde, at beskyttede naturområder er "robuste" i forhold til relativt lange perioder med lav (og høj) grundvandsstand. Dette betyder igen, at der skal relativt langvarige og større, blivende forandringer til for at ændre betingelserne for naturområderne. Der er dermed god tid til at foretage ændringer i indvindingsforhold, hvis der konstateres en ændring i grundvandsstand i en terrænnær pejleboring, inden ændringen i terrænnær grundvandsstand påvirker arter og natur i et nærliggende naturområde

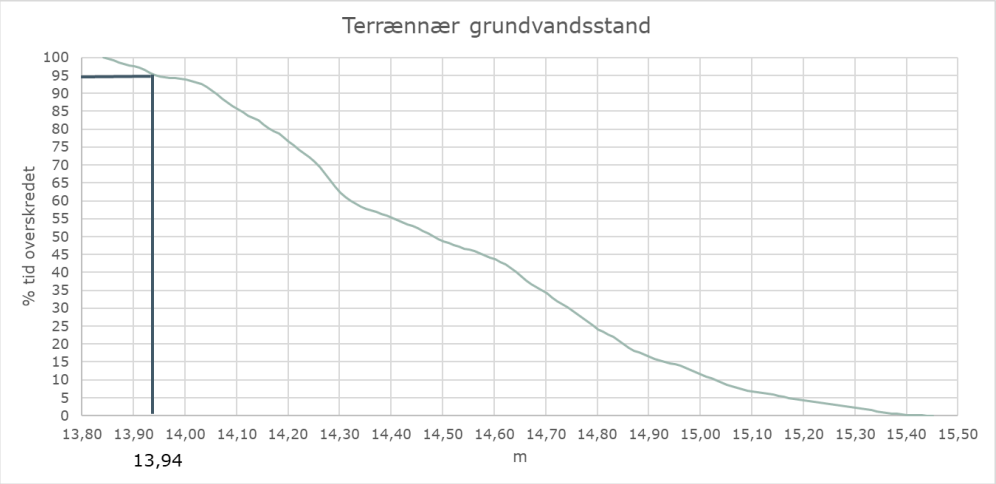
5.1 Beregning af alarmværdier

Dette peger på, at man skal finde en alarmværdi, som - hvis den underskrides - giver anledning til yderligere undersøgelser. Det foreslås at bestemme varighedskurver for grundvandsstand i hver enkelt moniteringsboring, og så anvende en fraktil af denne som alarmværdi. F.eks. kan man anvende den værdi, som grundvandsstanden/grundvandets trykniveau er større end i 95% af tiden som alarmværdi. Hvis grundvandsstanden/grundvandets trykniveau falder til et niveau under denne alarmværdi, skal det udløse en alarm, og der skal foretages nogle handlinger.

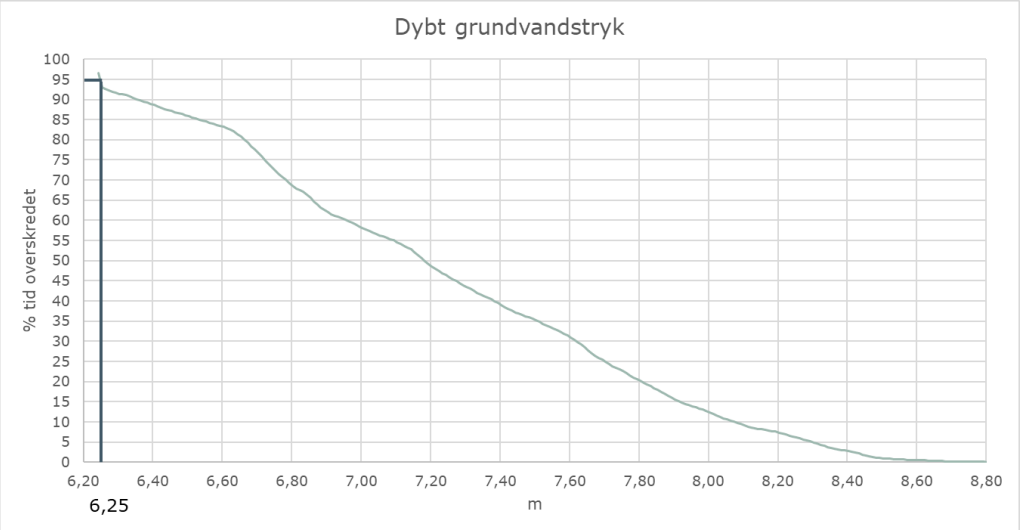
Varighedskurverne for de i tidligere kapitler analyserede pejletidsserier er vist nedenfor med angivelse af 95% fraktilen. Fraktilerne er bestemt til 13,94 m og 6,25 m for henholdsvis terrænnær grundvandsstand og dybt grundvandstryk. Formen på kurverne er lidt forskellige; den terrænnære grundvandsstand er relativ flad omkring de laveste værdier, og det er nemt at finde 95% fraktilen, mens dette ikke er tilfældet for det dybe grundvandstryk.

Alarmværdierne er markeret i graferne i Figur 3. Af graferne fremgår det, at der vil forekomme én alarm i den undersøgte periode, nemlig i starten af september 2021. Her vil vandspejlet i den terrænnære boring falde til under den bestemte 95% fraktil, hvilket udløser alarmen. I samme periode er trykniveauet i det dybe magasin også faldende og tæt på alarmværdien, så det vil være relevant at undersøge, om indvindingen er øget. Indvindingen er dog relativ konstant og ikke øget, og der er i denne sammenhæng tale om en naturlig fluktuation i grundvandsniveauerne. Det bemærkes i øvrigt, at trykniveauet i det dybe magasin falder under alarmværdien medio oktober 2021 – altså 4-6 uger senere end i det terrænnære magasin.

Det kan overvejes, at lave analysen på data fra udvalgte perioder af året, f.eks. i foråret/forsommeren, hvor vandstanden måske er mere kritisk i forhold til f.eks. frøæg. Det er i princippet samme fremgangsmåde, hvor man blot kun udnytter dele af datasættet til analysen. Alt andet lige vil det betyde, at alarmværdierne bliver mere restriktive (en højere værdi), da de mindste vandstande typisk optræder i sensommeren eller først på efteråret.



Figur 8 *Varighedskurve for terrænnært grundvand (NAT 13-1)*



Figur 9 *Varighedskurve for det dybe grundvandstryk (NAT 14-1)*

For vandløbene i nærheden af beskyttede naturområder bliver forholdene typisk kritiske efter længerevarende tørre perioder om sommeren, hvor vandføringerne gradvist falder til meget lave niveauer. Her vil det ligeledes være oplagt at identificere alarmværdier på samme måde som for grundvandsniveauerne ved brug af varighedskurver. Vi foreslår at benytte vandføringen ved 98 procent fraktilen (Q_{98}) som alarmværdi (se Bilag A). Hvis vandføringen falder under denne værdi, udløses en alarm, og der skal foretages nogle handlinger.

Varighedskurverne, samt vandføringsgrafer med Q_{98} for de tre vandløbstidsserier er vist i *Figur 10* til Figur 12. Af graferne fremgår det, at vandføringen falder under alarmværdierne i august måned. Der er lidt variation imellem stationerne, hvor alarmen for Truds Å bliver udløst d. 23. august, for Pjedsted Bæk d. 29. august og for Østdal d. 14. august (Tabel 3). De målte vandføringer, særligt de lave værdier, er behæftet med en del usikkerhed, hvilket tydeligst ses for Pjedsted Bæk og Østdal Bæk, der også har de laveste værdier. Vandføringerne fluktuerer meget i perioder, sandsynligvis på grund af loggerdata problemer.

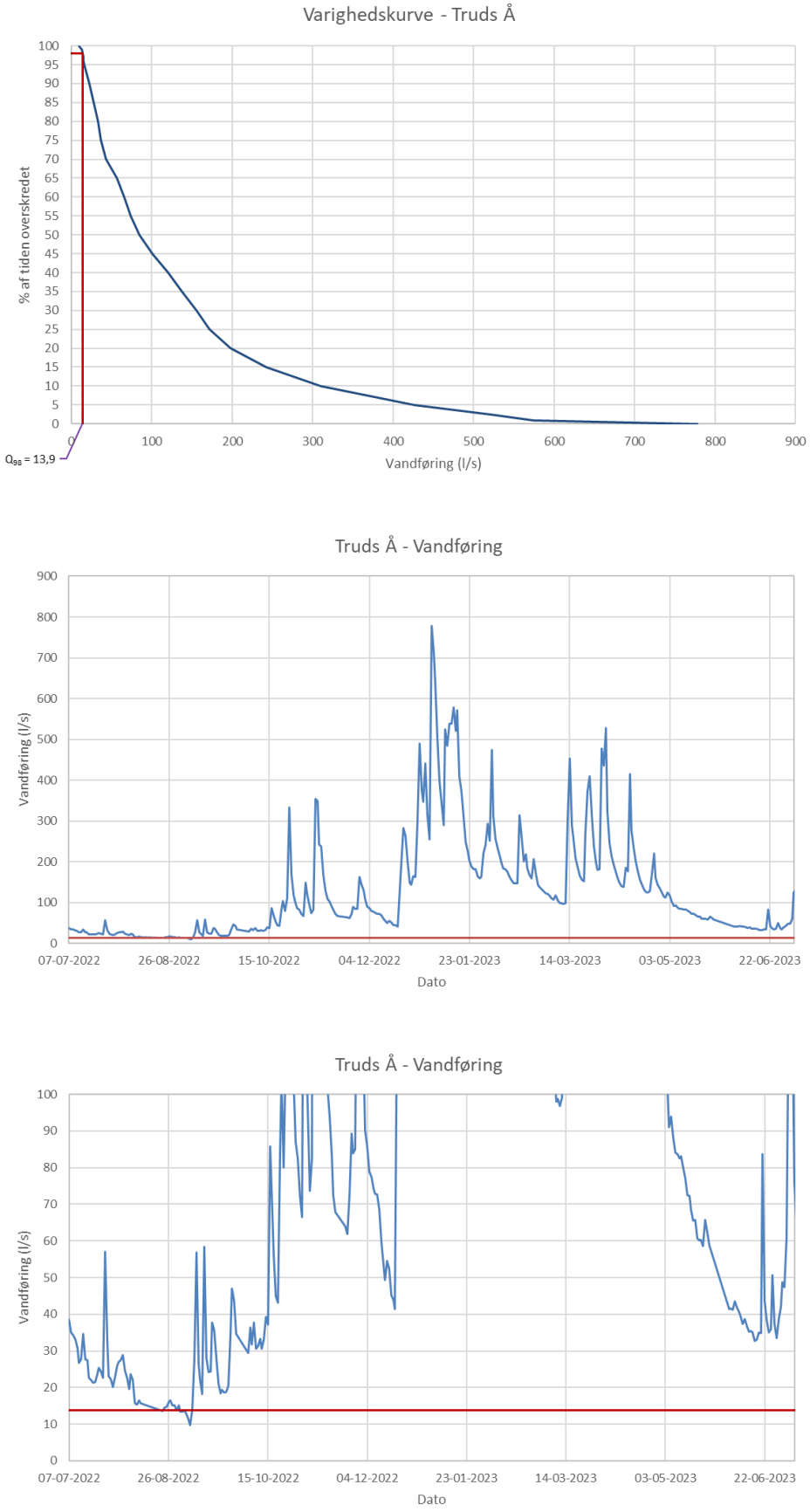
For Øsdal Bæk ser vandføringerne fejlbehæftede ud i maj 2023, og der er også et stor hul i tidsserien i januar 2023, hvor der mangler data for to uger. Fluktuationerne fører blandt andet til flere falske alarmer i november 2022 og maj 2023 for Øsdal Bæk og i oktober og november for Pjedsted Bæk.

