



VAND OG STOFBALANCER FOR DET VÅDLAGTE LAVBUNDSAREAL, RUNKENBJERG

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 713

2026



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

VAND OG STOFBALANCER FOR DET VÅDLAGTE LAVBUNDSAREAL, RUNKENBJERG

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 713

2026

Rasmus Jes Petersen
Niels Bering Ovesen
Joachim Audet
Dominik Henrik Zak
Hans Estrup Andersen
Ane Kjeldgaard
Carl Christian Hoffmann

Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer: Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 713

Kategori: Rådgivningsrapporter

Titel: Vand og stofbalancer for det vådlagte lavbundsareal, Runkenbjerg

Forfattere: Rasmus Jes Petersen, Niels Bering Ovesen, Joachim Audet, Dominik Henrik Zak, Hans Estrup Andersen, Ane Kjeldgaard og Carl Christian Hoffmann

Institutioner: Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience

Udgiver: Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi ©

URL: <https://dce.au.dk>

Udgivelsesår: September 2026

Redaktion afsluttet: 14. september 2026

Faglig kommentering: Brian Kronvang

Kvalitetssikring, DCE: Henriette Hossy

Ekstern kommentering: Der er ikke modtaget kommentarer til rapporten

Finansiell støtte: Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø

Bedes citeret: Petersen, R.J., Ovesen, N.B., Audet, J., Zak, D.H., Andersen, H.E., Kjeldgaard, A. og Hoffmann, C.C.. Vand og stofbalancer for det vådlagte lavbundsareal, Runkenbjerg. 2026. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 60 s. - [Videnskabelig rapport nr. 713](#)

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Sammenfatning: Undersøgelsen af det genoprettede lavbundsareal ved Runkenbjerg (18,42 ha) viser, at området i de to måleår 2023-2024 tilbageholdt ca. $35 \pm 7\%$ af den tilførte kvælstofmængde, svarende til $6,6 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$, mens der samtidig blev observeret et nettotab af fosfor og organisk kulstof. Det lille opland og den deraf følgende lave næringsstofbelastning betyder, at den absolutte kvælstoffjernelse i Runkenbjerg er begrænset, selvom den relative tilbageholdelseeffektivitet er forholdsvis høj.

Emneord: Kvælstof, Fosfor, Kulstof, Lavbundsjord

Foto forside: Rasmus Jes Petersen, overfladisk udløb til Sogneskelsgrøften

ISBN: 978-87-7648-088-2

ISSN (elektronisk): 2244-9981

Sideantal: 60

Indhold

Forord	5
Sammenfatning	6
Summary	7
1 Introduktion	8
1.1 Lokalitet	8
2 Materialer og metoder	9
2.1 Instrumentering og måleudstyr	9
2.2 Vandbalancer	9
2.3 Kemiske analyser	11
3 Resultater	14
3.1 Lithologi	14
3.2 Vandbalance	16
3.3 Næringsstofkoncentrationer	17
3.4 Stofbalancer	20
4 Diskussion	26
4.1 Hydrologi	26
4.2 Næringsstoffer	27
5 Konklusion	30
6 Referencer	31
7 Bilag	33
7.1 Darcy-beregning af grundvandsudstrømning	33
7.2 Boreprofiler	34
7.3 Månedlige vandbalancer	45
7.4 Månedlige stofbalancer	46
7.5 Tværsnitsprofiler gennem projektarealet	54
7.6 Beregning af vådområdeudløb vha. lineært reservoir	60

Forord

Denne videnskabelige rapport er udarbejdet under projektet "Monitering af kvælstoffjernelse og fosforretention i kulstofholdige lavbundsarealer" finansieret af de Nationale Forskningsprogrammer (NIFA) gennem styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø. Projektet er udført af DCE, Aarhus Universitet, ved Institut for Ecoscience – Sektion for oplandsanalyse og miljøforvaltning.

Rapporten indgår i en serie af NIFA-rapporter, og nærværende delrapport omhandler projektområdet Runkenbjerg (Figur 0.1) på 18,42 ha, der blev vådlagt i august-oktober 2017 og overvåget i 2023-2024.

Forskningsprojektets overordnede formål er at kvantificere effekten på transport af kvælstof (N) og fosfor (P) ved udtagning af lavbundsjord fra landbrugsdrift. Denne rapport fokuserer på området ved Runkenbjerg, som er et genoprettet, semi-naturligt vådområde med relativt lave næringsstofbelastninger.

Vi ønsker at takke Naturstyrelsen Trekantsområdet for et godt samarbejde gennem projektperioden, samt at takke Ida-Emilie Fredberg Nilsson, Henrik Stenholt, Marlene Venø Skærbæk, Carsten Brian Nielsen, Dorte Nedergaard, Karina Bomholt Oest, Lene Toftebjerg, Belinda Sandvang Jensen, Karsten Petersen og Noémie Hardy for deres store andel i felt- og laboratoriearbejde.

Figur 0.1. De 5 projektområder, der indgår i monitoringsprogrammet. I denne rapport afrapporteres Runkenbjerg.



Sammenfatning

Lavbundsarealet ved Runkenbjerg (18,42 ha) indgår i projektet "Monitering af kvælstoffjernelse og fosforretention i kulstofholdige lavbundsarealer" under det nationale forskningsprogram NIFA. Formålet var at undersøge vand- og næringsstofbalancer for kvælstof (N), fosfor (P) og organisk kulstof (TOC) i kulstofholdige lavbundslande. Projektarealet ved Runkenbjerg blev vådlagt i august-oktober 2017 ved ekstensivering af landbrugsarealet, sløjfning af drænbrønde i området, samt afbrydelse af hoveddrænen omkring samlebrønde og ved udløbene til Sogneskelsgrøften. Resultater fra monitoringen er opgjort for perioden januar 2023 til december 2024 dvs. to hele måleår begyndende ca. fem år efter vådlægningen af arealet.

Området har et begrænset topografisk opland, og idet de to års monitorering dækker over to forholdsvis våde år (hhv. 25% og 33% højere end 10-års-gennemsnittet) var bidraget af vand og næringsstoffer hovedsageligt via nedbør og atmosfærisk deposition.

Kvælstofbalancerne for de to måleår 2023 og 2024 viser, at der i det vådlagte lavbundsareal ved Runkenbjerg tilbageholdes ca. $35 \pm 7\%$ af den tilførte totale kvælstofmængde, svarende til ca. $6,6 \pm 0,1 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$. Uorganisk kvælstof, som primært tilføres området via atmosfærisk deposition, blev i vækstsæsonen optaget i plantebiomassen og dermed midlertidigt tilbageholdt. En del af dette kvælstof blev efterfølgende frigivet som organisk bundet kvælstof (TON) i vinterperioden, hvilket afspejler en aktiv intern omsætning mellem vegetation, jordpuljer og vandfasen. Da den frigivne mængde TON kun udgjorde en del af den tilbageholdte mængde uorganisk kvælstof, tyder resultaterne på, at en betydelig andel (31-40 %) blev fjernet mere permanent gennem denitrifikation og akkumulering i organiske sedimenter (tørvedannelse).

For fosfor blev der observeret et nettotab i begge måleår, domineret af partikulært fosfor, som sandsynligvis var relateret til erosionsprocesser. Der blev dog samtidig observeret en nettotilbageholdelse af opløst reaktivt fosfor (SRP), især i sommermånedene, hvor SRP sandsynligvis blev optaget i den voksende biomasse. Derudover fungerede vådområdet som en kilde til organisk kulstof, og udledningen af organisk kulstof udviste en sæsonvariation, der fulgte samme mønster som for TON.

Resultaterne peger på, at både kvælstof- og fosforomsætningen i høj grad styres af planteoptag og hydrologien, herunder en væsentlig grundvandstilførsel, som synes at være større end det topografiske opland indikerer. Samtidig påvirker den fortsatte grødeskæring i Sogneskelsgrøften områdets funktion ved at begrænse oversvømmelser og dermed potentialet for yderligere kvælstoffjernelse.

Samlet set dokumenterer undersøgelsen en nettotilbageholdelse af kvælstof i det vådlagte kulstofrige lavbundsareal, samtidig med at der er risiko for fosforfrigivelse og eksport af organisk stof. På grund af det lille opland og den deraf følgende lave kvælstofbelastning er den absolutte kvælstoffjernelse i Runkenbjerg dog begrænset.

Summary

The low-lying soil at Runkenbjerg (18.42 ha) is part of the project “Monitoring of nitrogen removal and phosphorus retention in carbon-rich low-lying areas” under the national research program NIFA. The purpose was to investigate water and nutrient balances for nitrogen (N), phosphorus (P), and organic carbon (TOC) in carbon-rich lowland soils. The project area at Runkenbjerg was rewetted in August–October 2017 through the extensification of agricultural land, closure of drainage wells in the area, and interruption of main drains around collector wells and at the outlets to the Sogneskelsgrøften ditch. Results from the monitoring covers the period from January 2023 to December 2024, i.e., two full measurement years beginning five years after rewetting of the area.

The area has a limited topographic catchment, and since the two years of monitoring represented relatively wet years (25% and 33% above the 10-year average, respectively), the input of water and nutrients occurred primarily through precipitation and atmospheric deposition.

The nitrogen balances for the two monitoring years 2023–2024 show that the rewetted lowland area at Runkenbjerg retained approximately $35\% \pm 7\%$ of total nitrogen (TN), corresponding to $6.6 \pm 0.1 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$. Inorganic nitrogen, supplied primarily through atmospheric deposition, was temporarily retained through uptake into plant biomass during the growing season. Part of this nitrogen was subsequently released as organic nitrogen (TON) during winter, indicating an active internal cycling of nitrogen between vegetation, soil pools, and the water column. However, only a fraction of the retained inorganic nitrogen was returned as TON, suggesting that a substantial proportion (31–40%) was removed more permanently through denitrification and long-term accumulation in organic sediments (peat formation).

For P, a net export was observed during both monitoring years, predominantly in the form of particulate P, which was most likely associated with erosion processes. In contrast, net retention of soluble reactive phosphorus (SRP) was observed, particularly during the summer months when SRP may have been taken up by plants. The wetland also acted as a source of organic carbon, exhibiting a seasonal pattern like that observed for TON.

The results indicate that both N and P turnover are largely controlled by plant uptake and hydrology, including a significant groundwater input that appears to be greater than indicated by the topographic catchment. At the same time, continued weed cutting in the Sogneskelsgrøften stream affects the functioning of the area by limiting flooding and thereby reducing the potential for further nitrogen removal.

