

Til
Viborg Kommune

Dokumenttype
Rapport

Dato
Juni 2016

Miljøtilstand og muligheder for forbedring af tilstanden i Rødsø.

TILSTAND OG FORBED- RINGSMULIGHEDER FOR **RØDSØ**



Revision **1**
Dato **2016-06-02**
Udarbejdet af **Kristine Elisabeth Mulbjerg, Anja Kragtig Rathkjen og
Peter Mæhl**
Kontrolleret af **Peter Mæhl**
Godkendt af **Jes Kromann Bak**
Beskrivelse **Tilstand og muligheder for restaurering af Rødsø i
Viborg Kommune**

Ref. 11000017787

INDHOLD

1.	RESUMÉ	4
1.1	Eksisterende forhold	4
1.2	Begrænsning af ekstern belastning	4
1.3	Forslag til restaurering	5
2.	INDLEDNING	6
2.1	Formål	6
3.	EKSISTERENDE FORHOLD	7
3.1	Projektområde	7
3.2	Beskyttet natur	8
3.3	Lodsejerforhold	8
3.4	Natura 2000	9
4.	AKTUEL TILSTAND	12
4.1	Vandkvalitet	12
4.2	Klima	14
4.3	Dybdeforhold	14
4.3.1	Metoden	14
4.3.2	Databehandling	15
4.3.3	Tolkning	16
4.3.4	Tolkning af den beregnede elektriske modstand	16
4.3.5	Resultater	17
4.3.6	Kort over den beregnede middelmotstand	17
4.3.7	Zoneinddeling	18
4.3.8	Sødybder	21
4.4	Belastningsopgørelse kvælstof	22
4.5	Belastningsopgørelse fosfor	24
4.5.1	Punktkilder	24
4.5.2	Diffus belastning	24
4.6	Søens ligevægtstilstand	25
4.7	Den interne belastning	26
4.8	Tidshorisont for aflastning af den interne fosforpulje	27
4.9	Sedimentanalyser	28
4.9.1	Sedimentundersøgelse til bestemmelse af intern fosforpulje	29
4.9.2	Sedimentundersøgelse for metaller	34
5.	BEGRÆNSNING AF EKSTERN BELASTNING	36
5.1	Punktkilder	36
5.2	Diffus belastning (P-ådale)	36
6.	MULIGHEDER FOR RESTAURERING	40
6.1	Fældning af fosfor med aluminium eller Phoslock	40
6.1.1	Beskrivelse af metode	40
6.1.2	Miljøeffekter	42
6.1.3	Økonomi	42
6.1.4	Phoslock	42
6.2	Sedimentfjernelse	43

6.2.1	Beskrivelse af metode	43
6.2.2	Miljøeffekter	44
6.2.3	Økonomi	44
6.3	Biomanipulation	44
6.4	Vandstandshævning	45
6.4.1	Beskrivelse af metode	46
6.4.2	Miljøeffekter	47
7.	KONKLUSION	53
8.	REFERENCER	54

BILAG

Bilag 1

Oversigtskort over området

Bilag 2

Beskyttet natur

Bilag 3

Matrikelkort

Bilag 4

Højdemodel

Bilag 5

Drændybder eksisterende forhold

Bilag 6

Drændybder ved vandspejlshævning på 0,5 m

Bilag 7

Prøvelokaliteter sedimentprøver

Bilag 8

Analyseresultater fosfor

Bilag 9

Analyseresultater tungmetaller

Bilag 10

Naturlokaliteter besigtiget

1. RESUMÉ

Formålet med denne rapport er at belyse mulighederne for at forbedre tilstanden i Rødsø, således at kvalitetsmålet for god økologisk tilstand kan opfyldes. Rødsø er målsat i Vandplan 1.2 Limfjorden, men med udskydelse af tidsfristen i første planperiode (2009-2015). I udkast til Vandområdeplan (2015-2021) er tidsfristen for målopfyldelse af Rødsø ligeledes udskudt.

1.1 Eksisterende forhold

Rødsø er i vandplanen målsat med en øvre grænse for klorofyl a på 25 µg/l, men den årlige gennemsnitskoncentration ligger på op til ca. 400 µg/l. Ligeledes ligger fosfor- og kvælstofkoncentrationerne væsentlig højere end de angivne grænseværdier for søen i vandplanen, og den gennemsnitlige sommersigt dybde er meget lav.

Dybdeforholdene i Rødsø er kortlagt ved anvendelse af en geofysisk metode, DualEM421. Den største dybde blev målt til 1,5 m, men størstedelen af søen har en dybde mellem 0,5 og 1 m. Sedimentforholdene er ligeledes kortlagt ved denne metode, suppleret med visuel bedømmelse. Det er karakteristisk for søen, at overgangen mellem sediment og vandfase er udefineret og at sedimentet er delvist opslemmet i vandfasen på grund af den lave vanddybde. Sedimentet består overvejende af løse ferskvandsaflejringer (gytje), der strækker sig til en dybde af mere end 5 m. Ud for tilløb og afløb er der mere sandet bund fra 1,5 -2 meter og nedefter.

Der er foretaget opgørelse af belastningen med kvælstof og fosfor til Rødsø fra oplandet samt kildeopsplitning ud fra eksisterende data. For fosfors vedkommende er det beregnet, at en reduktion af den nuværende belastning på 419 kg til 284 kg (25 %) vil resultere i opfyldelse af den målsatte fosforkoncentration for søen, når der ses bort fra den interne belastning (fosforfrigivelse fra sedimentet). Størrelsen af den interne belastning er vurderet, og det er ud fra en modelberegning estimeret, at hvis ikke den interne belastning af søen fjernes, vil der gå mere end 50 år før en ny ligevægtskoncentration indfinder sig, også selv om den eksterne belastning reduceres med 25 %.

Der er udtaget sedimentprøver på 10 stationer i søen til bestemmelse af den mængde fosfor, der potentielt kan frigives fra sedimentet (interne belastning). Herudover er der ligeledes udtaget 10 sedimentprøver til analyse for tungmetallerne Pb, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni og Zn. Ingen af stofferne overskrider grænseværdierne for slam til anvendelse til jordbrugsformål. Pb og Cd overskrider grænseværdierne for kategori 1 jord, der må anvendes til en række anlægsformål.

1.2 Begrænsning af ekstern belastning

Der er ikke i vandplanregi angivet nogen indsats over for punktkilder i oplandet til Rødsø. Jf. Vandplan 1.2 Limfjorden er det primære indsatsbehov for Rødsø rettet mod den diffuse tilførsel af fosfor fra oplandet. I vandplanernes virkemiddelkatalog er P-ådale angivet som virkemiddel til tilbageholdelse af fosfor. Viborg Kommune fik i 2014 udarbejdet en forundersøgelse for etablering af en P-ådal ved Skovbækken, som løber til søen i den sydlige ende og er det største tilløb til Rødsø. Grundet stor risiko for fosforfrigivelse fra arealerne kunne projektet ikke realiseres.

Derfor er der undersøgt alternative muligheder for etablering af P-ådale i oplandet til Rødsø: Pederstrup Grøft i den nordlige ende og Vrå Nord Vandløb, som løber til Rødsø ca. midt på den vestlige bred. Vedr. Pederstrup Grøft blev det vurderet, at oplandet var så begrænset, at det ikke ville give nogen effekt at etablere en P-ådal. Vrå vandløb har et opland på ca. 450 ha, men det blev vurderet ikke at være velegnet til etablering af P-ådal på grund af de fysiske og landskabelige forhold.

Ud fra højdemodellen over området blev andre muligheder for etablering af P-ådale vurderet, herunder området omkring Havdal. I dette område var der hverken dræn eller rørlagte vandløb, så det er vurderet, at der allerede i dag sker en vis omsætning og tilbageholdelse af fosfor i dette delopland.

1.3 Forslag til restaurering

Med henblik på at reducere den interne belastning og tilgroningen af søen, gennemgår og vurderer rapporten en række metoder til sørestaurering.

Fældning af fosfor med Aluminium

Restaurering med Al reducerer frigivelse af fosfor fra søsedimentet væsentligt. I Rødsø vil de høje pH værdier og den lave alkalinitet imidlertid gøre det vanskeligt at styre Al tilsætningen og holde pH under kontrol, så det undgås at der opstår toksiske effekter. Søens lave vanddybde betyder endvidere, at der kan ophvirvles sediment efter fældningen, og dermed bliver doseringen ikke effektiv. Prismæssigt er et indgreb med Al estimeret til at koste ca. 1,4 mill. kr.

Fældning af fosfor med Phoslock

Restaurering med det lerbaserede produkt Phoslock reducerer ligeledes frigivelsen af fosfor fra søsedimentet, men der er ikke risiko for toksiske effekter i samme omfang som ved fældning af fosfor med aluminium. Derimod skal det undersøges om Lanthan-indholdet kan blive for højt. Metoden er relativt dyr, idet den er estimeret til at koste op til 6,9 mill. kr.

Sedimentfjernelse

Restaurering ved sedimentfjernelse fjerner en betydelig del af fosforbelastningen fra sedimentet og forøger samtidig dybden i søen, hvorved tilgroningen formindskes. Der er imidlertid store logistiske udfordringer ved oppumpning og anvendelse af de store mængder søsediment, som er delvist opblandet i vandfasen, og processen må påregnes at strække sig over en længere årrække. Samtidig er det langt den dyreste sørestaureringsmetode, idet lignende indgreb i Brabrand sø har kostet 23 mill. kr.

Biomanipulation

Biomanipulation består oftest i en opfiskning af en betydelig del af søens population af fredfisk, dvs. især skalle og brasen. Baggrunden er, at disse fisk dels lever af zooplankton, der holder algevæksten nede, og dels roder op i bundsedimentet for at finde fødedyr. Begge dele giver grønt og uklart vand. På baggrund af at Rødsø er meget lavvandet og at sedimentet vil ophvirvles selv ved en meget lavere fiskebestand, er det vurderet, at et indgreb i fiskebestanden ikke vil være effektivt.

Hævning af vandstanden med 0,5 m

Hævning af vandstanden med 0,5 m vil ikke formindske den interne belastning med fosfor fra søsedimentet, men vil reducere tilgroningen af søen. Det er vurderet, at der vil være positive effekter på naturtyperne elle- og askeskov samt skovbevokset tørvemose langs med søen. Der vil dog også være behov for afværgeforanstaltninger for rigkærsområderne syd for søen. Indgrebet vil kræve, at stemmевærket i afløbet flyttes nedstrøms.

En kombination af løsningen med anvendelse af Phoslock til binding af fosfor i sedimentet og hævnning af vandstanden er vurderet at ville give det bedste resultat med hensyn til at mindske både den interne belastning med fosfor og tilgroningen af søen.

2. INDLEDNING

Viborg Kommune ønsker at få belyst mulighederne for at forbedre tilstanden i Rødsø og har derfor anmodet Rambøll om at udarbejde en rapport, som indeholder en status for søens tilstand og forslag til, hvorledes søens tilstand kan forbedres.

I december 2000 trådte EU's vandrammedirektiv i kraft, som stiller krav om at alle vandområder skal opnå "god tilstand" senest ved udgangen af år 2015. I Danmark har vandrammedirektivet resulteret i vedtagelsen af de 23 statslige vandplaner, som blev endeligt vedtaget i oktober 2014. Vandplanerne opstiller målene for hvordan miljøtilstanden skal være i områdets vandløb, søer, kystnære områder og grundvand. Vandområder klassificeres i 5 kvalitetsklasser: *høj, god, moderat, ringe og dårlig*. Rødsø er beliggende i oplandet til Vandplan 1.2 Limfjorden /1/.

Vandplanerne foreskriver indsatskrav, men det er op til de enkelte kommuner at prioritere og sikre gennemførelsen af de nødvendige indsatser. Kommunerne skal via deres vandhandleplaner redegøre for, hvornår og hvordan vandplanernes indsatser forventes realiseret.

For anden planperiode 2015-2021 er der udarbejdet udkast til vandområdeplaner. Vandområdeplanerne har været i offentlig høring fra 22. december til 23. juni 2015, og de endelige vandområdeplaner skal være vedtaget senest den 22. december 2015. Vandområdeplanerne sætter nye mål for vandområdernes tilstand med afsæt i en basisanalyse, som er udarbejdet på baggrund af erfaringer fra førstegenerationsvandplanerne.

2.1 Formål

Rødsø er målsat i Vandplan 1.2 Limfjorden, men med udskydelse af tidsfristen i første planperiode (2009-2015). I udkast til Vandområdeplan (2015-2021) er tidsfristen for målopfyldelse af Rødsø ligeledes udskudt. Formålet med rapporten er at belyse mulighederne for at forbedre tilstanden i Rødsø, således at kvalitetsmålet for god økologisk tilstand, som er fastsat i statens vandplaner, kan opfyldes.

Rapportens indhold er udarbejdet med baggrund i Rambølls besigtigelse, opmåling og prøvetagning af Rødsø, oplysninger fra Viborg Kommune samt tilgængelig information om søen via historiske kilder, vandplandata og miljøportalen mv.

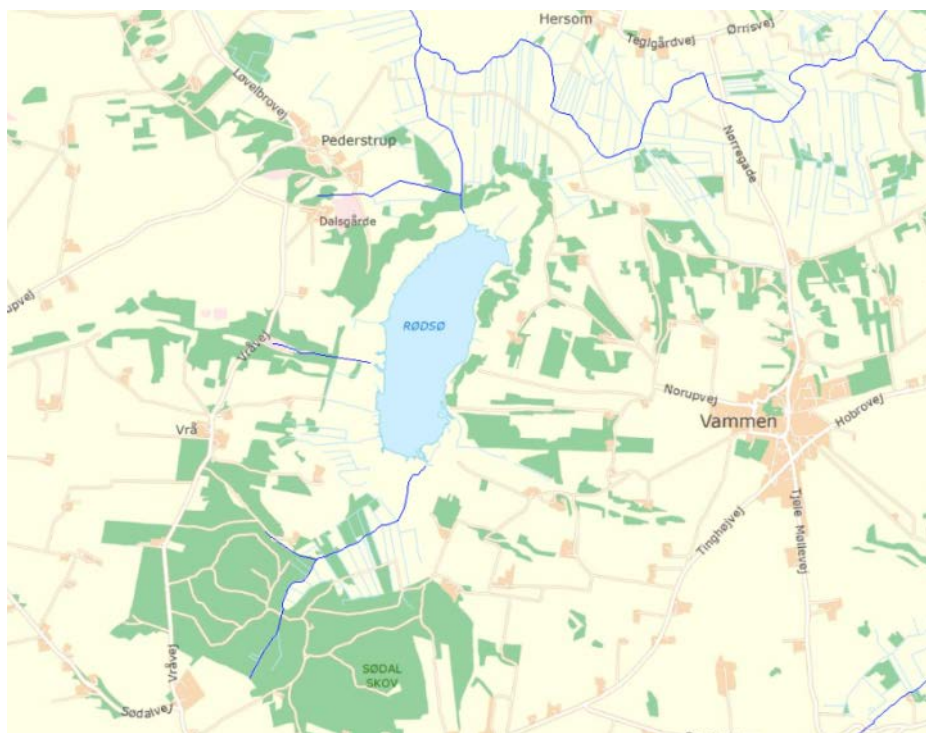
3. EKSISTERENDE FORHOLD

3.1 Projektområde

Rødsø er beliggende sydøst for Pederstrup mellem Vammen og Løvel i Viborg Kommune (Figur 1, Bilag 1). Søen er naturlig og formodentlig dannet under den sidste istid for ca. 15.000 år siden.

Søen har et areal på ca. 117 ha. En del af søen er dog mere eller mindre tilgroet i rørskov, og det frie vandspejl på søen fremstår derfor noget mindre. I henhold til det tekniske baggrundsnotat for Vandplan 1.2 Limfjorden er det samlede volumen 513.566 m³ og søens opholdstid 0,15 år. Den gennemsnitlige dybde er angivet til 0,7 m og den maksimale dybde til 1,3 m.

Det samlede opland til Rødsø er knap 20 km² og består hovedsageligt af landbrugsarealer, med mindre arealer med skov og eng.



Figur 1. Oversigtskort med angivelse af den geografiske placering af Rødsø (©Geodatastyrelsen)

De to mindre vandløb Skovbækken (fra syd) og Vrå vandløb (fra øst) har begge afløb til Rødsø. Der findes desuden en del kildevæld i søens umiddelbare nærhed. Fra Rødsø løber vandet videre til Rødå, der har afløb til Skals Å, som løber til Hjarbæk Fjord nordvest for Rødsø. Hjarbæk Fjord har forbindelse til Limfjorden. I forbindelse med reguleringen af Rødå tilbage i starten af 1900-tallet, blev vandspejlet i Rødsø sænket, og søen fremstår således i dag meget lavvandet, med en gennemsnitsdybde på 0,7 m, som tidligere beskrevet. En lokal lodsejer mener, at vandspejls-sænkningen er foregået over flere omgange, og at vandspejlet i Rødsø således blev sænket yderligere i 1970'erne.

Søen har tidligere haft en stor betydning for lokalområdet, idet at der i begyndelsen af 1900-tallet blev udvundet mergel fra søens østlige bred. Der er ligeledes beretninger om høst af tagrør, fangst af fisk og pramsejlands på tværs af søen.

3.2 Beskyttet natur

Rødsø er beskyttet i henhold til naturbeskyttelseslovens § 3, og tilstandsændringer af søen kræver således en dispensation fra loven. De omkringliggende arealer er udpeget som beskyttet eng, mose, overdrev og hede.



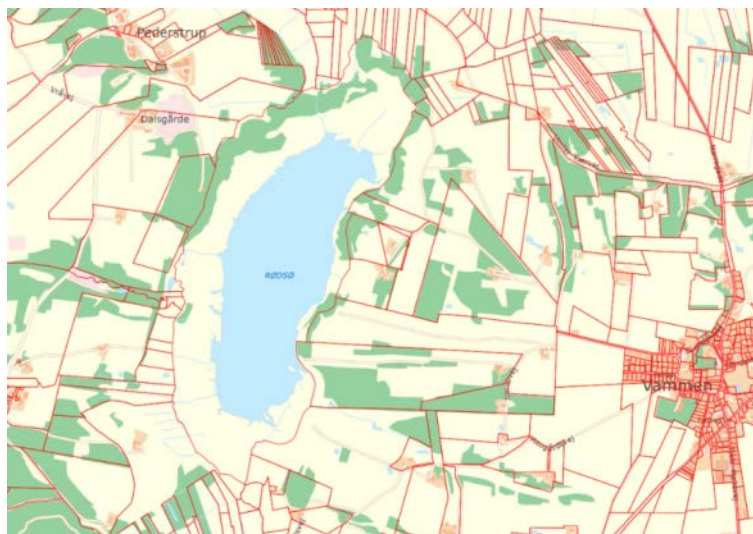
Figur 2. Beskyttet natur i og omkring Rødsø.

Skovbækken, Vrå vandløb og Røddå er alle udpegede som beskyttede efter naturbeskyttelsesloven.

En oversigt over beskyttet natur i området ses på Bilag 2.

3.3 Lodsejerforhold

Projektområdet dækker Rødsø, som er privatejet i et fælleskab mellem lodsejerne, som har matrikler der grænser op til søen (Figur 3 og bilag 3).



Figur 3. Matrikelkort for projektområdet ved Rødsø (www.arealinfo.dk).

3.4 Natura 2000

Rødsø er en del af Natura 2000-område nr. 30 Lovns Bredning, Hjarbæk Fjord og Skals, Simested, Nørre Ådale samt Skravad Bæk, som udgøres af habitatområde H30 Lovns Bredning, Hjarbæk Fjord og Skals, Simested og Nørre Ådal, samt Skravad Bæk. Udpegningsgrundlaget for habitatområdet er vist i Tabel 1.

Tabel 1. Udpegningsgrundlag for Habitatområde nr. 30 Lovns Bredning, Hjarbæk Fjord og Skals, Simested og Nørre Ådal, samt Skravad Bæk.

Nr.	Art/naturtype
1013	Kildevælds-vindelsnegl (<i>Vertigo geyeri</i>)
1037	Grøn kølleguldsmed (<i>Ophiogomphus cecilia</i>)
1042	Stor kærguldsmed (<i>Leucorrhina pectoralis</i>)
1096	Bæklampret (<i>Lampetra planeri</i>)
1099	Flodlampret (<i>Lampetra fluviatilis</i>)
1103	Stavsild (<i>Alosa fallax</i>)
1166	Stor vandsalamander (<i>Triturus cristatus cristatus</i>)
1318	Damflagermus (<i>Myotis dasycneme</i>)
1355	Odder (<i>Lutra lutra</i>)
1365	Spættet sæl (<i>Phoca vitulina</i>)
1393	Blank seglmos (<i>Drepanocladus vernicosus</i>)
1528	Gul stenbræk (<i>Saxifraga hirculus</i>)
1140	Mudder- og sandflader blottet ved ebbe
1150	* Kystlaguner og strandsøer
1160	Større lavvandede bugter og vige
1170	Rev
1210	Enårig vegetation på stenede strandvolde
1220	Flerårig vegetation på stenede strande
1230	Klinter eller klipper ved kysten
1310	Vegetation af kveller eller andre enårige strandplanter, der koloniserer mudder og sand
1330	Strandenge
2140	* Kystklitter med dværgbuskvegetation (klithede)
3130	Ret næringsfattige søer og vandhuller med små amfibiske planter ved bredden
3140	Kalkrige søer og vandhuller med kransnålalger
3150	Næringsrige søer og vandhuller med flydeplanter eller store vandaks
3160	Brunvandede søer og vandhuller
3260	Vandløb med vandplanter
4010	Våde dværgbusksamfund med klokkelyng
4030	Tørre dværgbusksamfund (heder)
5130	Enekrat på heder, overdrev eller skrænter

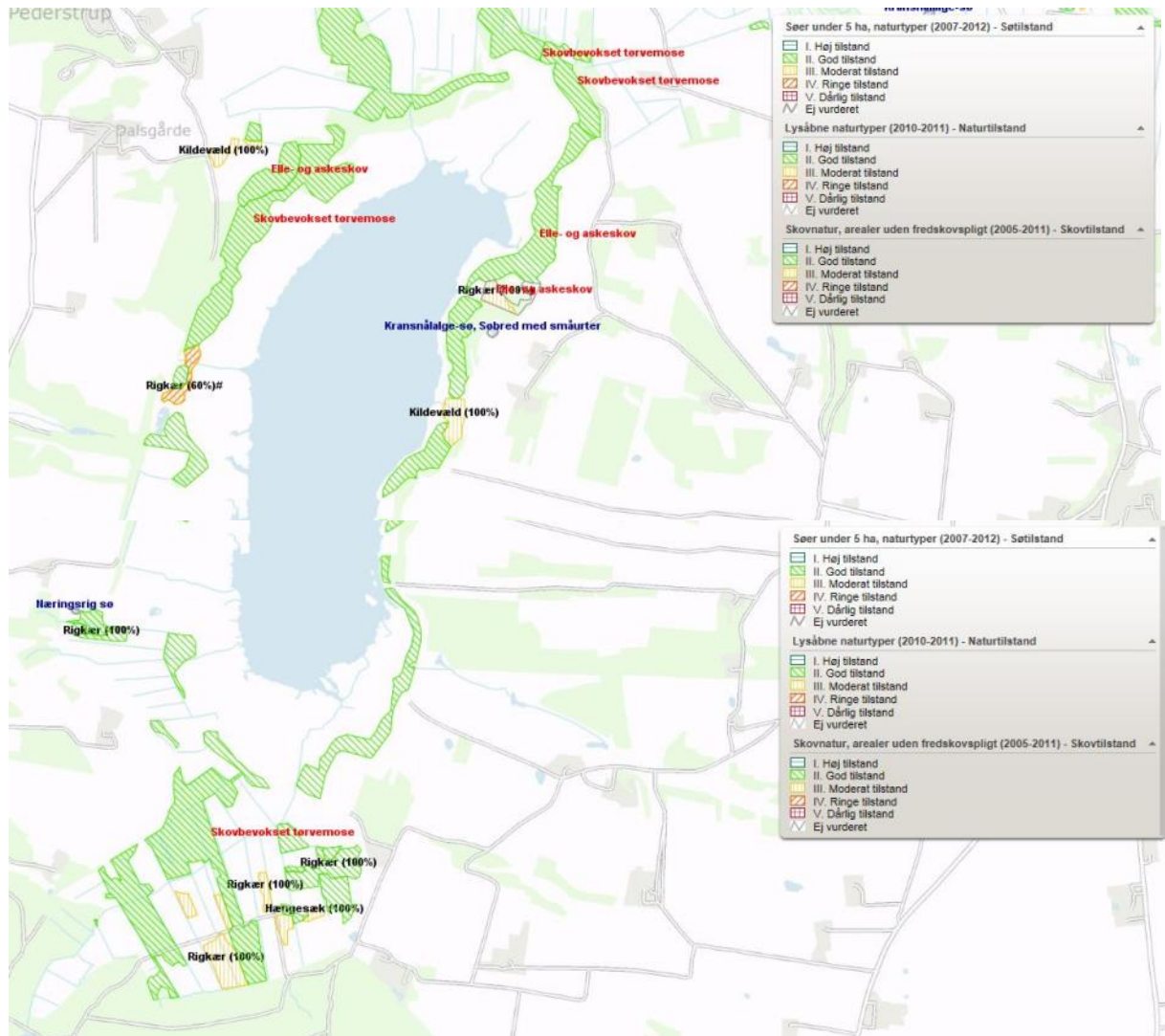
6120	* Meget tør overdrevs- eller skræntvegetation på kalkholdigt sand
6210	Overdrev og krat på mere eller mindre kalkholdig bund (* vigtige orkidélokalteter)
6230	* Artsrige overdrev eller græsheder på mere eller mindre sur bund
6410	Tidvis våde enge på mager eller kalkrig bund, ofte med blåtop
6430	Bræmmer med høje urter langs vandløb eller skyggende skovbryn
7120	Nedbrudte højmoser med mulighed for naturlig gendannelse
7140	Hængesæk og andre kærsamfund dannet flydende i vand
7150	Plantesamfund med næbfrø, soldug eller ulvefod på vådt sand eller blottet tørv
7220	* Kilder og væld med kalkholdigt (hårdt) vand
7230	Rigkær
9110	Bøgeskove på morbund uden kristtorn
9130	Bøgeskove på muldbund
9160	Egeskove og blandskove på mere eller mindre rig jordbund
9190	Stilkegeskove og -krat på mager sur bund
91D0	* Skovbevoksede tørvemoser
91E0	* Elle- og askeskove ved vandløb, søer og væld

Rødsø er udpeget som 3150 næringsrige søer og i omgivelserne til søen er i Natura 2000 planen 2009-2015 udpeget en række lysåbne naturtyper og skovnaturtyper (Figur 4).