Endelig er der større huller i alle tre tidsserier på op til 21 dage om året for Truds Å, hvilket har betydning for bestemmelsen af alarmværdierne.

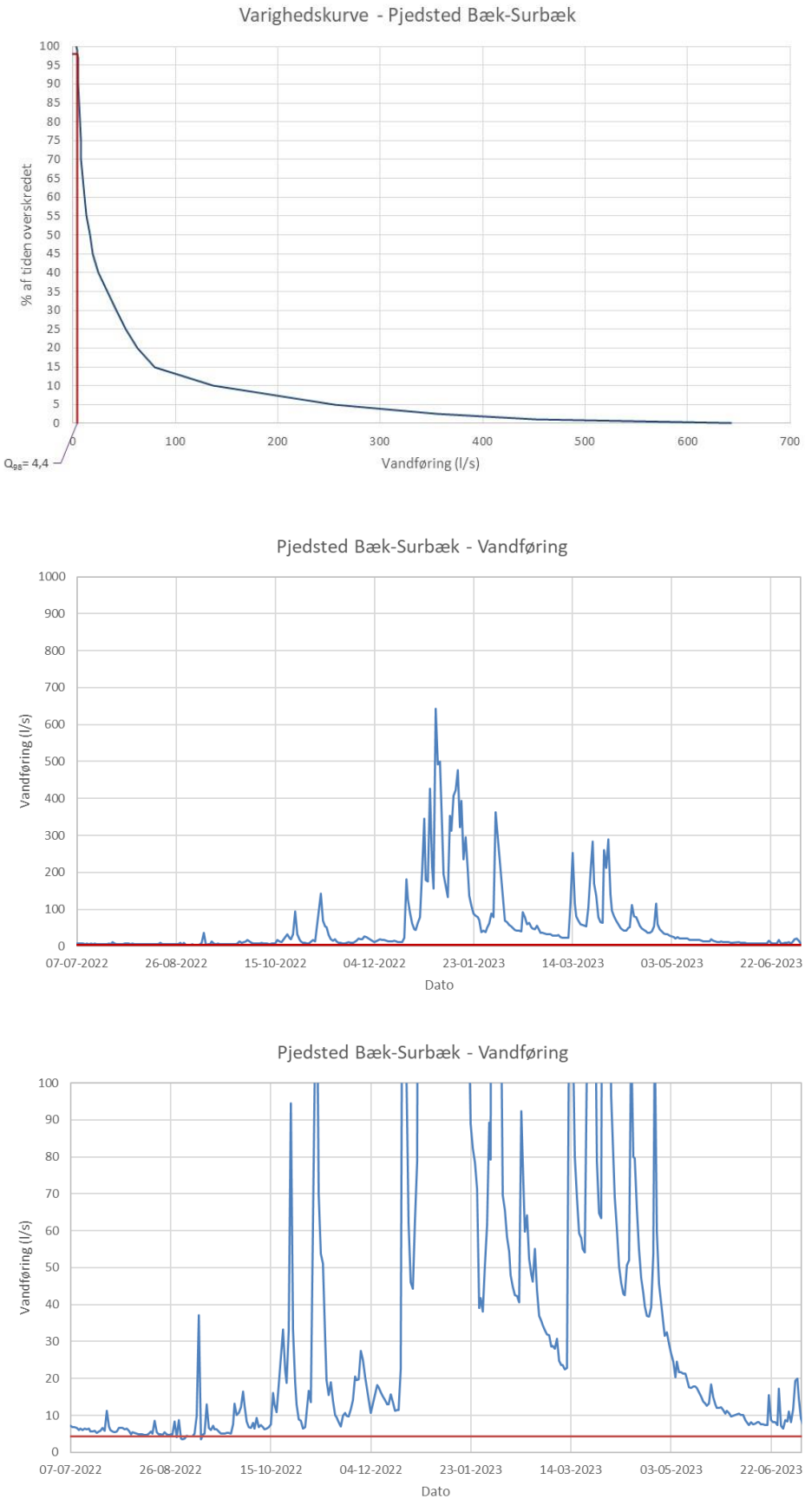
Bestemmelsen af alarmværdier kan foretages på ét års data, men jo længere tidsserien er, jo mere "sikker" bliver bestemmelsen.

Tabel 3 Alarmværdier (Q_{98}) og dato for underskridelse af værdier (7.07.2022-7.07.2023)

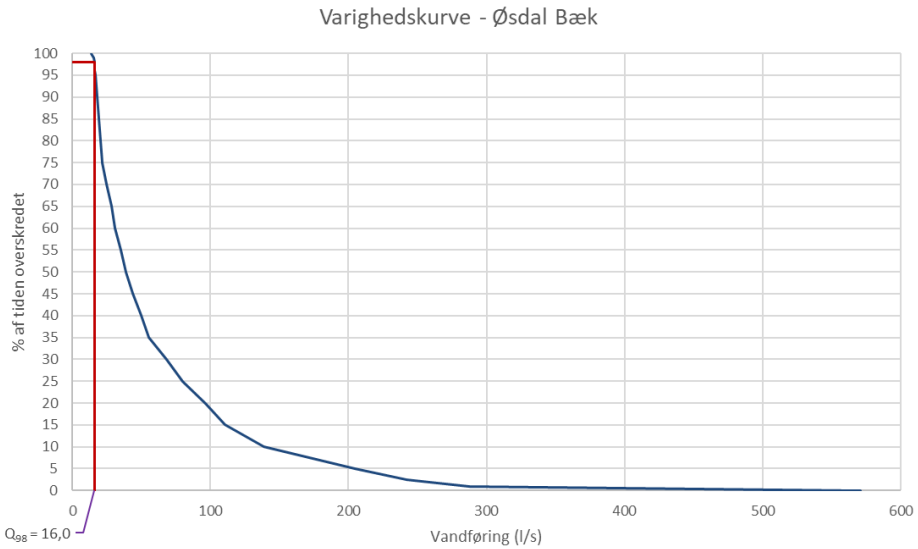
Vandløb	**Q98 (l/s)**	**Dato**
Truds Å	13,9	23-08-2022
Pjedsted Bæk- Surbæk	4,4	29-08-2022
Øsdal Bæk	16,0	14-08-2022

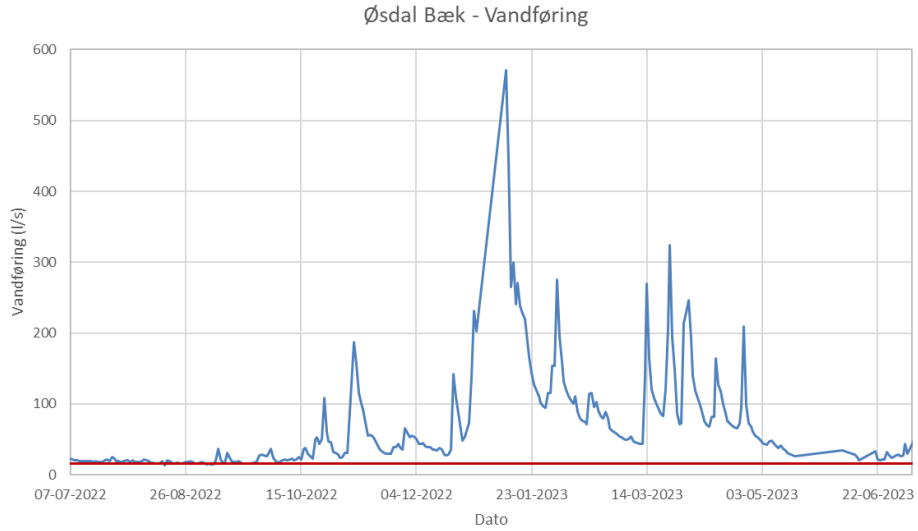


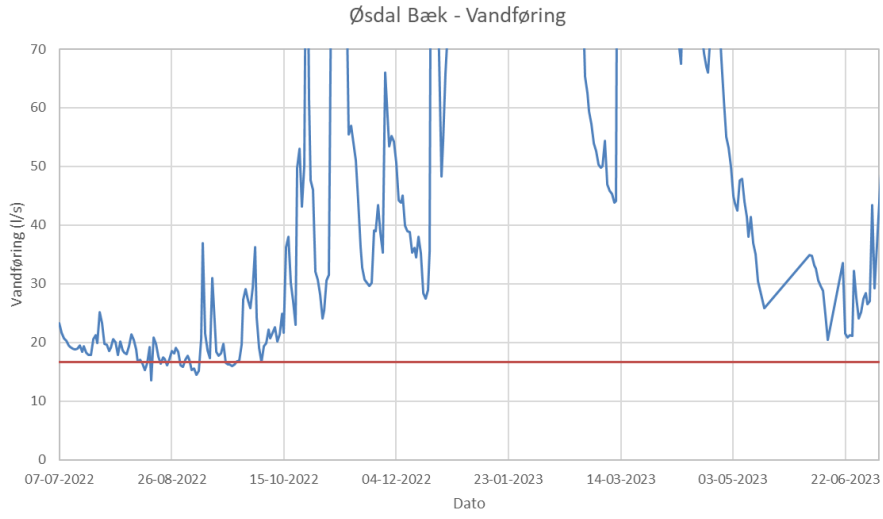
Figur 10 Varighedskurve for vandføringen i Truds Å og vandføringsgraf med alarmværdi Q_{98}.