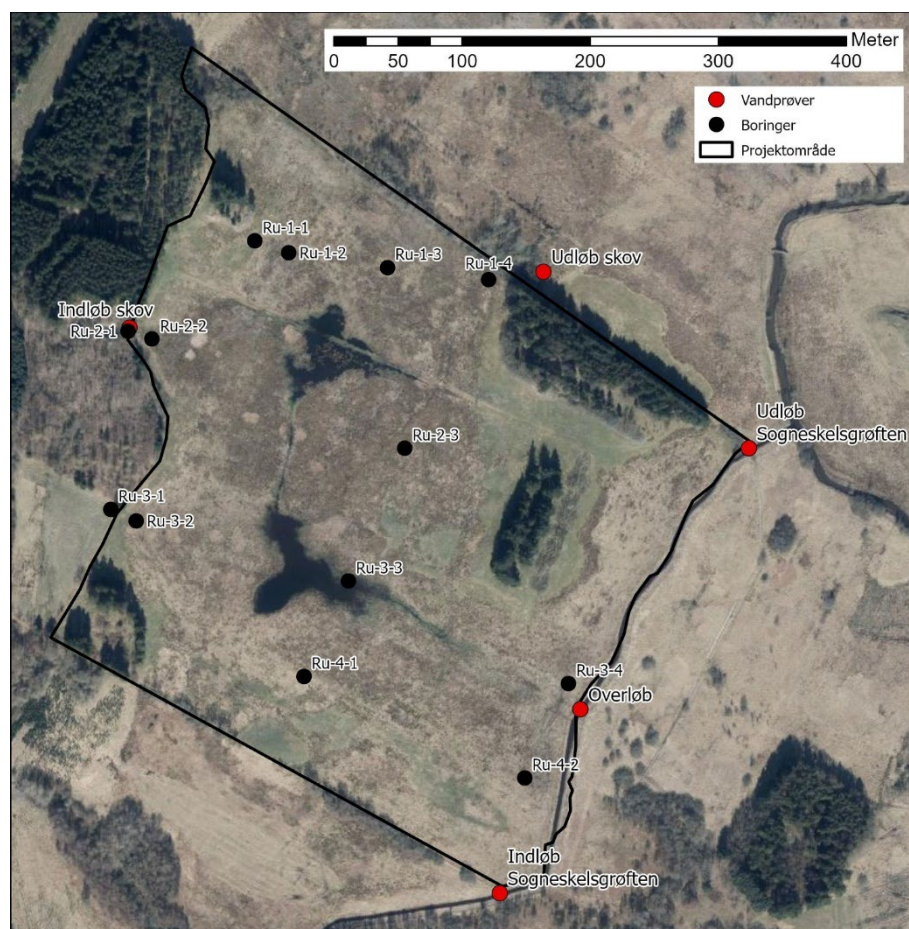
Overall, the study documents net nitrogen retention in the rewetted carbon-rich lowland area, while also indicating a risk of phosphorus release and export of organic matter. However, owing to the small catchment and the resulting low nitrogen loading, the overall magnitude of nitrogen removal at Runkenbjerg was limited.

1 Introduktion

1.1 Lokalitet

Projektområdet Runkenbjerg er beliggende i Vejle Ådal og omfatter et areal på 18,42 ha. Området ligger tæt på isens hovedopholdslinje og er omgivet af et varieret landskab præget af morænelandskab, randmoræner, tunneldale og smeltevandssletter. Projektarealet, består overvejende af tørvejord underlejret af gytje aflejret i en inddæmmet issø. Området var drænet og blev anvendt til græsning og slæt frem til vådlægningen i 2017, hvorefter området fortsat afgræsses. Før genetablering var området domineret af kulturgræsarter, men på kort tid har området gennemgået en væsentlig udvikling mod natur af en langt højere kvalitet end før genetableringen. Området er i dag en §3-beskyttet, fugtig ferskeng med veludviklet tue-struktur og en vegetation domineret af græsser, storer og lyse-siv. Hertil kommer en artsrig flora med flere stjernearter og kvælstoffølsomme arter, herunder tormentil, grå star, almindelig star, kær-fladstjerne, engkarse og hyldebladet baldrian. Fra vest modtager området vand fra et mindre bakkeparti (*Indløb skov*), mens afstrømningen fra området hovedsageligt sker via overfladisk overløb mod øst (*Overløb*, Figur 1.1). I mindre omfang sker afstrømning også mod nord via *Udløb skov*, igennem et naboareal og derefter direkte til Vejle Å. Overløbet mod øst er relativt dynamisk og består af et hovedoverløb, som periodevist suppleres af flere mere eller mindre diffuse overløb langs den strækning, hvor projektområdet grænser op til Sogneskelsgrøften.

Figur 1.1. Projektarealet Runkenbjerg med indtegnede prøvetagningspunkter fra overfladevand (røde punkter). De sorte punkter angiver borer, hvor der er udtaget jordprøver og installeret piezometerrør i forskellige dybder til måling af hydraulisk potentiale og udtagning af grundvandsprøver.



2 Materialer og metoder

2.1 Instrumentering og måleudstyr

Ved målestationerne *Indløb*, *Sogneskelsgrøften* og *Udløb*, *Sogneskelsgrøften*, blev der opstillet QH-stationer til måling af vandstand og vandføring (Figur 1.1). Vandføring blev målt med vingeinstrument og vandstanden blev logget med Arduino loggeren påmonteret en tryksensor (Arduino MKRWAN 1300 og BD Sensors DCL532). Ved målestationen *Indløb skov* blev vandføringen målt kontinuerligt med en elektromagnetisk flowmåler (KROHNE Waterflux 3070F; DN150 PN16, Germany).

Ved alle tre stationer blev der foretaget automatisk vandprøvetagning med ISCO 3700 vandprøvetagere. Der blev taget en vandprøve hver tredje time, som blev puljet til daglige prøver i 1 L flasker. Disse blev herefter puljet til ugentlige prøver inden analyse. Der blev desuden udtaget punktprøver hver 3. uge. Ved udløbene *Udløb skov* og *Overløb* blev det ligeledes forsøgt at foretage vandføringsmålinger med vingeinstrument og udtage en punktprøve hver tredje uge. Grundet den dynamiske og til tider diffuse natur af *Overløb*, var det ved flere lejligheder ikke muligt at estimere vandføringen langs denne strømningsvej og ofte var estimererne forbundet med stor usikkerhed.

Der er foretaget 13 borer i projektarealet og udtaget 120 jordprøver repræsentative for forskellige jordhorisonter i dybder fra 0 til 8.6 m (bilag 7.2, Figur 7.2-7.14). Ved hver boring blev der installeret piezometerrør til måling af vandstand og udtagning af grundvandsprøver i flere dybder. I alt 39 piezometerrør blev filtersat i forskellige intervaller mellem 0.06 m og 8.40 m dybde.

2.2 Vandbalancer

Vandbalancen ved Runkenbjerg kan opskrives som følger:

$$Q_{Indløb\ skov} + Q_{indløb\ GV} + P = Q_{Udløb\ skov} + Q_{Overløb} + Q_{Udløb\ GV} + ET + \Delta S \quad (1)$$

hvor $Q_{Indløb\ skov}$ og $Q_{indløb\ GV}$ er hhv. overfladisk tilstrømning og grundvands-tilstrømning langs projektarealets vestlige rand, P er nedbør på projektarealet, $Q_{Udløb\ skov}$ er overfladisk afstrømning mod nord ud af området til vejle Å, $Q_{Overløb}$ er overfladisk afstrømning mod vest ud af området til Sogneskelsgrøften, $Q_{Udløb\ GV}$ er grundvandsudstrømning til Sogneskelsgrøften, ET er evapotranspiration fra projektarealet, og ΔS er ændringen i vandmagasinet i projektarealets sedimentpakke.

Gentagne feltbesøg viste opsvigende grundvand ($Q_{indløb\ GV}$), som kunne observeres direkte i kanten af søen mellem borerne Ru-2-2 og Ru-2-3 (Figur 1.1). Samtidig viste indledende undersøgelser af hydrauliske ledningsever bestemt med slug tests samt hydrauliske potentialer, at den horisontale grundvandsudstrømning til Sogneskelsgrøften kun udgjorde 17-22 m³ måned⁻¹ (0.006-0.008 L s⁻¹ eller 1.1-1.4 mm år⁻¹) svarende til mindre end 1 ‰ af de samlede udløb (se bilag 7.1). Idet $Q_{Udløb\ GV} \approx 0$, kan vandbalancen (1) reduceres til

$$Q_{Indløb\ skov} + Q_{indløb\ GV} + P = Q_{Udløb\ skov} + Q_{Overløb} + ET + \Delta S \quad (2)$$

Daglige værdier for korrigeret nedbør (P) og reference-evapotranspiration

(E_0 , Makkink) er downloadet fra DMI for hhv. grid 10173 og 20044, og det er antaget at den aktuelle evapotranspiration er lig reference-evapotranspirationen ($ET = E_0$).

Tilvæksten ($Q_{tilvækst}$) i vandføring mellem *Indløb*, *Sogneskelsgrøften* og *Udløb*, *Sogneskelsgrøften* skyldes bidrag fra hhv. projektarealet ($Q_{overløb}$) og et mindre topografisk opland (opland2, 4,44 ha) på sydøstsiden af Sogneskelsgrøften ($Q_{opland2}$) (Figur 2.1).

$$Q_{tilvækst} = Q_{Udløb, Sogneskelsgrøften} - Q_{Indløb, Sogneskelsgrøften} = Q_{overløb} + Q_{opland2} \quad (3)$$

På grund af grødeskæring og regelmæssig stuvning, var de resulterende QH-relationer for vandløbsstationerne meget ringe, og vandføringen mellem de manuelle målinger kunne ikke interpoleres. Det blev ligeledes forsøgt at opstille en QQ-relation til den nærmeste NOVANA-overvågningsstation (32000013, Vejle Å, *Afløb Engelsholm Sø*), som dog ikke var i stand til at beskrive dynamikken i overløbet i tilstrækkelig grad. $Q_{tilvækst}$ blev derfor beregnet ved at betragte projektarealet og opland2 som et lineært reservoir med vandstand (h) og med ét udløb i højden h_1 . Afstrømningen fra reservoiret beskrives ved

$$Q_{tilvækst}(t) = \begin{cases} 0, & h(t) \leq h_1 \\ (h(t) - h_1) \times k_1, & h(t) > h_1 \end{cases} \quad (4)$$

Vandstanden i reservoiret styres af tilførslen (Q_{ind}) til reservoiret samt udløbet (dQ)

$$\frac{dh}{dt} = Q_{ind}(t) - Q_{tilvækst}(t) \quad (5)$$

hvor Q_{ind} er summen af indløb til reservoiret fratrasket summen af kendte udløb

$$Q_{ind} = Q_{Indløb skov} + Q_{indløb GV} + P - ET - Q_{Udløb skov} \quad (6)$$