Figur 4. Kortlagte naturtyper jf. Natura 2000 planen for 2009-2015.

I forbindelse med revision af basisanalyserne, der danner grundlag for Natura 2000 planerne 2016-2021, er der kortlagt yderligere områder omkring Rød Sø, jf. Figur 5.



Figur 5. Data for Natura 2000-basisanalyserne, revideret december 2014. Dette er de data, der ligger til grund for forslag til Natura 2000-planer 2016-21, der er sendt i høring 19. december 2014 til 10. april 2015.

4. AKTUEL TILSTAND

4.1 Vandkvalitet

Rødsø er beliggende i hovedvandopland 1.2 Limfjorden /1/. I udkast til vandområdeplan 2015-2021 er Rødsø karakteriseret som en søtype 9: Kalkrig, ikke brunvand, fersk, lavvand.

Miljømålet for Rødsø er god økologisk tilstand, men søen er medtaget under undtagelse i den kommende planperiode. Fristen for målopfyldelse er således udskudt til efter 22. december 2021. Begrundelsen for undtagelsen er i henhold til udkast til vandområdeplan 2015-2021:

“For Rødsø vurderes det, at alle de nødvendige forbedringer af vandområdets tilstand ikke med rimelighed kan opnås inden 22. december 2021, som følge af at de naturlige forhold ikke muliggør en forbedring af vandområdets tilstand inden for fristen, idet vandområdet er påvirket af intern belastning.”

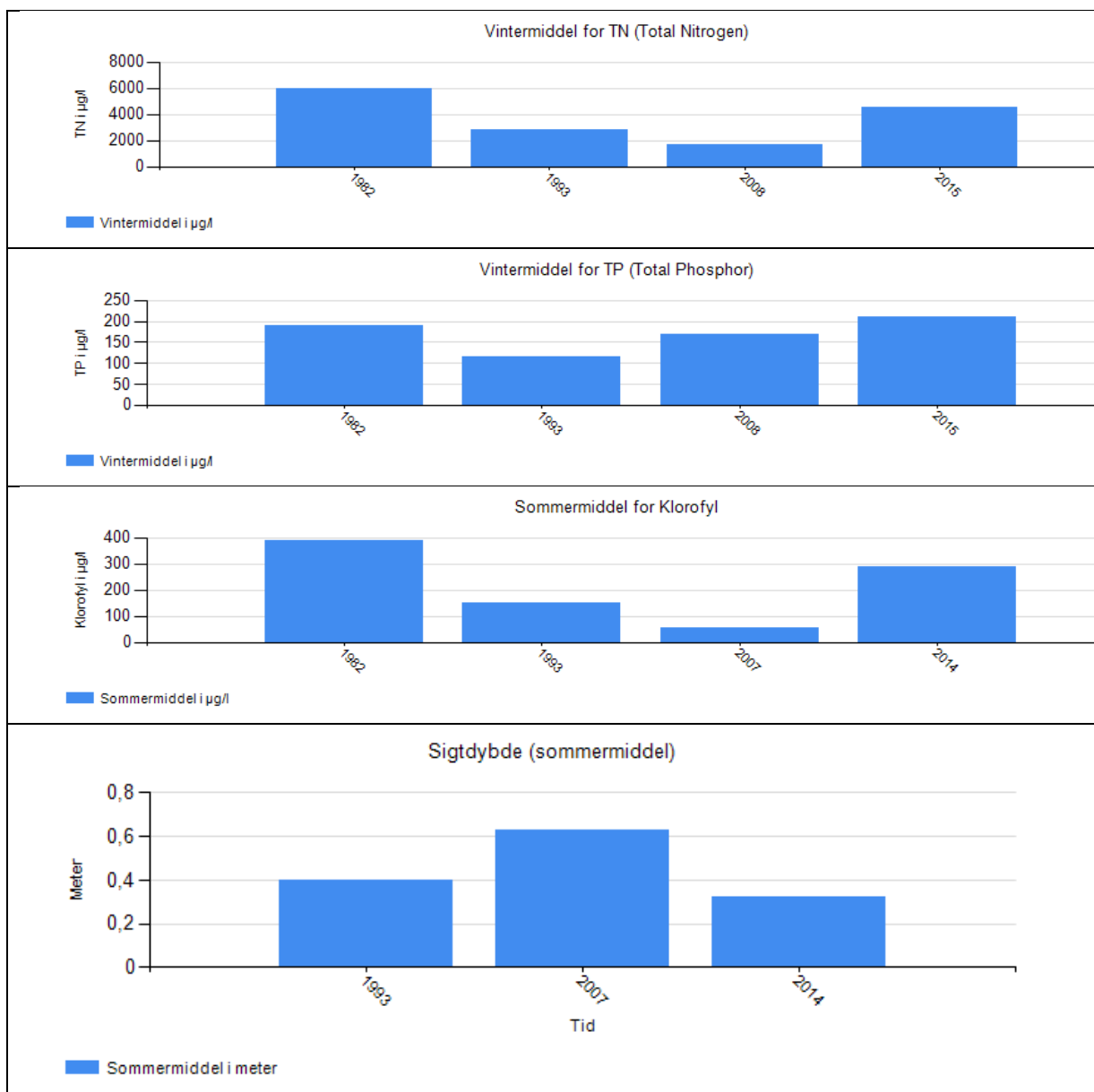
Naturstyrelsen har løbende udtaget vandkemiprøver i Rødsø. Prøverne viser generelt, at søen er stærkt eutrofieret. Generelt tyder prøverne på, at der ikke kan konstateres en positiv udvikling i Rødsøs næringsstofindhold. Der er udtaget vandprøver fra station 21000241 i Rødsø (Figur 6), i udvalgte år mellem 1982 og 2015.



Figur 6. Markering af Naturstyrelsens målestation 21000241 i Rødsø /3/.

Rødsø er i Vandplan 1.2 Limfjorden målsat med en øvre grænse for klorofyl a på 25 µg/l. Figur 7 viser udviklingen i den gennemsnitlige årlige klorofyl a koncentration i søen. Som det ses, ligger gennemsnitskoncentrationen på op til ca. 400 µg/l. Som støtteparametre for at opnå målet om god tilstand er der i vandplanen angivet følgende grænseværdier for henholdsvis fosfor- og kvælstofkoncentrationen i Rødsø: 0,07 mg P/l og 0,96 mg N/l. På Figur 7 ses, at disse værdier er overskredet væsentligt, idet der er målt årsmiddelt vinterværdier for fosfor på op til ca. 200 µg P/l

og for kvælstof op til ca. 6 mg N/l. Den gennemsnitlige sommersigtddybde er meget lav, fra ca. 0,35 m til ca. 0,6 m



Figur 7 Gennemsnitlig vintermiddelkoncentration af totalkvælstof og totalfosfor, samt sommermiddelkoncentration af klorofyl a og sigtdybde i Rød Sø 1982-2015 /3/.

Det opgjorte indsatsbehov er angivet til en reduktion på 25 % af den eksterne belastning, svarende til 135 kg P/år /1/. I forbindelse med behovet for en reduktion af den eksterne belastning har Viborg Kommune i 2014 fået udført en forundersøgelse for et P-ådsprojekt langs Skovbækken /2/. Resultatet af forundersøgelsen viste, at der var stor risiko for fosforfrigivelse fra projektområdet. Dette i kombination med en række bindinger og begrænsninger i undersøgelsesområdet, herunder beskyttede naturtyper og habitatnatur gjorde, at det videre arbejde med projektet blev indstillet. Et eventuelt videre arbejde med P-ådsprojektet ved Skovbækken bør bero på en helhedsorienteret tilgang til området omkring Rødsø. Ligeledes vil det være relevant at undersøge, om risikoen for øget fosforudledning er længerevarende eller om udledningen inden for relativt få år vendes til en tilbageholdelse.

Indsats for reduktion af påvirkning af søer				
Vandområde og type af påvirkning som skal reduceres	Baseline 2015	Supplerende indsats (reduktion af påvirkning)		
	Forudsat indsats	Indsatsbehov ift. fuld mål-opfyldelse	Krav til indsats i første planperiode	Mål-opfyldelse 2015
<ul style="list-style-type: none"> • Næringsstofbelastning fra: <ul style="list-style-type: none"> ○ Intern fosforbelastning ○ Spredt bebyggelse ○ Landbrug 	45 kg P/år	Evt. restaurering	Ingen indsats	?
Lyngsø Sø		63 kg P/år	63 kg P/år	
Movsø		Ingen indsats	Ingen indsats	Ja
<ul style="list-style-type: none"> • Næringsstofbelastning fra: <ul style="list-style-type: none"> ○ Intern fosforbelastning 		Restaurering	Restaurering	Nej
Nørremose Sø				
<ul style="list-style-type: none"> • Næringsstofbelastning fra: <ul style="list-style-type: none"> ○ Landbrug 		20 kg P/år	4 kg P/år	?
Rogenstrup Sø				
Rødsø		Ingen indsats	Ingen indsats	Delvis ¹⁾
<ul style="list-style-type: none"> • Næringsstofbelastning fra: <ul style="list-style-type: none"> ○ Intern fosforbelastning ○ Spredt bebyggelse ○ Landbrug 		Evt. restaurering	Ingen indsats	
		135 kg P/år	134 kg P/år	

Figur 8. Angivelse af indsatsbehov for Rødsø mm Fra tabel 1.3.2b /1/.

4.2 Klima

Klimaet i Danmark vil i fremtiden blive varmere og vådere. Dette vil have indflydelse på tilstanden i Rødsø. Det vådere klima vil medføre en større vandtilstrømning til Rødsø, som derfor også er udpeget som hovedstrømningsvej i Klimatilpasningsplanen for Viborg Kommune. Den større afstrømning til søen vil betyde en kortere opholdstid, som vil kunne forbedre forholdene i søen, da det vil kunne mindske den interne belastning. Omvendt kan den større afstrømning også betyde, at der ledes flere næringsstoffer fra dyrkede arealer i oplandet til søen. Dette vil have en negativ indvirkning på søens tilstand.

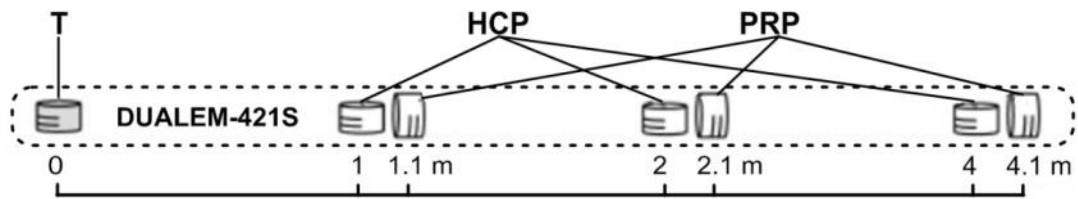
Det varmere klima kan medføre en kraftigere vækst af blågrønalger i søen.

4.3 Dybdeforhold

Ved kortlægningen af dybdeforholdene i Rødsø er anvendt den geofysiske metode DualEM421, hvor den elektriske modstand kortlægges i de øverste 5-10 m af vandsøjlen. Resultaterne af den geofysiske kortlægning er endvidere anvendt til kortlægning af bundsedimentet i søen.

4.3.1 Metoden

DualEM421-metoden er en GCM (Ground Conductivity Meter) metode, og den er en videreudvikling af de traditionelt anvendte geofysiske metoder som eks. EM38 og EM31. DualEM421 er som navnet antyder et multikonfigurationsudstyr med spoleafstande på hhv. 1, 2, og 4 meter. Til forskel fra andet anvendt udstyr indeholder DualEM421, dual-orienterede spoler, dvs. spolepar med hhv. horisontale og vertikale spoler. På Figur 9 ses hvorledes de enkelte spoler i DualEM421 systemet er sat op.



Figur 9. System setup for DualEM421 systemet.

Som det fremgår af figuren er senderspølen T placeret ved 0 m, de horisontale spoler HCP er placeret ved hhv. 1, 2 og 4 m, mens de vertikale spoler er placeret ved 1,1 m, 2,1 m og 4,1 m. I alt omfatter dette således målinger af i alt 6 konfigurationer af sende-modtager konfigurationer, hvilket resulterer i 6 datasæt, relateret til 6 forskellige dybder. Ved geofysisk inversion tolkes disse data efterfølgende til en resistivetsmodel og resulterer således i en detaljeret horisontal og vertikal resistivetsmodel ned til 5-10 m.



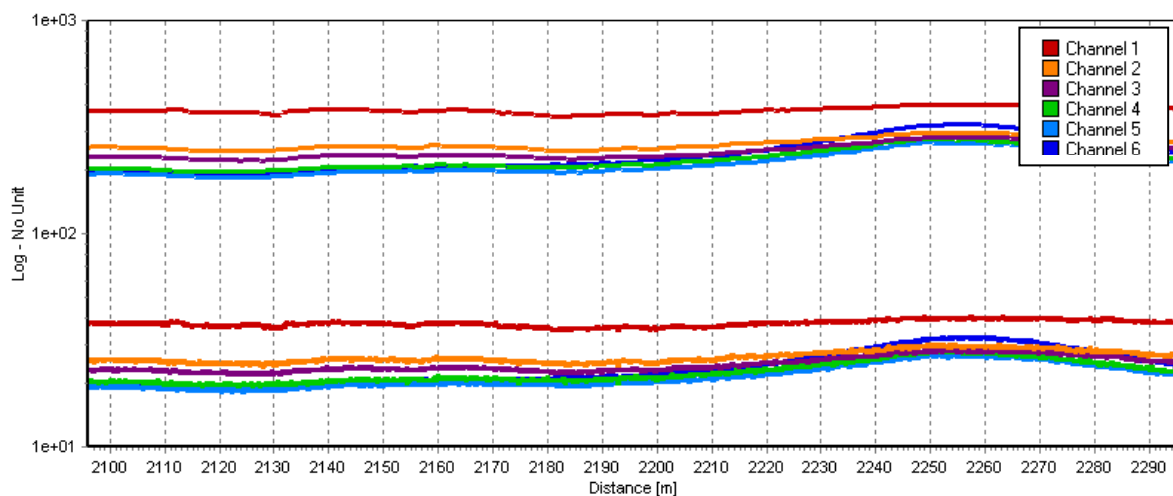
Figur 10. Instrument set up, placeret på fændere, der trækkes efter en motordrevet gummibåd.

Selve DualEM421-instrumentet er lagt ind i et PVC-rør, der er placeret på en ramme, der holdes oppe af 4 fændere, Figur 10. Forrest sidder en GPS, der med stor nøjagtighed kontinuert logger positionen sammen med de indsamlede data. Opsætningen på fændere betyder, at udstyret trækkes jævnt på vandoverfladen.

4.3.2 Databehandling

De indsamlede data behandles i softwarepakken Aarhus Workbench fra Aarhus Universitet.

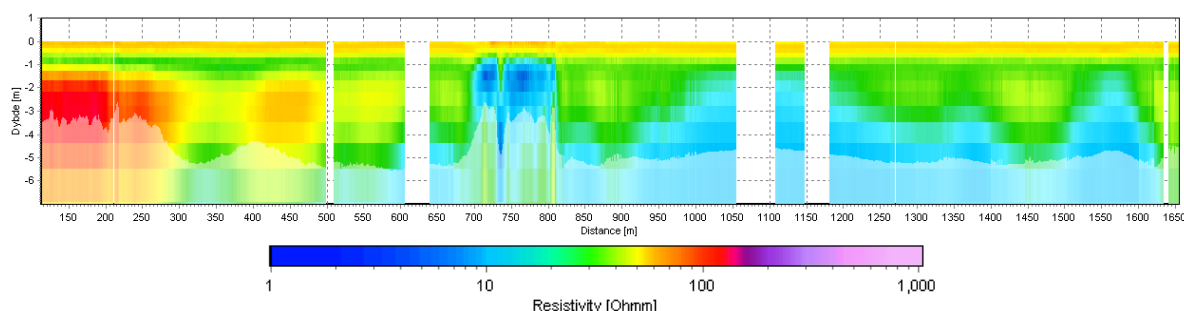
I forbindelse med nærværende projekt er data indsamlet med en repetitionsfrekvens på 10 Hz, hvilket betyder, at der opsamles et datasæt bestående af 6 datapunkter for hvert 1/10 sek. Data processeres ved gennemgang af datasektioner, hvor dårlige data slettes. Herefter filtreres og midles det endelige datasæt til et datapunkt for hver meter. På Figur 11 ses et screendump fra processeringssoftwaren.



Figur 11. Screenshot fra Aarhus Workbench. Nederst er vist de rå data og øverst de bearbejdede (processerede) data.

4.3.3 Tolkning

De bearbejdede data tolkes efterfølgende med Spatially Constrained Inversion (SCI), smooth mangelagsmodel med 20 lag. Et eksempel på en tolket sektion er vist på Figur 12.

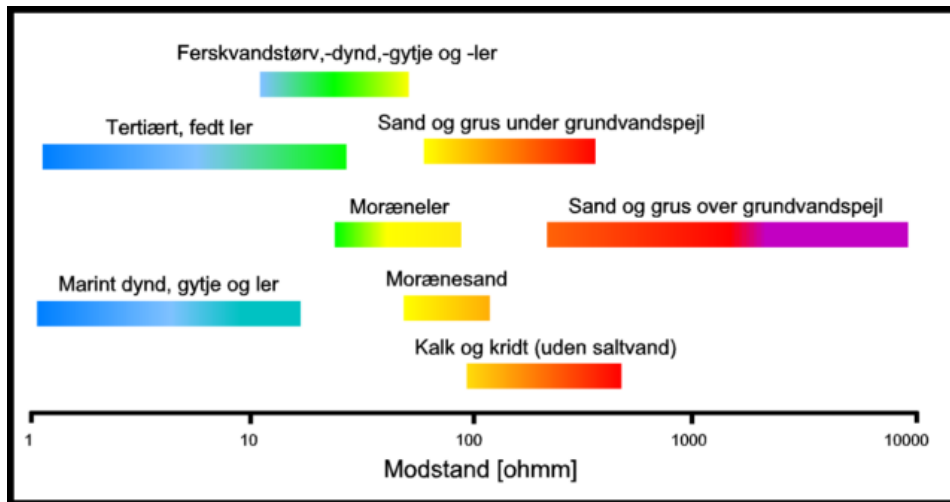


Figur 12. Eksempel på en tolket modelsektion, med visualisering af datatilpasningen.

På figuren er den beregnede indtrængningsdybde DOI visualiseret med mindre mætte farvelægning.

4.3.4 Tolkning af den beregnede elektriske modstand

Da nærværende kortlægning er udført på en sø, vil det øverste lag i den beregnede model tolkes som variationer i bundsedimentets sammensætning. På Figur 13 ses hvorledes forskellige aflejringer vil have forskellig elektrisk modstand. Lerede aflejringer vil således resultere i en lav modstand, medens sandede aflejringer har en højere modstand. Som det fremgår af figuren, vil moræneler og morænesand kunne have en meget varierende modstand, alt efter indholdet af silt, sand og grus. Af figuren ses det desuden, at det kan være vanskeligt at skelne mellem blødbundsaflejringer som tørv og gytje, og glaciale/marine lerede aflejringer.



Figur 13. Oversættelse af modstand til sedimentsammensætning.

4.3.5 Resultater

Ved nærværende undersøgelse er der stort set ikke fjernet data, da der på søen ikke var nogle forstyrrende elementer. Der er i alt indsamlet ca. 30 km linje data. De kortlagte linjer fremgår af

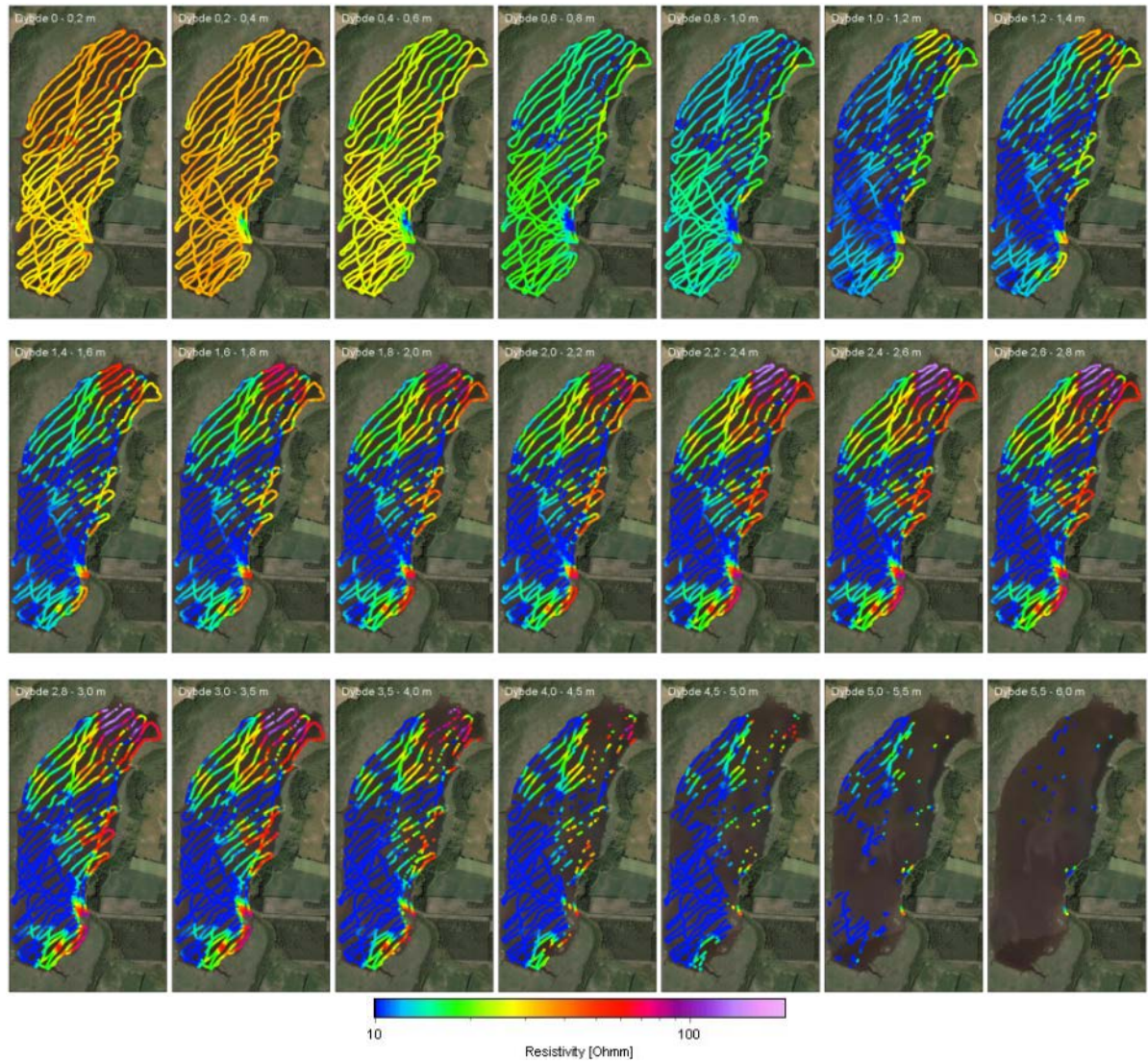


Figur 14. Kort over de indsamlede data på Rødsø.

4.3.6 Kort over den beregnede middelmodstand

Middelmodstanden er beregnet som den gennemsnitlige elektriske modstand i dybdeintervaller á 0,20 m fra søens overflade til en dybde af 3 m, og i intervaller á 0,50 m i intervallerne fra 3 m til 6 m. Samtlige beregnede middelmodstandsintervaller er præsenteret på Figur 15.

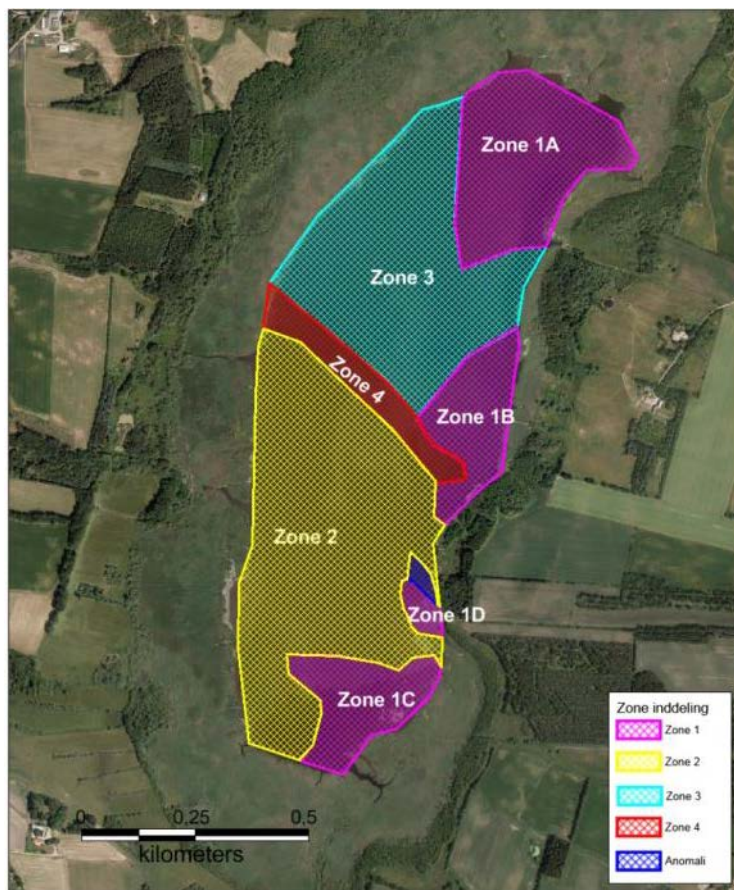
Som det fremgår, er modstanden i de øverste 0,4 m konstant omkring 30 ohmm, hvilket svarer til relativt rent ferskvand. I den sydøstlige del ses en afvigelse, hvor modstanden allerede fra 0,2 m, er lavere omkring 20 ohmm. Afvigelsen med lavere modstand er bekræftet over flere sejllinjer og kan skyldes et forstyrrende element, muligvis en større metalgenstand der er begravet i søbunden. Det kan evt. stamme fra tidligere tiders mergelgravning



Figur 15. Beregnet middelmodstand i dybdeintervaller.