Figur 11 *Varighedskurve for vandføringen i Pjedsted Bæk-Surbæk Å og vandføringsgraf med alarmværdi Q_{98}.*







Figur 12 *Varighedskurve for vandføringen i Pjedsted Bæk-Surbæk Å og vandføringsgraf med alarmværdi Q_{98}.*

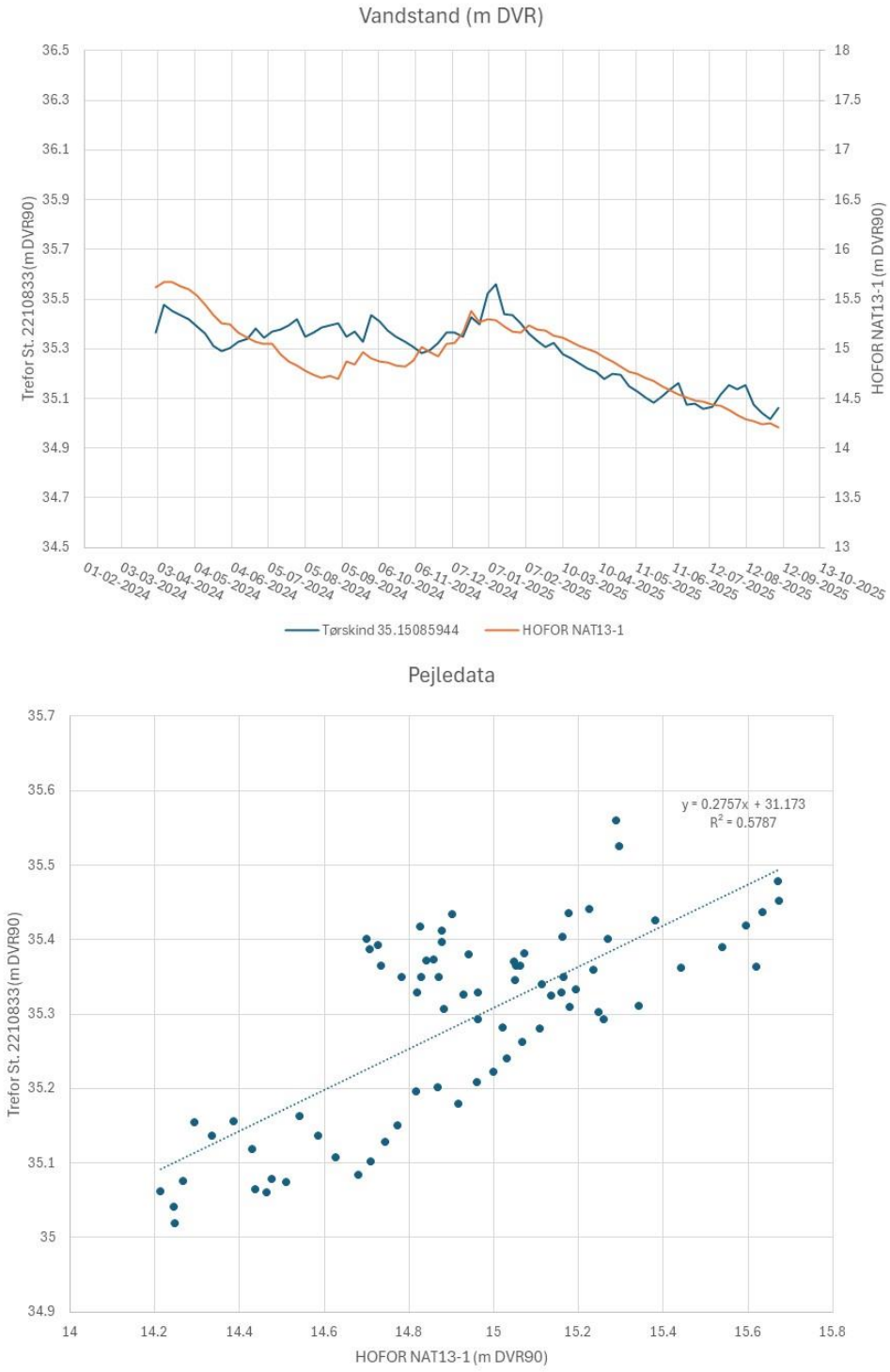
5.2 Forlængelse af tidsserier til beregning af alarmværdier

Trefors vandføringstidsserier og pejletidsserier er generelt forholdsvis korte. Længderne på pejletidsserierne ligger f.eks. p.t. på 9 måneder ved Kongsted og 1,5 års ved Tørskind-Vork. For at få et mere robust estimat af alarmværdierne kan man med fordel forlænge måleserierne med "kunstige" eller beregnede data baseret på andre måledata. Dette gælder for både grundvandspejledata og vandføringsdata.

Tidsserierne kan forlænges ved at anvende data fra tilsvarende geologier og bestemme sammenhængen mellem dataserierne for de perioder, hvor begge serier har data. Filosofien er, at hvis korrelationen er stærk nok, kan der findes en (lineær) sammenhæng mellem pejledata fra forskellige lokaliteter. Vores anbefaling er, at korrelationskoefficienten, R, skal være større end 0,7 for at kunne anvende sammenhængen. Korrelationskoefficienten bestemmes nemt ved brug af f.eks. Excels indbyggedes funktion ”Correl”.

Vi har sammenlignet data fra Trefors overvågningsboringer med data fra HO-FORs overvågningsboringer på Sjælland. Der er en overraskende god overensstemmelse; for Tørskind-Vork er korrelationskoefficienten bestemt til 0,76 (R^2=0,58) med data for 1,5 år (Figur 13). Der findes data fra næsten 7 års overvågning i HOFORs område, og ved at anvende bedste lineære sammenhæng kan Trefors dataseries forlænges bagud til starten af 2019. Alarmværdien (5%) bestemt alene med Trefor data er 35,26 m DVR90 (1 års data), mens alarmværdien (95%-fraktilen) bestemt baseret på den forlængede dataserie er 35,04 m DVR90 m (01.09.2019-01.09.2025). Den forlængede tidsserie er vist på Figur 14 inklusive alarmværdien for 95%-fraktilen (5%).

Vandføringsdata kan tilsvarende forlænges med længere tidsserier fra nært liggende vandløb. Dette er beskrevet i et separat notat inkluderet som Bilag A. Alarmværdierne for de længere perioder for Trefors vandløbsmålinger for Truds Å, Surkær Bæk og Øsdal Bæk blev i dette tilfælde generelt højere end for moniteringsperioden 2022/23, der generelt var tørrere end et gennemsnitligt år med en meget tør periode i juli og august. For en meget lang periode helt tilbage til 1954 ligger værdierne dog lidt lavere for Truds Å end for den seneste periode, hvilket skyldes nogle meget tørre somre i 1970erne, bl.a. 1973, 1975 og 1976. Grundet klimaændringer bør det overvejes, hvor lang en periode, det er rimeligt at vælge til alarmværdiberegningerne, og her anbefales det at holde sig inden for den seneste klimanormal, der går tilbage til 1991.



Figur 13 *Pejledata for Trefors terrænnære boring ved Tørskind (St. 2210833) og den terrænnære boring NAT-13 fra HOFOR (øverst) og scatterplot inklusive trendline (nederst)*



Figur 14 *Forlænget tidsserie for terrænnær pejleboring St. 2210833 ved Tørskind inklusive alarmværdi beregnet baseret på den forlængede tidsserie*

5.3 Effekt af indvinding

Sammenhørende pejledata fra det dybe magasin og det terrænnære grundvandsmagasin sammenholdt med indvindingsdata kan give vigtig information om, hvor lang tid, der går fra en ændring i indvindingen i det dybe magasin slår igennem på det terrænnære grundvand.

Ved sammenligning af data fra HOFOR fra N13-1 (terrænnær) og N14-1 (indvindingsmagasin) ses en forsinkelse på ca. 1,5 måned, se f.eks. første halvår 2020, hvor indvindingen er stort set konstant, og hvor toppunktet på pejledata forekommer i starten af marts i det terrænnære magasin i forhold til medio/slut april i indvindingsmagasinet (se Figur 3). Det går også den anden vej; se f.eks. effekten af et midlertidigt stop i indvindingen i januar/februar 2021, som umiddelbart giver en stigning i af trykniveauet i indvindingsmagasinet, mens det først slår igennem i det terrænnære grundvandsmagasin ca. 1,5 måneder senere.

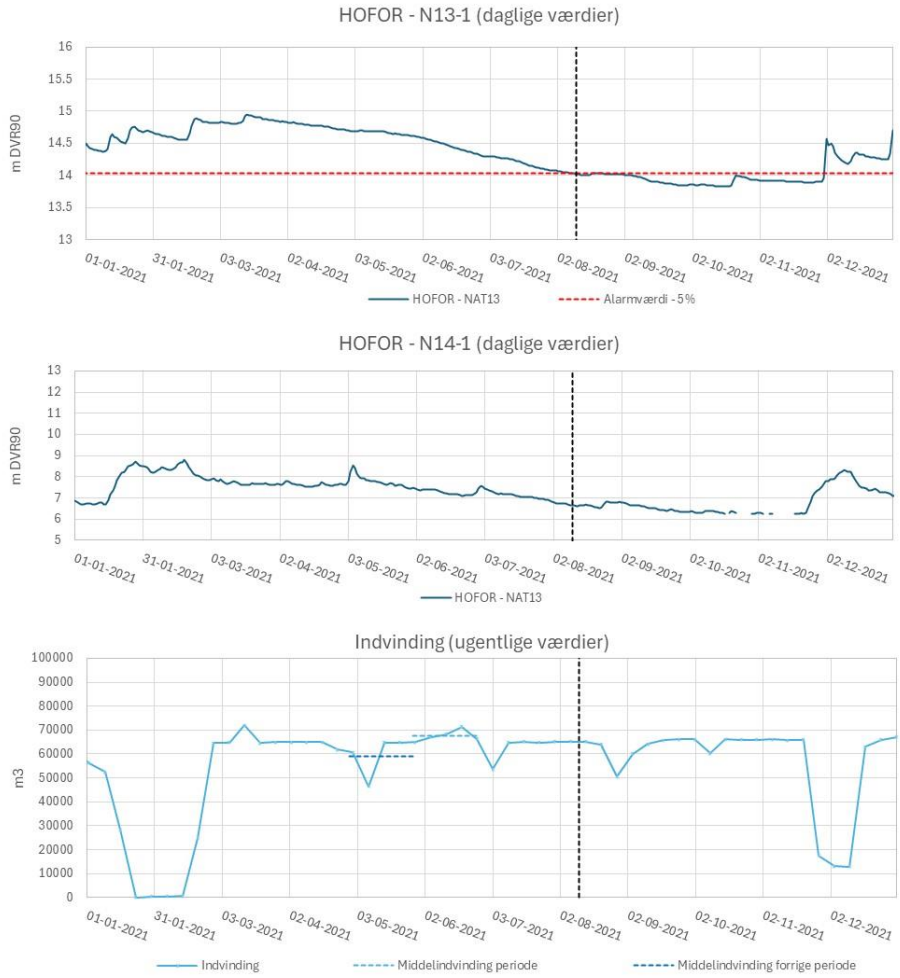
Denne analyse kan anvendes til at bestemme, hvilken indvindingsperiode, der skal undersøges for at vurdere, om det er grundvandsindvindingen, der forårsager en underskridelse af en alarmværdi eller det er et naturligt fænomen der er årsag til underskridelse af alarmværdien.