Ved kombination af (4) og (5) fås

$$\frac{dh}{dt} = \begin{cases} Q_{ind}(t), & h(t) \leq h_1 \\ Q_{ind}(t) - (h(t) - h_1) \times k_1, & h(t) > h_1 \end{cases} \quad (7)$$

Ved løsning af differentiaalligningen (hvor $h(t) > h_1$), og under antagelse af konstant Q_{ind} over tidssteppet Δt , fås vandstanden til tiden $t + \Delta t$

$$h(t + \Delta t) = h_1 + \frac{Q_{ind}}{k_1} + \left(h(t) - h_1 - \frac{Q_{ind}}{k_1} \right) e^{-k_1 \Delta t} \quad (8)$$

og afstrømningen til tiden $t + \Delta t$ fås ved kombination af (4) og (8).

$$Q_{tilvækst}(t + \Delta t) = \begin{cases} 0, & h(t) \leq h_1 \\ h_1 + \frac{Q_{ind}}{k_1} + \left(h(t) - h_1 - \frac{Q_{ind}}{k_1} \right) e^{-k_1 \Delta t}, & h(t) > h_1 \end{cases} \quad (9)$$

De ukendte parametre h_1 , k_1 og $Q_{indløb GV}$ kan herefter kalibreres ved minimering af summen af kvadrerede residualer mellem målte (3) og modellerede

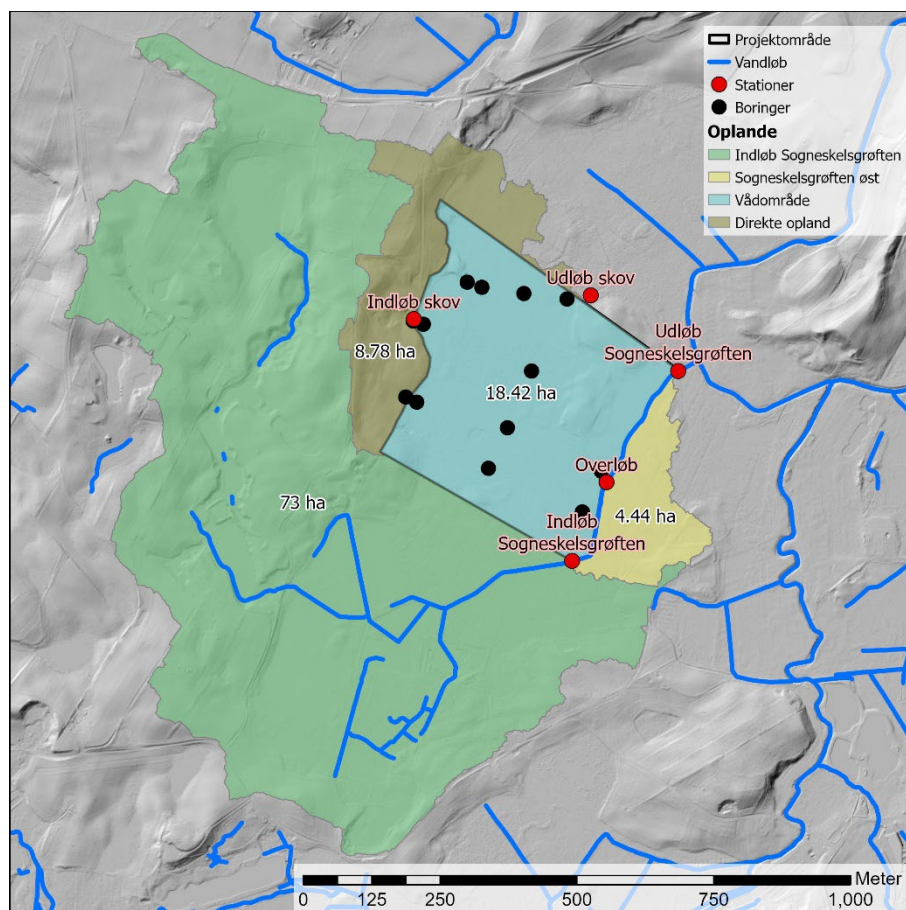
(9) værdier (se Figur 7.21 i bilag 7.6). Til sammenligning blev afløbet via *Overløb* ligeledes beregnet ved simpel lineær interpolation.

Magasinændring i arealet er beregnet som

$$\Delta S = \Delta H \times S_y \quad (10)$$

hvor ΔH angiver ændringen af det fri grundvandsspejl og S_y angiver jordens specifikke ydelse (drænbar porøsitet). S_y er estimeret til 0,15 ud fra vandspejlsstigninger observeret i overfladenære piezometerrør efter nedbørshændelser.

Figur 2.1. Projektarealet Runkenbjerg med indtegnede prøvetagningspunkter fra overfladevand (røde punkter). De sorte punkter angiver borer, hvor der er udtaget jordprøver og installeret piezometerrør i forskellige dybder til måling af hydraulisk potentiale og udtagning af grundvandsprøver. De farvede polygoner angiver topografiske oplande.



2.3 Kemiske analyser

Vandprøver

Ufiltrerede ISCO- og punktp prøver fra overfladevand blev analyseret for suspenderet stof (DS/EN 872, 2005). Ufiltrerede ISCO-prøver og punktp prøver blev analyseret for total organisk kulstof (TOC) og totalt kvælstof (TN) med en TOC-L analyser med et TNM-L modul (Shimadzu) jævnfør European Standard Methods DIN EN 1484 (2019) og DIN EN 12260 (2003). Total ufiltreret fosfor ($TP_{\text{ufiltreret}}$) blev målt som opløst reaktivt fosfor (SRP) efter kemisk opsplitning med kaliumperoxodisulfat ($K_2S_2O_8$) på et Shimadzu UV1900 spektrofotometer jævnfør Danish European Standard Method DS/EN 6878 (2004). ISCO prøver og punktp prøver blev herefter også filtreret med et 0,45 μm membranfilter (ADVANTEC mixed cellulose ester filter, Frisnette), hvorefter alle prøver blev analyseret for total opløst fosfor ($TP_{\text{filtreret}}$; DS/EN 6878, 2004). Ammonium (NH_4-N) og fosfat (PO_4-P , også benævnt SRP) blev analyseret på en SEAL Analytical AA500 Autoanalyser med en SEAL AS4 sampler. Nitrat

(NO₃-N), nitrit (NO₂-N), og sulfat (SO₄²⁻) blev bestemt ved ionchromatografi på ionchromatograf (Dionex ICS-1500, Dionex Corporation) med anion micromembran suppressor (AMMS III 4 mm) som basisk eluent under anvendelse af metode DS/EN ISO 10304-1 (1996). Prøverne til denne analyse blev filtreret en ekstra gang gennem et 0,22 µm nylon filter (Q-MAX GPF syringe filters, Frisenette).

Total organisk N (TON) er beregnet som differensen mellem TN i ufiltreret vand og mineralsk N: $TON = TN - NH_4-N - NO_3-N - NO_2-N$. Partikulært bundet fosfor (PP) er beregnet som $TP_{\text{ufiltreret}} - TP_{\text{filtreret}}$, mens opløst ikke-reaktivt P (SNRP) er beregnet som $SNRP = TP_{\text{filtreret}} - SRP$.

Nedbør og atmosfærisk deposition blev forsøgt målt med nedbørsopsamlere (duplikat), som desværre væltede i en stor del af perioden som følge af højtstående grundvand, derudover forekom forurening af det opsamlede vand fra fugle og andre dyr. Atmosfærisk deposition af N er derfor i stedet opgjort på årsbasis for ~5,4 km × 5,4 km grid af Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet. De årlige depositioner for 2023 og 2024 var hhv. 13,44 og 12,87 kg N ha⁻¹ år⁻¹, hvoraf NH_x-N udgjorde hhv. 66% og 67% og resten blev udgjort af NO_y-N (Ellermann *et al.*, 2024; Poulsen *et al.*, 2025). Den atmosfæriske deposition af TP er angivet til 0,04 kg P ha⁻¹ år⁻¹ (Ellermann *et al.*, 2015). Disse årlige depositioner er herefter distribueret hen over de enkelte år proportionelt til nedbør.

Jordprøver

Jordprøver blev udtaget med enten russerbor eller Eijkelkamp liner samplers. Jordprøvernes pH blev målt direkte i felten vha. en Hach Lange HQ11d bærbar pH meter med en Radiometer Analytical pHC2051-8 elektrode. Tørstofvægten blev beregnet ud fra prøvens volumen og jordens vægt efter ovntørring ved 60°C til konstant vægt. Glødetab er beregnet efter glødning i en mufler-ovn ved 550°C i 4 timer. Omsætningsgraden for tørv blev vurderet direkte i felten på en skala fra 1 (uomsat) til 5 (fuldstændig omsat) jf. Troels-Smith (1955).

Jordprøver udtaget i dybderne 0 – 0,30 m og videre ned i de forskellige horisonter til en dybde af 8,6 m blev analyseret for TOC, TN og TP. TOC og TN blev analyseret på en CHNS analyzer (CHNS Flash Smart, ThermoScientific) ved 950 C, 140 ml/min He som carrier og 250 ml/min O₂. TP blev bestemt på gløderesten som fosfat efter molybdæt metoden efter først at være kogt i 0,1 N HCl (Andersen, 1976)

Oxalatekstraherbar fosfor, jern og aluminium (hhv. P_{ox}, Fe_{ox} og Al_{ox}) er analyseret jf. (O.F. Schoumans *et al.*, 1987) og jordens fosformætningsgrad er beregnet jf. (Lookman *et al.*, 1995):

$$DPS_{ox} = \frac{P_{ox}}{0.5 (Al_{ox} + Fe_{ox})} \quad (11)$$

Geofysiske målinger (tTEM)