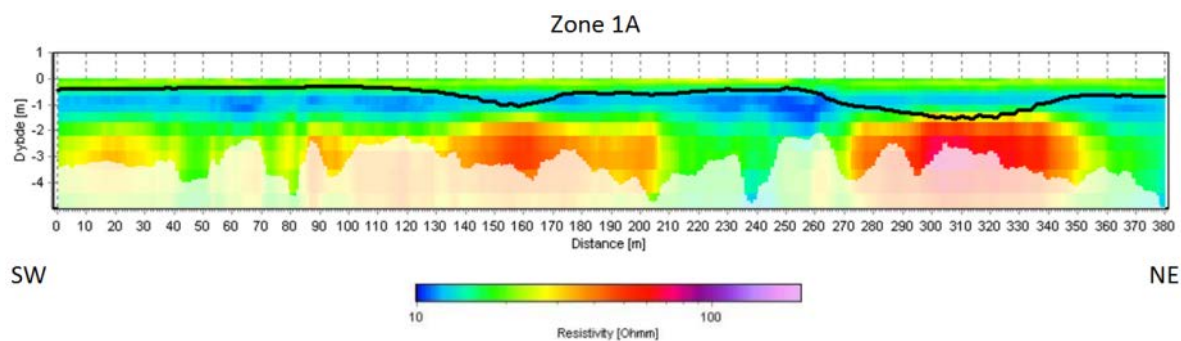
4.3.7 Zoneinddeling

For bedre at kunne beskrive modstandsfordelingen er der på Figur 16 udarbejdet en zoner, hvor modstandsforholdene er rimeligt ensartede indenfor zonerne. I det følgende beskrives modstandsfordelingen i hver af de i alt 4 zoner, hvor Zone 1 og Zone 2 dog er underinddelt:



Figur 16. Zone inddeling.

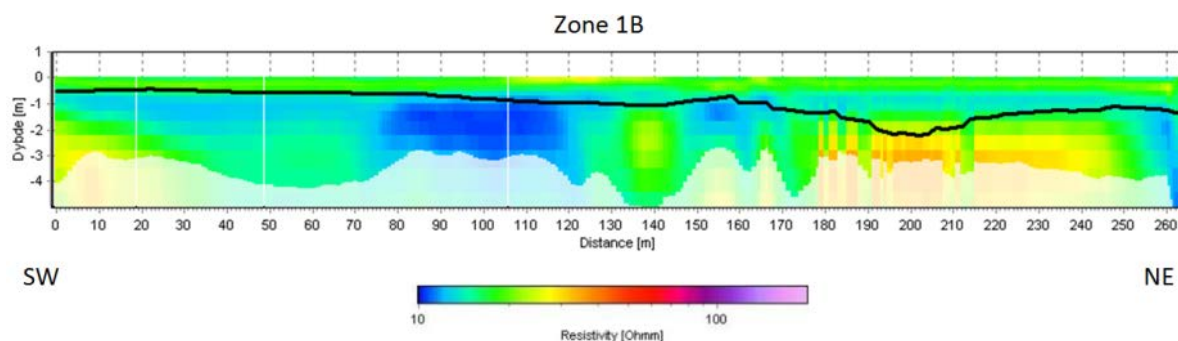
Zone 1A: Zonen er karakteriseret ved, at der i størstedelen af området allerede i en dybde af 1 til 1,5 m, ses aflejringer, der har en højere modstand end i de omkringliggende områder. Modstanden bliver gradvist højere med dybden og har den maksimale udbredelse fra en dybde på omkring 2,5 m. Den høje modstand, op til og over 100 ohmm, indikerer, at bundsedimenterne her består sandede aflejringer. Dette stemmer godt overens med placeringen af udløbet til Skals Å i den nordlige ende af søen. Udløbet betyder at vandhastighederne her vil være højst, hvorfor finkornede aflejringer i dette område gradvist vil skylles væk. På Figur 17 ses en modelsektion gennem Zone 1A. Som det ses er der langs størstedelen af sektionen tolket lag med høj modstand, svarende til sandede sedimenter. Som det også fremgår af sektionen findes der over dette sandlag et tyndt lag med en lav modstand, svarende til lerede aflejringer, hvilket også kan tolkes som den gradvise overgang fra vand til bundsediment.



Figur 17. Modelsektion gennem Zone 1A. Den sorte linje er den beregnede vanddybde.

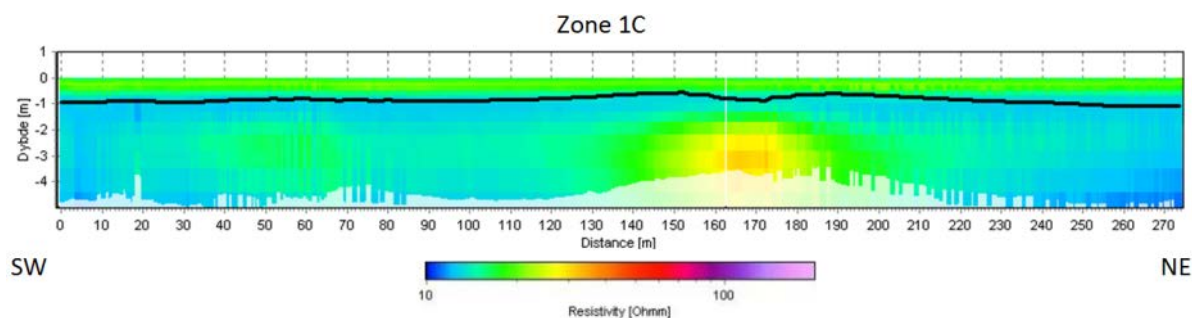
Zone 1B: I denne zone ses tilsvarende aflejringer i størstedelen af området relativt høj modstand, fra omkring 1,5 m. Området er i de følgende dybdeintervaller karakteriseret ved højere modstand

og større udbredelse, dog således at modstanden gradvist falder mod vest. Den høje modstand kan tolkes som sandede aflejringer, hvilket stemmer godt overens med tilstrømning af vand fra bl.a. et mindre tilløb i den centrale østlige del af Rødsø. Den gradvist faldende modstand, svarende til mindre grovkornede aflejringer, mod vest indenfor zonen, giver et godt billede af en aflejringskegle fra udløbet. På Figur 18 ses en tolket modelsektion gennem Zone 1B.



Figur 18. Modelsektion gennem Zone 1B. Den sorte linje er den beregnede vanddybde.

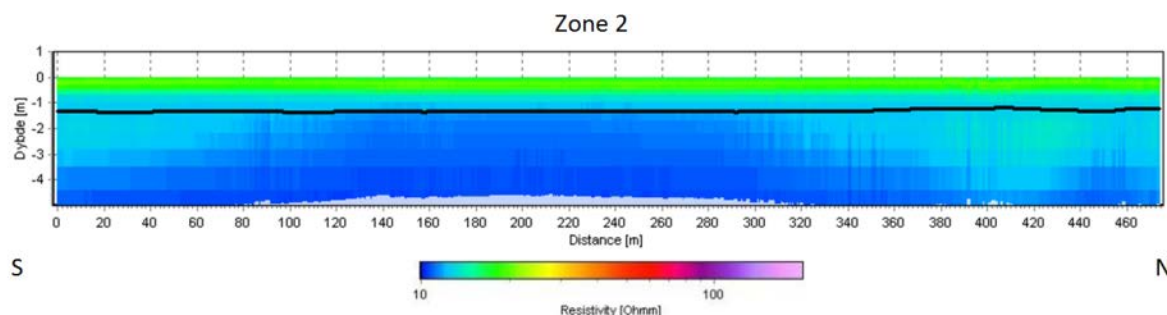
Zone 1C: Som ved den foregående zone er Zone 1C karakteriseret ved stedvist relativ høj modstand, svarende til sandede aflejringer fra en dybde af omkring 1,5 m. Modstanden bliver gradvist højere i dybden, mens modstanden gradvist falder mod vest, svarende til mindre grove aflejringer. Zonen udgør en aflejringskegle omkring udløbet af Rød Å. På Figur 19 ses modelsektionen gennem Zone 1C.



Figur 19. Modelsektion gennem Zone 1C. Den sorte linje er den beregnede vanddybde.

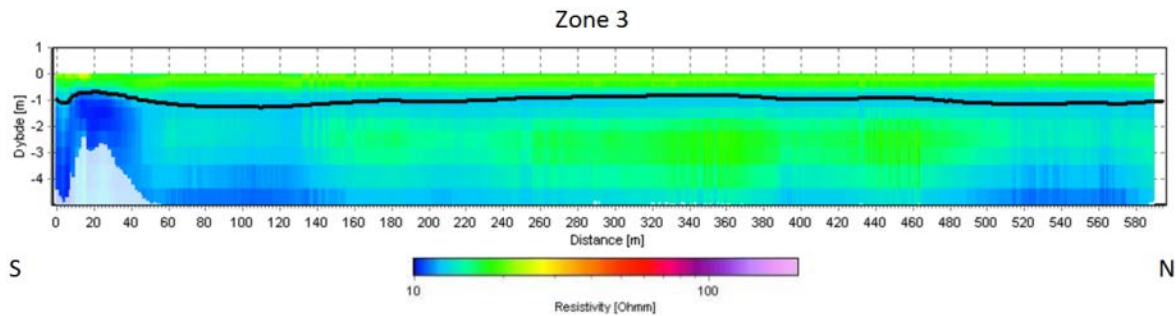
Zone 1D: Tilsvarende Zone 1C ses indikationer på en mindre aflejringskegle omkring et mindre tilløb til søen direkte fra oplandet, uden en bræmme af siv.

Zone 2: Zone 2 er et større sammenhængende og ensartet område, der omfatter ca. halvdelen af søen i den sydvestlige del. Zonen er karakteriseret ved aflejringer med en lav modstand, svarende til gytje fra omkring 1 m. Modstanden er herunder uændret ned til den maksimale indtrængningsdybde, hvilket indikerer af gytjelaget er minimum 5 m tykt. Gytjen er gennem tiden aflejret i det stillestående vand i området. På Figur 20 ses en modelsektion gennem Zone 2.



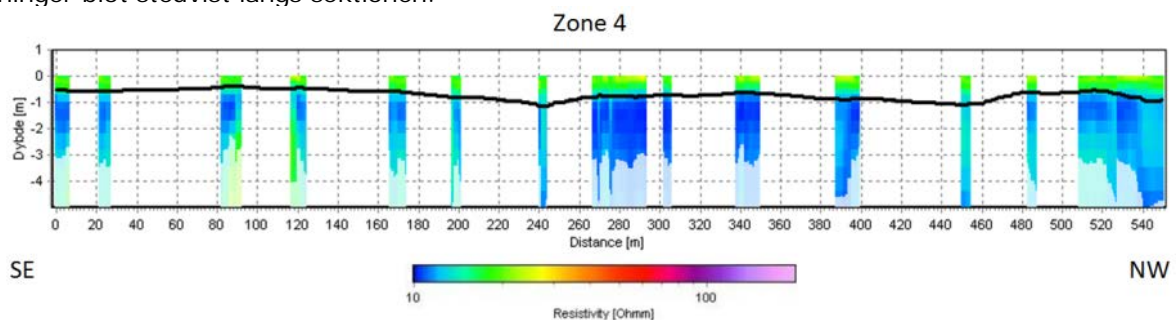
Figur 20. Modelsektion gennem Zone 2. Den sorte linje er den beregnede vanddybde.

Zone 3: Som Zone 2 er Zone 3 karakteriseret ved aflejringer med en lav modstand. Den største forskel mellem de to zoner er, at Zone 3 allerede er karakteriseret ved aflejringer med lav modstand, svarende til gytje fra 0,8 m, jf. Figur 13 **Error! Reference source not found.**, mens modstanden stiger en anelse i dybde svarende til en mere sandet gytje. Modelsektionen gennem Zone 3 fremgår af Figur 21.



Figur 21. Modelsektion gennem Zone 3. Den sorte linje er den beregnede vanddybde.

Zone 4: Zonen fremstår som en langstrakt struktur, hvor modstanden allerede ved en dybde på 0,6 m er meget lav, svarende til gytjeaflejringer. Zonen udgør således en tærskel mellem Zone 2 mod syd og Zone 3 nord herfor. Da der er sejlet vinkelret på modelsektionen, Figur 22, ses tolkninger blot stedvist langs sektionen.



Figur 22. Modelsektion gennem Zone 4. Den sorte linje er den beregnede vanddybde.

Afvigelse: Afvigelsen i det sydøstlige hjørne fremgår især af middelmodstanden fra 0,2 m til 0,6 m som et meget afgrænset område med lav modstand. Den lave modstand er verificeret over flere linjer, og formodes at stamme fra et større fremmedlegeme af metal begravet umiddelbart under søbunden. Legemet kan være efterlændskaber fra installationer i forbindelse med en udvinding af mergel, som har foregået netop i dette område.

4.3.8 Sødybder

Som nævnt i indledningen er Rødsø en meget lavvandet sø, hvor en stor del af vandsøjlen indeholder opslemmet materiale i en sådan grad, at det har indflydelse på den elektriske modstand. Som det fremgår af den beregnede middelmodstand, Figur 15, bliver den kortlagte modstand gradvist lavere fra en dybde af omkring 0,4 m, og finder i størstedelen af området først et konstant niveau omkring 1-1,4 m. Den gradvist lavere modstand vurderes således at være et udtryk for den øgede mængde af opslemmet materiale.

For at tolke en dybde af søen er der foretaget en 2-lags tolkning af de indsamlede data, hvor første lag er "vandsøjlen", mens andet er modstanden af den faste søbund. Tykkelsen af lag 1 i denne model, estimeret som vanddybden, fremgår af Figur 23. Da grænsen til den faste bund, på grund af det opslemmede materiale ikke er nem at fastlægge, skal resultaterne i Figur 23, dog betragtes med en vis usikkerhed, hvor der vil være en tendens til at dybden er overestimeret.

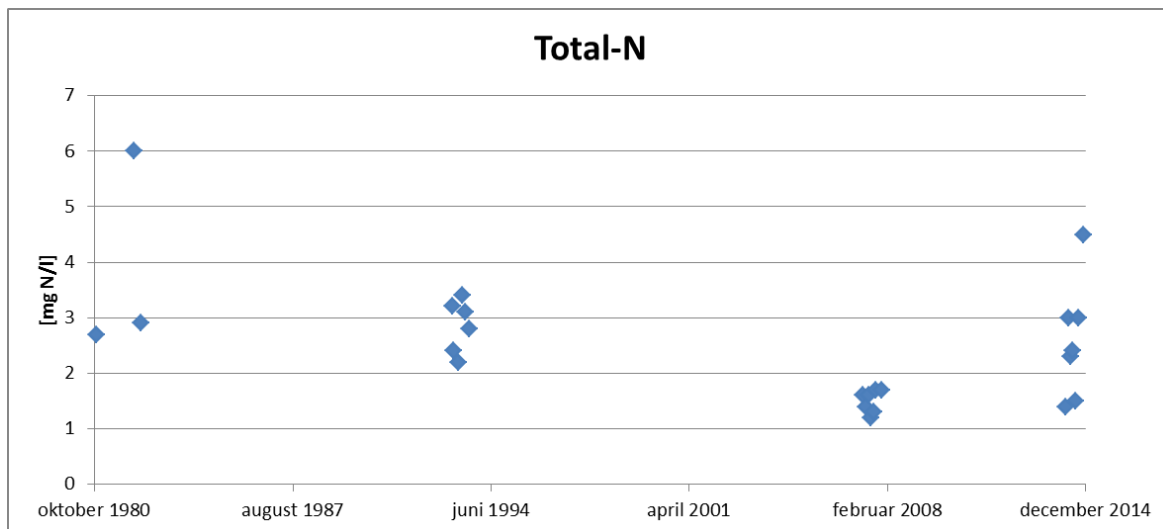


Figur 23. Dybdeforholdene i Rød sø.

Som det fremgår af Figur 23, vurderes vanddybden i søens sydvestlige del at være omkring eller lige over 1 m, mens den nord for tærsklen (Zone 4) er en anelse mindre, ned til under 0,5 m. I områderne, hvor der er kortlagt relativt høj modstand, er vanddybden tilsyneladende større. Dette vurderes dog at være behæftet med en vis usikkerhed.

4.4 Belastningsopgørelse kvælstof

Der ligger kvælstofmålinger fra 1980, 1982, 1993, 2007 og 2014. Figur 24 viser udviklingen i den målte koncentration af kvælstof i Rødsø gennem tiden.



Figur 24. Målinger af kvælstofkoncentrationen i Rødsø

Der ses umiddelbart en tendens til faldende kvælstofkoncentration frem til og med 2007. I 2014 kan der konstateres stor spredning på målingerne, som spænder fra en målt koncentration på 1,5 mg N/l til 4,5 mg N/l. Den gennemsnitlige kvælstofkoncentration for hele perioden ligger på 2,49 mg/l og for målingerne fra 2007-2014 på 2,04 mg/l. Støtteparameteren for kvælstof for målopfyldelse i Rødsø ligger på 0,96 mg/l /1/.

Den samlede kvælstoftilførsel til Rødsø er beregnet på baggrund af DCE's formel i *Teknisk anvisning vedr. overvågning af effekten af reablerede vådområder*, NST's regneark til vådområdeprojekter er benyttet som værktøj i beregningerne.

På baggrund af DMI's klimagrid er vandbalancen for oplandet til Rødsø bestemt til 155 mm. Andelen af sandjord og dyrket areal i oplandet er angivet på baggrund af oplysninger i teknisk baggrundsnotat til Vandplan 1.2 Limfjorden. På baggrund af beregninger kan det årlige kvælstoftab fra oplandet opgøres til 23.081 kg N.

Retentionen i Rødsø beregnes på baggrund af formlen:

$$N_{ret}(\%) = 42,1 + 17,8 \times \log_{10}(T_w)$$

Sømodellen metode 1 tager udgangspunkt i den beregnede vandbalance, som er opgjort på baggrund af nedbørsdata og andelen af sandjord i oplandet. Benyttes denne metode bliver opholdstiden i Rødsø 0,187 år, svarende til godt 68 dage. Det giver en retention på 29 % og en samlede omsætning på 6.727 kg N pr. år i Rødsø.

Opholdstiden i ovenstående er knap 14 dage længere end den i vandplanen angivet opholdstid på 0,15 år. Benyttes sømodellens metode to, med en opholdstid på 0,15 år, bliver retentionen i Rødsø 27 %, hvilket giver en årlig omsætning på 6.309 kg N.

Der er ikke i vandplansregi angivet nogen indsatser over for reducerede kvælstofbelastning til Rødsø. Oftest vil fosfor også være den begrænsende faktor i søer og derfor vil indsatser for forbedrede tilstand i søer være målrettet fosfor. Ønskes en begrænset kvælstoftilførsel til Rødsø er mulige virkemidler vådområder, randzoner og efterafgrøder.

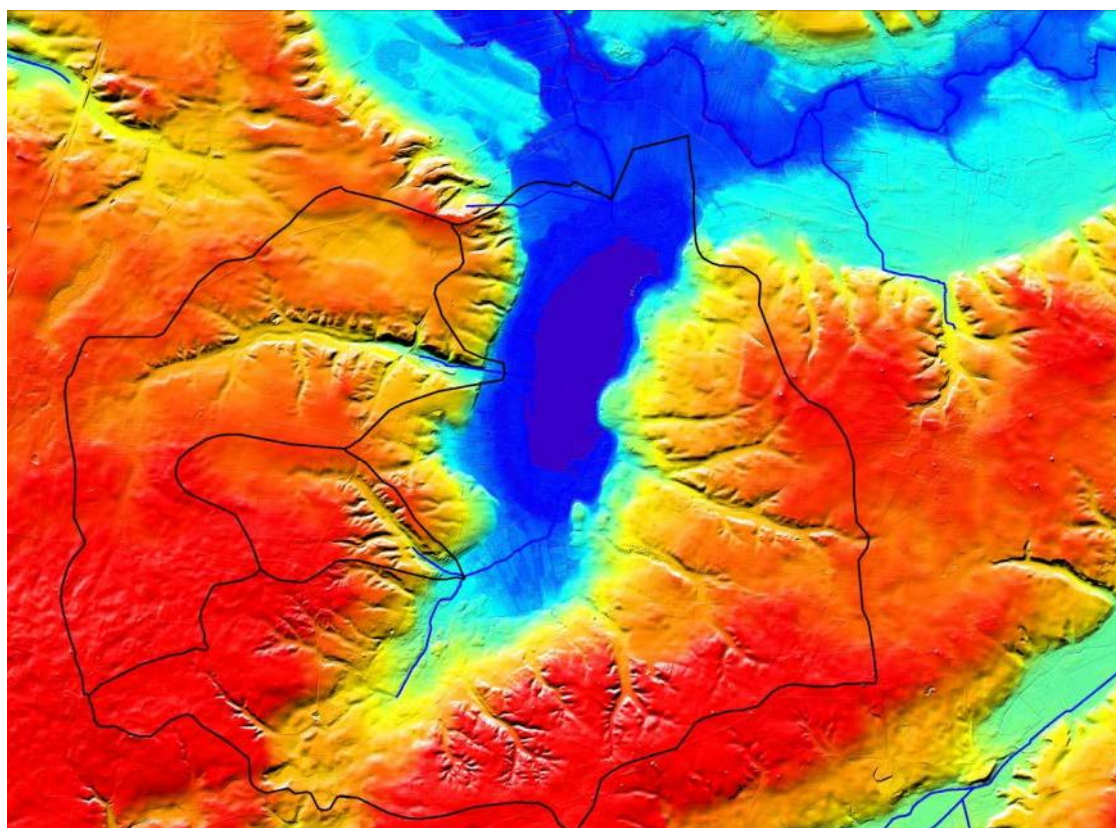
4.5 Belastningsopgørelse fosfor

4.5.1 Punktkilder

Der er ikke kendskab til eksisterende eller tidligere større udledninger fra punktkilder eller spredt bebyggelse i oplandet til Rødsø. Der er således ikke i Vandplan 1.2 Limfjorden angivet nogen indsats over for spredt bebyggelse i oplandet.

4.5.2 Diffus belastning

Oplandet til Rødsø er ud fra topografien estimeret til 1.805 ha (Figur 25), oplandet er i basisanalysen for Vandplanen for Limfjorden angivet til 1.770 ha. I de følgende beregninger tages udgangspunkt i et samlet opland på 1.770 ha.



Figur 25. Oplandsangivelse til Rødsø, baseret på GIS-tema fra vandplanerne, den nordlige afgrænsning er tilpasset efter topografien © Geodatastyrelsen

Arealanvendelsen i oplandet til Rødsø er angivet i Teknisk baggrundsnotat for Vandplan 1.2 Limfjorden (Tabel 2)/4/. Som angivet tidligere er størstedelen af oplandet udlagt til landbrug, mens skov udgør den næststørste fraktion.

Tabel 2. Arealanvendelse i oplandet til Rødsø, som angivet i Teknisk baggrundsnotat for Vandplan 1.2 Limfjorden /4/.

Arealanvendelse	[%]	[ha]
Landbrugsjord	78,0	1.289
Befæstet/bebygget areal	2,0	33
Skov	15,0	248
Naturarealer	0,8	13
Ferskvand	0,1	2
Andet	4,0	66

På baggrund af en rapport /5/ udgivet af Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri i forbindelse med Vandmiljøplan III, er de generelle værdier for det årlige fosfortab fra landbrugsoplande angivet til 0,3 til 0,5 kg P/ha. Til sammenligning er tabet af P fra naturoplande angivet til ca. 0,08 kg P/ha i gennemsnit.

Tabel 3 angiver den estimerede diffuse belastning til Rødsø på baggrund af oplandsopgørelsen og de angivne statistiske tabsværdier.

Tabel 3. Oversigt over den anslåede diffuse belastning til Rødsø.

Oplandstype	Areal [ha]	Statistisk årligt fosfortab [kg P/ha]	Belastning [kg P/år]
Landbrug	1.289	0,30	386,70
Natur	263	0,08	21,04
Atmosfære (søoverflade)	117	0,10	11,7
Samlet	-	-	419,44

Den samlede diffuse fosforbelastning fra oplandet til Rødsø bliver på baggrund af Tabel 3 419,44 kg P/år. Naturstyrelsen estimerer den samlede baseline belastning til 543 kg P/år. Denne udgøres både af den diffuse belastning og belastning fra punktkilder. Der er dog ikke umiddelbart nogen større belastning fra punktkilder angivet i vandplanen, så forskellen i belastningen kan skyldes forskel i beregningen af fosfortabet fra landbrugsoplande.

4.6 Søens ligevægtstilstand

Før en eventuel sørestaurering påbegyndes er det vigtigt, at søen vil kunne opnå en fremtidig ligevægtstilstand, der lever op til søens målsætning, med den eksterne P-tilførsel. Dette vurderes på baggrund af søens vandbalance, opgørelsen over den eksterne P-tilførsel og modeller for empiriske sammenhænge mellem P-tilførsel og søens koncentration af fosfor i ligevægtstilstanden, $P_{sø}$. Den gennemsnitlige indløbskoncentration P_i beregnes ud fra den samlede årlige P-tilførsel, omfattende alle bidrag. Modellen forudsætter, at der ikke er nogen intern belastning, og at søen og den eksterne tilførsel er i en ligevægtssituation.

For Rødsø er den fremtidige målsætning en fosforkoncentration på 0,07 mg P/l. For at efterprøve målopfyldelsen i en fremtidig ligevægtssituation benyttes Vollenweider-modellen:

$$P_{sø} = P_i / (1 + \sqrt{Tw})$$

Hvor $P_{sø}$ er den beregnede årsgennemsnitlige total fosforkoncentration i søvandet ved den pågældende årsgennemsnitlige indløbskoncentration (P_i). P_i er beregnet som den samlede årlige fosfortilførsel delt med den samlede årlige vandtilførsel. Tw er opholdstiden i søen i år.