I situationen for HOFORs boringer skal man se på ændringer i indvindingen i perioden op til 1,5 måneder før alarmen udløses i det terrænnære grundvand. Længden af den periode, som midles til sammenligning skal være mindst 1 måned, før det giver mening. Med andre ord skal man i dette tilfælde sammenligne den midlede indvinding for perioden 3,5 til 2,5 måneder før alarmen med perioden 2,5 til 1,5 måneder før alarmen. Middelindvindingen for de tidligere perioder inden alarmværdien for 95%-fraktilen underskrides d. 11.08.2021 øges med ca. 13%.

Alarmen indtræffer således i en periode, hvor der naturligt vil være lav vandstand i det terrænnære grundvandsmagasin, samtidig med at der hen over det sene forår og sommeren har været en øgning i indvindingen. Vores anbefaling er, at der skal være en mærkbar ændring i indvindingen svarende til 10%, før man kan pege på forsyningen som ansvarlig for, at alarmen indtræffer. I det konkrete tilfælde vil man nok komme til den konklusion, at forsyningen skal

skrue ned til referenceniveau i en periode, indtil det terrænnære grundvand er kommet over alarmværdien igen.

Metoden er illustreret i Figur 15, der viser pejledata for HOFORs boringer, inklusive alarmværdiunderskridelse. Den nederste graf viser middelindvindingen for de 2 perioder af en længde på 1 måned beregnet 1,5 måned, inden alarmen indtræffer.



Figur 15 *Grafer med HOFORs data for 2021, hvor alarmværdien på 14,0 m DVR90 underskrides 11.08.2021. Middelindvindingen over to perioder af 1 måneds varighed 1,5 måned, før alarmværdien underskrides, er vist på den nederste graf*

6 Forslag til dataindsamling og -behandling samt korrigerende handlinger

For at eliminere årstidsvariationen foreslås det at bestemme en alarmværdi på basis af varighedskurver fra en referenceperiode som alarmværdi for handling. Følgende fremgangsmåde foreslås i forhold til at vurdere, om der skal justeres på indvinding for ikke at udsætte beskyttede vandløb, naturområder og arter for skadelige konsekvenser af grundvandsindvinding.

6.1 Fastlæggelse af baseline og alarmværdier

I det første år måles der timeværdier eller daglige værdier af vandstand i både indvindingsmagasinet og i det terrænnære grundvand. Der måles også på vandføringer i sårbare vandløb i form af døgnmiddelvandføringer. På basis af denne baselineperiode, hvor indvindingen så vidt muligt holdes konstant omkring den indvinding, der er anvendt i vurdering af referencetilstand, bestemmes alarmværdier som beskrevet ovenfor.

- TREFOR Vand programmerer SRO-systemet, så der afgives en alarm, hvis alarmværdierne underskrides i moniteringsboringerne.
- TREFOR Vand indhenter løbende vandføringsdata for fra de udpegede vandløb tjekker om alarmværdierne for vandføringer overskrides (alarm programmeres eventuelt).

6.2 De følgende år

I de efterfølgende år foretages der løbende overvågning og aktioner ved alarmer.

Hvert fjerde år foretages en opsamling/rapportering, hvor alarmværdierne revurderes. Ved opsamlingen er det relevant at gennemføre følgende:

- Der udtrækkes med klimadata fra DMIs databaser, som er gjort frit tilgængelige. Data kan eventuelt suppleres med modelberegnede data i form af beregnet nettonedbør.
- Data bør, så vidt det er muligt suppleres med længere tidsserier, så man kan vurdere de overordnede variationer og trends i grundvandets trykniveau og vandløbsafstrømning.
- Data analyseres og afrapporteres i et notat (på kildepladsniveau), der beskriver udviklingen i grundvandets trykniveau i indvindingsmagasinet, grundvandsspejl i det terrænnære grundvandsmagasin og afstrømninger i nærliggende vandløb. Data sammenholdes med indvindingsdata og klimadata:
  - Data såsom indvinding, pejlinger og klimadata samples til f.eks. ugentlige data, så de daglige (uinteressante) variationer ikke fremgår ved visualisering.
  - Der udføres trendanalyser for alle grundvandsdata over perioden med samme startdato og slutdato i de år der analyseres.
  - Data visualiseres som tidsserier "sammen med hinanden" (dvs. indvinding fra nærliggende kildeplads vises sammen med pejlinger fra dybe, terrænnære grundvandsmagasiner og vandløbsafstrømninger).

- Der beregnes varighedskurver for grundvandets trykniveau og det terrænnære grundvandsspejl for alle overvågningsboringer, samt for vandløbsafstrømninger. Dataserierne, forlænges med andre data, hvis der kan opnås en korrelation med disse på mere end R=0,70 jf. afsnit 5.2.

- Alarmværdier genbestemmes baseret på grundvandsniveauer (den værdi, som kun underskrides i 5% af tiden) ved hjælp af varighedskurver, og det vurderes, om alarmværdierne skal opdateres i forhold til den nye situation (specielt, hvis der ikke er sket ændringer i indvindingen på den pågældende kildeplads).

- Alarmværdier bestemmes separat for vandløbsafstrømning, og det vurderes om værdierne skal opdateres.

- Opsamlingen af overvågningsdata og de revurderede alarmværdier sendes til godkendelse ved de berørte kommuner.

6.3 Aktioner ved overskridelse af alarmværdi

- Hvis der udløses en alarm, fordi grundvandets trykniveau og/eller grundvandsspejlet falder til under den beregnede alarmværdi, skal TREFOR Vand indenfor 2 uger undersøge, om faldet skyldes en øgning af grundvandsindvindingen på TREFOR Vands nærliggende kildeplads, eller der er tale om en naturlig fluktuation eller påvirkning fra andre indvindere. Samtidig informeres den relevante kommune (myndighed) om situationen. Det samme gælder, hvis et fald i vandføringen i et nærliggende vandløb udløser en alarm. I nogle tilfælde vil et fald i vandføringen i vandløbene udløse en alarm før grundvandet, og der skal ses på om grundvandsindvindingen er forøget, og om dette kan have ført til en påvirkning af vandløbet.

- Perioden på højst 2 uger er fastsat ud fra følgende vurderinger:

  - Naturområderne har tidligere været udsat for påvirkninger af lignende art som følge af naturlige variationer (i den periode, hvor data er indsamlet) og forventes at være robuste overfor disse variationer

  - Ændringer i grundvandsspejl og grundvandets trykniveau sker langsomt – specielt i det terrænnære grundvand, som ofte er et frit grundvandsspejl med meget stor træghed overfor ændringer

  - Det bemærkes, at det er grundvandsspejlet og ikke vandspejlet i en mose eller sø eller vandløb der falder under en alarmværdi. Dvs. der går tid, inden dette fald udbreder sig til beskyttede naturområder

  - Forsyningen skal have tid til at undersøge, om der er tale om målefejl og vurdere, hvor meget der skal skrues ned for indvindingen og

hvilke(n) kildeplads(er) der skal kompensere for den manglende vandmængde ved at øge indvindingen her.

- For at vurdere om en forøgelse af indvindingen er skyld i alarmen estimeres på basis af pejledata først, hvor lang forsinkelsen er mellem en ændring af vandspejlet i det dybe magasin i forhold til det terrænnære. Dette vil variere for lokaliteterne, men vil typisk være en forsinkelse på 1-2 måneder.

- Derefter beregnes middelindvindingen for en periode på mindst en måned for to perioder, der ligger før alarmunderskridelsen. Der tages her højde for forsinkelsen af effekten af en ændring i indvindingen på det terrænnære grundvand ved at lave beregningerne for perioder før datoen for underskridelse minus forsinkelsesperioden (se yderligere beskrivelse i afsnit 5.3). Der skal være en mærkbar ændring i indvindingen svarende til 10%, før man kan pege på forsyningen som ansvarlig for, at alarmen indtræffer.

- Hvis det er indvindingen, der er skyld i faldet, vurderes det i samråd med myndigheden, om faldet giver anledning til påvirkning af det beskyttede naturområde, og hvis dette er tilfældet, justeres indvindingen til et aftalt referenceniveau.

- TREFOR Vand kan også igangsætte en naturkortlægning, til vurdering af, om det faldende niveau giver anledning til en forringelse af naturkvaliteten i den beskyttede naturlokalitet. Hvis dette ikke er tilfældet, kan TREFOR i samråd med den relevante kommune (myndighed) øge indvindingen til det højere niveau, som anses ikke at medføre negative konsekvenser for naturlokaliteten.

7 Konklusioner

Årstidsvariationen giver typisk anledning til relativt store variationer i grundvandets trykniveau i dybe grundvandsmagasiner, grundvandsstand i terrænnært grundvand og vandløbsafstrømninger. Alt andet lige må dette betyde, at beskyttede naturområder er "robuste" i forhold til relativt lange perioder med lav (og høj) grundvandsstand. Dette betyder igen, at der skal relativt langvarige og større, blivende forandringer til for at ændre betingelserne for naturområderne, og dermed er der god tid til at foretage ændringer i indvindingsforhold, hvis der konstateres en ændring i grundvandsstand i en pejleboring, inden det påvirker et nærliggende naturområde.