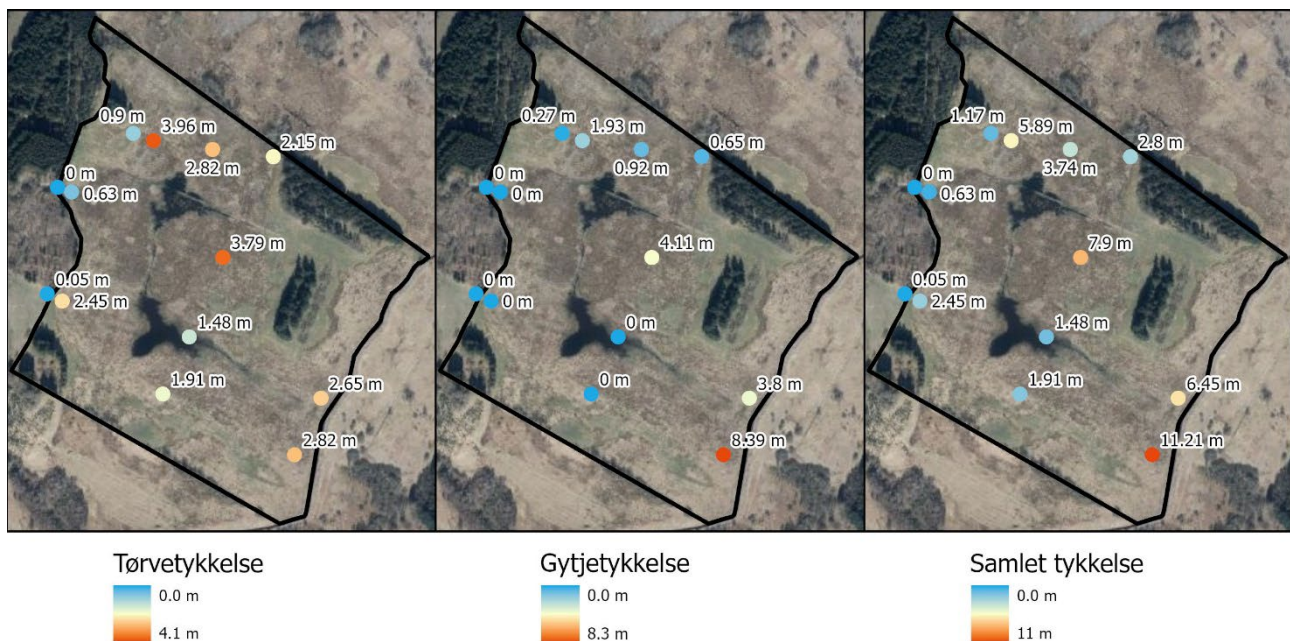
En geofysisk undersøgelse blev gennemført d. 14. april 2021 ved anvendelse af et jordbaseret transient elektromagnetisk system som trækkes efter en ATV (tTEM, Auken *et al.*, 2019). De registrerede signaler blev behandlet og invertet ved hjælp af softwarepakken Aarhus Workbench og inversionskoden AarhusInv (Auken *et al.*, 2015; Kirkegaard *et al.*, 2015), hvilket resulterede i 1D-

jordresistivetsprofiler. Inversionerne blev udført ved anvendelse af et "smooth" inversionsskema (Vignoli *et al.*, 2015) med "spatially constrained inversion" (SCI, Viezzoli *et al.*, 2008). En stor del af området var oversvømmet i forbindelse med målingerne, hvorfor området kun er delvist kortlagt med tTEM. Kortlægningsområdet og udvalgte tTEM-profiler ses i bilag 7.5, Figur 7.15-Figur 7.20.

3 Resultater

3.1 Lithologi

Tørvetykkelsen målt i de 13 borer varierende betydeligt i projektarealet fra 0 m langs den nordvestlige projektgrænse (Ru-2-1) til 4,11 m (Ru-1-2, Figur 1.1 og Figur 3.1). Forekomsten af gytje var endnu mere ujævn. Gytje var helt fraværende i den sydvestlige del af området, mens der centralt og i det sydøstlige hjørne af projektarealet blev registreret betydelige tykkelser på op til 8,3 m (Ru-4-2, Figur 1.1 og Figur 3.1). Simple gennemsnit inden for projektarealet resulterer i lagtykkelser på hhv. 2,32 m for tørv, 1,82 m for gytje og 4,1 m for summen af de to organiske lag.



Figur 3.1. Tykkelse tørv, gytje og samlet tykkelse af organiske lag (tørv+gytje).

Der blev målt et stort spænd i pH-værdier i jordprøverne fra 3,95 (Ru-2-3: 0,37-1,00 m dybde) til 7,9 (Ru-1-3: 3,83-4,44 m dybde). Generelt var der en højere pH nær skræntfoden mod sydvest og i de sandede aflejringer, og der kunne konstateres en generel stigning i pH med dybden ($p < 0.05$) (Figur 3.2). De gennemsnitlige volumenvægte for tørv ($0,19 \text{ g cm}^{-3}$) og gytje ($0,27 \text{ g cm}^{-3}$) var signifikant forskellige fra volumenvægtene for sand ($1,03 \text{ g cm}^{-3}$) og ler ($0,81 \text{ g cm}^{-3}$) i området. Generelt var volumenvægtene for sand og tørv tæt på hinanden nær jordoverfladen, idet overfladenær tørv ofte var sandholdig og overfladenært sand ofte var tørveholdig (Figur 3.2). Ligeledes skete der en stigning i volumenvægt for gytje mod bunden af bassinet grundet tiltagende sandindslag.

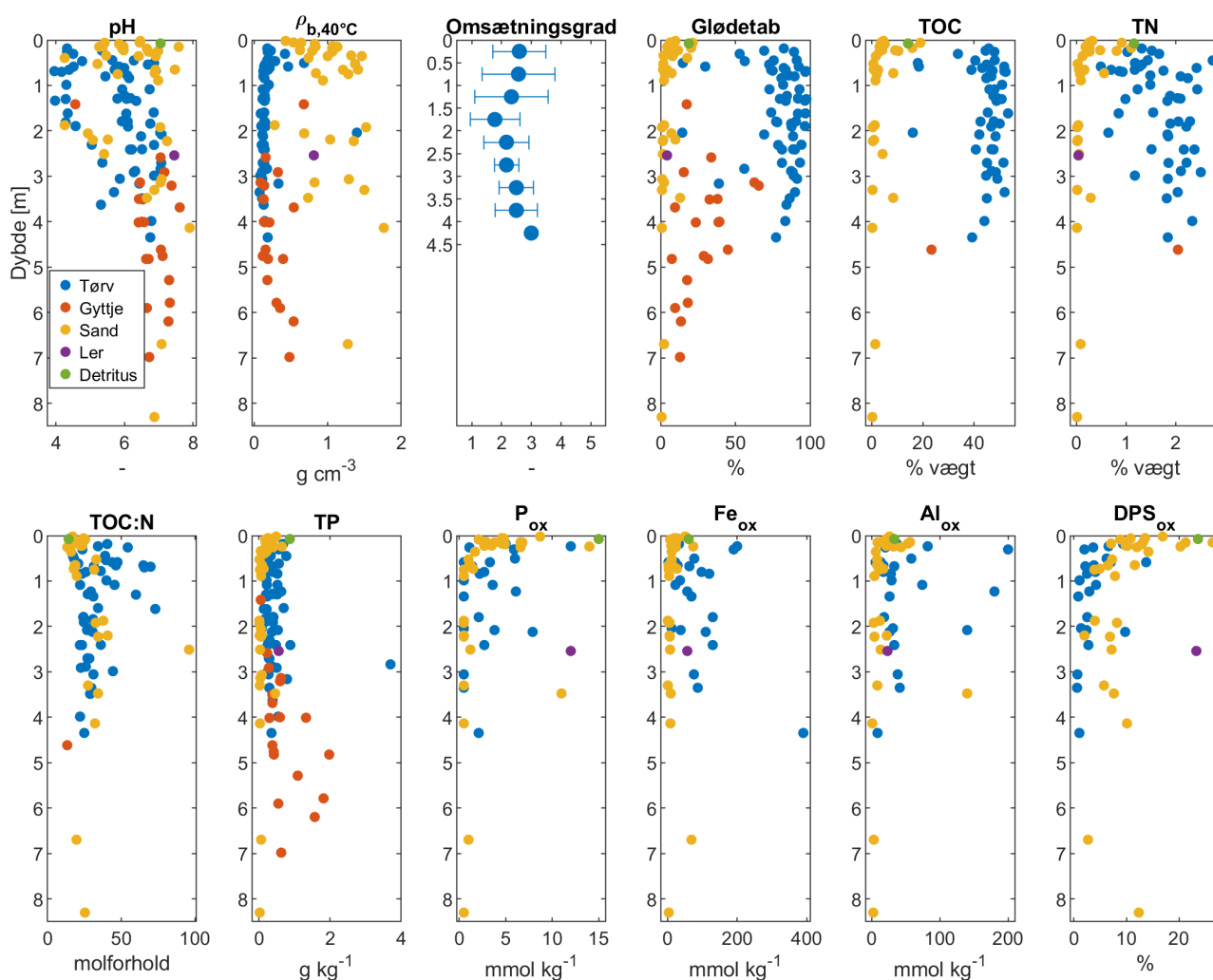
Tørvens omsætningsgrad var mindst omkring 2 m dybde, hvor tørv endnu udviste en velbevaret plantestruktur. Både over og under denne dybde steg omsætningsgraden og gennemsnitligt set var både den overfladenære og den dybeste tørv delvist omsat (Figur 3.2). Omsætningsgraden af tørv var negativt korreleret med glødetabet ($p < 10^{-4}$) og positivt korreleret med tørstofvægten ($p < 10^{-4}$).

TOC-indholdet i jordprøverne var stærkt korreleret med glødetabet og denne kan beskrives ved en lineær sammenhæng:

$$TOC = 1,83 + 0,53 \times glødetab \quad (R^2 = 0,98, p < 10^{-72}) \quad (12)$$

TN- og Fe_{ox} -indholdet i jordprøverne korrelerede ligeledes positivt med glødetabet (TN: $r=0,84$, $p<10^{-23}$; Fe_{ox} : $r=0,50$, $p<10^{-5}$). Både nær overfladen og i de dybeste lag (5-7 m) blev der således observeret højere tørstofvægt og Fe_{ox} , samt lavere glødetab, TOC og TN. Det modsatte mønster blev observeret omkring 2 m dybde.

Fosformætningsgraden (DPS_{ox}) var størst nær jordoverfladen (Figur 3.2). I den øverste meter var der en gennemsnitlig DPS_{ox} på 5,2% i tørveprøver og 11,9% i sand med maksimumværdier på hhv. 13,8% og 26,4%. O. F. Schoumans & Chardon (2015) angiver at værdier for DPS_{ox} over 5 i tørve og 23-25 i sand er kritiske ift. P-tab, hvilket er overskredet i 40% af tørveprøverne og 5% af sandprøverne i den øverste meter. Tørveprøverne med høj DPS_{ox} har dog generelt blandede litologier med et højt sandindhold.



Figur 3.2. Kemiske og jordfysiske parametre for 120 jordprøver: pH, tørstofvægt efter ovntørring ved 40°C ($\rho_{b,40^\circ C}$), omsætningsgrad jf. Troels-Smith (1 = uomsat, 5 = fuldstændig omsat), glødetab ved 550°C, total organisk kulstof (TOC), total kvælstof (TN), molforhold mellem TOC og TN (TOC:TN), total fosfor (TP), oxalatekstraherbar fosfor, jern og aluminium (hhv. P_{ox} , Fe_{ox} , Al_{ox}), og fosformætningsgrad baseret på oxalatekstraherbare fraktioner ($DPS_{ox} = \frac{P_{ox}}{0,5 (Al_{ox} + Fe_{ox})}$) jf. Lookman et al. (1995).