I Tabel 4 er ligevægtskoncentrationen for Rødsø beregnet dels ud fra de nuværende forhold og dels ud fra forholdene ved opfyldt indsatsbehov jf. Vandplan 1.2 Limfjorden. Indsatsbehovet for Rødsø er rettet mod den diffuse P-tilførsel og er sat til 135 kg P/år.

Tabel 4. Beregnede ligevægtskoncentrationer for Rødsø før og efter opfyldt indsatsbehov. *Beregnet med udgangspunkt i søens volumen og opholdstid.

	Samlet vandtilførsel til Rødsø, inkl. nedbør og vandløb [m ³ /år]			Søvolumen [m ³]	Opholdstid (Tw) [år]
Vand	3.423.773,00			513.566,00	0,15
Beregningsgrundlag	P diffus [kg/år]	P atm. [kg/år]	P samlet [kg/år]	P_i [mg/l]	$P_{sø}$ [mg/l]
Status (2005-2009)	407,7	11,7	419,4	0,12	0,09
Opfyldt indsatsbehov	272,7	11,7	284,4	0,08	0,06

Det ses af Tabel 4, at Rødsø vil kunne opnå målopfyldelse ved fuld gennemførelse af indsatsbehovet i oplandet, hvis der ses bort fra den interne belastning.

4.7 Den interne belastning

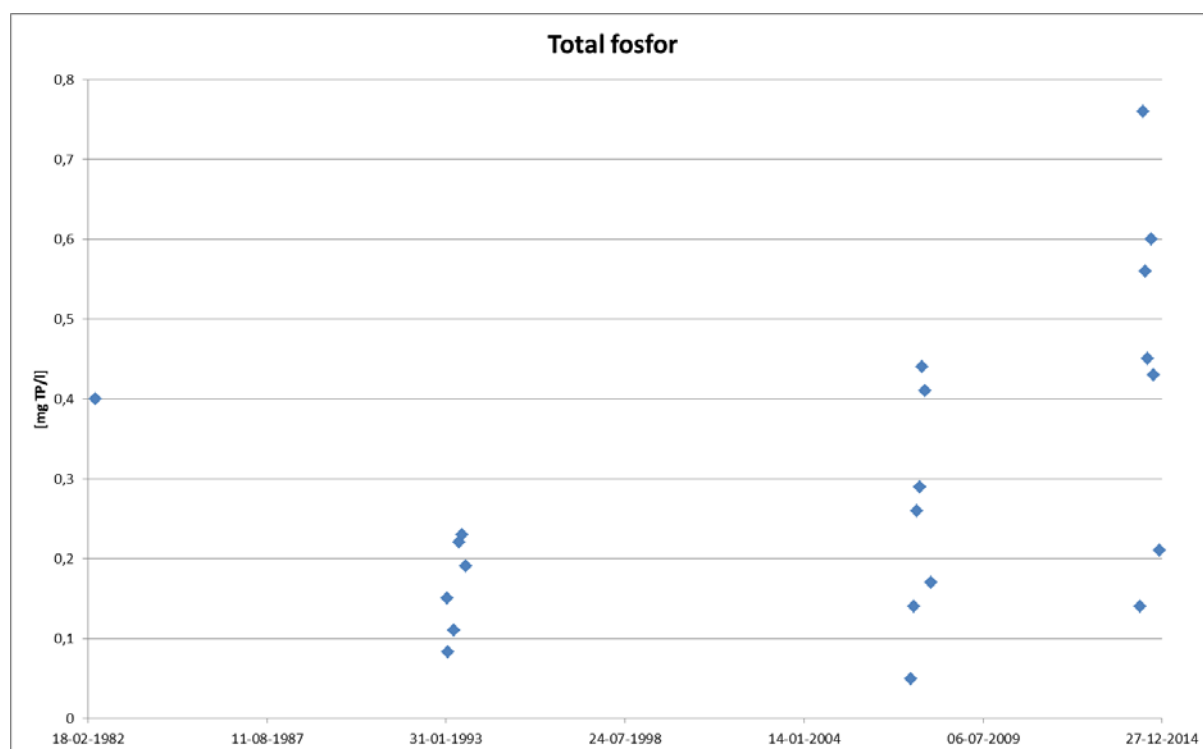
Den interne fosforbelastning i Rødsø er estimeret ud fra forøgelsen af TP-koncentrationen i søvandet fra vinter til koncentrationen når sit maksimum om sommeren (maj til september). Metoden undervurderer dog altid den interne belastning, da der også foregår sedimentation af fosfor fra vandsøjlen hen over sommeren. Særligt i lavvandede søer vil metoden være unøjagtig, grundet forøget mængder opslemmet sediment i vandsøjlen.

Den eksterne belastning af Rødsø er estimeret til knap 420 kg P/år. Der foreligger ingen målinger af fosfor i hverken tilløb eller afløb fra Rødsø. Det er derfor ikke muligt at opstille en egentlig fosforbalance for Rødsø. På den baggrund er det heller ikke muligt at vurdere den eksterne belastning hen over sommerperioden og den interne belastning kan derfor ikke korrigeres for eksterne til- og fraførsler af P i perioden. Estimeringen af den interne belastning i Rødsø bliver derfor foretaget alene på baggrund af stigningen i total-P i vandsøjlen fra vinter til sommer. Tabel 5 viser den estimerede interne belastning for årene 1993, 2007 og 2014. Data stammer fra naturstyrelsens overvågningsprogram, station 21000241, Rødsø.

Tabel 5. Beregning af den interne fosforbelastning i Rødsø.

Årstal	Intern belastning [kg]
1993	50,84
2007	101,94
2014	197,72
Gennemsnit (uden 1993)	116,84 (149,83)

Som det fremgår af Tabel 5 er der sket en udvikling i den interne belastning i Rødsø i perioden fra 1993 til 2014. Udviklingen fremgår tydeligt af Figur 26, som viser den målte TP-koncentration i vandsøjlen i Rødsø for 1982, 1993, 2007 og 2014. 1982 er ikke medregnet i estimeringen af den interne belastning, da der kun foreligger en enkelt måling. Som det fremgår af figuren, er der siden 1993 sket en udvikling i retning af større variation i TP-koncentrationen i vandsøjlen hen over året. Det er denne ændring der er årsagen til stigningen i den estimerede interne belastning i Rødsø.



Figur 26. Den målte total fosfor koncentration i vandsøjlen i Rødsø i perioden 1982-2014

Da det som nævnt ikke er muligt at korrigere den interne belastning for til- og fraførsel i perioden, er det ikke muligt at konkludere hvorvidt der reelt er sket en stigning i den interne belastning i perioden eller om der blot er sket en udvikling i søens dynamik, som giver anledning til en større koncentration af TP i vandsøjlen i sommerperioden.

4.8 Tidshorisont for aflastning af den interne fosforpulje

I forbindelse med vurderingen af Rødsøes potentiale for at opnå målopfyldelse er der opstillet en empirisk sømodel i modelleringsprogrammet Powersim. Modellen simulerer søens udvikling i fosforkoncentrationen over tid ved at inddrage både den eksterne og interne fosforbelastning. Inddragelse af den interne fosforpulje er væsentlig, da den kan belaste en sø mange år efter at fosfortilførslen er blevet reduceret. Ved at inkludere søens interne belastning i modellen er det muligt at simulere sedimentets aflastning af den interne fosforpulje og derigennem estimere en tidshorisont for, hvornår søen vil opnå ligevægt med indløbskoncentrationen.

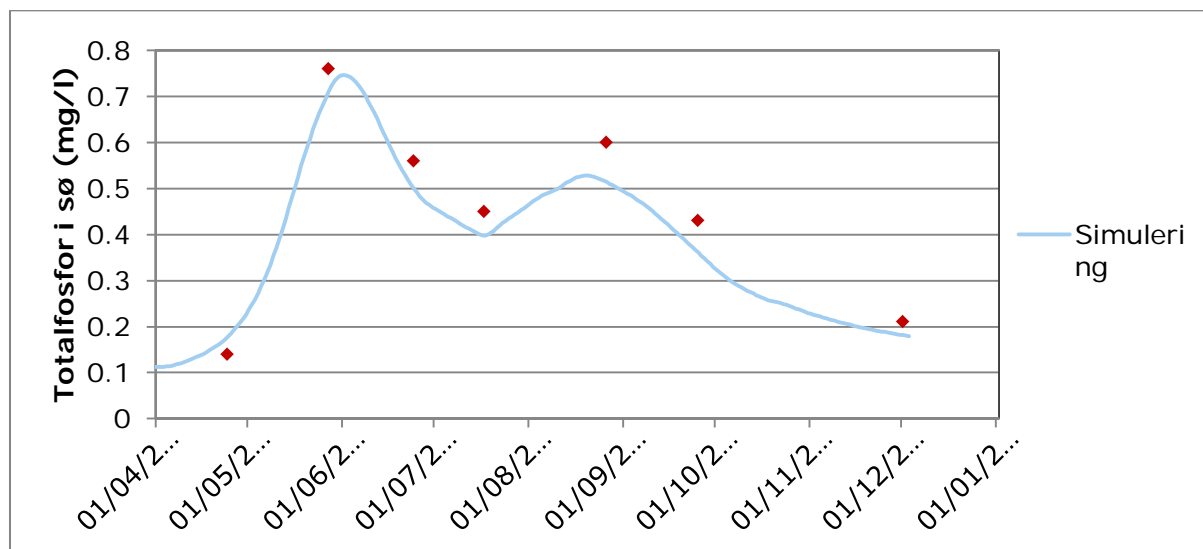
Modellen er opstillet efter det princip, at fosforkoncentrationen i en sø kan bestemmes ud fra fosforkoncentrationen i søens tilløb samt fosforfrigivelsen fra sedimentet. Simplificeret består modellen af to overordnede komponenter, som behandler hhv. det eksterne og det interne bidrag til søens fosforkoncentration.

- **Eksterne P-bidrag:** På baggrund af søens volumen, vandføring og den vandføringsvægtede fosforkoncentration i indløbet, beregnes en fosforkoncentration. Denne koncentration beskriver søens fosforkoncentration, såfremt der er ligevægt mellem indløbskoncentration og søens koncentration.
- **Interne P-bidrag:** Sedimentets fosforfrigivelse beskrives ud fra et empirisk udtryk for fosforflukse udviklet på baggrund af data fra 35 danske søer. Udtrykket kræver input i form af sedimentets indhold af fosfor, jern og organisk materiale. Da frigivelsen er temperaturafhængig anvendes Van't Hoff-Arrhenius ligning til at beskrive frigivelsen over året på baggrund af temperaturmålinger fra bundvandet i søen. I denne komponent er der også implementeret en sedimentation af fosfor fra vandsøjlen til sedimentet. Såfremt sedimentationen af fosfor er mindre end frigivelse af fosfor, vil sedimentets fosforpulje udtømmes.

Datagrundlaget for Rødsø er begrænset og som beskrevet i afsnit 4.7 foreligger der ingen målinger af fosfor og vandføring i hverken tilløb eller afløb fra Rødsø. Derfor er disse værdier bestemt ud fra erfaringstal for området. I år 2014 er der foretaget syv søtilsyn i Rødsø, hvor der bl.a. er målt totalfosfor og vandtemperatur. Det er derfor kun muligt at validere modellen for et enkelt år.

Af Figur 27 fremgår det, at modellen, med en mindre underestimering, er i stand til at simulere Rødsøes sæsondynamik for år 2014 med en forklaringskraft er på $r^2 = 0,975$. Dette vil sige, at modellen i stand til at forklare ca. 97,5 % af variationen i søens fosforkoncentration for år 2014, på trods af at indløbskoncentration og vandføring er bestemt ud fra generelle værdier for området.

For at vurdere tidshorisonten for Rødsøes målopfyldelse opstilles to scenarier. Det første scenarie tager udgangspunkt i eksisterende forhold, mens det andet scenarie tager udgangspunkt i en reduktion på 25 % af den eksterne belastning.



Figur 27. Sammenligning af målte og simulerede fosforkoncentrationer i Rødsø.

På baggrund af de eksisterende værdier estimeres, at Rødsø vil opnå steady-state (ligevægt) med den eksterne belastning i perioden 2060-2065 med en årlig gennemsnitskoncentration i søen på omkring 0,1 mg P/l. Ligeledes estimeres det, at Rødsø efter en reduktion af den eksterne fosforbelastning med 25 % vil opnå steady-state (ligevægt) i perioden 2060-2065, men nu med en årlig gennemsnitskoncentration på omkring 0,08 mg P/l. I begge scenarier vurderes det, at søen ikke vil kunne opfylde målet om en fosforkoncentration på 0,07 mg P/l.

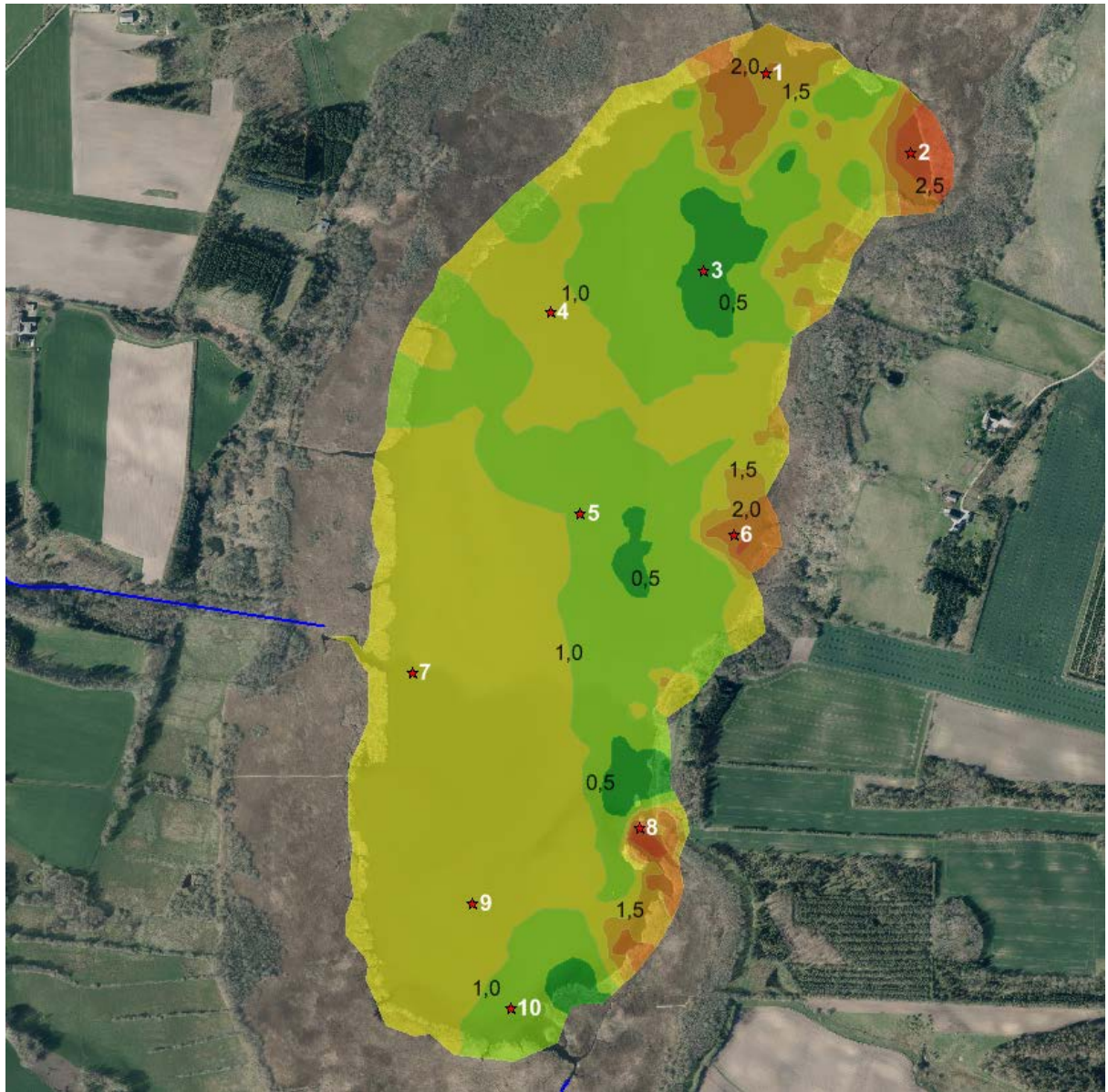
For begge scenarier estimeres det, at der kun vil forekomme et mindre fald på omkring 0,06 mg P/L i vinterkoncentrationen i løbet af de ca. 50 år det vil tage før steady-state indtræder. Den estimerede reduktion i sommerkoncentrationen for samme periode er dog markant større og udgør samlet et fald på ca. 0,5 mg P/l. Simulering med udgangspunkt i de nuværende forhold estimerer et sommermax. i fosforkoncentrationen på 0,27 mg P/l efter 50 år, mens sommermax. efter en reduktion på 25 % af den eksterne belastning vil toppe på 0,24 mg P/l efter en periode på 50 år.

Umiddelbart indikerer simuleringerne af de to scenarier, at der ikke vil opnås en betydelig effekt af tiltag i oplandet med henblik på at forbedre miljøtilstanden inden for en længere årrække, da den interne belastning ifølge modellen vil påvirke tilstanden i mange år fremadrettet.

Udover 2014 foreligger der ikke flere data, som sømodellen kan kalibreres imod, hvilket betyder, at den forudsagte udvikling er behæftet med usikkerhed. For at øge validiteten af den søspecifikke model for Rødsø vil det være nødvendigt med flere målinger i søen og i indløbet til søen.

4.9 Sedimentanalyser

Som en del af grundlaget for nærværende rapport blev der d. 10. september 2015 udtaget sedimentprøver fra ti lokaliteter i Rødsø. Figur 28 viser de omtrentlige prøvetagningslokaliteter. Prøverne er udtaget efter /6/ og /7/. Ved hver lokalitet er udtaget fem sedimentprøver med 50 cm kajakrør. Prøverne er udtaget således, at det er sikret, at de øverste centimeter af sedimentet er repræsenteret i prøven. Til bestemmelse af metaller i sedimentet er alle fem sedimentkerne fra hver station anvendt. Tre af de fem sedimentkerne er anvendt til bestemmelsen af den interne fosforpulje. Disse er efter prøvetagning fraktioneret og puljet i fraktionerne 0-5 cm, 5-10 cm og 10-20 cm. Alle analyser er foretaget på laboratoriet hos Global ALS.



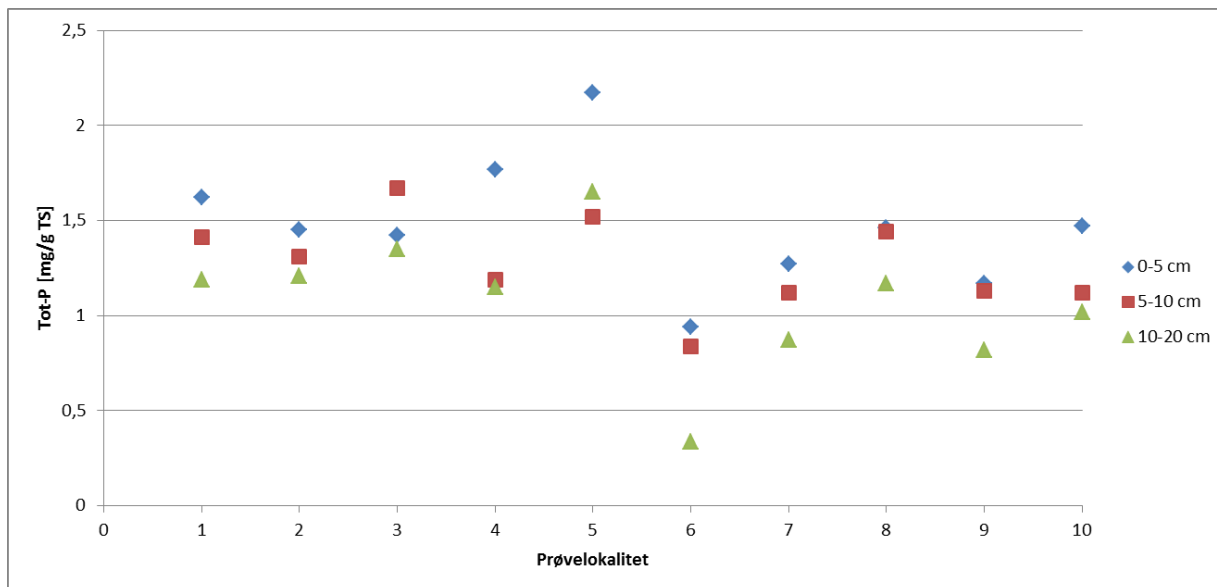
Figur 28. Luftfoto over Rødsø, med dybdekort (estimerede dybder angivet med sort) og angivelse af prøvelokaliteter (røde stjerner). Se endvidere bilag 7.

4.9.1 Sedimentundersøgelse til bestemmelse af intern fosforpulje

Til bestemmelse af den interne fosforpulje er anvendt metode 3 beskrevet i bilag 1 til /7/. Sedimentet er analyseret for total-fosfor, total-jern, tørstof og glødetab. Da Rødsø er en lavvandet sø, er den mobile pulje bestemt på baggrund af model b:

$$\text{Mobilt P} = -22,354 + 0,820 \cdot \text{TP}_{\text{SED}}$$

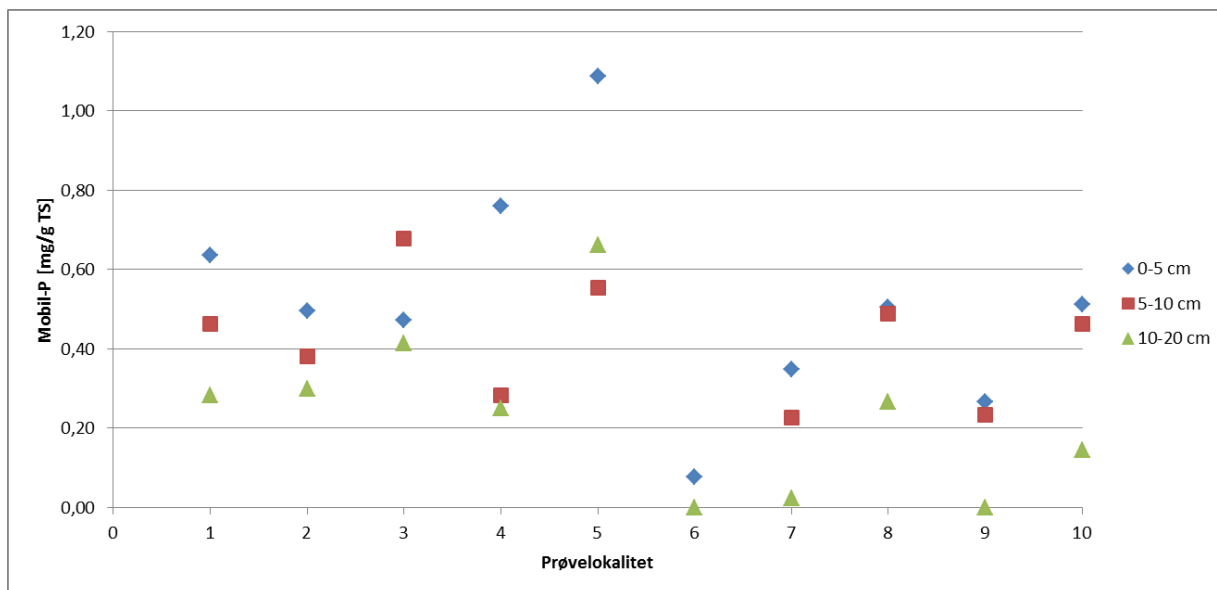
Figur 29 og Figur 30 viser indholdet af henholdsvis total-fosfor (tot-P) og mobilt fosfor i sedimentet i Rødsø ved de 10 prøvelokaliteter.



Figur 29. Indholdet af fosfor [mg TP/g TS] i sedimentet ved de 10 prøvelokaliteter.

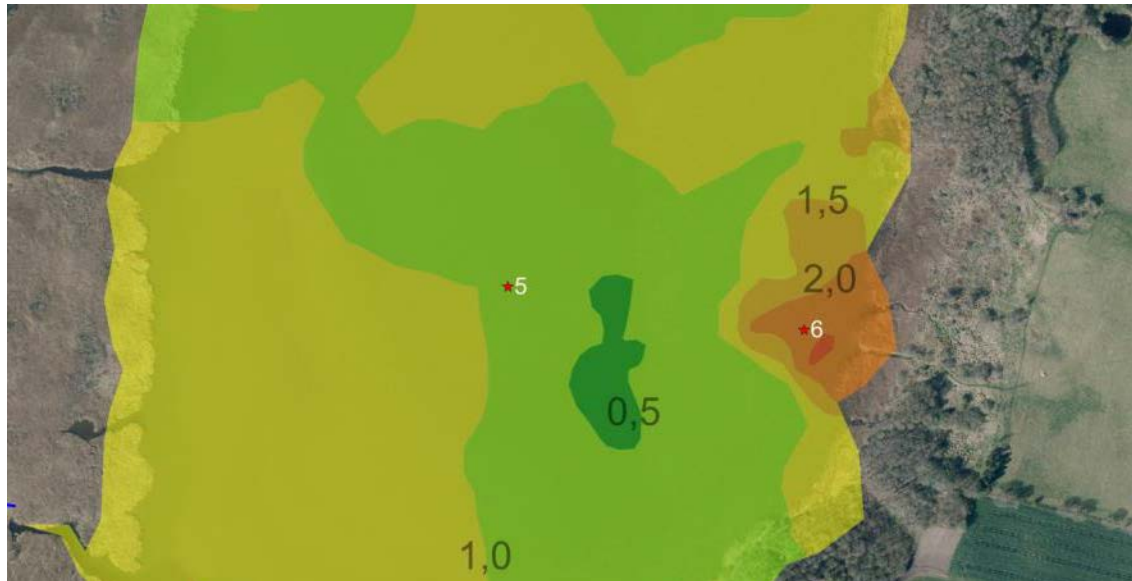
Som det fremgår af Figur 29 er indholdet af tot-P i sedimentet forholdsvis ensartet i hele søen. Middelværdien for tot-P i de øverste 5 cm for hele søen ligger på 1,47 mg P/g TS, mens den tilsvarende median ligger på 1,46 mg P/g TS. De tilsvarende statistiske værdier baseret på målinger i 216 danske søer, ligger på henholdsvis 2,1 mg P/g TS og 1,6 mg P/g TS /8/. Generelt ligger indholdet af fosfor altså under de gennemsnitlige værdier for danske søer.