Dataanalysen har vist:

- Den visuelle inspektion af data giver stor værdi i forbindelse med dataanalysen og vurdering af indvindingens betydning for grundvandets trykniveau og grundvandsstand i nærheden af beskyttede naturområder.

- Simple, statistiske parametre som f.eks. trend i pejledata kan beregnes for længere perioder med samme start og slutdato for at give fornuftige værdier og under alle omstændigheder.

- Mere komplicerede statistiske parametre som f.eks. korrelationskoefficienter vil formentlig vise, at der ikke er nogen korrelation mellem indvindingsdata og grundvandsstand eller indvindingsdata og vandløbsafstrømninger tæt ved beskyttede naturområder.

- Der er en relativ stærk korrelation mellem pejledata i dybe grundvandsmagasiner og terrænnære grundvandsmagasiner, men de ændringer i det dybe magasin, som man visuelt kan se stammer fra ændringer i grundvandsindvinding, kan ikke genfindes i pejledata fra det terrænnære grundvandsmagasin, hvorved korrelationen mister sin værdi, fordi det netop er den sammenhæng man er ude efter.

- Nedbør kan forklare større variationer i grundvandsstand i terrænnære grundvandsmagasiner fra år til år og i forskellige perioder. Det samme er tilfældet for vandløbsafstrømningsvariationen, der er styret af nedbør og fordampning. Det samme gør sig dog ikke umiddelbart gældende for grundvandets trykniveau i dybe grundvandsmagasiner.

- For at eliminere årstidsvariationer i moniteringsdata, foreslås det at bestemme alarmværdier ud fra varighedskurver for grundvandsstand og grundvandets trykniveau. En alarmværdi, som i referenceperioden underskrides 5% af tiden er foreslået.

- Alarmværdier for vandføringer foreslås bestemt ud fra 98% fraktilen på varighedskurver over døgnmiddelvandføringen.

- Hvis grundvandsstand, grundvandets trykniveau eller vandføring falder til under alarmværdierne, skal vandforsyningen foretage forskellige handlinger herunder at undersøge om faldet skyldes øget indvinding, eller om der er tale om en naturlig variation. Hvis det er indvindingen, der er skyld i faldet, vurderes det i samråd med myndigheden, om faldet giver anledning til påvirkning af arter og naturtilstand i det beskyttede naturområde eller vandløb, og hvis dette er tilfældet justere indvindingen til et aftalt referenceniveau. Herefter kan yderligere kortlægning eventuelt foretages og TREFOR kan på dette grundlag og i samråd med myndigheden eventuelt igen øge indvindingen til et højere niveau, som anses ikke at medføre negative konsekvenser for naturlokaliteten.

Bilag A Analyse af vandføringsdata i forbindelse med overvågning

TREFOR VAND A/S

ANALYSE AF VANDFØRINGSDATA I FORBINDELSE MED OVERVÅGNING

BILAG A TIL NOTAT OM OVERVÅGNING

ADRESSE COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby

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

INDHOLD

1 Indledning 1

2 Datagrundlag 2
2.1 Nedbørsdata 2
2.2 Vandføringsdata 2

3 Analyse af vandføringer 3
3.1 Statistisk korrelation 4
3.2 Varighedskurver og alarmværdier 8
3.3 Årlige overskridelser af alarmværdier 10
3.4 Valg af alarmværdier 13

4 Konklusioner 14

5 Referencer 14

1 Indledning

TREFOR Vand er ved at gennemføre en miljøkonsekvensvurdering i forhold til fornyelse af deres indvindingstilladelser. Der er i den forbindelse identificeret en række naturområder, hvor det er nødvendigt at etablere overvågning.

COWI har i et separat notat beskrevet forslag til en overvågningsmetode baseret på varighedskurver for grundvandsniveauer og vandløbsafstrømninger /1/. En alarmværdi, som i referenceperioden underskrides enten 2% eller 5% blev i første omgang foreslået for overfladevand.

PROJEKTNR.	DOKUMENTNR.
A110091	1

VERSION	UDGIVELSESDATO	BESKRIVELSE	UDARBEJDET	KONTROLLERET	GODKENDT
3.0	08/12/2025		BVCH	ANRE	ANRE

Varighedsanalyserne for vandføringerne blev dog udarbejdet for relativt korte tidsserier på et år og vil derfor typisk ikke være repræsentative for de hydrologiske forhold over flere år.

På baggrund af den tidligere analyse har Trefor bedt COWI om at lave yderligere statistiske analyser af længere historiske tidsserier for vandføringer i Trefors indvindingsområde. Formålet med analysen er at fastsætte mere realistiske/robuste alarmværdier for vandføringerne i de sårbare vandløb.

2 Datagrundlag

2.1 Nedbørsdata

Daglige nedbørsdata for Kolding Kommune er indhentet fra DMIs dataportal for perioden 1/1/2011-16/2/2024.

2.2 Vandføringsdata

Vandføringsdata er til rådighed for tre mindre vandløb indenfor TREFORs indvindingsområde omkring Fredericia og Kolding.

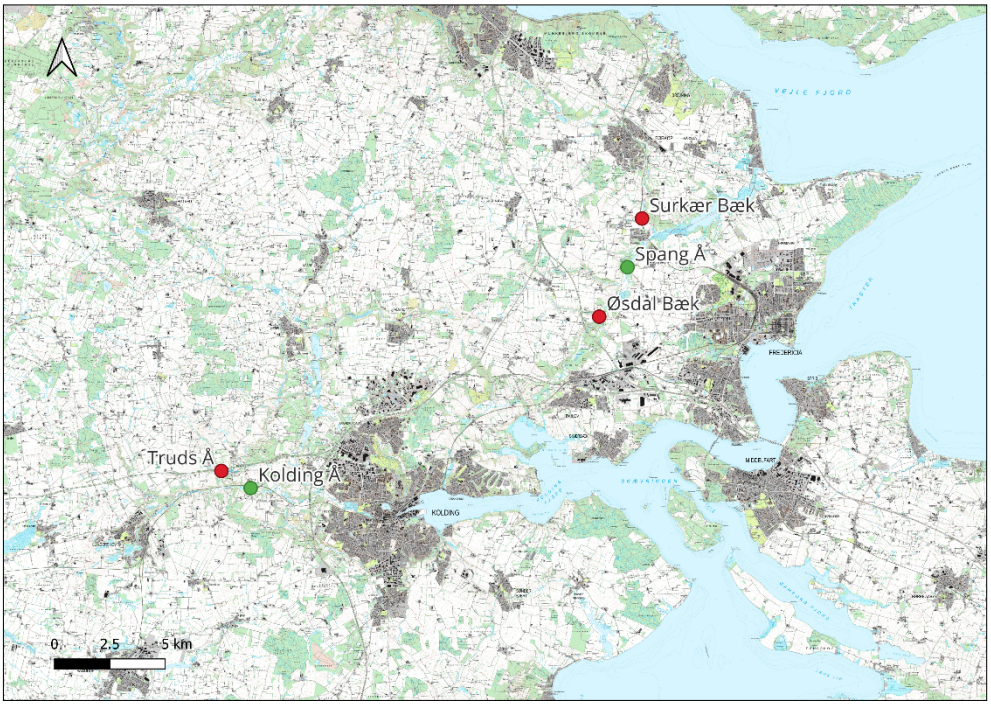
De tre vandføringsstationer er: Truds Å, Østdal Bæk og Surkær Bæk (også kaldet Pjedsted Bæk i tidligere notater). Vandførings- og vandstandsdata er leveret med varierende tidslige intervaller fra ned til 1 minut og op til flere dage over en periode fra 7/7/2022 til 25/4/2024. Moniteringsprogrammet inkluderer online registrering af vandstand og vandhastighed (Q/H station eller Doppler flowmålinger), samt kontrolmålinger af vandføring og døgnmiddelvandføring med fokus på ændring i små vandføringer. WatsonC har for nyligt (april 2024) forsøgt at forbedre Q-H-relationerne ved lave flows, hvilket har ført til forbedrede vandføringsdata for Surkær Bæk. For de andre to stationer førte anvendelse af samme rutine ikke til forbedrede vandføringer, så her er blot tilføjet en simpel rutine til fjernelse af hastigheder tæt på nul.

Derudover er der indhentet længere tidsserier med historiske vandføringsdata for to vandløbsstationer beliggende tæt på disse stationer. De to stationer er Kolding Å ved Ejstrup og Spang Å ved Bredstrup (se Tabel 2-1). Bemærk at det kun var muligt at finde historiske data for større åer med relativt stort baseflow i forhold til de mindre vandløb. Vandføringen for de to stationer var i første omgang kun tilgængelig til og med 2022, men det har efterfølgende været muligt at indhente data fra MST for 2023 for Spang Å.

Beliggenheden af de fem vandføringsstationer er vist i Figur 2-1. Som det fremgår af figuren, løber Truds Å ind i Kolding Å opstrøms for Kolding Å station. Surkær Bæk og Østdal Bæk løber til Spang Å henholdsvis nedstrøms og opstrøms for Spang Å station.

Tabel 2-1 Oversigt over vandløbsstationer

Station	Id	Tidsperiode	Frekvens	Middelvandføring (l/s)
Kolding Å, Ejstrup	34000003	1976-2022	Varierende (ned til 1 minut)	2014,1
Spang Å, Bredstrup	33000004	1954-2023	Varierende (ned til 1 minut)	674,1



Figur 2-1 Stations beliggenheder (stationer nær naturlokaliteter vist med rød)

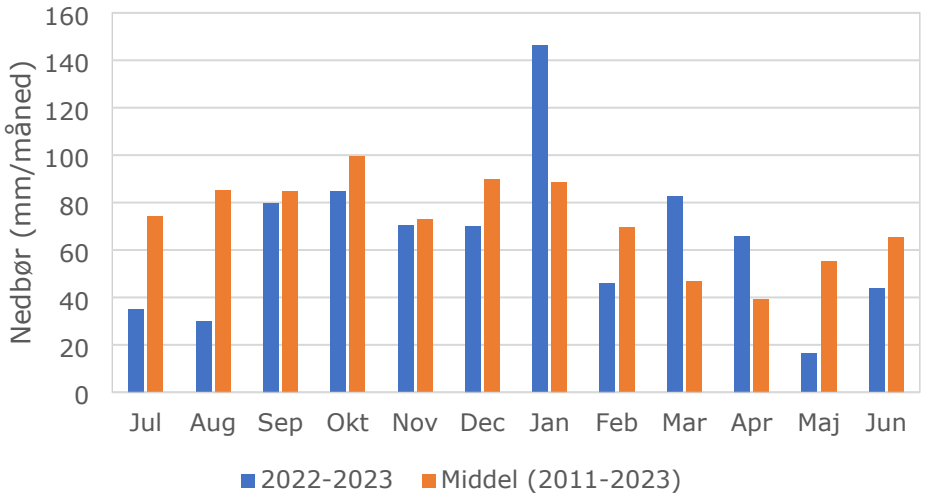
3 Analyse af vandføringer

Varighedskurver og alarmværdier for vandføringerne ved de tre naturlokaliteter blev oprindeligt beregnet på baggrund af et års data alene. Dette vil som nævnt ovenfor typisk være misvisende, da de hydrologiske forhold vil variere meget fra år til år. Varighedskurverne bør beregnes baseret på en længere periode, der inkluderer både tørre og våde år.