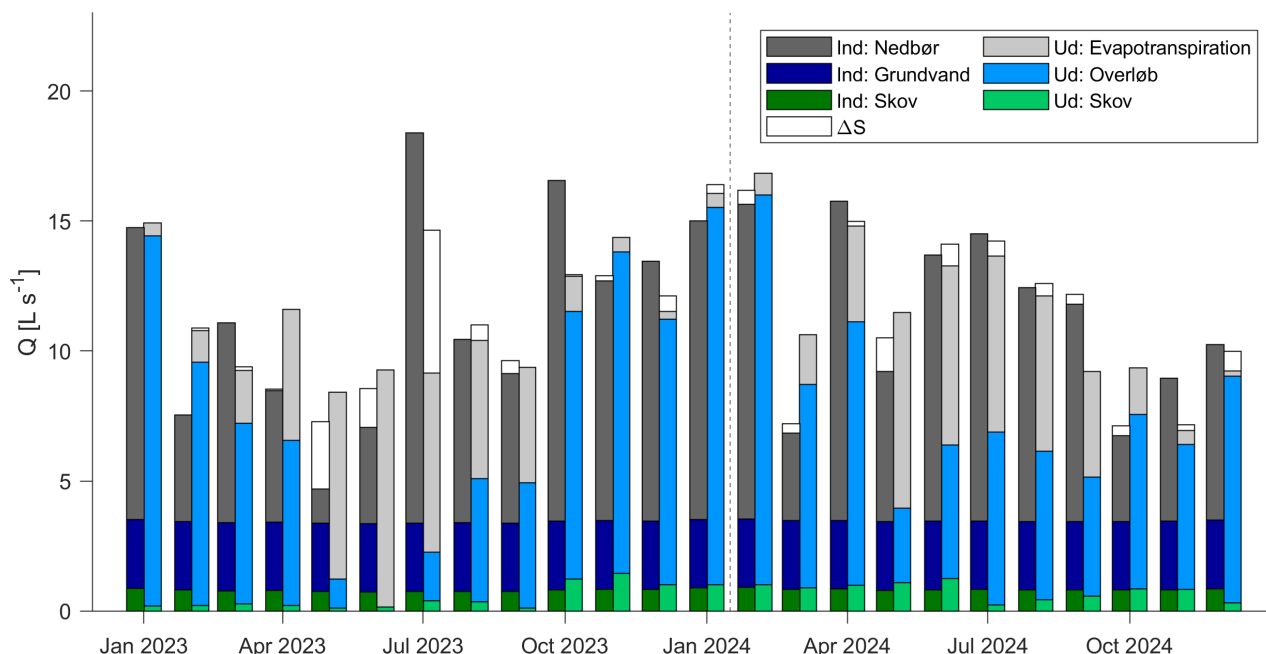
3.2 Vandbalance

Den korrigerede nedbør i det første måleår (2023) var på 1.338 mm, mens den i det andet måleår (2024) var på 1.414 mm, hvormed nedbøren de to år var hhv. 25% og 33% højere end gennemsnitsnedbøren (1.069 mm år⁻¹) i området for de seneste 10 år (2016-2025). Året inden opgørelsesperioden (2022) var derimod forholdsvis tørt med en nedbør på 916 mm år⁻¹ og dermed 14% lavere end 10-års-gennemsnittet. Den samlede hydrauliske belastning på vådområdet var sammenlignelig i de to måleår på hhv. 1.924 mm og 2.009 mm. Sæsonfordelingen adskilte sig dog betydeligt de to år imellem med 473 mm i perioden maj-september i 2023 og 637 mm i de samme måneder i 2024. Nedbør direkte på arealet udgjorde dermed 70% af den hydrauliske belastning i begge to måleår, mens belastningen fra grundvand udgjorde hhv. 23% og 22%. Vandtilstrømningen fra målestationen *Indløb skov* var konstant henover hvert år og udgjorde 7% begge år.

Størstedelen (hhv. 62% og 65% i de to måleår) af vandafstrømningen fra arealet foregik via den overfladiske afstrømning (*Overløb*) til Sogneskelsgrøften. Den modellerede afstrømning via *Overløb* er forbundet med en vis usikkerhed, men den samlede modellerede volumen over de to måleår er sammenlignelig med volumen som fås ved en simpel lineær interpolation mellem måledatoerne (10% forskel). Tabet via evapotranspiration udgjorde hhv. 33% og 28%, og en mindre del af afstrømningen fra vådområdet skete via målestationen *Udløb skov*, der kun stod for hhv. 4% og 7% af vandbalancen.

Ændringer i jordens vandmagasin udgjorde generelt mindre end 5% på månedsbasis. En undtagelse var de tørre måneder maj og juni 2023, hvor henholdsvis 36% og 17% af det samlede udløb (fordampning) stammede fra magasinets tømning. I den efterfølgende måned (juli 2023) blev magasinet genopfyldt, idet 37% af de samlede indløb gik til opbygning af magasinet.

De månedlige forskelle mellem ind- og udløb udgjorde op til 32% (marts og september 2024, Figur 3.3), men var lille på årlig basis, hvor den udgjorde 0,1% i 2023 og 2,2% i 2024.

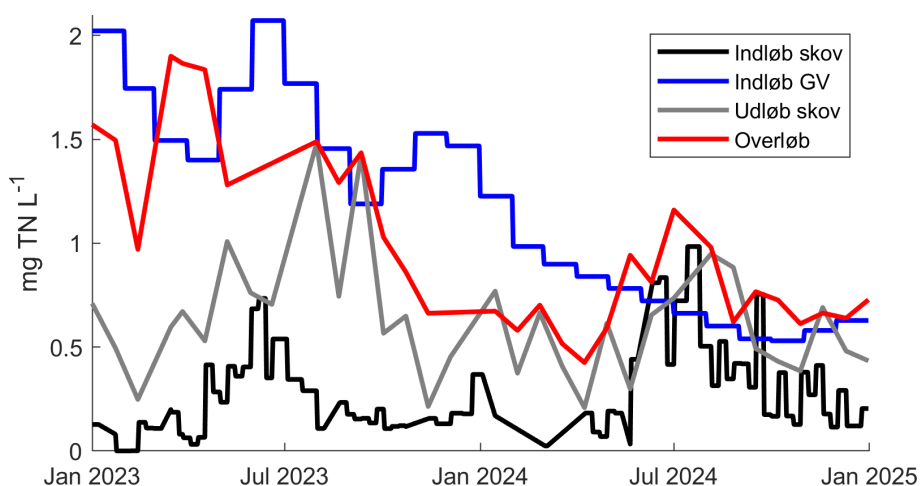


Figur 3.3. Månedlig vandbalance for de to kalenderår 2023 og 2024 (adskilt af stiplede linje).

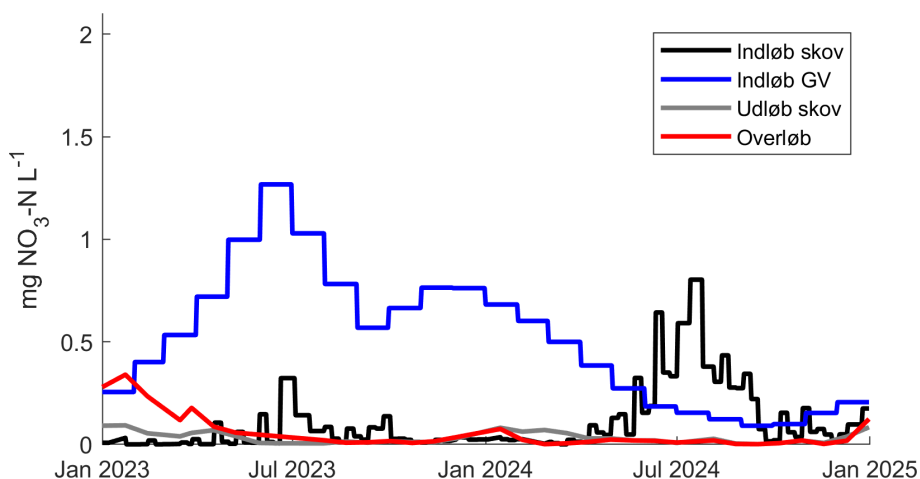
3.3 Næringsstofkoncentrationer

De gennemsnitlige vandføringsvægtede koncentrationer af TN var højest i grundvandtilstrømningen (1,2 mg/L) til området, dvs. ca. 4 gange højere end gennemsnitskoncentrationen i indløb af overfladevand via *Indløb skov* (0,3 mg L⁻¹) (Figur 3.4). De gennemsnitlige udløbskoncentrationer ved *Udløb skov* og *Overløb* lå derimellem på hhv. 0,6 og 1,0 mg L⁻¹. Nitrat-N udgjorde 43% og 41% i hhv. grundvandtilstrømning og *Indløb Skov*, mens NH₄-N udgjorde hhv. 22% og 13%, og TON udgjorde hhv. 35% og 42% (Figur 3.4-3.7). Koncentrationen af NH₄-N i grundvandstilførslen var størst om vinteren og især vinteren 2023 viste betydeligt højere koncentrationer end den resterende periode. I vinteren 2023 var både NH₄-N og NO₃-N ligeledes forhøjet i *Overløb*. Nitrat-N-koncentrationerne var størst i grundvandtilstrømningen i sommeren 2023 og faldt herefter igennem måleperioden. Koncentrationerne af NO₃-N i overfladevandstilløbet *Indløb Skov* var derimod højest i sommeren 2024 og i begge år højere om sommeren end resten af året. I udløbene udgjorde NO₃-N kun 5% af TN og TN i udløbene var i stedet domineret af TON (86% for *Udløb Skov* og 84% for *Overløb*), som var højest i sommerperioderne, efterfulgt af NH₄-N (9% for *Udløb skov* og 11% for *Overløb*).

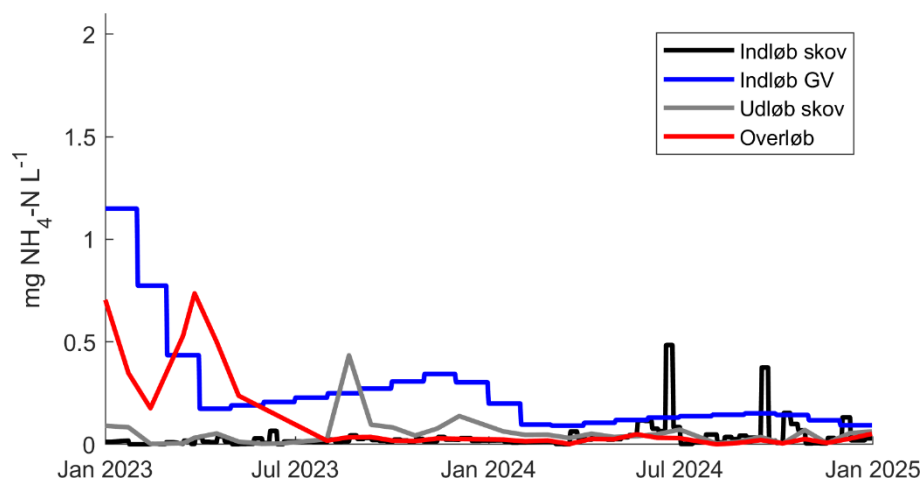
Figur 3.4. Vandføringsvægtede koncentrationer af total kvælstof (TN) for indløb via *Indløb skov* og grundvand (*Indløb GV*), samt for udløb via *Udløb skov* og *Overløb* (Figur 1.1).