Selvom indholdet er forholdsvis ens fordelt i søen, er der dog en tendens til, at indholdet er højere i den nordlige ende af søen (prøve 1-4) end i den sydlige ende (prøve 7-10). Lokalitet 6 skiller sig væsentlig ud fra de andre ved at have et noget lavere indhold af fosfor i sedimentet, tilsvarende har lokalitet 5 et højere indhold af fosfor. Tendensen går igen ved den mobile fosforpulje i sedimentet (Figur 30). Den mobile pulje udgøres af organisk fosfor (org-P) og jernbundet fosfor (Ortho-P Jernbundet).



Figur 30. Det beregnede indhold af mobilt fosfor [mg P/g TS] i sedimentet ved de ti prøvelokaliteter.

Prøve 6 er udtaget i et dybere område af søen, ret tæt på den østlige bred, medens prøve 5 er udtaget godt 200 m vest for prøve 6 (Figur 31).



Figur 31. Geografisk placering af prøve 5 og 6, med angivelse af estimerede dybdekurver i Rødsø (©Geodatastyrelsen)

Sedimentkernen i prøve 6 havde tydeligt en anden struktur i forhold til de resterende prøver i søen. De nederste ca. 20 cm af kernen var fast grusbund, hvor samtlige resterende sedimentkerner indeholdte rent opslemmet materiale. Baseret på søens topografi i området og sedimentets sammensætning er der meget der tyder på, at området er påvirket af større tilstrømninger af rent vand fra oplandet. Der er ikke nogen større tilløb på strækningen, men en besigtigelse af områder viser, at der er flere mindre kildevæld, som munder ud i Rødsø omkring lokaliteten. Figur 32 viser lokaliteten set fra søsiden. Vandstrømmen, genereret af kildevældene, kan forklare dels de lave fosforkoncentrationer ved prøve 6, og dels hvorfor der så kan konstateres forhøjede værdier ved prøve 5.



Figur 32. Foto taget sydvest for prøvelokalitet 6 i retning mod området med kildevæld.

Det højere fosforindhold i den nordlige ende af søen stemmer godt overens med, at det er her søens afløb findes, hvilket betyder, at der er en generel nordlig strøm i søen. Tilsvarende er det største tilløb til søen i den sydlige ende, hvorfor området her forventeligt vil have et lavere indhold af fosfor i sedimentet.

På søens vestlige bred er registreret et tilløb omkring prøvelokalitet 7, dette tilløb giver dog ikke anledning til samme tendens i sedimentkernen, som ses ved prøve 6. Det skyldes formentligt, at vandet fra det vestlige tilløb siver mere diffust til søen, gennem en tæt bræmme af siv, der i området er ca. 150 m bredt. Figur 33 og Figur 34 viser billeder taget fra båd på søen i området omkring tilløbet fra vest. Figur 33 er taget ind mod bredden, ca. 100 m inde i sivbræmmen, mens Figur 34 er taget ud mod søen fra samme lokalitet.



Figur 33. Foto fra den vestlige bred omkring tilløbet. Billedet er taget ca. 100 m inde i sivbræmmen.



Figur 34. Foto taget fra området ved den vestlige bred og ud gennem sivbræmmen mod søen.

Sedimentprofilerne er analyseret for tørstofindhold og glødetab. Tabel 6 viser resultatet af analyserne samt statistiske værdier for samme parametre baseret på analyser af sedimentprøver fra godt 200 danske søer /8/. Som det ses, ligger tørstofindholdet mellem to og tre gange så lavt, som den statistiske middelværdi for alle områder. Glødetabet, som er et udtryk for andelen af organisk materiale i tørstofindholdet, ligger væsentligt under normalen. Dette stemmer overens med, at der ikke findes bundvegetation i søen og tyder på, at meget af det opløst materiale er små partikler.

Tabel 6. Tørstofindhold og glødetab i den øverste fraktion af de tre sedimentprofiler, samt angivelse af de tilsvarende statistiske værdier /8/.

Sedimentprofil	Tørstof [%]	Glødetab [%]
Område 1 (0-5 cm)	4,63	2,37
Område 2 (0-5 cm)	5,08	2,43
Område 3 (0-5 cm)	4,75	2,34
Område 4 (0-5 cm)	4,75	1,94
Område 5 (0-5 cm)	3,51	1,69
Område 6 (0-5 cm)	6,85	2,34
Område 7 (0-5 cm)	5,83	2,55
Område 8 (0-5 cm)	4,90	2,32
Område 9 (0-5 cm)	5,37	2,53
Område 10 (0-5 cm)	6,12	2,40
Statistiske middelværdier (0-2 cm)	12,9	31,00

Sedimentanalyserne viser et lavt indhold af jern (Tabel 7). Det lave jernindhold betyder, at frigivelsen af jernbundet fosfor i sedimentet er meget følsomt over for dårlige iltforhold.

Tabel 7. Jernindholdet i den øverste fraktion af sedimentprofilerne, samt angivelse af den statistiske middelværdi for totaljern indholdet i søsediment /8/.

Sedimentprofil	Tot-Fe [mg/g TS]	Tot-Fe:Tot-P molforhold
Område 1 (0-5 cm)	13,4	4,6
Område 2 (0-5 cm)	13,6	5,2
Område 3 (0-5 cm)	15,0	5,9
Område 4 (0-5 cm)	13,2	4,1
Område 5 (0-5 cm)	17,8	4,5
Område 6 (0-5 cm)	9,0	5,3
Område 7 (0-5 cm)	11,3	4,9
Område 8 (0-5 cm)	11,4	4,3
Område 9 (0-5 cm)	10,5	5,0
Område 10 (0-5 cm)	11,8	4,5
Statistiske middelværdier (0-2 cm)	26,9	-

Jern: fosfor-molforholdet er for alle områder på omkring 4-5, hvilket er i den lave ende. Generelt antages det, at jern binder fosfor i et mol-forhold på 10:1. Et jern-fosfor forhold på 10 betyder altså at jernpuljen i jorden er mættet med fosfor, er forholdet over 10 er der et overskud af jern og er det under 10 er der et overskud af fosfor. Det lave jern-fosfor forhold i sedimentet fra Rødsø tyder således på et betragteligt overskud af fosfor, hvilket betyder, at selvom søbunden var bedre iltet, er det tvivlsomt, at det ville medføre en væsentlig forskel for immobiliseringen af den interne fosforpulje.

Det skal bemærkes at molforholdet er beregnet på baggrund af de totale mængder af jern og fosfor i sedimentet. Det vil dog kun være en del af den mobile fosforpulje der vil være tilgængelig for binding med jern. Tilsvarende er det heller ikke hele jernpuljen, der har lige stof affinitet over for fosfor. Ved hjælp af kemisk fraktionering er det muligt at bestemme puljerne af jern og fosfor, som indgår i sedimentets jern-fosfor-binding.

4.9.2 Sedimentundersøgelse for metaller

Til undersøgelse for tungmetaller i sedimentet er udtaget fem sedimentkerner med en længde på 0,5 m ved hver prøvelokalitet. Prøverne er efterfølgende puljet, blandet og sendt til laboratoriet, hvor de er blevet analyseret for bly, cadmium, chrom, kobber, kviksølv, nikkel, zink og tørstof. Tabel 8 viser en skematisk oversigt over indholdet af tungmetaller i sedimentet. Desuden er angivet middelværdier for hele søen og grænseværdierne for de enkelte metaller i jord. Grænseværdierne er for kategori 1 jord, der kan anvendes til en række anlægsformål /9/. Såfremt sedimentet skal spredes på landbrugsjord, skal det overholde kravværdierne i slambekendtgørelsen /14/.

Tabel 8. Skematisk oversigt over indholdet af tungmetal i de 10 sedimentprøver, med angivelse af midelværdi for hele søen og grænseværdierne for tungmetaller i jord /9/ og for slam til landbrugsjord /14/*ikke medregnet i gennemsnitsværdien.

Prøve lokalitet	Tørstof [%]	Pb [mg/kg TS]	Cd [mg/kg TS]	Cr [mg/kg TS]	Cu [mg/kg TS]	Hg [mg/kg TS]	Ni [mg/kg TS]	Zn [mg/kg TS]
1	5,64	50	1,10	19,0	14,0	0,09	13,0	99
2	6,96	40	1,10	13,0	25,0	0,10	11,0	79
3	6,21	43	0,98	25,0	101,0	0,12	31,0	100
4	6,44	85	1,00	23,0	29,0	0,11	33,0	110
5	6,34	83	0,78	18,0	19,0	0,10	17,0	703
6	16,8	16	0,22	6,6	6,5	0,03	5,8	22
7	5,91	32	0,74	29,0	18,0	0,08	24,0	79
8	7,51	37	0,77	11,0	13,0	0,07	10,0	71
9	8,02	327*	0,49	18,0	19,0	0,05	24,0	60
10	5,38	39	0,84	18,0	16,0	0,10	15,0	95
Middel	7,52	47	0,80	18,1	26,1	0,09	18,4	142
Grænseværdi /9/	-	40	0,5	500	500	1,00	30,0	500
Grænseværdi /14/		120	0,8	100	1000	0,8	30	4000

Som det fremgår af Tabel 8 overskrider indholdet af bly og cadmium i sedimentet grænseværdierne for kategori 1 jord, men ikke for slam til jordbrugsformål. Ved lokalitet 9 er fundet en meget forhøjet koncentration af bly. Dette kan skyldes rester af fiskeudstyr, og der blev ved prøvetagningen registreret garn i området. Prøven er udtaget fra gennemsnitsberegningen for bly, da den ikke vurderes at være repræsentativ for søen. Selvom indholdet af bly her er langt over grænseværdien, er indholdet stadig langt under grænseværdien for klassificering som farligt affald, som er på 5000 mg/kg TS.

Cadmium stammer typisk fra jordbrugskalk og tidligere tiders højere indhold af cadmium i handelsgødning. Det må derfor forventes at være blevet transporteret til søen med drænvand og vandløbsvand fra oplandet. Grænseværdien for klassificering som farligt affald er 1000 mg Cd/kg TS, og sedimentets indhold er dermed langt under denne værdi.

Generelt gælder, at der er flere af prøverne der enkelte steder overskrider grænseværdierne. Dog er der ingen af prøverne der overskrider værdierne for farligt affald. Hvis sedimentet skal genanvendes, må det anvendes efter de særlige regler i restproduktbekendtgørelsen /10/.

Som ved fosfor er der en tendens til højere værdier i søens nordlige ende. Lokalitet 6 skiller sig igen ud med et mærkbart lavere indhold af de forskellige metaller.

5. BEGRÆNSNING AF EKSTERN BELASTNING

5.1 Punktkilder

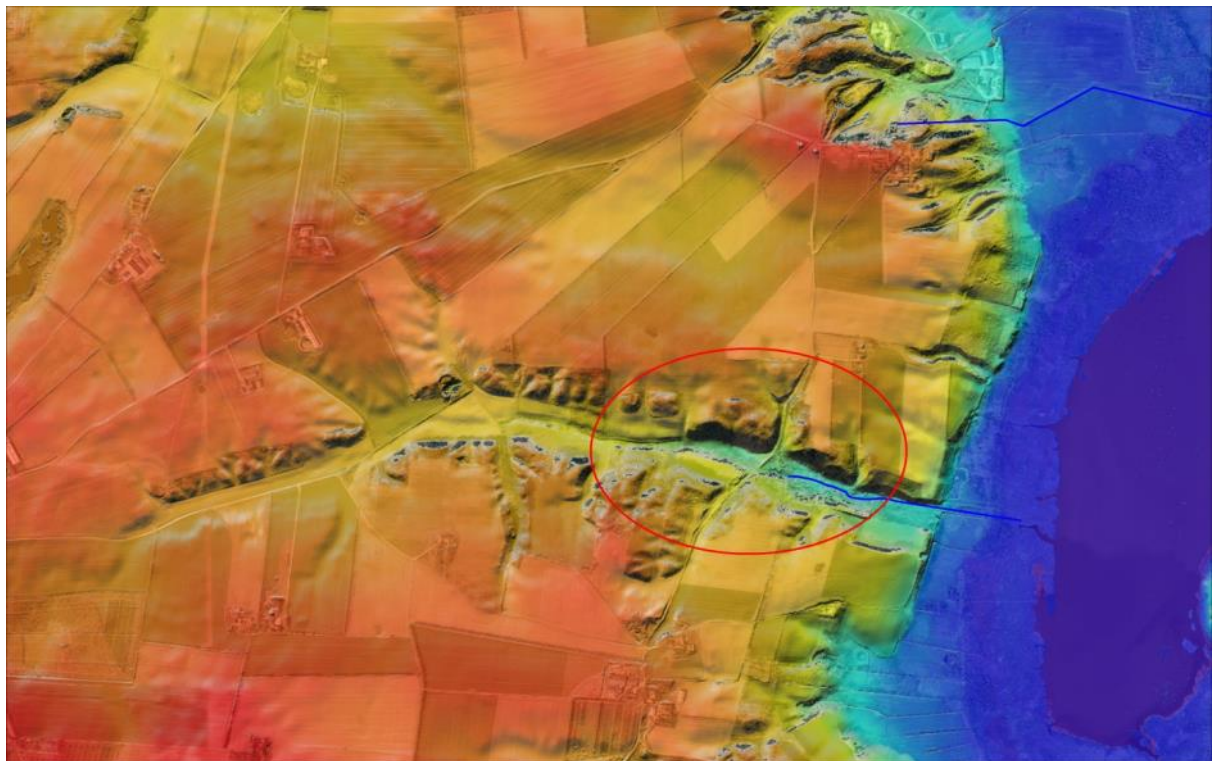
Der er ikke i vandplanregi angivet nogen indsats over for punktkilder i oplandet til Rødsø. Det må desuden antages at spildevandsbelastningen fra bebyggelser i oplandet er af mindre omfang.

5.2 Diffus belastning (P-ådale)

Jf. Vandplan 1.2 Limfjorden er det primære indsatsbehov for Rødsø rettet mod den diffuse tilførsel af fosfor fra oplandet. Fosfor fra oplandet vil primært blive tilført via vandløb, som modtager drænvand og porevand fra de dyrkede arealer i oplandet til Rødsø. I vandplanernes virkemiddelkatalog er P-ådale angivet som virkemiddel til tilbageholdelse af fosfor. Viborg Kommune har i 2014 fået udarbejdet en forundersøgelse for etablering af en P-ådal ved Skovbækken, som løber til søen i den sydlige ende og er det største tilløb til Rødsø /2/. Grundet stor risiko for fosforfrigivelse fra arealerne kunne projektet dog ikke realiseres. I forbindelse med nærværende rapport er oplandet for Rødsø undersøgt for alternative muligheder for etablering af P-ådale.

Ud over Skovbækken er der kun to mindre tilløb til Rødsø, Pederstrup Grøft i den nordlige ende og Vrå Nord Vandløb, som løber til Rødsø ca. midt på den vestlige bred. Oplandet til Pederstrup Grøft er meget begrænset. Det vil derfor være yderst begrænset, hvor meget fosfor oplandet bidrager med, og det vurderes derfor ikke relevant at etablere en P-ådal i forbindelse med Pederstrup Grøft.

Vrå Nord Vandløb løber i den tydeligt markerede ådal Amdal i det vestlige opland til Rødsø, Figur 35.



Figur 35. Vandløbet ved Vrå løber i den tydeligt markerede ådal Amdal ned mod den vestlige bred af Rødsø (©Geodatastyrelsen).

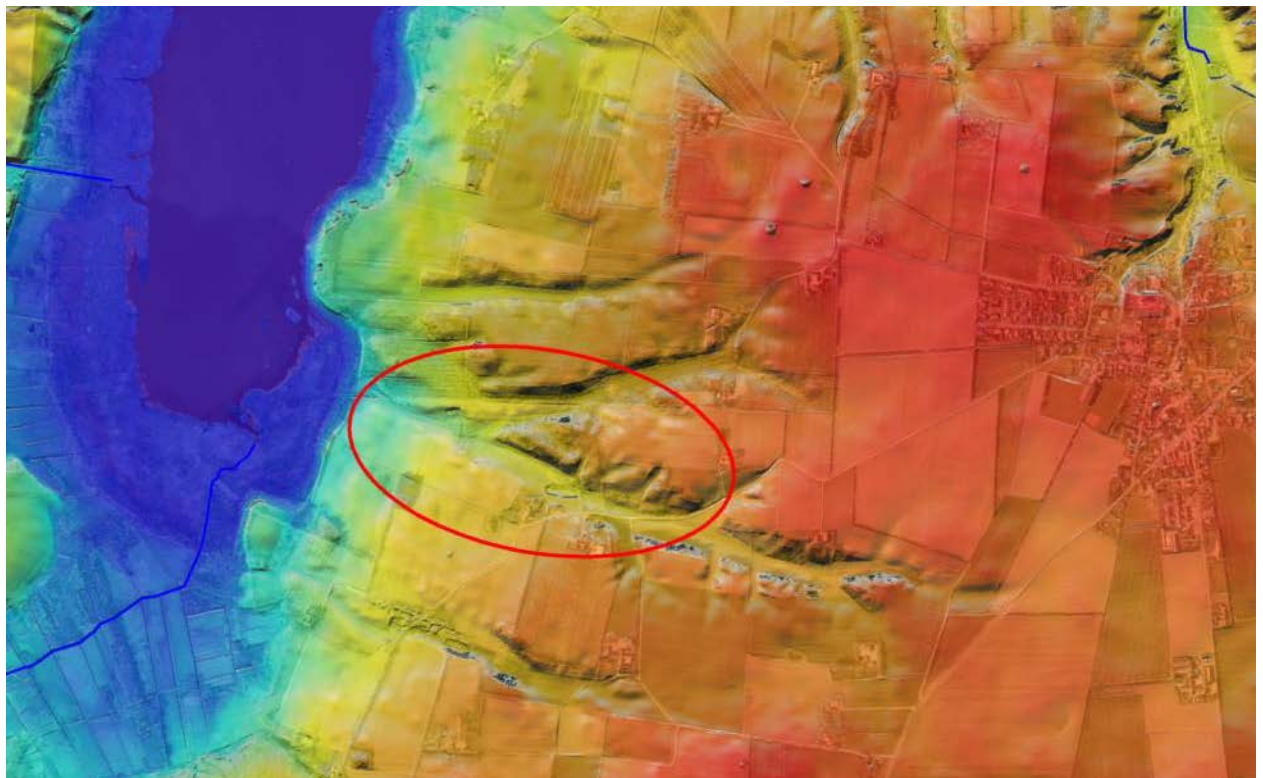
Oplandet til Vrå Nord vandløb er ca. 450 ha. Antages det, at arealanvendelsen i oplandet følger samme fordeling som i det samlede opland til Rødsø, vil der være et årligt fosfortab fra land-

brugsarealerne i oplandet på godt 100 kg P. Der til kommer det atmosfæriske bidrag og baggrundsbidraget fra naturarealer.

For at området ved Vrå Nord Vandløb kan bruges til tilbageholdelse af fosfor fra oplandet, vil der skulle ske en sedimentation eller omsætning af fosfor. Det kan ske ved sødannelse, overrisling eller sedimentation ved oversvømmelser af vandløbsnære arealer.

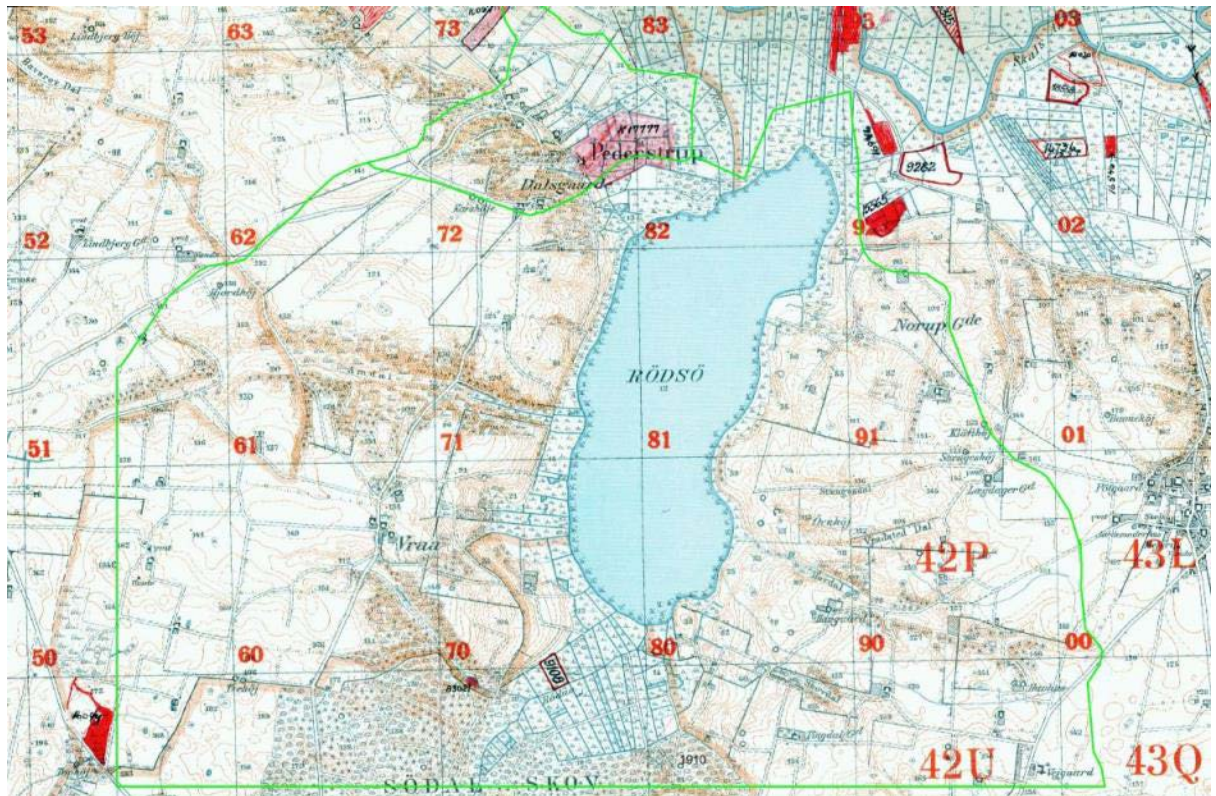
Baseret på luftfoto og højdemodel for området, vurderes det ikke muligt at etablere søer i ådalen af en størrelse, som vil kunne omsætte nok fosfor. Vrå Nord Vandløbet har ikke noget veldefineret forløb ned gennem ådalen og det vurderes derfor heller ikke muligt at etablere et forløb, som øger sedimentationen ved oversvømmelse af de ånære arealer. Vandløbet karakter som terrænnært uden et egentligt veldefineret løb ned gennem ådalen tyder på, at der allerede i dag sker en omsætning og tilbageholdelse ved infiltration gennem jorden og mindre, naturlige sødannelser. Samlet vurderes området ved Amdal ikke at kunne tilbageholde mere fosfor end det gør under de naturlige forhold, og dermed vurderes området ikke at kunne benyttes til P-ådal.

Ud over områderne langs de åbne tilløb til Rødsø er oplandet undersøgt for lokaliteter med mulige rørlagte vandløb, som ved en åbning ville kunne indgå i et ådalsprojekt. Umiddelbart så området omkring Havdal i det sydøstlige opland til Rødsø interessant ud. Havdal fremstår som en meget markeret ådal i terrænet, se Figur 36.



Figur 36. Havdal (markeret med rød cirkel) fremstår som en meget markeret ådal i oplandet til Rødsø (©Geodatastyrelsen).

Terrænet omkring Havdal tyder på, at der tidligere har været en større vandtransport fra oplandet og ned gennem ådalen til det lavere terræn ved Rødsø. I dag er der ingen egentlige vandløb i ådalen. For at undersøge om der er rørlagte vandløb i ådalen, er der indhentet drænoplysninger fra Hedeselskabets drænarkiv. Som det fremgår af Figur 37 er der ingen drænprojekter i området omkring Havdal. Generelt er der meget få drænprojekter udført af Hedeselskabet i oplandet til Rødsø, hvilket kan skyldes gode afvandingsforhold, eller at drænprojekter er udført af lokal drænmester.



Figur 37. Oversigtskort fra Hedeselskabets drænarkiv, hvor matrikler markeret med rød, angiver drænprojekter udført af Hedeselskabet. Den grønne linje angiver mod vest og nord Rødsøs oplandsgrænse (©Orbicon).

Da der således ikke er noget der tyder på, at der er et rørlagt vandløb i Havdal, må det antages at vandet i dag strømmer diffust gennem jorden fra oplandet til Rødsø. Baseret på historiske ortofoto fra området ses det, at der i perioder har været afvekslende mængder af vand på terrænet på strækningen af Havdal ned mod Rødsø. Nedenstående Figur 38 viser et luftfoto af området fra 1999. Her ses tydeligt et forløb med vandlidende jord fra det øverste vandhul og ned til Rødsø.



Figur 38. Luftfoto fra 1999 af området ved Havdal, Rødsø ses mod vest (©Arealinfo.dk).

Som ved Amdal må det derfor antages, at der allerede i dag under de naturlige forhold sker en vis omsætning og tilbageholdelse af fosfor i ådalen. Området ved Havdal vurderes derfor ikke egnet til yderligere indsatser i forhold til tilbageholdelse af fosfor i oplandet.

6. MULIGHEDER FOR RESTAURERING

De følgende afsnit vil fokusere på mulighederne for at forbedre tilstanden i Rødsø gennem sørestauring.