Nedenstående figur viser månedlig arealnedbør for Kolding Kommune for 2022-23 sammenlignet med middelnedbøren per måned for perioden 2011-2023. Moniteringsperioden (2022-23) var karakteriseret ved en meget tør periode i juli og august og en vådere januar end normalt. Maj og juni i 2022 var også tørrere end normalt. Totalnedbøren for moniteringsperioden lå på 770 mm sammenlignet med 872 mm for perioden fra 2011-2023.

Eftersom vandløbsafstrømninger og nedbør er tæt korreleret (se notat /1/) indikerer dette, at de foreslåede alarmværdier (Q_{95} eller Q98) udregnet alene på

basis af året 2022-23 vil være underestimeret i forhold til at inddrage en længere periode. Dermed risikerer man, at alarmværdierne kommer til at ligge for lavt og kun vil blive udløst kortvarigt i ekstremt tørre somre.



Figur 3-1 *Månedlig arealnedbør for Kolding Kommune for 2022-23 sammenlignet med månedlige midler for 2011-2023)*

For at forbedre varighedskurverne for de tre lokaliteter og dermed alarmværdierne har vi set på korrelationerne mellem stationsdata for naturlokaliteterne og daglige vandføringer for Kolding Å og Spang Å. Formålet er at undersøge, om der er en stærk korrelation mellem vandføringsdata og i givent fald, om der kan genereres syntetiske tidsserier for de tre lokaliteter, som kan anvendes til beregning af mere robuste varighedskurver og alarmværdier for de hydrologiske forhold over en årrække.

3.1 Statistisk korrelation

Korrelationen mellem de tre korte vandføringstidsserier ved naturlokaliteterne og de længere tidsserier blev først beregnet baseret på ca. et halvt års data for perioden 7/7/2022 til 31/12/2022, hvor der var data til rådighed for alle fem lokaliteter. Data for 2023 for Spang Å er efterfølgende blevet frigivet af Miljøstyrelsen, og korrelationerne er derfor udregnet for ca. 1,5 år.

Korrelationerne for de tre stationer er opsummeret nedenfor i Tabel 3-1 og vandføringstidsserierne er vist i Figur 3-2 til Figur 3-4. For alle tre tidsserier er der en høj korrelation mellem vandføringerne, der ligger omkring 0.87.

For Truds Å har vi valgt at udregne korrelationen for både Spang Å og Kolding Å, da Kolding Å stationen ligger tæt på Truds Å. Vandføringen i Kolding Å er dog meget høj i forhold til de små vandløb, særligt om sommeren. Korrelationen er acceptabel både for Spang Å og Kolding Å, dog lidt bedre for Kolding Å, som ventet (0.934 for Spang Å for samme periode). Hvis man ser på de lave vandføringer, er korrelationen mindre god for Kolding Å, da der er et konstant højt

baseflow, hvilket ikke ses i de små vandløb. Det er således valgt at anvende Spang Å til at generere syntetiske tidsserier for alle tre stationer.

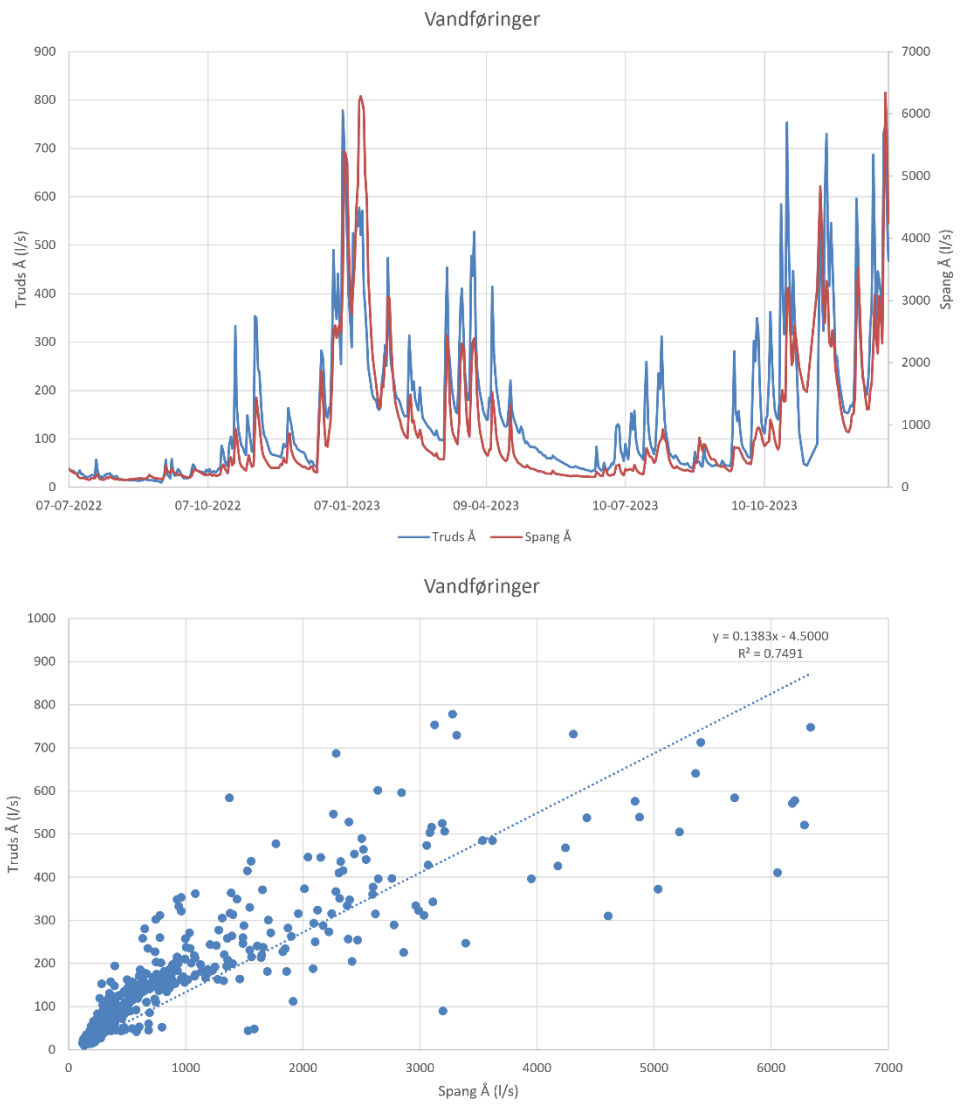
Tabel 3-1 Korrelation mellem vandføringsdata ved naturlokaliteter og større åer (7/7/2022-31712/2023)

Station	**Korrelation – Spang Å (-)**	**Korrelation – Kolding Å (-)**
Truds Å	0,866	0,966[1)]
Surkær Bæk	0,879	-
Øsdal Bæk	0,876	-

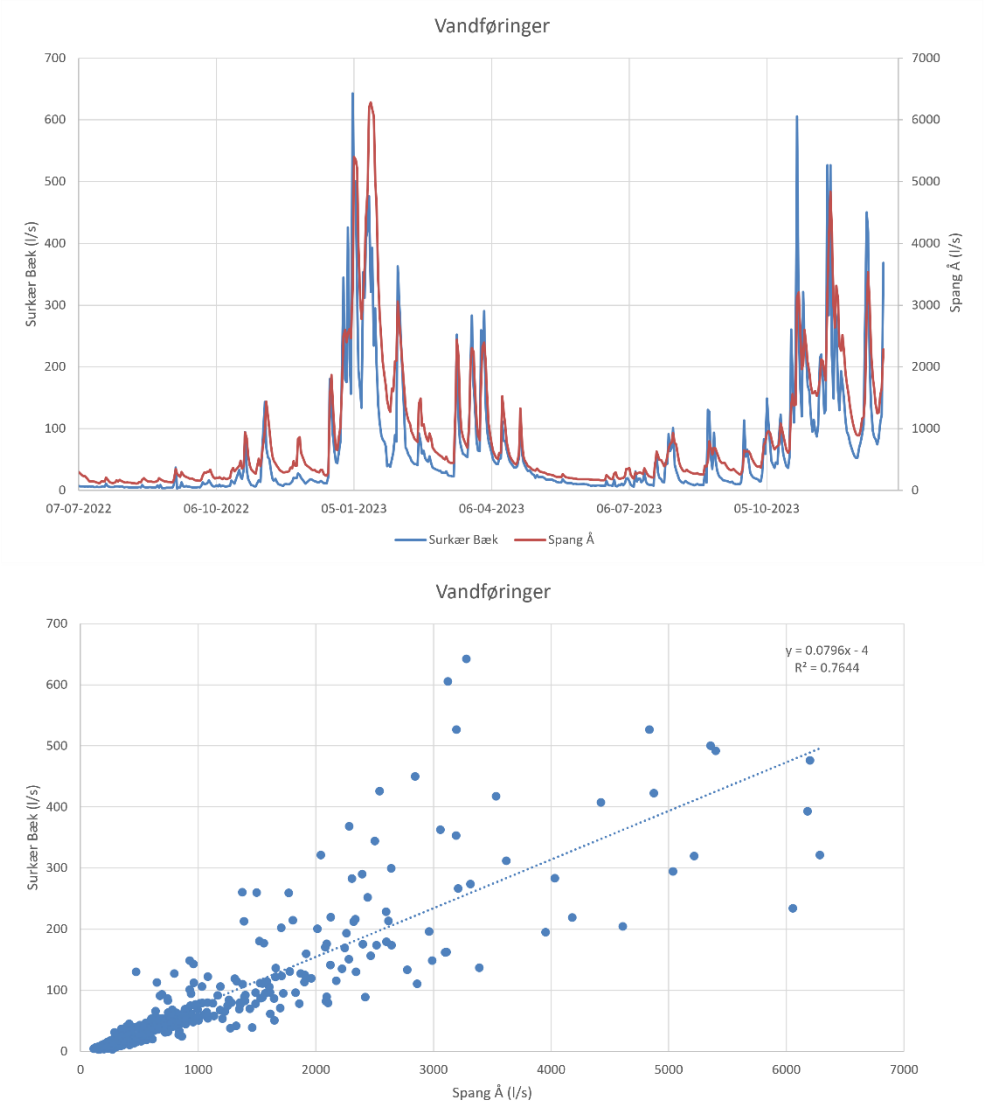
Bemærk korrelationen for Kolding Å er beregnet for en kortere periode: 7/7/2022-31/12/2022. For samme periode er korrelationen for Spang Å 0.934.