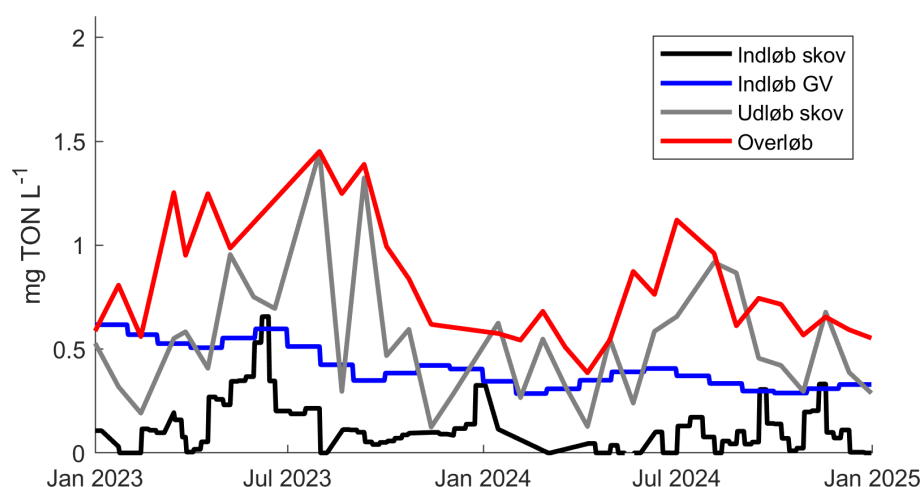
Figur 3.5. Vandføringsvægtede koncentrationer af nitrat-N (NO₃-N) for indløb via *Indløb skov* og grundvand (*Indløb GV*), samt for udløb via *Udløb skov* og *Overløb* (Figur 1.1).



Figur 3.6. Vandføringsvægtede koncentrationer af ammonium-N ($\text{NH}_4\text{-N}$) for indløb via *Indløb skov* og grundvand (*Indløb GV*), samt for udløb via *Udløb skov* og *Overløb* (Figur 1.1).

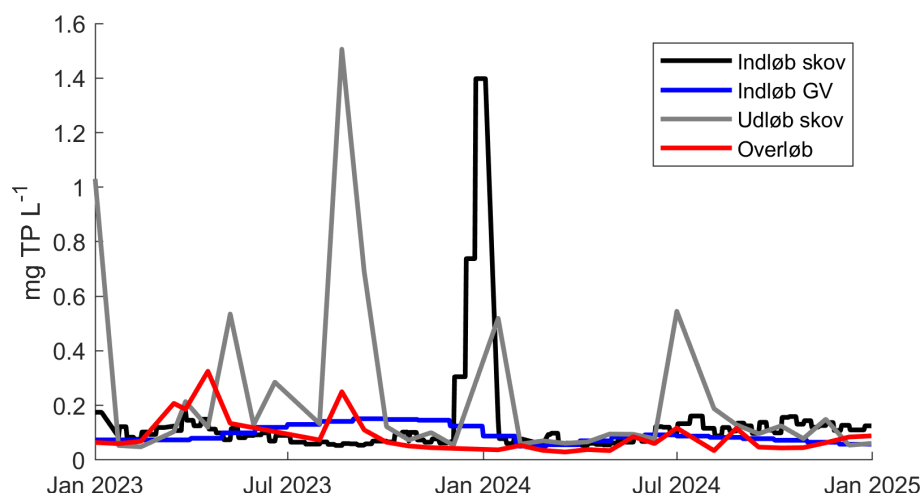


Figur 3.7. Vandføringsvægtede koncentrationer af total organisk kvælstof (TON) for indløb via *Indløb skov* og grundvand (*Indløb GV*), samt for udløb via *Udløb skov* og *Overløb* (Figur 1.1).

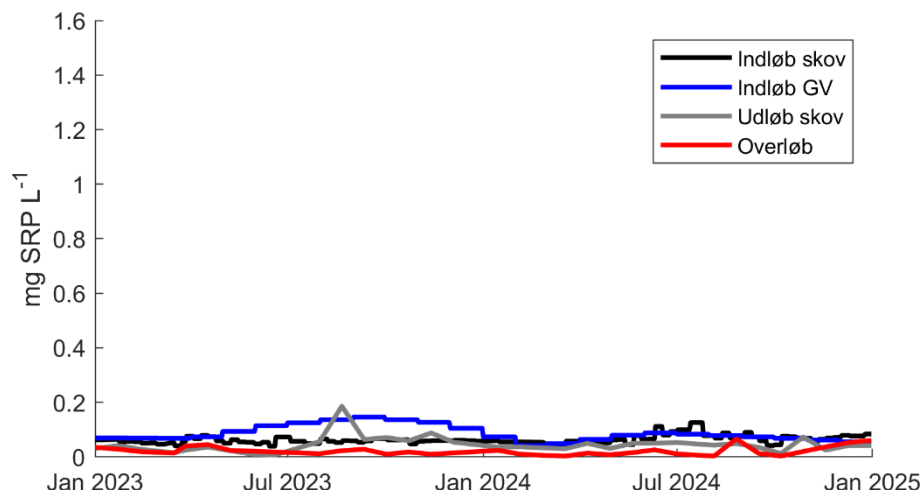


Koncentrationerne af TP var i gennemsnit 0,13, 0,09, 0,23 og 0,09 mg L^{-1} ved hhv. *Indløb skov*, *Indløb GV*, *Udløb skov* og *Overløb* (Figur 3.8). Ved *Indløb skov* udgjorde SRP og PP hver halvdelen af TP, mens PP udgjorde størstedelen af TP i udløbene (74% ved *Udløb skov* og 51% ved *Overløb*) efterfulgt af SRP (hhv. 20% og 24%) og SNRP (hhv. 6% og 25%) (Figur 3.8-3.11). For *Udløb skov* sås nogle forholdsvis høje periodevise toppe i koncentrationerne af TP og PP, som dog ikke synes at være årstidsrelaterede. Ligeledes sås en høj top i TP- og PP-koncentrationerne i *Indløb skov* i januar 2024 (Figur 3.8 og 3.11).

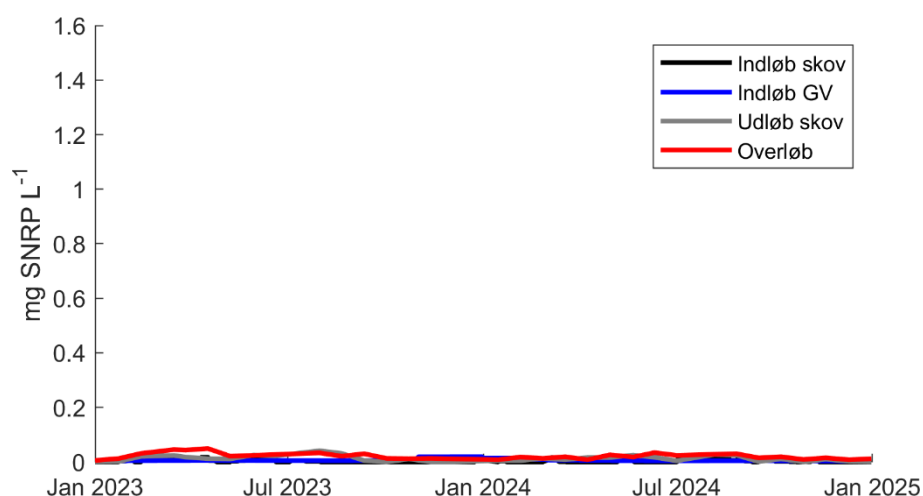
Figur 3.8. Vandføringsvægtede koncentrationer af total fosfor (TP) for indløb via *Indløb skov* og grundvand (*Indløb GV*), samt for udløb via *Udløb skov* og *Overløb* (Figur 1.1).



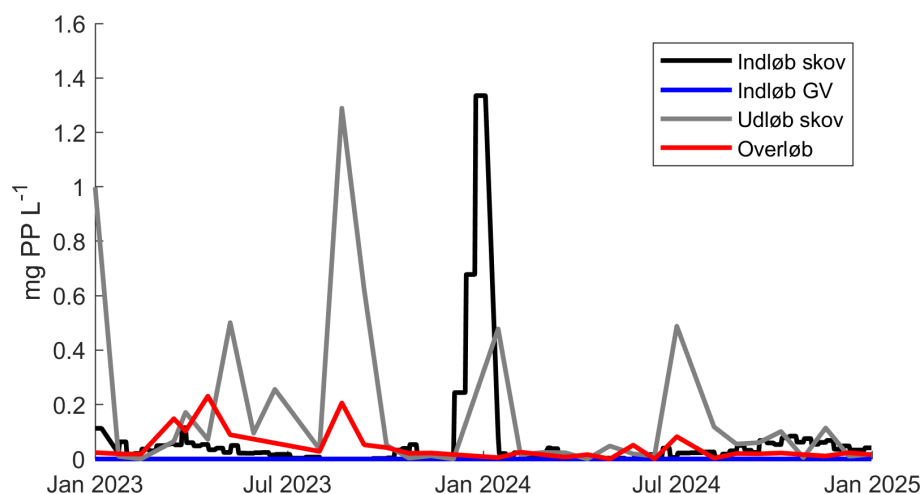
Figur 3.9. Vandføringsvægtede koncentrationer af reaktivt opløst fosfor (SRP) for indløb via *Indløb skov* og grundvand (*Indløb GV*), samt for udløb via *Udløb skov* og *Overløb* (Figur 1.1).



Figur 3.10. Vandføringsvægtede koncentrationer af ikke-reaktivt opløst fosfor (SNRP) for indløb via *Indløb skov* og grundvand (*Indløb GV*), samt for udløb via *Udløb skov* og *Overløb* (Figur 1.1).