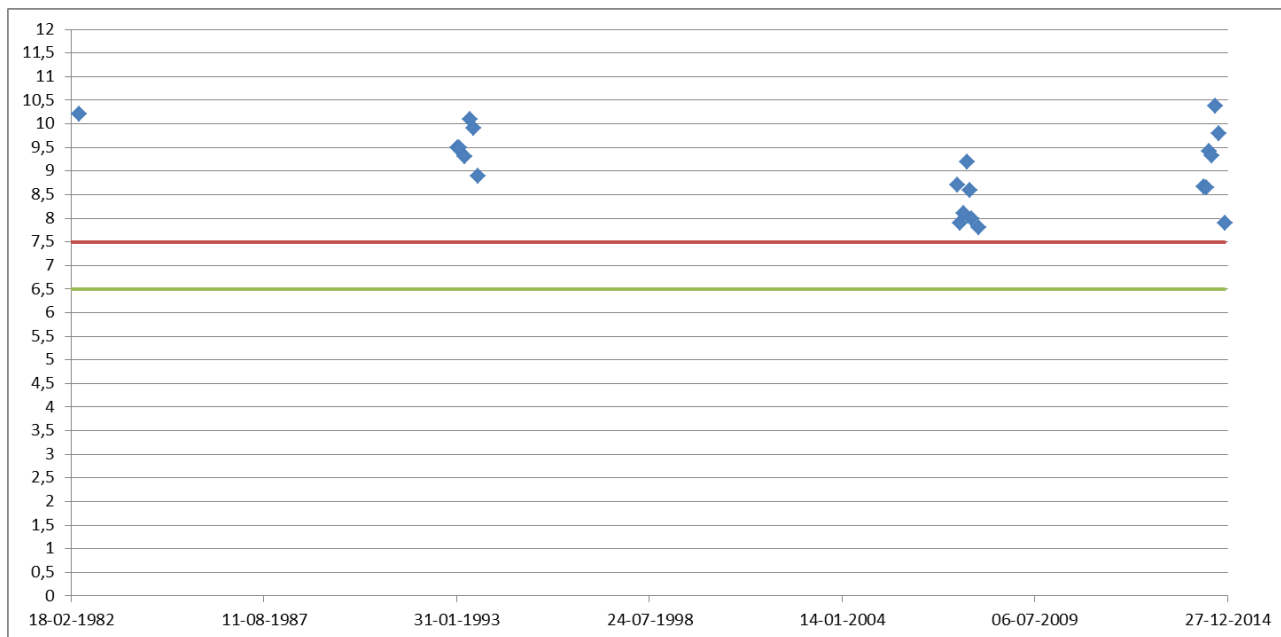
6.1 Fældning af fosfor med aluminium eller Phoslock

6.1.1 Beskrivelse af metode

Ved sørestauring med aluminium er formålet at binde mængden af tilgængeligt fosfor for at nedbringe den interne mobile fosforpulje i søen. Aluminium tilføres søen som aluminiumsalte, der går i forbindelse med vandet og danner aluminiumhydroxid, som har en stor affinitet over for fosfor. Aluminiumhydroxid flokkulerer og bundfældes. Her vil det efterhånden blive opblandet med sedimentet og lægge låg på søens mobile fosforpulje. Ud over fosforbindingen i sedimentet, vil flokkene også optage fosfor i vandsøjlen mens de synker ned til bunden.

Som noget nyt er det også muligt at benytte det kommercielt modificerede lerprodukt Phoslock i forbindelse med sørestauring. Produktet bruges ligesom aluminium til fældning af fosfat i søer, der lider af stor intern P-belastning. Ligesom aluminium binder Phoslock fosfat under både iltede og iltfrie forhold, og bindingen er dermed ikke afhængig af redoxforhold. Phoslock har ydermere den fordel, at det ikke ændrer på søens alkalinitet, hvorfor den også vil kunne anvendes i lavalkaline søer uden negative effekter på søens pH. Det fosfatbindende element i Phoslock er grundstoffet lanthan (La) i oxidationstrinnet +3, som har en høj affinitet for fosfat. Frit opløst lanthan kan være giftigt for faunaen ved koncentrationer $>100 \mu\text{g/l}$. Risikoen for store koncentrationer af frit opløst lanthan er størst ved en alkalinitet på under 0,8 meq/l. I meget lavalkaline søer anbefales det derfor, at der foretages forudgående test i laboratoriet, for at sikre at La-koncentrationen ikke overstiger $10 \mu\text{g/l}$, hvilket er den hollandske grænseværdi for frit opløst La /11/.

Ved udbringningen af aluminium er det vigtigt, at der udbredes så meget, at pH falder til under 7,5 men aldrig til under pH 6,5. Falder pH til under 6,5 dannes toksiske Al-ioner, som kan medføre fiskedød. Er pH over 7,5 er der risiko for høje koncentrationer af opløst Al^{3+} /12/. Som det fremgår af Figur 39 ligger de målte pH-værdier i Rødsø generelt højt. Selvom udbringningen af aluminium får pH til at falde, vil det være svært at holde pH inden for det nødvendige interval efterfølgende, og dette interval vil desuden skulle holdes i minimum to år efter udbringningen. På baggrund af pH-målingerne i Rødsø vurderes søen derfor ikke umiddelbart egnet til restaurering med aluminium.



Figur 39. Målte pH-værdier i Rødsø under Naturstyrelsens overvågningsprogram angivet med blå, den røde linje angiver den øvre grænse for pH ved udbringning af aluminium, mens den grønne linje angiver den nedre grænse.

Doseringen til Al-/Phoslockbehandlingen af Rødsø er beregnet ud fra den samlede mobile fosforpulje i sedimentet, baseret på sedimentprofilerne udtaget september 2015. Normalt doseres efter fosformængden i de øverste 10 cm af sedimentet, da ophobningen af fosfor vil aftage efter denne dybde. I nogle tilfælde ses det, at sedimentsøjleens indhold af fosfor er uændret ned til 20 cm dybde. I de tilfælde vil det være nødvendigt at dosere efter den samlede mobile fosforpulje ned til 20 cm dybde.

I Rødsø ses et fald i den mobile fosforpulje allerede efter de første 5 cm ved de fleste af prøverne, og efter 10 cm kan der for alle prøver konstateres en mindre mobil fosforpulje i forhold til indholdet i de øverste 5 cm (Tabel 9). Det vil derfor som udgangspunkt være tilstrækkeligt at dosere ned til 10 cm dybde.

Jf. vejledningen /7/ er det kun arealer uden for bredzonevegetationen der skal behandles. Normalt vil denne antages at gå ud til ca. 2 meters dybde, men da Rødsø er meget lavvandet er det ikke muligt at anvende denne definition. Doseringen er derfor regnet på baggrund af den del af søen, som har et blankt vandspejl, baseret på luftfoto. Det giver et samlet søareal på 70 ha.

I Tabel 9 er Al- og Phoslockdoseringen beregnet på baggrund af gennemsnitsværdier for sedimentet i Rødsø.

Tabel 9. Beregning af den gennemsnitlige mobile fosforpulje i Rødsø og den tilhørende Al- og Phoslock-dosering.

Samlet sø - mobile fosforpulje og Al-dosering				
	Per kvadratmeter		Hele søen, areal = 70 ha	
Aluminium	g P/m ²	g Al/m ²	kg P	kg Al
0-10 cm	2,38	20,74	1.669	14.520
Phoslock	g P/m ²	g Phoslock/m ²	kg P	kg Phoslock
0-10 cm	2,38	238	1.669	166.900

Ses søen som helhed, vil der således skulle bruges 20,74 g Al/m² for en dosering passende til de øverste 10 cm sediment, der giver et samlet aluminiumsbehov på 14.520 kg Aluminium. Phoslock

binder fosfor i vægtforholdet 1:100 og der vil således skulle bruges 238,43 g Phoslock/m², svarende til et samlede behov på knap 167 tons Phoslock.

6.1.2 Miljøeffekter

Med Rødsøs høje pH, på gennemsnitlig 8,9, og lave alkalinitet på 2,36 mmol/l er søens bufferkapacitet stor set opbrugt, det vil sige, at pH hurtigt vil falde ved udbringning af Aluminium.

Den høje pH gør søen sårbar over for risikoen for høje Al³⁺ koncentrationer, som er toksiske, det vil derfor være nødvendigt at syrebehandle søen før udbringning, så pH falder til under 7,5. Herefter skal det sikres, at pH i Rødsø ikke falder til under 6,5 ved udbringning af Aluminium. Beregninger viser, at det vil være muligt at udbringe godt en femtedel af det samlede doseringsbehov af gangen for at sikre at pH holdes i det ønskede interval. Generelt kan det ikke anbefales at benytte aluminium til fosforfældning i en sø med så høj pH og lav alkalinitet.

Rødsøs lavvandede status betyder, at der er stor risiko for resuspension i forbindelse med udbringning af aluminium. Resuspensionen kan have betydning for aluminiums evne til at binde fosforen i sedimentet og der er risiko for, at denne ikke bliver effektiv, da den korrekte arealmæssige dosering ikke opnås.

6.1.3 Økonomi

De økonomiske omkostninger forbundet med aluminiumbehandling af Rødsø er estimeret på baggrund af tabel 4.1 side 19 i /7/. Nedenstående Tabel 10 viser de estimerede omkostninger for Rødsø. Omkostningerne er dels estimeret på baggrund af en enhedspris pr. gram mobilt P pr. kvadratmeter sediment, og dels estimeret på baggrund af en enhedspris pr. hektar søareal. Alt efter hvilken metode der benyttes lander omkostningerne på mellem 250.000 og 1.421.000 kr. Baseret på Rødsøs størrelse, behovet for udbringning af flere omgange og søens generelle tilgængelighed, må omkostningerne på 1.421.000 kr. antages at være det mest realistiske bud og nok endda i underkanten.

Tabel 10. Estimerede omkostninger ved udbringning af Aluminium til Rødsø, beregningerne er baseret på beregningseksemplet fra vejledningens side 19. *Omkostninger estimeret på baggrund af omkostninger pr g P/m². **Omkostninger baseret på omkostninger pr. hektar.

	Mobil P-pulje [g P/m ²]	Søareal [ha]	Omkostninger [kr]	Omkostninger [kr/ha]	Omkostninger [kr/g P/m ²]
Vejledning	5,75	30	609.000	20.300	105.913
Rødsø	2,38	70	252.073*	3.601	105.913
Rødsø	2,38	70	1.421.000**	20.300	597.059

6.1.4 Phoslock

Som alternativ til aluminium kan benyttes Phoslock. Phoslock påvirker ikke pH og vil derfor godt kunne anvendes i en pH-kritisk sø. Alkaliniteten i Rødsø ligger over den kritiske værdi på 0,8 mmol/l og er derfor heller ikke en begrænsende faktor for Phoslockudbringning. Der vil dog være tale om meget store mængder Phoslock der skal udbringes for at binde hele den mobile fosforpulje. Generelt vil en Phoslockbehandling være ca. 3-5 gange dyrere end en tilsvarende Al-behandling. Tabel 11 angiver de estimerede omkostninger ved Phoslockbehandling af Rødsø. Beregningerne er foretaget på baggrund af beregningseksemplet i vejledningen /7/ side 19 (anden række i tabel 4.1).

Da der ikke i vejledningen er angivet nogle enhedspriser på Phoslock, er omkostningerne ved udbringningen i Rødsø estimeret dels på baggrund af en enhedspris pr. gram mobilt P pr. m² i sedimentet (række tre i Tabel 11) og dels på baggrund af en enhedspris pr. søareal (række fire i Tabel 11). Umiddelbart må det forventes, at de endelige omkostninger ligger et sted mellem de to angivne priser. Den samlede pris afhænger blandt andet af søens tilgængelighed og antallet af perioder udbringningen skal fordeles over.

Tabel 11. Estimerede omkostninger ved udbringning af Phoslock til Rødsø, beregningerne er baseret på beregningseksemplet fra vejledningens side 19. *Omkostninger estimeret på baggrund af omkostninger pr g P/m². **Omkostninger baseret på omkostninger pr hektar.

	Mobil P-pulje [g P/m ²]	Søareal [ha]	Omkostninger [kr]	Omkostninger [kr/ha]	Omkostninger [kr/g P/m ²]
Vejledning	5,75	30	2.974.000	99.133	517.217
Rødsø	2,38	70	1.230.977*	21.243	517.217
Rødsø	2,38	70	6.939.310**	99.133	2.915.676

6.2 Sedimentfjernelse

Ved fjernelse af sedimentet opnås to fordele: Den interne belastning med fosfor formindskes væsentligt og søens dybde forøges. Tykkelsen af det sedimentlag, der skal fjernes, vurderes ud fra de foretagne sedimentanalyser, idet koncentrationen af mobilt fosfor i det tilbageværende sediment skal være lav. Sedimentfjernelse er hidtil kun foretaget i mindre søer på grund af problemer med afvanding og anvendelse af de opgravede sedimentmængder.

Sedimentfjernelsen i Brabrand sø er dog en undtagelse /13//15/. I Brabrand Sø blev der over en 7-årig periode fra 1988-1995 pumpet ca. 500.000 m³ sediment op fra bunden af den 153 ha store sø, hvorved søen blev uddybet fra i snit 0,8 til 1,1 m. Uddybningen blev foretaget med en Mudcat, der er specielt udviklet til lavvandede søer og hvorfra sedimentet blev pumpet op på et engområde til afvanding (Figur 40). Ved oppumpning havde sedimentet et tørstofindhold på 25 %. Når tørstofindholdet var større end 50% blev slammet kørt bort på lastbiler og anvendt til afdækningsmateriale på lossepladser.



Figur 40. Specialfartøjet Mudcat, der oppumpede sediment i Brabrand Sø, samt afvandingsbassin til sedimentet. Foto: Aarhus Kommune.

6.2.1 Beskrivelse af metode

I Rødsø vil en sedimentfjernelse have til formål både at formindske den interne belastning med fosfor og at forøge dybden for at forhindre tilgroning. Fjernes i gennemsnit 0,5 m sediment, vurderes det, at lagene med det højeste indhold af fosfor vil blive fjernet, og at den interne belastning med fosfor nedsættes væsentligt. Uddybningen vil være tilstrækkelig til en væsentlig formindskelse af tilgroningen. Regnes der med et areal på 85 ha ud af 100 i forbindelse med uddybning, idet en del af rørskovene også fjernes, fås en sedimentmængde på ca. 425.000 m³. Det oprensede sediment kan efter afvanding anvendes til forskellige formål, jf. afsnit 4.9.2. Som afvandingsdepoter kan eksempelvis anvendes engområder mellem Rød Sø og Skals Å, vest for afløbet (Figur 41), eventuelt også områder øst for. Vandet fra sedimentet vil afledes til Rød Å/Skals Å systemet.



Figur 41. Forslag til placering af afvandingsdepot for sediment, samt billede fra den sydøstlige del af det markerede område.

Alternativt kan der foretages en oppumpning og udbringning på jord i omdrift i oplandet til søen, eksempelvis på de høje arealer øst og vest for søen. Dette vil dog indebære store praktiske udfordringer omkring transport og udspredding.

En anden måde at fjerne en del af sedimentet på kunne være at tømme søen for vand og dernæst fjerne sediment ved kørsel på søbunden. Bunden vurderes dog at være alt for blød til at dette kan lade sig gøre.

6.2.2 Miljøeffekter

Ud over de positive effekter for søens tilstand ved fjernelse af sedimentet i form af mindre påvirkning med fosfor og mindre tilgroning, vil der være en påvirkning af de engområder, hvor slammet lægges til afvanding, idet der vil nedsive næringsholdigt vand fra sedimentet inden det udledes via drænen til grøfter og vandløb. Engene, der er for en stor dels vedkommende er registreret som beskyttet § 3 natur vil således blive mere næringsrige, også selv om de i dag fortrinsvis er kulturrenge. For vandløbet, der modtager det vand, der er afdrænet fra sedimentet, vil indholdet af fosfor og andre forurenende stoffer ikke være højere end det der i forvejen var. Engene indgår endvidere i habitatområdet, dog kan afvandingsdepotet anlægges uden for områder, der er kortlagt som habitatnaturtyper.

Den eksterne belastning skal under alle omstændigheder være nedbragt til det niveau, der kræves for at søen kan oprette tilstand i ligevægtstilstanden (jf. afsnit 4.6).

6.2.3 Økonomi

Sedimentfjernelse er normalt en forholdsvis bekostelig affære. I tilfældet Brabrand sø kostede indgrebet 23 mill. kroner /15/, fordelt på 2 mill. til indkøb af Mudcat, 4 mill. til øvrige tekniske anlæg, 13,5 mill. til selve oppumpningen, 2,5 mill. til deponering af sediment og 1 mill. til projektering m.m. Et lignende projekt kan næppe gøres billigere i dag, mere end 20 år efter.

6.3 Biomanipulation

Ved biomanipulation skabes en kunstig top-down kontrol af bestanden af fredsisk i søen. Formålet er at fremme dyreplanktonets græsning og mindske ophvirvlingen af bundmateriale, hvorved søgen bliver mere klarvandet. Udføres sørestaurering med aluminium i en sø med en meget stor bestand af fredsisk, er der risiko for, at restaureringen ikke har den ønskede effekt, da ophvirvlingen medfører resuspension af aluminiumflokkene. Det store pres på dyreplanktonbestanden i søen som følge af fredsisk skaber desuden et manglende pres på planktonalgekoncentrationen, hvilket kan holde søen i en uklar tilstand.

Jf. Vejledning for gennemførelse af sørestaurering skal der foretages en undersøgelse af fiskebestanden efter metoden TA nr. S05 før en eventuel biomanipulation. Foreligger der en eksisterende undersøgelse må denne højst være 6 år gammel for at kunne benyttes.

Der er ikke foretaget en fiskeundersøgelse i Rødsø, og der er derfor ikke kendskab til bestanden af henholdsvis fredsfisk og rovfisk. Der er historiske kilder, som beskriver fiskeri efter ål i Rødsø, hvor gedden også bliver nævnt.

Før det kan vurderes om biomanipulation vil kunne være et effektivt restaurerings indgreb i Rødsø, vil det være nødvendigt med et større kendskab til fiskebestanden i søen. Umiddelbart vurderes dog, at søens meget lavvandede topografi vil medføre, at ophvirvling af sediment vil ske til trods for en mindre bestand af fredsfisk. Herudover anbefales det, at ligevægtskoncentrationen af fosfor i søen er mindre end 0,150 mg P/I hvis en varig effekt skal opnås /13/. En restaurering via biomanipulation vurderes derfor ikke at kunne stå alene.

6.4 Vandstandshævning

I forbindelse med reguleringen af Rød Å i starten af 1900-tallet blev vandstanden i Rødsø sænket op til 1 meter. Der har tilbage i 1870'erne været planer om en tørlægning af søen, men disse blev aldrig ført ud i livet. Rødsø har dog af flere omgange været stort set tørlagt, senest i 1980'erne, se Figur 42. Den delvise tørlægning i perioden 1970-1980'erne skyldes et ønske om bedre afvanding af de omkringliggende enge. I sensommeren 1986 blev der etableret et stem ved Rødsø, som sikrede den nuværende vandstand i søen.



Figur 42. Billede af udtørret Rødsø fra 1986 (©Jørgen Dalager).

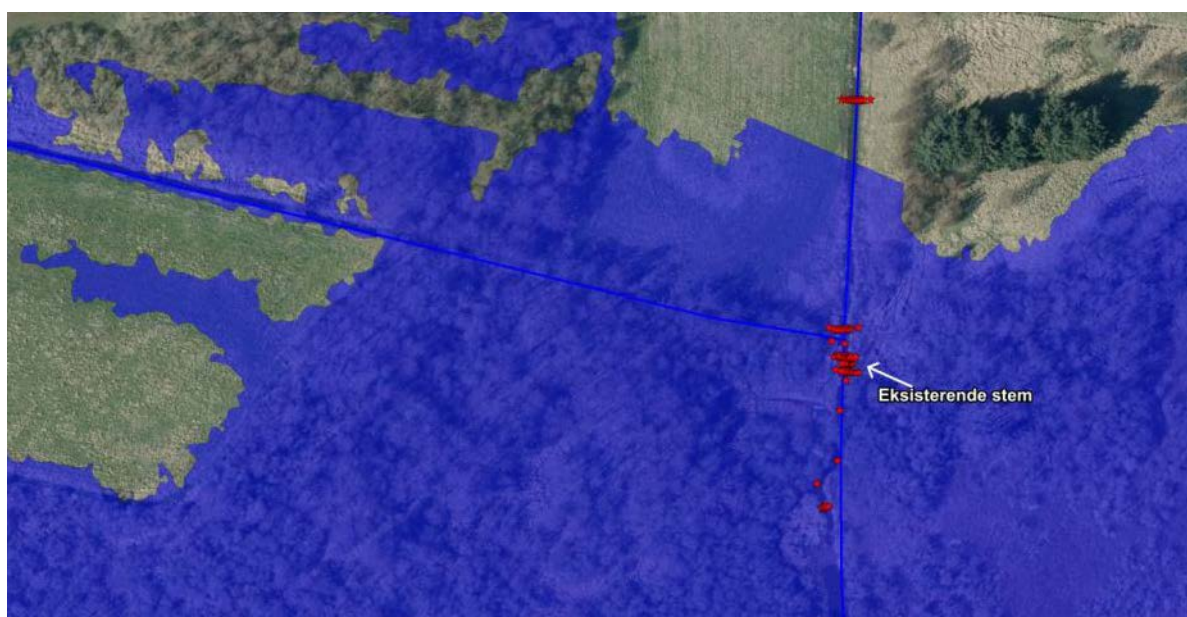
De meget lavvandede forhold i Rødsø kan være medvirkende årsag til søens ringe økologiske tilstand. En hævnning af vandstanden i søen vil kunne medføre, at sedimentet bliver mere stabilt, hvorved der opstår bedre sedimentationsforhold og mindre fosfor ophvirvles i vandfasen. Det vil samtidig give bedre vækstforhold for vandplanter og begrænse udbredelsen af rørskoven.

Det er estimeret, at vandstanden blev sænket med 1 meter i forbindelse med reguleringen af Rødå. En vandstandshævning i denne størrelsesorden vil næppe være realistisk at gennemføre, da arealerne omkring Rødsø har anvendelse tilpasset den nuværende vandstand i søen. En vandstandshævning på 0,5 m vil dog også kunne bidrage til en forbedring af tilstanden i Rødsø, og der er derfor regnet på konsekvenserne af en sådan vandstandshævning.

6.4.1 Beskrivelse af metode

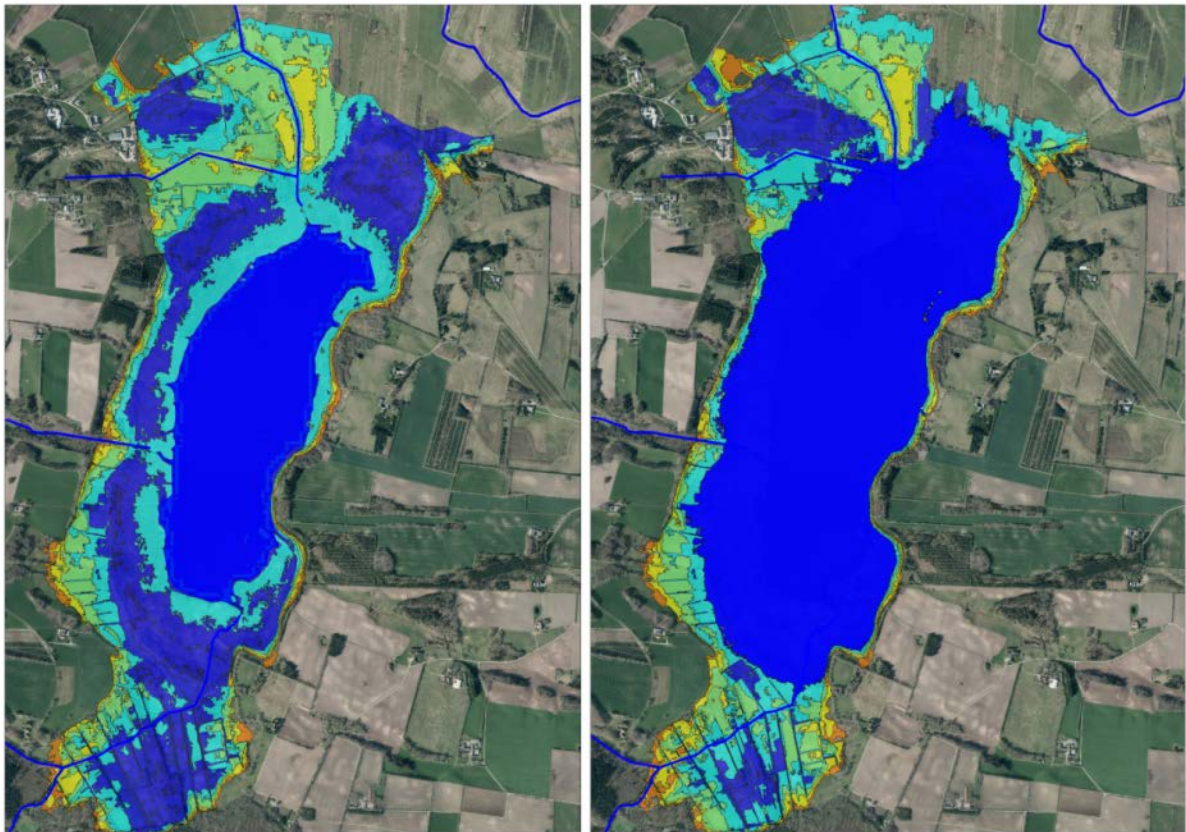
Med en vandstandshævning på 0,5 m i Rødsø, vil Rødsø få et areal på 175 ha. Udbredelse af den projekterede søflade er bestemt ud fra den eksisterende vandspejlskote + 0,5 m. Den eksisterende vandspejlskote er jf. højdemodellen for området i kote 2,65 m DVR90. Den projekterede vandspejlskote bliver således i kote 3,15 m.

Som det fremgår af Figur 43 vil en vandstandshævning betyde, at stemmeværket skal flyttes længere nedstrøms i Rødå.



Figur 43. Geografisk placering af det eksisterende stem i Rødå, samt søfladen for Rødsø ved en vandstandshævning på 0,5 m. De røde stjerner er opmålingsdata.

Figur 44 viser et oversigtskort med den projekterede vandflade i kote 3,15 m. Arealerne mod syd fremstår umiddelbart vådere under de eksisterende forhold end under de projekterede forhold med en vandstandshævning på 0,5 m. Dette skyldes den anvendte beregningsmetode til bestemmelse af drændybderne. Drændybder beregnes på baggrund af terrænmodellen for området, samt kendte eller projekterede vandspejlskoter. Ved hjælp af programmet England trækkes vandspejlet ud gennem terrænet med en gradient på 2 ‰. Da afstanden til søen fra de lavtliggende arealer mod syd, er højest under de eksisterende forhold, vil disse arealer rent beregningsmæssigt komme til at fremstå vådere under de eksisterende forhold. Generelt er der tale om et lavtliggende område, som både under eksisterende og fremtidige forhold vil fremstå vådt.