En lineær sammenhæng (best fit linje) er antaget på nedenstående figurer (Figur 3-2 til Figur 3-4). Det er i den forbindelse valgt at bestemme intercept ud fra det bedste fit ved de lave vandføringer. Da Spang Å har et relativt stort baseflow i forhold til de små vandløb, vil intercept typisk være en negativ værdi. Det er også forsøgt at tvinge intercept til nul, men det giver generelt et dårligere fit ved de lave vandføringer. Anvendelse af et intercept på nul, svarer til, at vandføringen i tørre perioder vil stagnere både i de små vandløb og større åer, hvilket sandsynligvis i realiteten ikke vil være tilfældet. Ulempen ved anvendelse af et negativt intercept er, at en forlængelse af vandføringstidsserierne for de tre vandløb vil kunne resultere i negative vandføringer, hvilket heller ikke er realistisk.

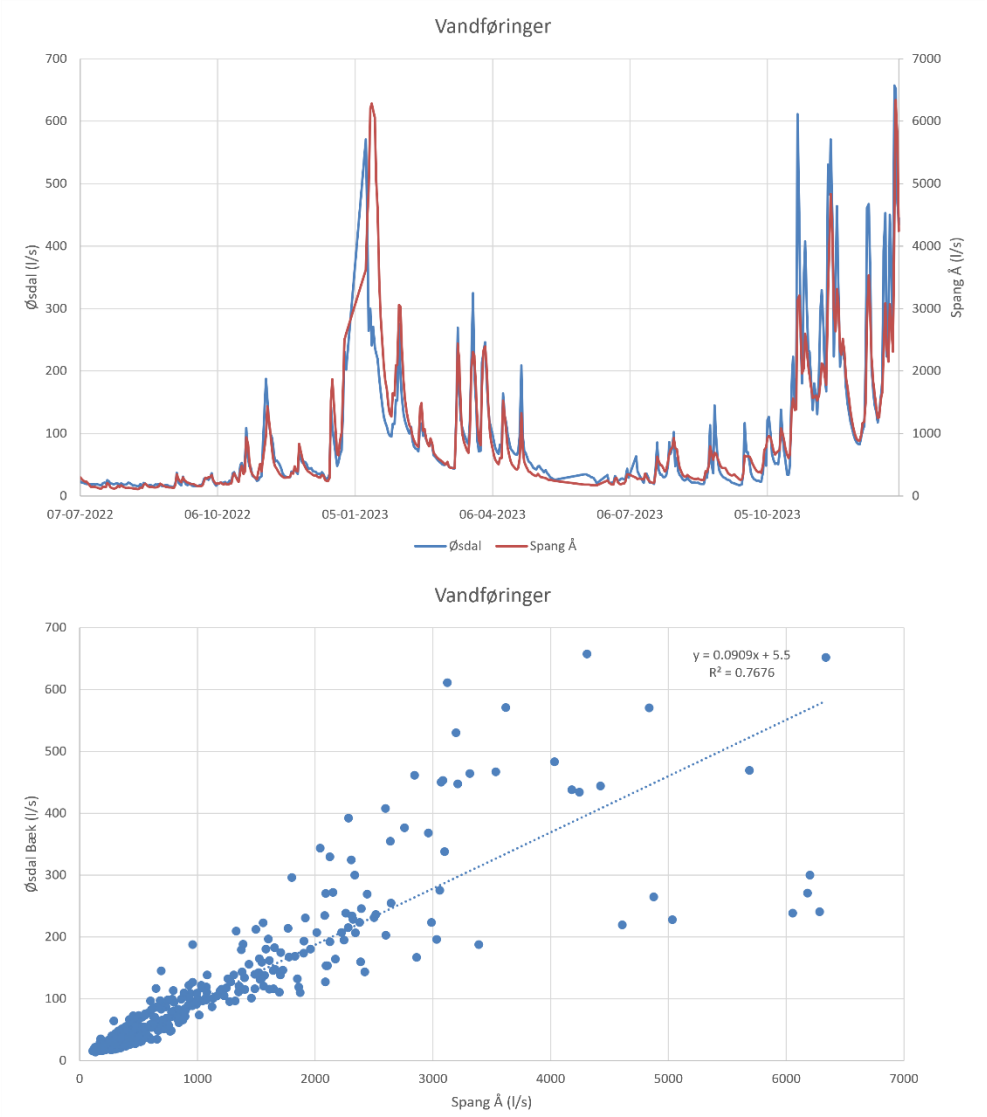
Det er således forsøgt at vælge intercepts, der giver et godt fit ved lave vandføringer, men samtidig ikke resulterer i negative værdier i de genererede vandføringstidsserier. Det kan dog ikke helt undgås, at der kan forekomme små negative værdier i ekstremt tørre perioder langt tilbage i tiden, som f.eks. i somrene 1973 eller 1976.



Figur 3-2 *Vandføringer i Truds Å og Spang Å (øverst) og scatterplot af vandføringer inklusive trendline (nederst)*



Figur 3-3 *Vandføringer i Surkær Bæk og Spang Å (øverst) og scatterplot af vandføringer inklusive trendline (nederst)*



Figur 3-4 *Vandføringer i Ødsdal Bæk og Spang Å (øverst) og scatterplot af vandføringer inklusive trendline (nederst)*

3.2 Varighedskurver og alarmværdier

Varighedskurverne er genereret baseret på syntetiske/forlængede vandføringstidsserier for de tre lokaliteter beregnet ved brug af ligningerne på Figur 3-2 til Figur 3-4. Tidsserierne er forlænget tilbage til 1954, og varighedskurver er beregnet for forskellige perioder: hele tidsperioden, de sidste 30 år og de sidste 20 år. Q_{95} og Q_{98} for de tre stationer, og de forskellige perioder er vist i henholdsvis Tabel 3-2 og Tabel 3-3.

Der er nogen forskelle på tallene afhængigt af længden af perioden. Generelt ligger værdierne noget lavere for perioden helt tilbage til 1954. Dette kan skyldes ændringer i oplandet, som f.eks. ændret arealanvendelse og ændret indvinding, men klimaændringer kan også have en effekt. Vi anbefaler derfor at fokusere på værdierne for de sidste 20 år.

De beregnede værdier ligger som ventet højere end beregnet baseret på moniteringsperioden fra 2022/23, der generelt var tørrere end et gennemsnitligt år med en meget tør periode i juli og august. For perioden helt tilbage til 1954 ligger værdierne dog lidt lavere for Truds Å end for den seneste periode, hvilket skyldes nogle meget tørre somre i 1970erne, bl.a. 1973, 1975 og 1976.

Tabel 3-2 *Q_{95} for stationer for et års data og baseret på forlængede vandføringstidsserier*

	2022/2023	1954-2023	1993-2023	2003-2023
Vandløb	**Q_{95} (l/s)**	**Q_{95} (l/s)**	**Q_{95} (l/s)**	**Q_{95} (l/s)**
Truds Å	16,3	14,1	18,5	20,7
Surkær Bæk	4,9	6,5	8,8	9,9
Østdal Bæk	16,6	17,6	20,4	21,6

Tabel 3-3 *Q_{98} for stationer for et års data og baseret på forlængede vandføringstidsserier*

	2022/2023	1954-2023	1993-2023	2003-2023
Vandløb	**Q_{98} (l/s)**	**Q_{98} (l/s)**	**Q_{98} (l/s)**	**Q_{98} (l/s)**
Truds Å	13,9	10,5	14,3	17,4
Surkær Bæk	4,4	4,6	6,4	7,3
Østdal Bæk	16,0	15,3	17,7	19,3

Udover korrelationerne beregnet for den fulde periode med dataoverlap dvs. 7/7/2022-31/12/2023 er der også lavet en korrelation for lave til medium flows for Spang Å (< 1000 l/s).

Varighedskurverne og alarmværdierne bliver lidt anderledes (se Tabel 3-4 og Tabel 3-5), men der er ikke umiddelbart de store forskelle på værdierne. For Truds Å ses den største forskel, hvilket skyldes, at sammenhængen ikke er lineær for hele vandføringsspektret, hvilket også ses på Figur 3-2.

I det følgende er der set på antal historiske underskridelser af alarmværdierne for de forskellige syntetiske tidsserier, genereret både baseret på korrelationerne for det fulde datasæt og for de lave vandføringer.

Tabel 3-4 *Q_{95} for stationer for et års data og baseret på forlængede vandføringstidsserier (korrelation baseret på Q < 1000 l/s)*

	2022/2023	1954-2023	1993-2023	2003-2023
Vandløb	**Q_{95} (l/s)**	**Q_{95} (l/s)**	**Q_{95} (l/s)**	**Q_{95} (l/s)**
Truds Å	16,3	20,1	27,6	31,2
Surkær Bæk	4,9	5,9	8,1	9,0
Østdal Bæk	16,6	15,5	18,6	20,0

Tabel 3-5 *Q_{98} for stationer for et års data og baseret på forlængede vandføringstidsserier (korrelation baseret på Q < 1000 l/s)*

	2022/2023	1954-2023	1993-2023	2003-2023
Vandløb	**Q_{98} (l/s)**	**Q_{98} (l/s)**	**Q_{98} (l/s)**	**Q_{98} (l/s)**
Truds Å	13,9	13,9	20,2	25,0
Surkær Bæk	4,4	4,1	5,8	6,8
Øsdal Bæk	16,0	12,9	15,8	17,8

3.3 Årlige overskridelser af alarmværdier

Antallet af årlige underskridelser for de to percentiler Q_{95} og Q_{98} (beregnet baseret på korrelationerne for det fulde datasæt og for de lave vandføringer) er opsummeret for vandløbene i Tabel 3-6 og Tabel 3-7 nedenfor.