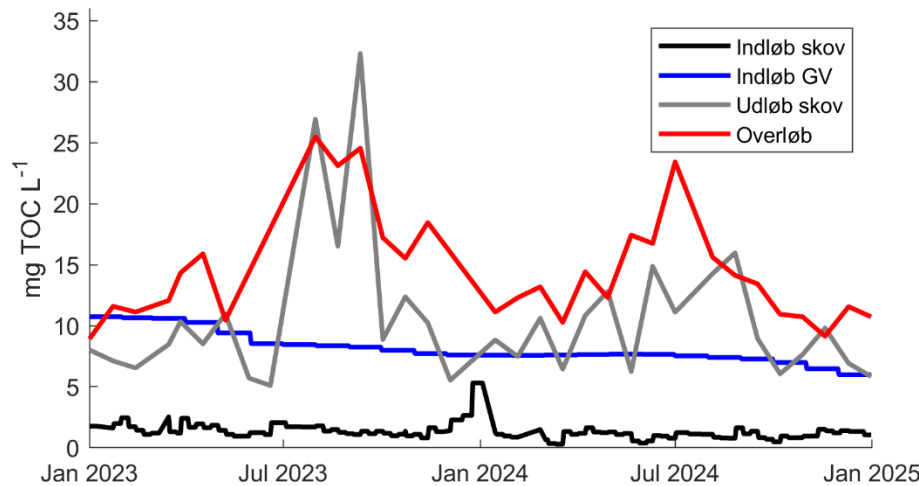


Figur 3.11. Vandføringsvægtede koncentrationer af partikulært fosfor (PP) for indløb via *Indløb skov* og grundvand (*Indløb GV*), samt for udløb via *Udløb skov* og *Overløb* (Figur 1.1).



Koncentrationerne af total kulstof var i gennemsnit hhv. 1,4 og 8,2 mg L⁻¹ i indløbene *Indløb skov* og *Indløb GV*, mens TOC-koncentrationerne var højere i udløbene på 10,7 og 15,0 mg L⁻¹ ved hhv. *Udløb skov* og *Overløb* (Figur 3.12). Ved *Indløb skov* var koncentrationerne af TOC højest i vinteren 2023/2024, mens udløbskoncentrationerne var højest i sommerperioderne (Figur 3.12), hvor de følger samme mønster som TON (Figur 3.7).

Figur 3.12. Vandføringsvægtede koncentrationer af total organisk kulstof (TOC) for indløb via *Indløb skov* og grundvand (*Indløb GV*), samt for udløb via *Udløb skov* og *Overløb* (Figur 1.1),



3.4 Stofbalancer

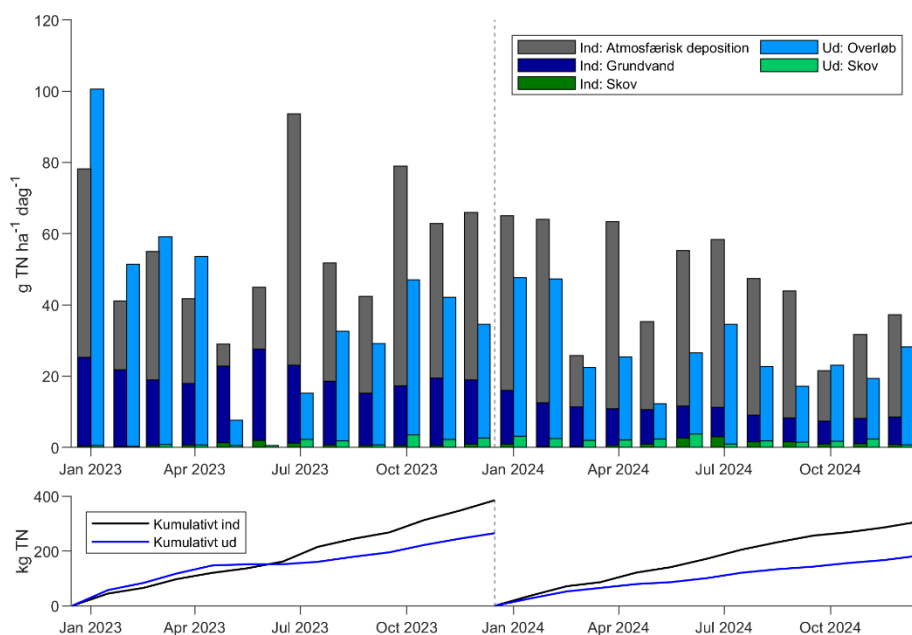
Størrelserne af belastningerne med N, P og TOC var forholdsvis ensartede i de to måleår (Tabel 3.1 og Figur 3.13-3.21). N-belastningen bestod hovedsagelig af $\text{NH}_4\text{-N}$, som udgjorde 53% efterfulgt af $\text{NO}_3\text{-N}$ (36%) og TON (11%). Størstedelen af belastningen af $\text{NH}_4\text{-N}$ og $\text{NO}_3\text{-N}$ stammede fra atmosfærisk deposition, mens TON-belastningen næsten udelukkende stammede fra grundvandet. Området tilbageholdt eller omsatte 76-97% af den indkommende $\text{NH}_4\text{-N}$ og 83-94% af indkommende $\text{NO}_3\text{-N}$. Samtidig blev der netto frigivet 7,6-8,0 kg TON $\text{ha}^{-1} \text{år}^{-1}$, hvilket resulterede i en samlet N-retention i området på 31% og 40% i hhv. 2023 og 2024. Stofeksport via *Udløb Skov* var begrænset og udgjorde kun 3-7% for TN og TON og 2-17% for $\text{NO}_3\text{-N}$ og $\text{NH}_4\text{-N}$.

For TN sås en netto-frigivelse fra området i de første fire måneder af 2023 efterfulgt af store tilbageholdelser i juni og juli 2023, hvorefter tilbageholdelsen var mere jævn i den resterende del af opgørelsesperioden (Figur 3.13). Dette mønster afspejles ligeledes for både $\text{NO}_3\text{-N}$ (Figur 3.14) og $\text{NH}_4\text{-N}$ (Figur 3.15). Frigivelsen af TON skete især i vintermånederne, mens der maj og juni 2023 sås en netto tilbageholdelse af TON (Figur 3.16).

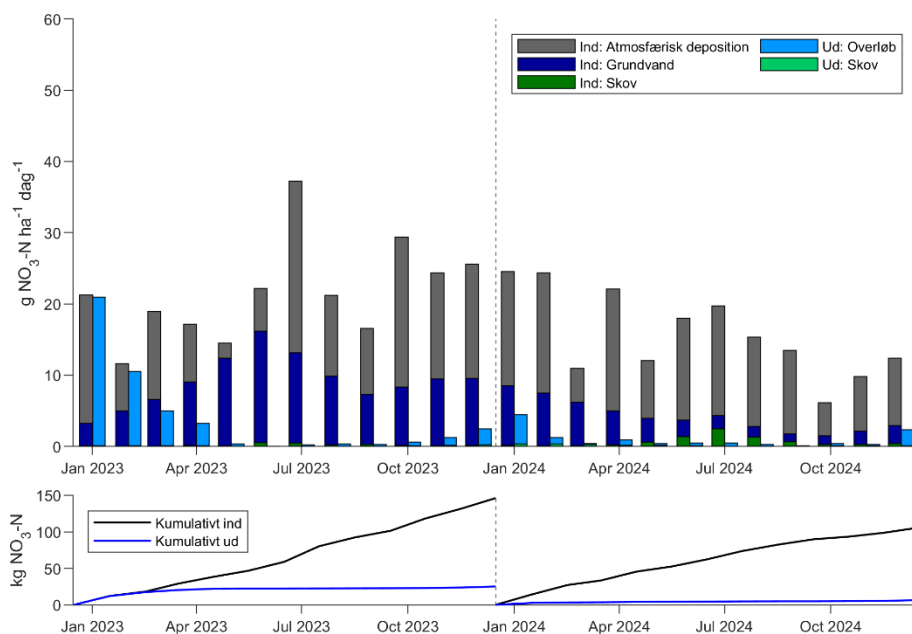
Tabel 3.1. Samlet opgørelse af hydraulisk belastning (HLR) samt belastning og retention af næringsstoffer i de to måleår i Runkenbjerg (18,42 ha). Opgørelsen er foretaget for total kvælstof (TN), nitrat-N ($\text{NO}_3\text{-N}$), nitrit-N ($\text{NO}_2\text{-N}$) ammonium-N ($\text{NH}_4\text{-N}$), total organisk N (TON), total fosfor (TP), opløst reaktivt fosfor (SRP), partikulært fosfor (PP),

[kg ha ⁻¹ år ⁻¹]	År 1 (2023)		År 2 (2024)	
	Belastning	Retention	Belastning	Retention
TN	20,9	6,5 (31%)	16,7	6,8 (40%)
$\text{NO}_3\text{-N}+\text{NO}_2\text{-N}$	7,9	6,6 (83%)	5,7	5,4 (94%)
$\text{NH}_4\text{-N}$	10,6	8,0 (76%)	9,3	9,0 (97%)
TON	2,4	-8,0 (-336%)	1,6	-7,6 (-472%)
TP	0,74	-0,53 (-71%)	0,56	-0,36 (-63%)
SRP	0,59	0,29 (49%)	0,45	0,13 (29%)
PP	0,11	-0,61 (-572%)	0,09	-0,28 (-319%)
SNRP	0,04	-0,21 (-498%)	0,03	-0,21 (-692%)
TOC	43	-144 (-336%)	35	-154 (-447%)
HLR [mm år ⁻¹]	1.924		2.009	

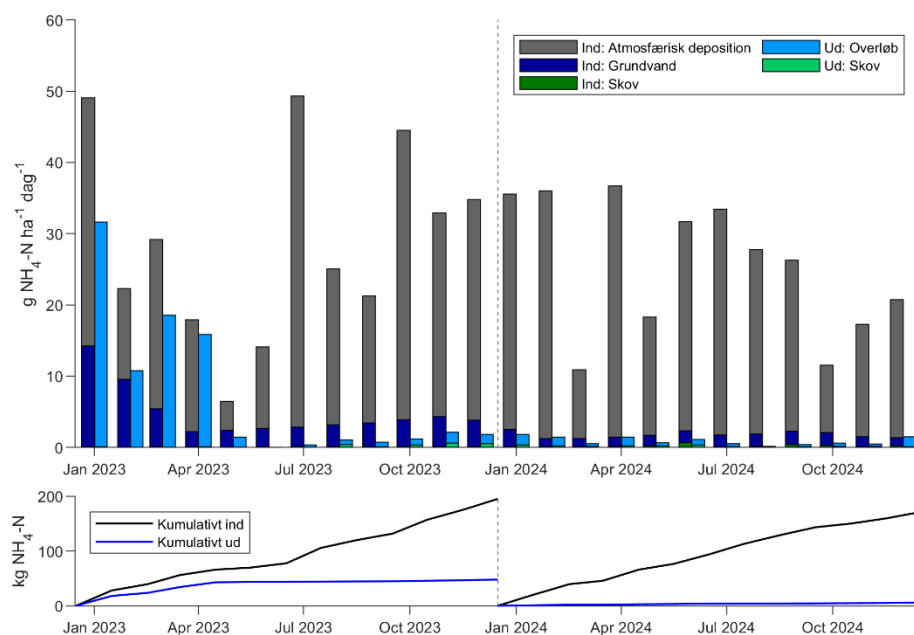
Figur 3.13. Månedlige transporter af total kvælstof i indløb til vådområdet (venstre søjle for hver måned) og udløb fra vådområdet (højre søjle i hver måned) samt kumulative transporter ind og ud af området i de to måleår.