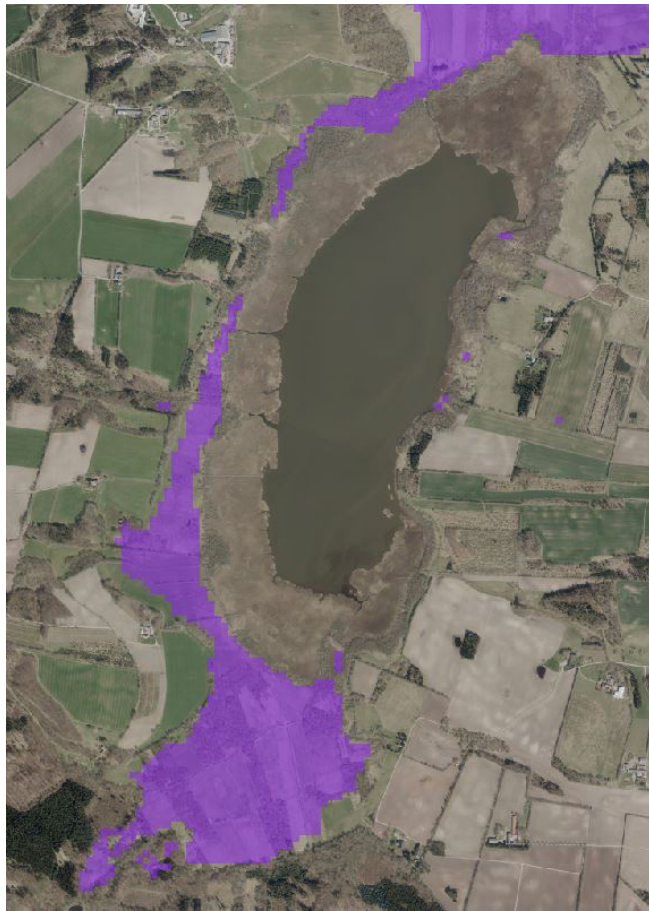


Figur 44. Rød søs vandflade ved en vandstandshævning på 0,5 m (©Geodatastyrelsen) th. og eksisterende forhold til venstre.

6.4.2 Miljøeffekter

En vandstandshævning på 0,5 m vil have positive effekter på søens tilstand gennem mindre opvirvling af sediment og dermed mindre frigivelse af fosfor til vandfasen, ligesom forholdene for undervandsplanter vil forbedres som følge af de mere stabile sedimentforhold. Ligeledes vil rørskovens udbredelse mindskes. Vandstandshævningen vil øge søens opholdstid, hvilket vil bidrage til en øget tilbageholdelse af fosfor i søen og en større omsætning af kvælstof.

En hævnning af vandstanden i Rødsø vil medføre en reducerede afbrænding af tørv på de lavtliggende tørveholdige jorde langs Rødsø's sydlige og vestlige bred, se Figur 45. En vandstandshævning vil således kunne projekteres som et lavbundsprojekt, hvorved CO₂ udledningen fra området reduceres. I forbindelse med en eventuel forundersøgelse for et lavbundsprojekt ved Rødsø, vil der blive regnet på betydningen for CO₂-udledningen, kvælstofomsætningen og risikoen for fosforfrigivelse. Der vil desuden blive foretaget en mere dybdegående vurdering af vandstandshævnings betydning for vandkvaliteten i Rødsø.



Figur 45. Oversigt over udpegede Tørv2010 arealer omkring Rødsø (©Geodatastyrelsen)

En vandstandshævning på 0,5 m vil påvirke søens omgivelser.

Sydlig bred

Ved indløbet i den sydlige ende er der kortlagt områder med habitatnaturtyper 7230 rigkær, 7140 hængesæk 91D0 skovbevokset tørvemose og 9160 egekrat, jf. Figur 4 og Figur 5. Rigkærsområderne er generelt meget fugtige til våde, og er beliggende tæt ved vandløb og grøfter /2/. Botaniske undersøgelser har vist, at der blandt andet vokser den temmelig sjældne leverurt, samt hjertegræs, stjernestar, topstar m.m./2/. Hæves vandstanden i gennemsnit 0,5 m for området, vil der ske en hyppigere oversvømmelse af de allerede våde rigkærsområder med næringsrigt søvand, hvilket kan betyde en øget favorisering af arter tilpasset næringsrige forhold. De øvrige naturtyper vil sandsynligvis også blive påvirket af næringsstoffer gennem hyppigere overoversvømmelser og højere vandstand.

Østlige bred

Langs den østlige bred er der for Natura 2000 plan 2016-2021 kortlagt 7220 Kildevæld og 7230 rigkær samt 91E0 elle- og askeskov. Området kortlagt som 7220 kildevæld ligger nedenfor en mark i omdrift og skrånere videre let ned mod en ellesump, der igen går over i søens rørsump. I den sydlige del af området løber en kilde, der fortsætter ud gennem rørsumpen (Figur 46). Området blev besøgt den 11.9.2015 (Lokalitet 1, Bilag 10), hvor det blev registreret store tuer af topstar (positivart) (Figur 46), tvebo baldrian (særlig værdifuld positivart) samt blandet andet sumpkællingetand (positiv- og indikatorart) og dyndpadderok (positiv- og indikatorart). I kilden voksede bl.a. sideskærm og tykbladet ærenpris (positivart). En forøgelse af vandstanden med 0,5 m vurderes ikke at ville påvirke kildeområdet, der ligger på let skrånende terræn, væsentligt, jf. Figur 44. Ellesumpen vil opleve en højere vandstand, som sandsynligvis vil gavne naturtyper.



Figur 46. Lokalteten på den østlige side af Rød sø, der er kortlagt som 7220 kildevæld med elle- og askeskov omkring. Til venstre ses store tuer af topstar.

Nord for kildevældet er udpeget et område som 7230 rigkær. Området er afgræsset og ligger på let skrånende terræn ned mod søen. Området er besøgt den 11.9.2015 (Lokalitet 2, Bilag 10).



Figur 47. Rigkæret på den østlige side af Rød sø.

Af positivarter blev fundet krybende baldrian, dunet dueurt, engforglemmevej, kærpadderok, kærtidsel og glanskapslet siv. Herudover var blandt andet lysesiv og krybhvene almindeligt forekommende. En hævnning af vandstanden i søen med 0,5 m vurderes ikke at ville påvirke rigkæret med baggrund i den højere beliggenhed (Figur 44).

Nordlige bred

Nord for søen er kortlagt områder med 91D0 skovbevokset tørvemose. Et delområde blev besøgt den 11.9.2015 (Figur 48)(Lokalitet 3, Bilag 10). Delområdet bestod især af yngre el med enkelte tuer af topstar, stor nælde, kærtidsel, alm. fredløs, bittersød natskygge, alm. mangeløv, smalbladet mangeløv, lysesiv, mosebunke og tagrør. Dette tyder mere på en ellesump, omend jordbunden var forholdsvis tør. I området vest for er der iflg. Naturbasen registreret Sphagnum, tørst, birk og blåtop, der er mere karakteristisk for skovbevokset tørvemose. Det undersøgte

område kan vurderes at udgøre randzonen til en tidligere mose i området. En hævnning af vandstanden vurderes at ville gavne både udviklingen af ellesump og skovbevokset tørvemose.



Figur 48. Ret tør ellesump, der kan udgøre randzonen af en tidligere mose.

Vestlige bred

Langs den vestlige bred er kortlagt 7220 Kildevæld, 7230 rigkær samt D910 skovbevokset tørvemose og E910 elle- og askeskov (Figur 4 og Figur 5). Området kortlagt som kildevæld blev besigtiget den 11.9.2015 (Lokalitet 4, Bilag 10). Området bærer stærkt præg af eutrofiering og tilgroning med pil. Af positivarter blev fundet topstar, kragefod, sumpkællingetand, kærduert og smalbladet mangeløv. Iflg. Naturbasen er der tillige fundet positivarten stjernestar. Herudover er der fundet toradet star, lodden dueurt, stor nælde, gråpil og bredbladet dunhammer. Området fremtræder meget tilgroet (Figur 49). Det vurderes, at området ikke påvirkes negativt af en hævnning af vandstanden på 0,5 m, da det ikke vil oversvømmes.

Umiddelbart nord for dette område ligger et mindre moseområde, der er tilgroet med birk og forholdsvis tørt (Lokalitet 5, Bilag 10). Udover birk fandtes bl.a. bævreasp, mosebunke, alm. star og alm. røn. I den vestlige rand af området løber en drænggrøft. Naturtypen vurderes at være D910 skovbevokset tørvemose.

Sydvest herfor strækker denne naturtype sig langs hele den vestlige bred af søen. Skovområdet ca. 100 m sydvest for kildevældet blev ligeledes besigtiget (Figur 49) (Lokalitet 6, Bilag 10). Randområdet var relativt tørt med rødæl, stor nælde, febernellikero, hindbær, mjøduert, kæmpe-svingel mv., altså ret næringsrige forhold. Længere inde i området optræder foruden rødæl også birk, og området bliver mere fugtigt. Området består af elle-askeskov og skovbevokset tørvemose, og overgangsformer mellem disse naturtyper. Generelt vurderes det, at en hævnning af vandstanden vil gavne disse naturtyper i området.



Figur 49. Lokalitet 5 (kildevæld) til højre og lokalitet 6 til venstre.

Ca. 200 m nord for Arndal er kortlagt et rigkær (Lokalitet 7, Bilag 10). Området blev besøgt den 11.9.2015. Af positivarter fandtes topstar og skovkogleaks, herudover blandt andet stor nælde, alm. mjødukt, toradet star, mosebunke, bredbladet dunhammer og lysesiv. Området fremtræder noget eutrofieret og mangler afgræsning (Figur 50). I tilfælde af en hævnning af vandstanden i søen på 0,5 m vil grundvandsstanden i rigkæret også stige, men det vil ikke komme til at stå under vand. Det vurderes derfor, at der vil være en overvejende positiv effekt.



Figur 50. Rigkæret lokalitet 7 (tv) og lokalitet 8 (th).

Ca. 500 m syd for Arndal er kortlagt yderligere et rigkær (Lokalitet 8, Bilag 10). Området blev besøgt den 11.9.2015. Området fremtræder afgræsset og med relativt fast bund. Nor dor området ligger en lille sø. Om foråret rummer området orkideer (formentlig majgøgeurt) ifølge lodsejer. Herudover fandtes vandnavle, men ikke mange andre arter, hvilket formentlig skyldes årstiden. I tilfælde af en hævnning af vandstanden i søen på 0,5 m vil grundvandsstanden i rigkæret også stige, men det vil ikke komme til at stå under vand. Det vurderes derfor, at der vil være en overvejende positiv effekt.

Samlet set vurderes det, at en hævnning af vandstanden i søen på 0,5 m overvejende vil have positive effekter på de omkringliggende habitatnaturtyper. I den sydlige ende ved indløbet til søen vil der dog sandsynligvis være behov for afhjælpende foranstaltninger i form af jordvolde omkring nogle af rigkærsområderne for at undgå oversvømmelse med næringsholdigt søvand.

6.4.2.1 Økonomi

En hævnning af vandstanden vil som nævnt indebære, at stemmet i afløbet til Rødsø skal flyttes, jf. Figur 43. Herudover vil der skulle påregnes udgifter til afværgeforanstaltninger i den sydlige ende i form af etablering af volde. Omfanget af afværgeforanstaltninger og den præcise udbredelse af vandstandsstigningerne vil dog kræve en mere omfattende opmåling af området og udarbejdelse af et egentligt projektforslag. Vandstandshævningen i Rødsø foreslås behandlet under lavbundsordningen, hvorved der kan ansøges om tilskud til udførelse af lavbundsprojekter via NaturErhvervstyrelsen.

7. KONKLUSION

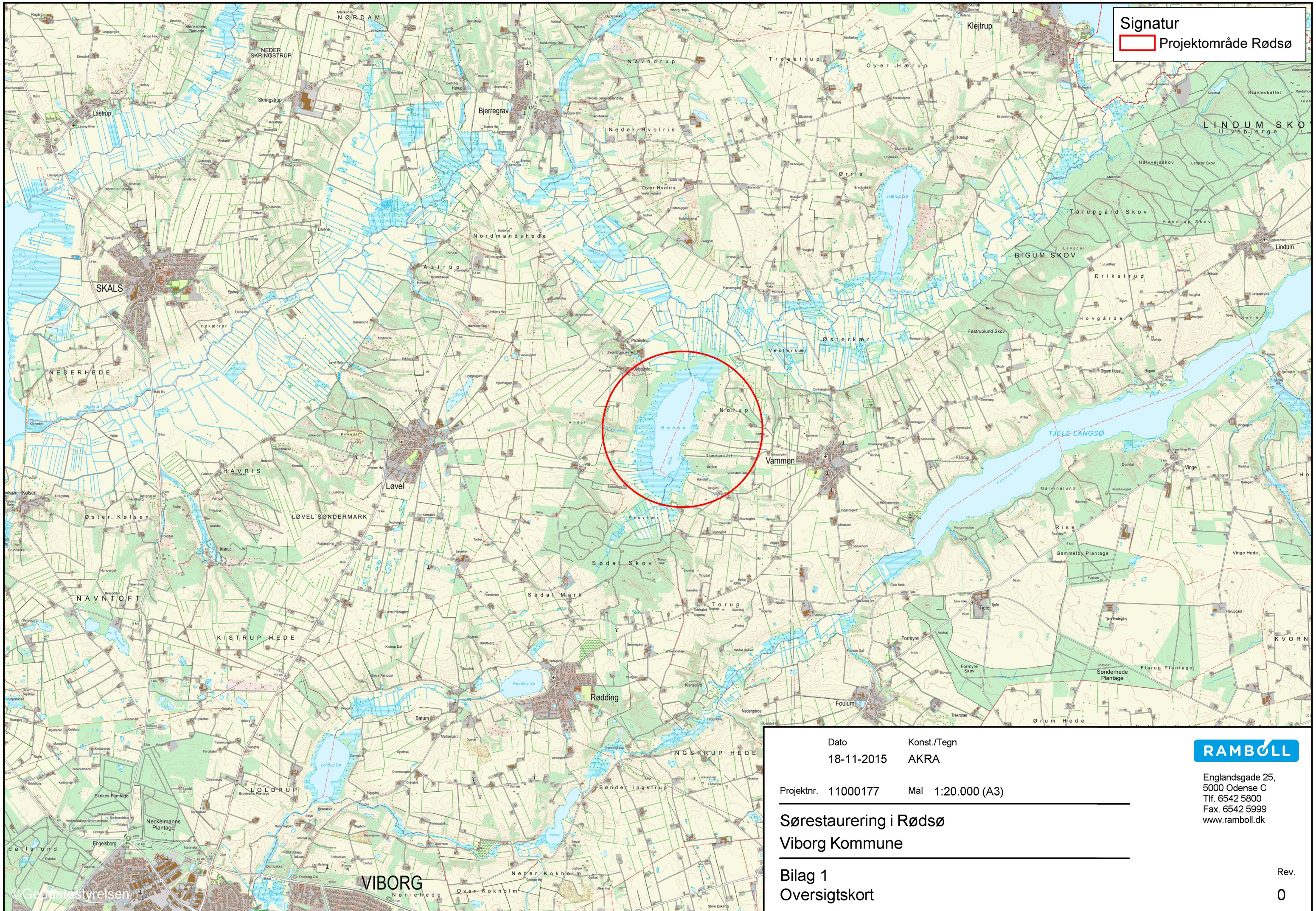
Ud fra de gennemførte undersøgelser, analyser og beregninger i Rødsø konkluderes:

1. Indholdet af fosfor og kvælstof i søvandet i den nuværende situation er for højt til at der kan opnås en god økologisk tilstand
2. Den eksterne belastning med fosfor til søen kan ikke nedsættes væsentligt ved hjælp af ådalsprojekter eller indsats over for punktkilder.
3. Uden indgreb over for den interne belastning (frigivelse af fosfor fra sedimentet) vil det vare 50 år eller mere før fosforet er udvasket fra søens sediment og søvandets fosforkoncentration er i ligevægt med tilførslen til søen.
4. Restaurering med Al reducerer frigivelse af fosfor fra søsedimentet væsentligt. I Rødsø vil de høje pH værdier og den lave alkalinitet gøre det vanskeligt at styre Al tilsætningen og holde pH under kontrol, så det undgås at der opstår toksiske effekter. Søens lave vanddybde betyder endvidere, at der kan ophvirvles sediment efter fældingen, og dermed bliver doseringen ikke effektiv.
5. Restaurering med det lerbaserede produkt Phoslock reducerer ligeledes frigivelsen af fosfor fra søsedimentet, men der er ikke risiko for toksiske effekter fra aluminium. Derimod skal det undersøges, om Lanthan-indholdet kan blive for højt. Metoden er relativt dyr.
6. Restaurering ved sedimentfjernelse fjerner en betydelig del af fosforbelastningen fra sedimentet og forøger samtidig dybden i søen, hvorved tilgroningen formindskes. Der er imidlertid store logistiske udfordringer ved oppumpning og anvendelse af de store mængder søsediment, som er delvist opblandet i vandfasen, og processen må påregnes at strække sig over en længere årrække. Samtidig er det langt den dyreste sørestaureringsmetode.
7. Biomanipulation består oftest i en opfiskning af en betydelig del af søens population af fredfisk, dvs. især skalle og brasen. Baggrunden er, at disse fisk dels lever af zooplankton, der holder algevæksten nede, og dels roder op i bundsedimentet for at finde føde. Begge dele giver grønt og uklart vand. På baggrund af at Rødsø er meget lavvandet og at sedimentet vil ophvirvles selv ved en meget lavere fiskebestand, er det vurderet, at et indgreb i fiskebestanden ikke vil være effektivt.
8. Hævning af vandstanden med 0,5 m vil ikke formindke den interne belastning med fosfor fra søsedimentet, men vil reducere tilgroningen af søen. Det er vurderet, at der vil være positive effekter på naturtyperne elle- og askeskov samt skovbevokset tørvemose langs med søen. Der vil dog også være behov for afværgeforanstaltninger for rigkærsområderne syd for søen. Indgrebet vil kræve, at stemmeværket i afløbet flyttes nedstrøms.
9. En kombination af løsning med anvendelse af Phoslock til binding af fosfor i sedimentet og hævning af vandstanden vurderes at ville give det bedste resultat med hensyn til at mindske både den interne belastning med fosfor og tilgroningen af søen.

REFERENCER

- /1/ Vandplan 1.2 Limfjorden. Miljøministeriet, Naturstyrelsen. 2011. Rev 2014.
- /2/ Viborg Kommune. 2014. P-ådsprojekt ved Rødsø. Teknisk forundersøgelse.
- /3/ www.arealinfor.dk
- /4/ Miljøministeriet, By- og landskabsstyrelsen. 2010. Teknisk baggrundsnotat til Vandplan 1.2 Limfjorden.
- /5/ Rapport fra arbejdsgruppen for udarbejdelse af en strategi for nedbringelse af landbrugets belastning af vandmiljøet med fosfor. Del IV. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.
- /6/ Miljøministeriet, Naturstyrelsen. 2013. Vejledning for gennemførelse af sørestaurering.
- /7/ DCE. 2015. Vejledning for gennemførelse af sørestaurering.
- /8/ Søndergård, M. 2007. Næringsstoffdynamik i søer – med fokus på fosfor, sediment og restaurering af søer. Doktordisputats.
- /9/ Miljøministeriet 2015. Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord og kvalitetskriterier for drikkevand.
- /10/ Bekendtgørelse nr. 1662 af 21/12/2010 om anvendelse af restprodukter og jord til bygge- og anlægsarbejder.
- /11/ Produktinformasjon Kemira PAX-XL60. Kemira Chemicals AS.
- /12/ Naturstyrelsen. 2011. Erfaring med aluminiumsbehandling af danske søer.
- /13/ Søndergaard, M., Jeppesen, E. og Jensen, J.P. 1999. Danske søer og deres restaurering. Temarapport DMU.
- /14/ Bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrugsformål, Bek. 1650 af 13/12/2006.
- /15/ Søndergaard, M., Jeppesen, E., Jensen, J.P. og Lauridsen, T. 1998. Sørestaurering i Danmark: Metoder, erfaringer og anbefalinger. Miljønyt nr. 28. Miljøstyrelsen.

BILAG 1
OVERSIGTSKORT OVER OMRÅDET



Signatur
Projektområde Rødsø

Dato 18-11-2015
Konst./Tegn AKRA

Projektnr. 11000177 Mål 1:20.000 (A3)

Sørestaurering i Rødsø
Viborg Kommune

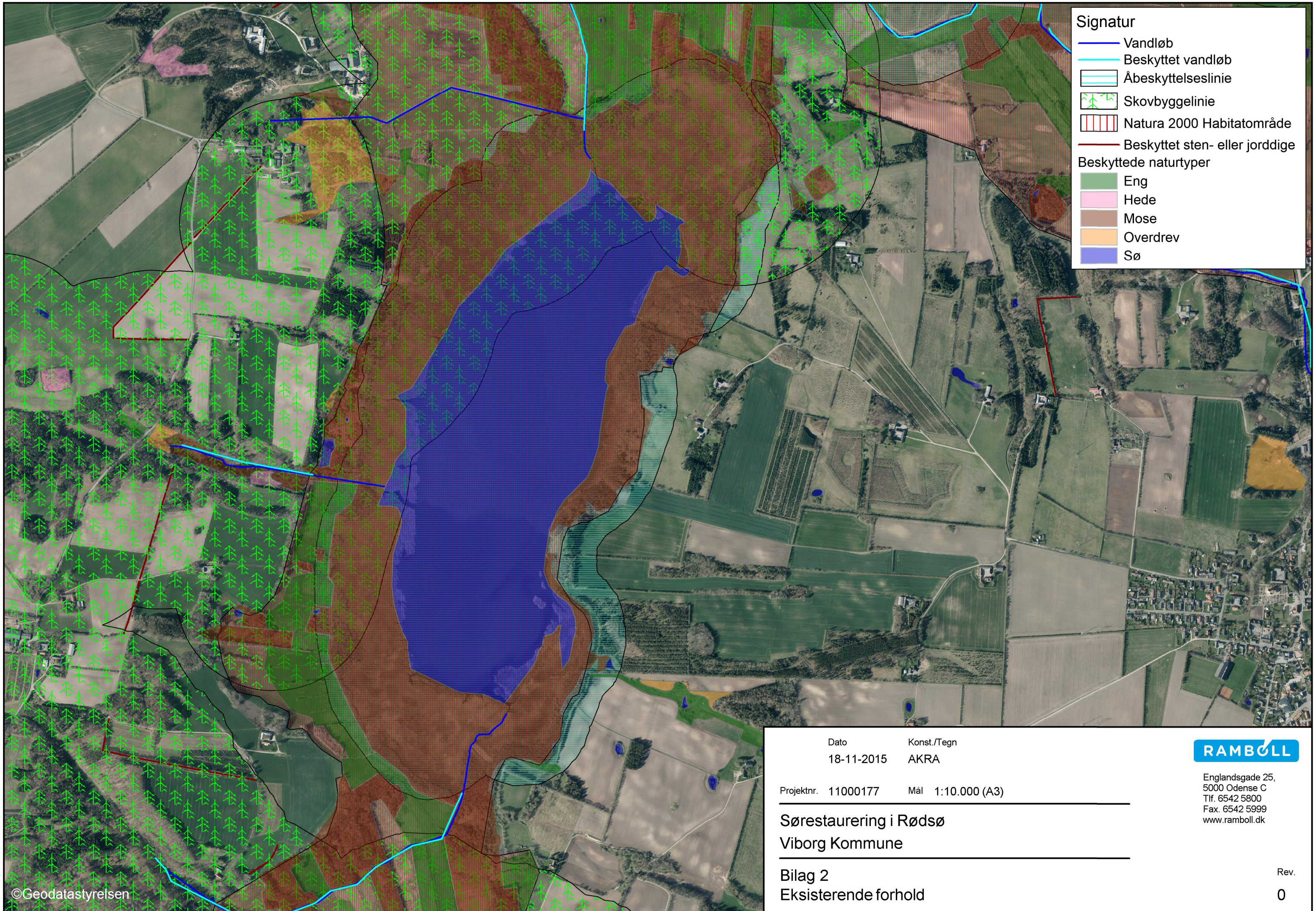
Bilag 1
Oversigtskort



Englandsgade 25,
5000 Odense C
Tlf. 6542 5800
Fax. 6542 5999
www.ramboll.dk

Rev.
0

BILAG 2
BESKYTTET NATUR



- Signatur**
- Vandløb
 - Beskyttet vandløb
 - Åbeskyttelseslinie
 - ▲ Skovbyggelinie
 - Natura 2000 Habitatområde
 - Beskyttet sten- eller jorddige
- Beskyttede naturtyper**
- Eng
 - Hede
 - Mose
 - Overdrev
 - Sø

Dato 18-11-2015
 Konst./Tegn AKRA

Projektnr. 11000177 Mål 1:10.000 (A3)

**Sørestaurering i Rødsø
 Viborg Kommune**

**Bilag 2
 Eksisterende forhold**



Englandsgade 25,
 5000 Odense C
 Tlf. 6542 5800
 Fax. 6542 5999
 www.ramboll.dk

BILAG 3 MATRIKELKORT



Signatur

- Vandløb
- Matrikel

Dato 18-11-2015
 Konst./Tegn AKRA

Projektnr. 1100017757 Mål 1:10.000 (A3)