Som det fremgår af tabellerne, falder vandføringen i næsten alle år under Q_{95}. Det er er kun i år med meget våde somre, som 2007, 2010, 2012 eller 2023, hvor vandføringen ikke underskrider Q_{95}. For Q_{98} er der færre år med underskridelser, dog med lidt større forskel på, hvor ofte vandføringen falder under Q_{98}. Der forekommer underskridelser i 10-15 år ud af de 21 år.

Tabel 3-6 *Antal år med overskridelser (Q falder under alarmværdien) for perioden 2003-2023 (21 år)*

	Antal år m. underskridelser	Antal år m. underskridelser
Vandløb	**Q95 (l/s)**	**Q98 (l/s)**
Truds Å	18	13
Surkær Bæk	18	10
Øsdal Bæk	18	12

Tabel 3-7 *Antal år med overskridelser (Q falder under alarmværdien) for perioden 2003-2023 (21 år) (baseret på korrelation for lave vandføringer)*

	Antal år m. underskridelser	Antal år m. underskridelser
Vandløb	**Q95 (l/s)**	**Q98 (l/s)**
Truds Å	17	11
Surkær Bæk	18	10
Øsdal Bæk	19	15

Det varierer en del, hvilken tid på sommeren vandføringerne falder under de to percentiler. Tabel 3-8 viser antal underskridelser af Q_{95} i Øsdal Bæk per år og dato for første underskridelse. Vandføringerne falder tidligst under Q_{95} i starten af juni og senest i midten af august. Dette varierer dog meget fra år til år, som det ses af tabellen. Det samme billede ses for de andre to lokaliteter.

For Q_{98} forsinkes tidspunktet for underskridelse, dog kan der være stor forskel på hvor lang tid, der går. Dette kan variere fra nogle få dage helt op til 6 uger. I nogle somre, f.eks. 2002 betyder dette, at datoen for underskridelse rykkes fra

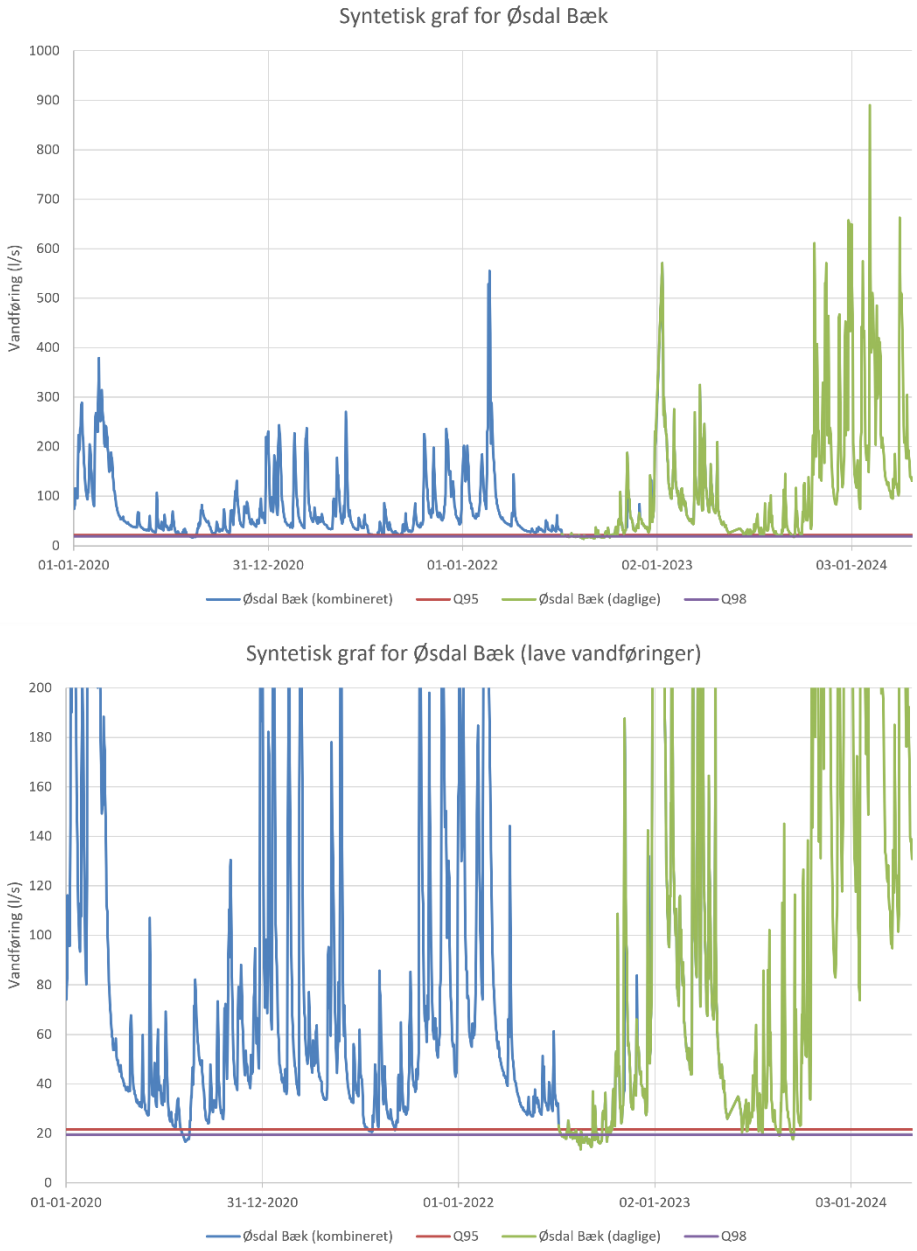
starten af juli til slut august (se Tabel 3-9). Vandføringerne for Øsdal Bæk er vist for de sidste fem år i Figur 3-5 med de to percentiler for at illustrere forskellen.

Tabel 3-8 Eksempel på antal underskridelser af Q_{95} for Øsdal Bæk per år, antal dage med underskridelser samt dato for første underskridelse.

År	Antal underskridelser	Antal dage per år med underskridelser	Dato for første underskridelse
2003	4	21	06-08-2003
2004	4	11	15-06-2004
2005	2	9	29-06-2005
2006	4	25	02-07-2006
2007	0	0	-
2008	2	7	01-07-2008
2009	1	10	26-06-2009
2010	0	0	-
2011	3	11	25-06-2011
2012	0	0	-
2013	4	27	15-07-2013
2014	3	9	21-06-2014
2015	4	22	04-07-2015
2016	2	14	13-08-2016
2017	1	15	08-07-2017
2018	3	47	07-06-2018
2019	2	29	07-07-2019
2020	1	17	02-08-2020
2021	2	11	17-07-2021
2022	7	83	09-07-2022
2023	6	22	14-06-2023

Tabel 3-9 Eksempel på antal underskridelser af Q_{98} for Øsdal Bæk per år, antal dage med underskridelser samt dato for første underskridelse.

År	Antal underskridelser	Antal dage per år med underskridelser	Dato for første underskridelse
2003	1	1	29-08-2003
2004	1	2	11-08-2004
2005	0	0	-
2006	1	2	09-08-2006
2007	0	0	-
2008	1	4	02-07-2008
2009	0	0	-
2010	0	0	-
2011	0	0	-
2012	0	0	-
2013	4	8	06-09-2013
2014	0	0	-
2015	0	0	-
2016	1	6	16-08-2016
2017	2	12	10-07-2017
2018	3	25	11-07-2018
2019	2	22	08-07-2019
2020	1	12	07-08-2020
2021	0	0	-
2022	12	56	20-08-2022
2023	2	8	22-08-2023



Figur 3-5 Vandføring i Ødsal Bæk for de sidste 5 år inklusive alarmværdier (Q_{95} og Q_{98})

3.4 Valg af alarmværdier

Alarmværdier for vandføringerne i forhold til indvindingen vælges primært ud fra hensynet til sårbare arter, i dette tilfælde havørredbestanden.

For havørrederne ligger deres gydeperiode i efterårs-vinterperioden fra oktober til februar, afhængigt af vandtemperaturen. Ørreder gyder ofte i mindre bække, som med et varieret forløb slynger sig ned gennem landskabet og giver gode gyde- og opvækstmuligheder. Gydning kan dog også finde sted i åernes hovedløb. Æggene klækker i april-maj, afhængig af vandtemperaturen, og ynglen forlader det beskyttede miljø nede imellem grus og sten efter ca. 3 uger.

I forhold til de hydrologiske forhold er sommervandføringerne, som potentielt kunne være påvirket af indvindingen, således irrelevante. Den største udfordring er, hvis vandføringen eller vandstanden falder meget i løbet af sommeren, og det samtidig er meget varmt, da dette potentielt vil kunne føre til iltsvind og potentielt fiskedød[1].

Ideelt set vil det være mest optimalt, hvis alarmværdierne for vandføringerne trigges inden august, hvor der evt. vil kunne være udfordringer med vandkvaliteten, hvilket giver tid til efterforskning af effekten af indvindingen. På den anden side bør alarmværdierne ikke udløses hver eneste sommer, men kun i de meget tørre varme somre, hvor der er sandsynlighed for, at ørredernes forhold kan være påvirket.

Baseret på de statistiske analyser af de længere vandføringstidsserier, samt hensynet til ørredbestanden, er vores vurdering, at det vil være rimeligt at anvende Q_{98} som alarmværdi. Dette vil betyde, at vandforsyningen vil skulle undersøge effekten af indvindingen i lidt mere end halvdelen af alle år.

I nogle år vil alarmværdien som sagt udløses ret sent på sommeren, og undersøgelserne skal derfor ideelt set laves indenfor 2 uger. I mange tilfælde vil vandføringerne og vandtemperaturer ret hurtigt vende tilbage til normalen, og det vil ikke være nødvendigt at foretage sig mere. Dette vurderes dog i hvert enkelt tilfælde.

4 Konklusioner

Baseret på analyserne af de længere vandføringstidsserier for de tre vandløb: Truds Å, Øsdal Bæk og Surkær Bæk, samt hensynet til ørredbestanden er vurderingen, at Q_{98} er en passende alarmværdi.

Derudover vil en periode på 2 uger være tilstrækkelig kort til at kunne reagere, men lang nok til at ændre på indvindingen, hvis dette skulle vise sig nødvendigt.

5 Referencer

/1/ Trefor Vand, 2022. Analyse af data for indvinding, pejling og vandføring i forbindelse med overvågning. Notat udarbejdet af COWI

[1] Ørred - Havørred - Søørred - Bækørred - Fiskepleje.dk