**Sørestaurering i Rødsø
 Viborg Kommune**

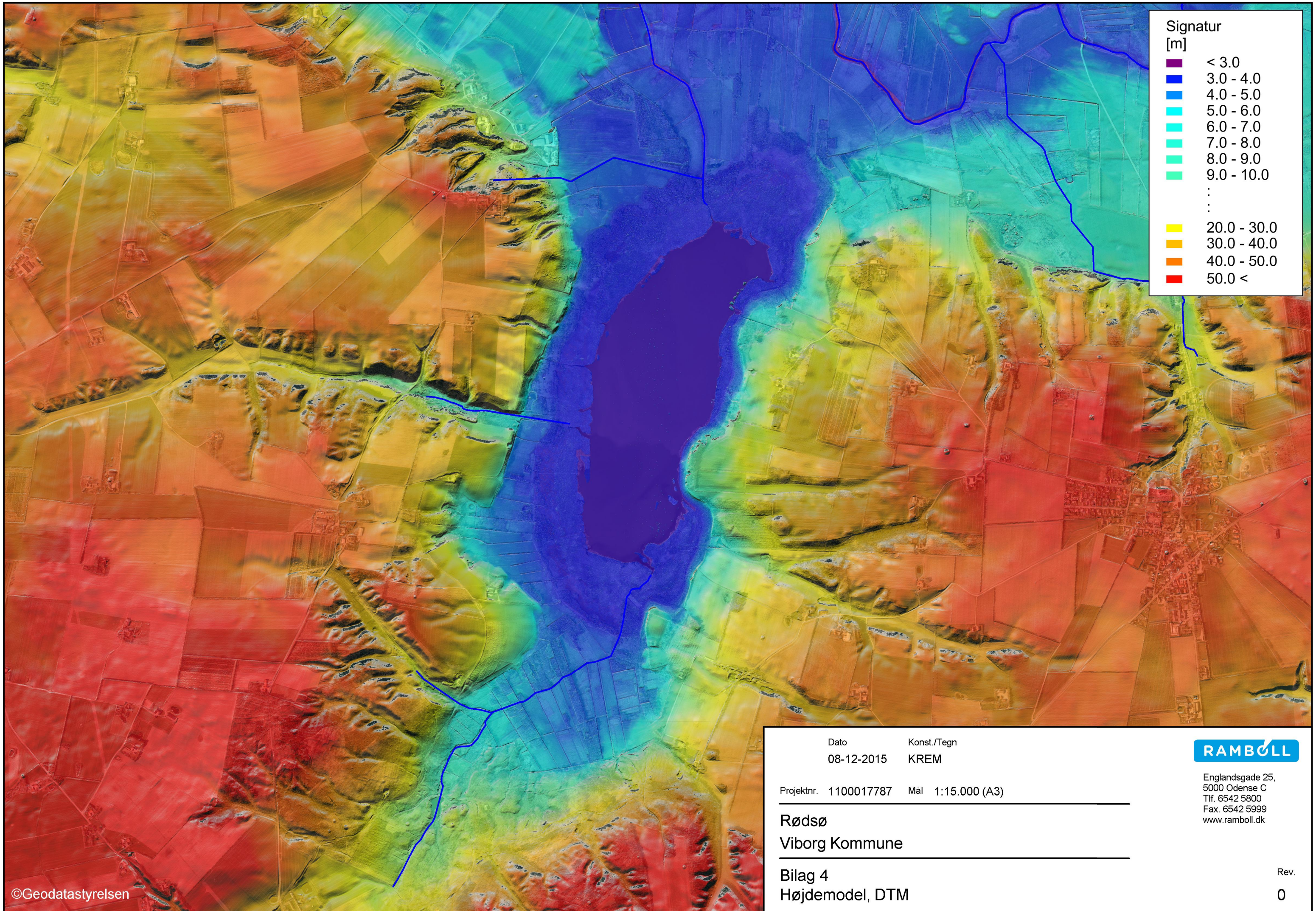
**Bilag 3
 Matrikelkort**



Englandsgade 25,
 5000 Odense C
 Tlf. 6542 5800
 Fax. 6542 5999
 www.ramboll.dk

Rev.
 0

BILAG 4
HØJDEMODEL



Signatur [m]

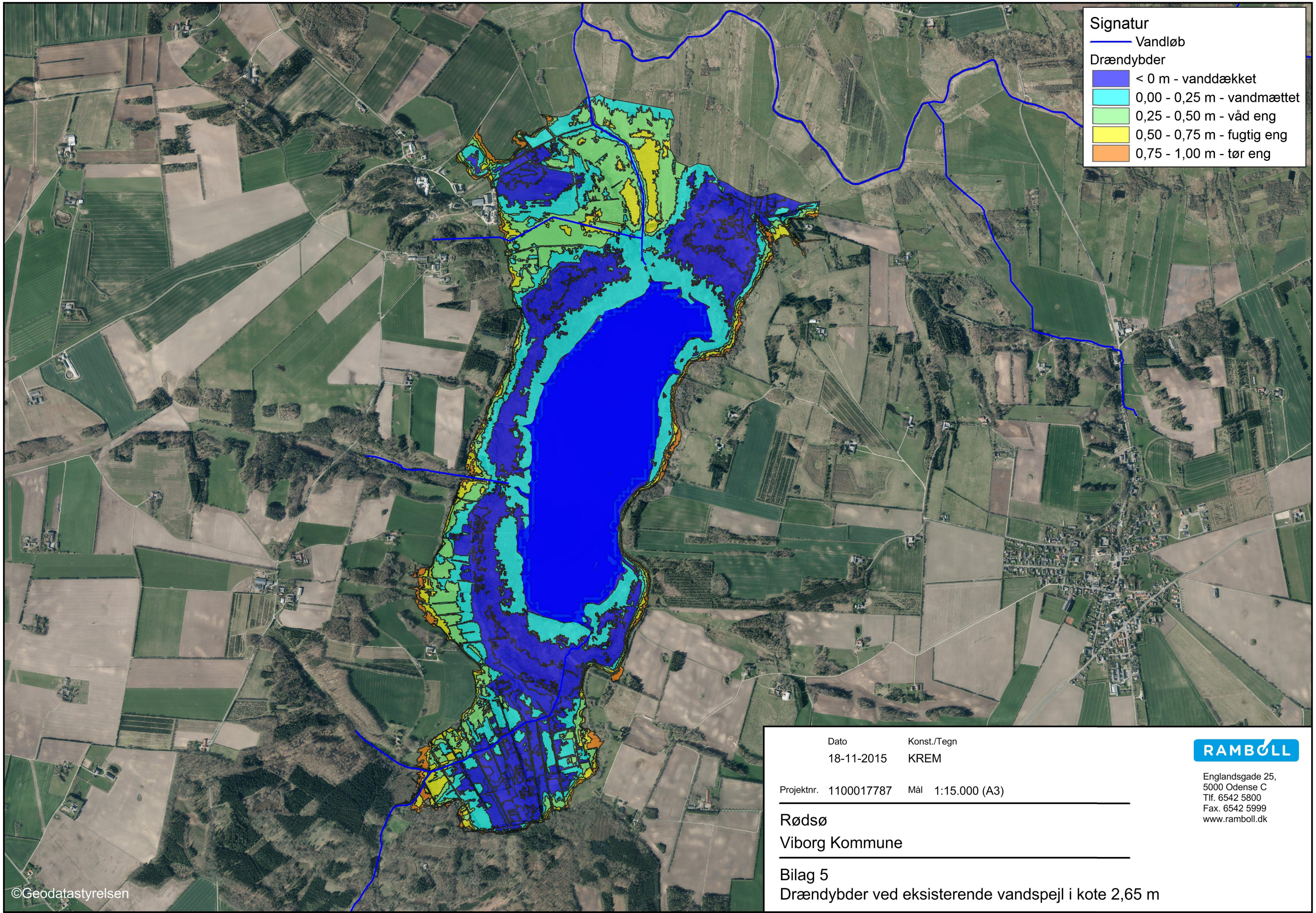
■	< 3.0
■	3.0 - 4.0
■	4.0 - 5.0
■	5.0 - 6.0
■	6.0 - 7.0
■	7.0 - 8.0
■	8.0 - 9.0
■	9.0 - 10.0
⋮	⋮
⋮	⋮
■	20.0 - 30.0
■	30.0 - 40.0
■	40.0 - 50.0
■	50.0 <

Dato	Konst./Tegn
08-12-2015	KREM
<hr/>	
Projektnr. 1100017787	Mål 1:15.000 (A3)
<hr/>	
Rødsø	
Viborg Kommune	
<hr/>	
Bilag 4	
Højdemodel, DTM	



Engelsgade 25,
5000 Odense C
Tlf. 6542 5800
Fax. 6542 5999
www.ramboll.dk

BILAG 5
DRÆNDYBDER EKSISTERENDE FORHOLD



Signatur

— Vandløb

Drændybder

- < 0 m - vanddækket
- 0,00 - 0,25 m - vandmættet
- 0,25 - 0,50 m - våd eng
- 0,50 - 0,75 m - fugtig eng
- 0,75 - 1,00 m - tør eng

Dato 18-11-2015
Konst./Tegn KREM

Projektnr. 1100017787 Mål 1:15.000 (A3)

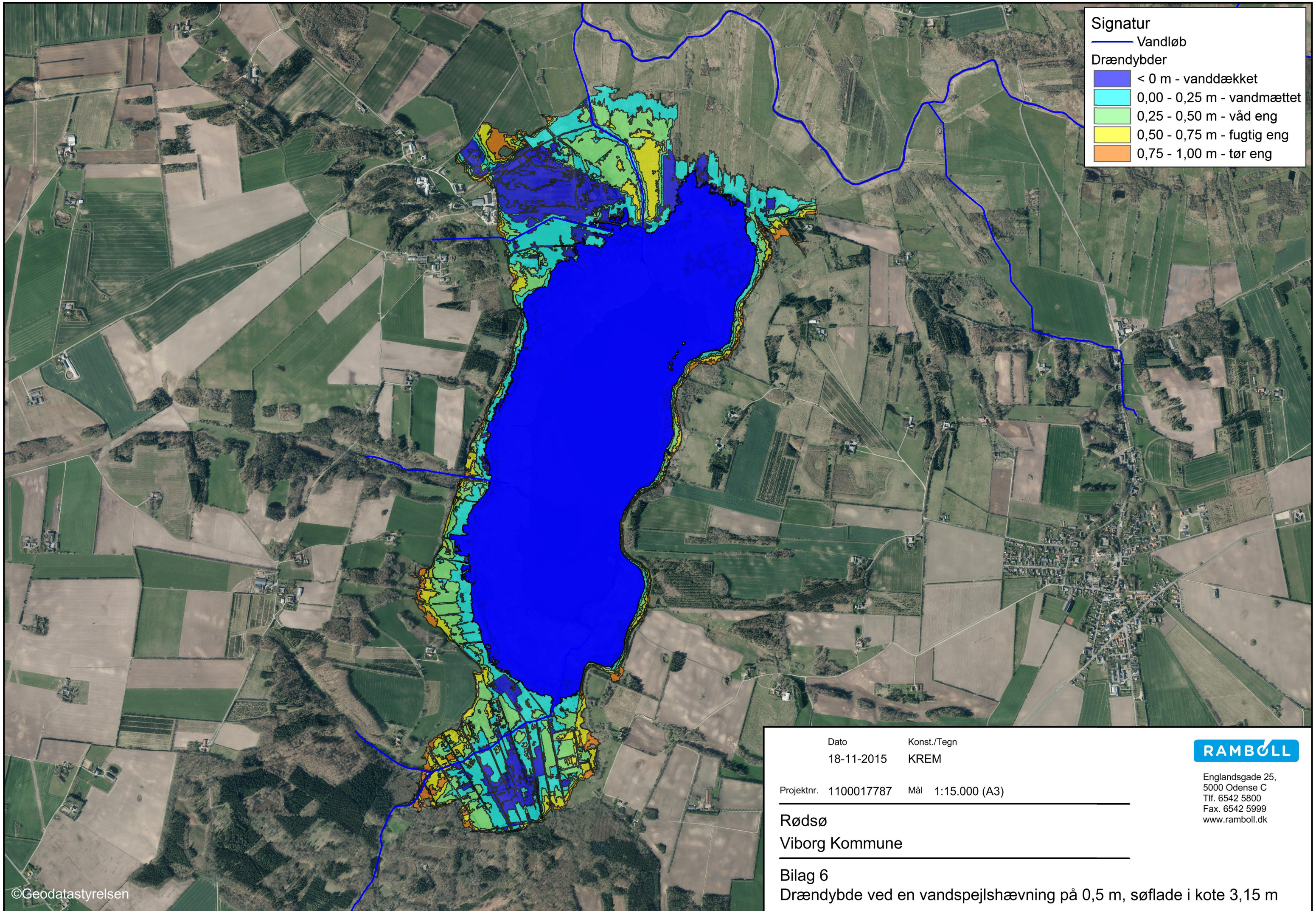
Rødsø
Viborg Kommune

Bilag 5
Drændybder ved eksisterende vandspejl i kote 2,65 m



Englandsgade 25,
5000 Odense C
Tlf. 6542 5800
Fax. 6542 5999
www.ramboll.dk

BILAG 6
DRÆNDYBDER VED VANDSPEJLSHÆVNING PÅ 0,5 M



Signatur
— Vandløb

Drændybder

- < 0 m - vanddækket
- 0,00 - 0,25 m - vandmættet
- 0,25 - 0,50 m - våd eng
- 0,50 - 0,75 m - fugtig eng
- 0,75 - 1,00 m - tør eng

Dato 18-11-2015
Konst./Tegn KREM

Projektnr. 1100017787 Mål 1:15.000 (A3)

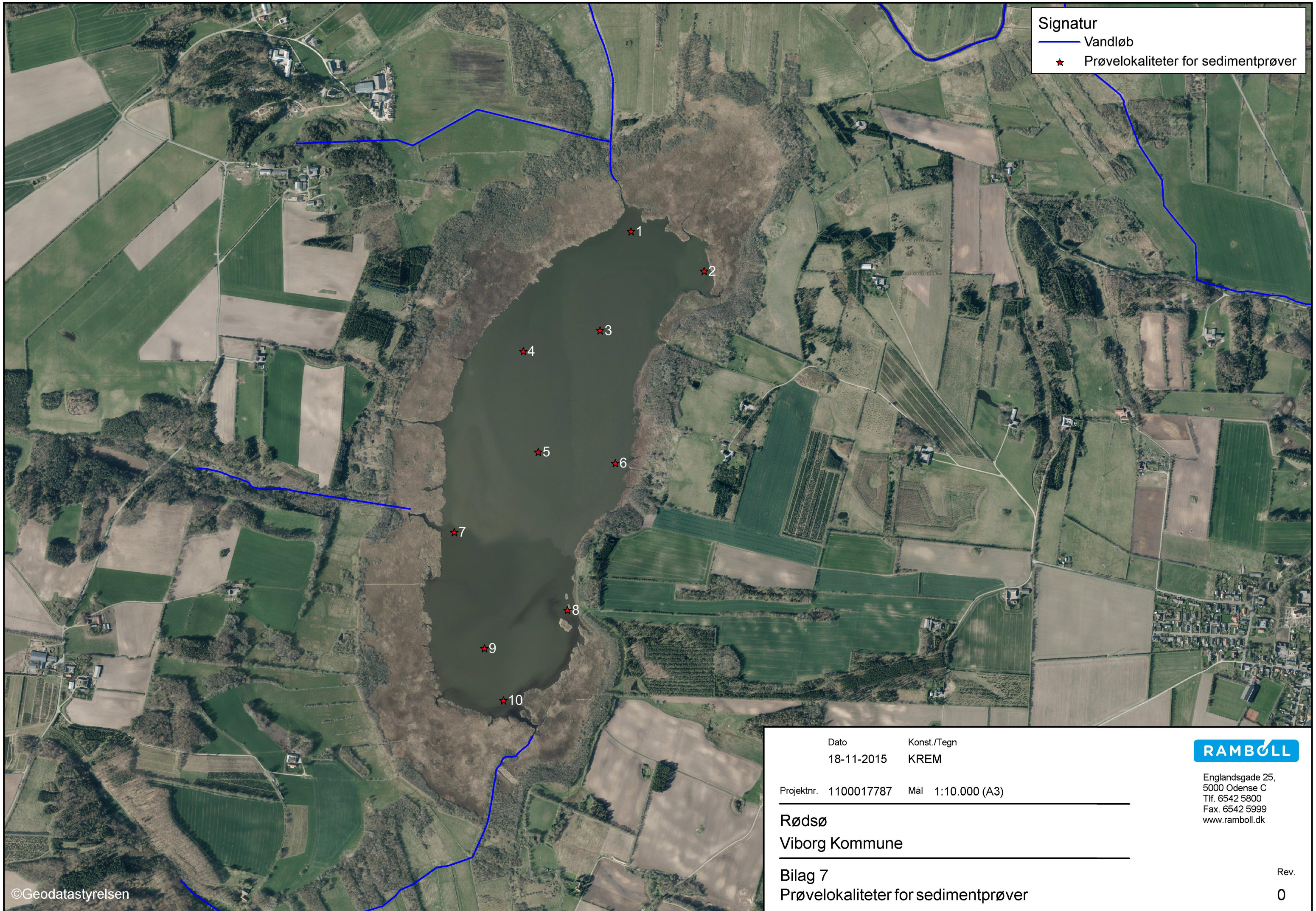
Rødsø
Viborg Kommune

Bilag 6
Drændybde ved en vandspejlshævning på 0,5 m, søflade i kote 3,15 m



Englandsgade 25,
5000 Odense C
Tlf. 6542 5800
Fax. 6542 5999
www.ramboll.dk

BILAG 7
PRØVELOKALITETER SEDIMENTPRØVER



Signatur
— Vandløb
★ Prøvelokaliteter for sedimentprøver

Dato 18-11-2015
Konst./Tegn KREM
Projektnr. 1100017787 Mål 1:10.000 (A3)
Rødsø
Viborg Kommune
Bilag 7
Prøvelokaliteter for sedimentprøver



Englandsgade 25,
5000 Odense C
Tlf. 6542 5800
Fax. 6542 5999
www.ramboll.dk

BILAG 8
ANALYSERESULTATER FOSFOR



ALS Denmark A/S
Bakkegårdsvej 406 A
DK-3050 Humlebæk
Telefon: +45 4925 0770
www.alsglobal.dk

ANALYSERAPPORT

Udskrevet: 16-09-2015
Version: 1
Modtaget: 11-09-2015
Påbegyndt: 11-09-2015
Ordrenr.: 309278

Rambøll Danmark A/S
Englandsgade 25, 2
5000 Odense C
Att.: krem

Sagsnavn: 1100017787
Lokalitet: Rødsø
Udtaget: 10-09-2015
Prøvetype: Sediment
Prøvetager: puji
Kunde: Rambøll Danmark A/S, Lysholt Allé 10, 7100 Vejle

RAMBOLL

Bilag 8

Prøvenr.:	121017/15	121018/15	121019/15	121020/15	121021/15		
Prøve ID:	p1a	p1b	p1c	p2a	p2b		
Kommentar	*1	*1	*1	*1	*1		
Parameter						Enhed	Metode
Tørstofindhold	4.63	5.16	6.48	5.08	6.50	%	DS 204:1980
Glødetab af total prøve	2.37	2.58	3.03	2.43	3.04	%	DS 204:1980
Jern, Fe	13400	12000	12000	13600	12300	mg/kg TS	DS259+ICP
Total fosfor, P	1620	1410	1190	1450	1310	mg/kg TS	DS259+ICP

Prøvenr.:	121022/15	121023/15	121024/15	121025/15	121026/15		
Prøve ID:	p2c	p3a	p3b	p3c	p4a		
Kommentar	*1	*1	*1	*1	*1		
Parameter						Enhed	Metode
Tørstofindhold	7.91	4.75	5.55	6.29	4.74	%	DS 204:1980
Glødetab af total prøve	3.20	2.34	2.49	2.73	1.94	%	DS 204:1980
Jern, Fe	13400	15000	13000	13200	13200	mg/kg TS	DS259+ICP
Total fosfor, P	1210	1420	1670	1350	1770	mg/kg TS	DS259+ICP

Prøvenr.:	121027/15	121028/15	121029/15	121030/15	121031/15		
Prøve ID:	p4b	p4c	p5a	p5b	p5c		
Kommentar	*1	*1	*1	*1	*1		
Parameter						Enhed	Metode
Tørstofindhold	6.26	7.82	3.51	5.10	5.89	%	DS 204:1980
Glødetab af total prøve	2.83	3.32	1.69	2.64	2.95	%	DS 204:1980
Jern, Fe	12000	13900	17800	14000	14900	mg/kg TS	DS259+ICP
Total fosfor, P	1190	1150	2170	1520	1650	mg/kg TS	DS259+ICP

Prøvenr.:	121032/15	121033/15	121034/15	121035/15	121036/15		
Prøve ID:	p6a	p6b	p6c	p7a	p7b		
Kommentar	*1	*1	*1	*1	*1		
Parameter						Enhed	Metode
Tørstofindhold	6.85	12.4	22.8	5.83	7.48	%	DS 204:1980
Glødetab af total prøve	2.34	2.84	3.10	2.55	3.10	%	DS 204:1980
Jern, Fe	8960	8380	5350	11300	11400	mg/kg TS	DS259+ICP
Total fosfor, P	939	839	334	1270	1120	mg/kg TS	DS259+ICP

side 1 af 2

Laboratoriet er akkrediteret af DANAK. Analyseresultaterne gælder kun for de(n) analyserede prøve(r).
Analyserapporten må kun gengives i sin helhed, med mindre skriftlig godkendelse foreligger
Oplysninger om måleusikkerhed findes på www.alsglobal.dk

Tegnforklaring:
#: Ikke akkrediteret
<: mindre end >: Større end



DANAK
TEST Reg.nr. 361

ALS Denmark A/S
Bakkegårdsvej 406 A
DK-3050 Humlebæk
Telefon: +45 4925 0770
www.alsglobal.dk

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	121037/15	121038/15	121039/15	121040/15	121041/15		
Prøve ID:	p7c	p8a	p8b	p8c	p9a		
Kommentar	*1	*1	*1	*1	*1		
Parameter						Enhed	Metode
Tørstofindhold	9.01	4.90	6.57	8.06	5.37	%	DS 204:1980
Glødetab af total prøve	3.48	2.32	2.76	3.35	2.53	%	DS 204:1980
Jern, Fe	11300	11400	14000	12300	10500	mg/kg TS	DS259+ICP
Total phosphor, P	873	1460	1440	1170	1170	mg/kg TS	DS259+ICP

Prøvenr.:	121042/15	121043/15	121044/15	121045/15	121046/15		
Prøve ID:	p9b	p9c	p10a	p10b	p10c		
Kommentar	*1	*1	*1	*1	*1		
Parameter						Enhed	Metode
Tørstofindhold	6.44	8.19	6.12	7.82	9.51	%	DS 204:1980
Glødetab af total prøve	2.50	3.06	2.40	3.07	3.86	%	DS 204:1980
Jern, Fe	12500	10800	11800	12800	10600	mg/kg TS	DS259+ICP
Total phosphor, P	1130	816	1470	1120	1020	mg/kg TS	DS259+ICP

Kommentar

*1 Ingen kommentar

Ditte T. E. Strecker

Ditte Therese Ekman Strecker

BILAG 9
ANALYSERESULTATER TUNGMETALLER



TEST Reg.nr. 361

ALS Denmark A/S
Bakkegårdsvej 406 A
DK-3050 Humlebæk
Telefon: +45 4925 0770
www.alsglobal.dk

ANALYSERAPPORT

Udskrevet: 16-09-2015
Version: 1
Modtaget: 11-09-2015
Påbegyndt: 11-09-2015
Ordrenr.: 309194

Rambøll Danmark A/S
Englandsgade 25, 2
5000 Odense C
Att.: krem

Sagsnavn: 1100017787
Lokalitet: Rødsø
Udtaget: 10-09-2015
Prøvetype: Jord -
Prøvetager: puij
Kunde: Rambøll Danmark A/S, Lysholt Allé 10, 7100 Vejle

RAMBOLL

Bilag 9

Prøvenr.:	120493/15	120494/15	120495/15	120496/15	120497/15		
Prøve ID:	m1	m2	m3	m4	m5		
Dybde:	- m u.t	- m u.t	- m u.t	- m u.t	- m u.t		
Kommentar	*1	*1	*1	*1	*1		
Parameter						Enhed	Metode
Tørstofindhold	5.64	6.96	6.21	6.44	6.34	%	DS 204:1980
Bly, Pb	50	40	43	85	83	mg/kg TS	DS259+ICP
Cadmium, Cd	1.1	1.1	0.98	1.0	0.78	mg/kg TS	DS259+ICP
Chrom (total), Cr	19	13	25	23	18	mg/kg TS	DS259+ICP
Kobber, Cu	14	25	101	29	19	mg/kg TS	DS259+ICP
Kviksølv, Hg	0.09	0.1	0.12	0.11	0.10	mg/kg TS	DS 259,MOD+hyd
Nikkel, Ni	13	11	31	33	17	mg/kg TS	DS259+ICP
Zink, Zn	99	79	100	110	703	mg/kg TS	DS259+ICP

Prøvenr.:	120498/15	120499/15	120500/15	120501/15	120502/15		
Prøve ID:	m6	m7	m8	m9	m10		
Dybde:	- m u.t	- m u.t	- m u.t	- m u.t	- m u.t		
Kommentar	*1	*1	*1	*1	*1		
Parameter						Enhed	Metode
Tørstofindhold	16.8	5.91	7.51	8.02	5.38	%	DS 204:1980
Bly, Pb	16	32	37	327	39	mg/kg TS	DS259+ICP
Cadmium, Cd	0.22	0.74	0.77	0.49	0.84	mg/kg TS	DS259+ICP
Chrom (total), Cr	6.6	29	11	18	18	mg/kg TS	DS259+ICP
Kobber, Cu	6.5	18	13	19	16	mg/kg TS	DS259+ICP
Kviksølv, Hg	0.03	0.08	0.07	0.05	0.1	mg/kg TS	DS 259,MOD+hyd
Nikkel, Ni	5.8	24	10	24	15	mg/kg TS	DS259+ICP
Zink, Zn	22	79	71	60	95	mg/kg TS	DS259+ICP

Kommentar

*1 Ingen kommentar

Dorte Lund Troelsen

side 1 af 1

Laboratoriet er akkrediteret af DANAK. Analyseresultaterne gælder kun for de(n) analyserede prøve(r).
Analyserapporten må kun gengives i sin helhed, medmindre skriftlig godkendelse forligger
Oplysninger om måleusikkerhed findes på www.alsglobal.dk

Tegnforklaring:
#: Ikke akkrediteret
<: mindre end >: Større end

BILAG 20
NATURLOKALITETER BESIGTIGET