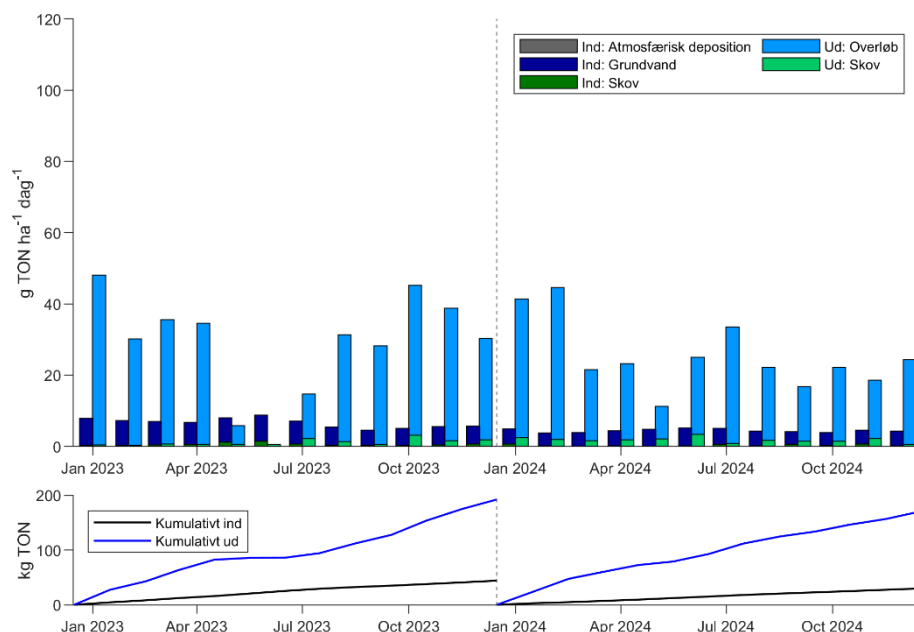
Figur 3.14. Månedlige transporter af nitrat-N ($\text{NO}_3\text{-N}$) i indløb til vådområdet (venstre søjle for hver måned) og udløb fra vådområdet (højre søjle i hver måned) samt kumulative transporter ind og ud af området i de to måleår.



Figur 3.15. Månedlige transporter af ammonium-N ($\text{NH}_4\text{-N}$) i indløb til vådområdet (venstre søjle for hver måned) og udløb fra vådområdet (højre søjle i hver måned) samt kumulative transporter ind og ud af området i de to måleår.



Figur 3.16. Månedlige transporter af total organisk kvælstof (TON) i indløb til vådområdet (venstre søjle for hver måned) og udløb fra vådområdet (højre søjle i hver måned) samt kumulative transporter ind og ud af området i de to måleår.



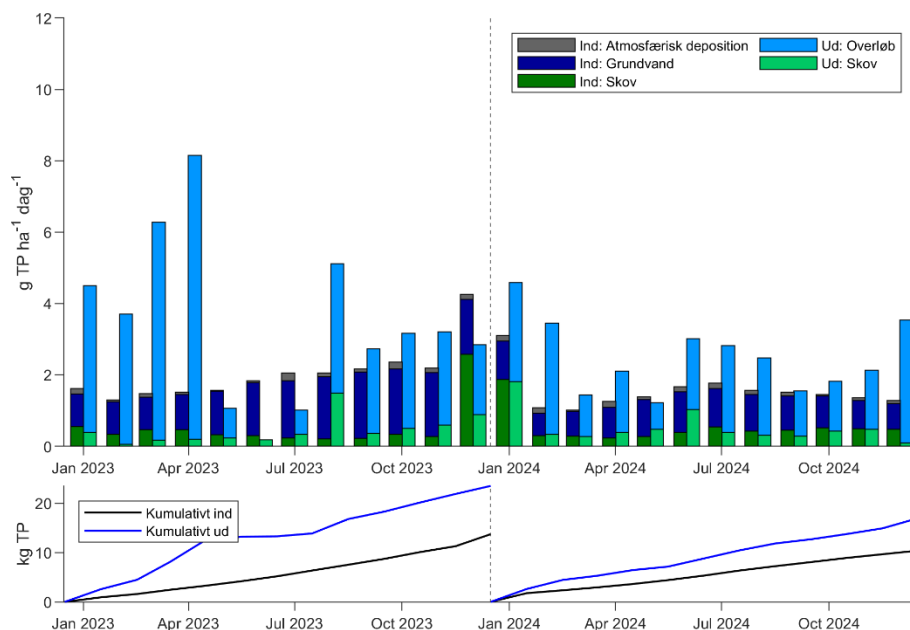
Fosforbelastningen af området bestod hovedsageligt af SRP som blev transporteret til området via grundvand (Figur 3.18). Gennemsnitligt tilbageholdt vådområdet SRP, mens det netto eksporterede PP og SNRP, hvilket samlet resulterede i et nettotab af fosfor i begge måleår fra vådområdet (Tabel 3.1). Det ses dog, at der også for SRP sker forholdsvis store, periodevise frigivelser, især i januar måned (Figur 3.18). Der blev således observeret et nettotab af $0,53 \text{ kg TP ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ i 2023 og $0,36 \text{ kg TP ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ i 2024.

Størstedelen af eksporten af P skete via *Overløb*, mens *Udløb Skov* dog bidrog med en betydeligt større fraktion end det var tilfældet for N (13-21% for TP og 15-34% for PP).

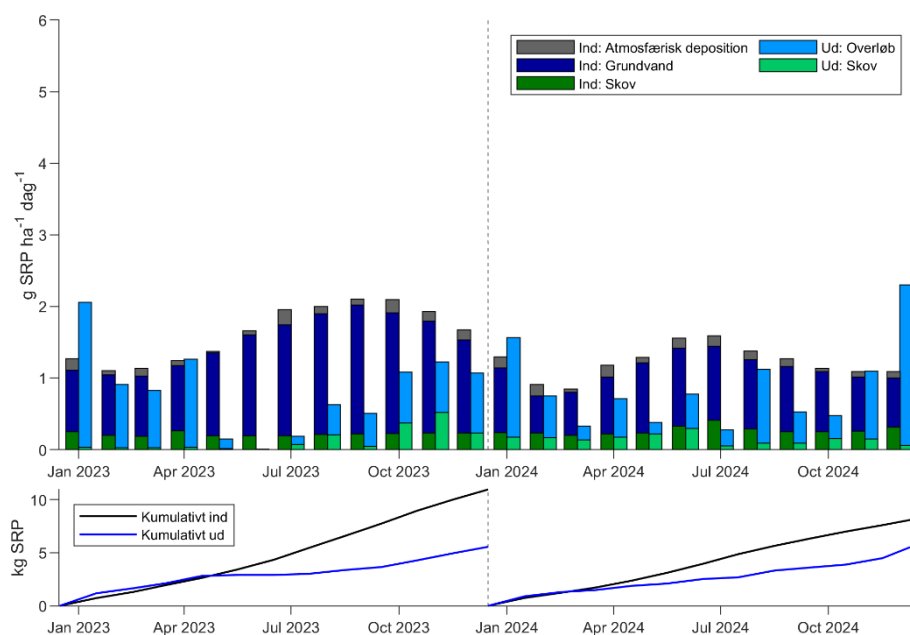
De månedlige balancer for TP viste ikke en tydelig sæsonvariation men svingede mellem frigivelse og tilbageholdelse, hvor de største frigivelser skete i marts og april 2023 (Figur 3.17), styret af store frigivelser af PP (Figur 3.20). For SRP derimod blev der observeret et tydeligt sæsonmønster, hvor tilførslen

af SRP var størst i sommer- og efterårsmånederne (hovedsagelig afspejlende koncentrationer målt i grundvandstilførslen, Figur 3.9), mens der sås en forsinkelse i eksporten, som var størst i vintermånederne (Figur 3.18). Tilbageholdelsen af SRP var dermed størst i sommerperioden faldende mod vinterperioderne, hvor der sås netto-frigivelse i januar måned i begge måleår samt i december 2024.

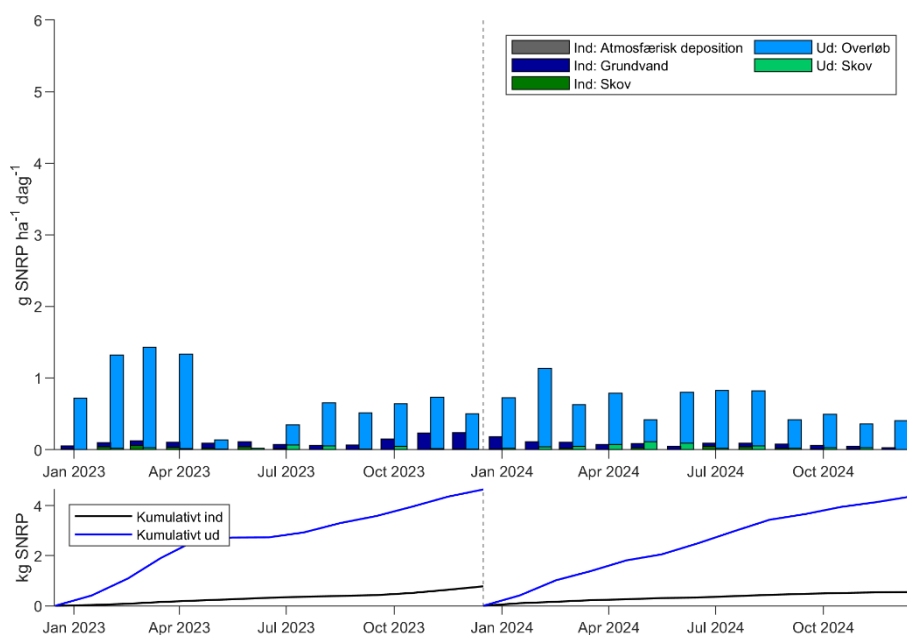
Figur 3.17. Månedlige transporter af total fosfor (TP) i indløb til vådområdet (venstre søjle for hver måned) og udløb fra vådområdet (højre søjle i hver måned) samt kumulative transporter ind og ud af området i de to måleår.



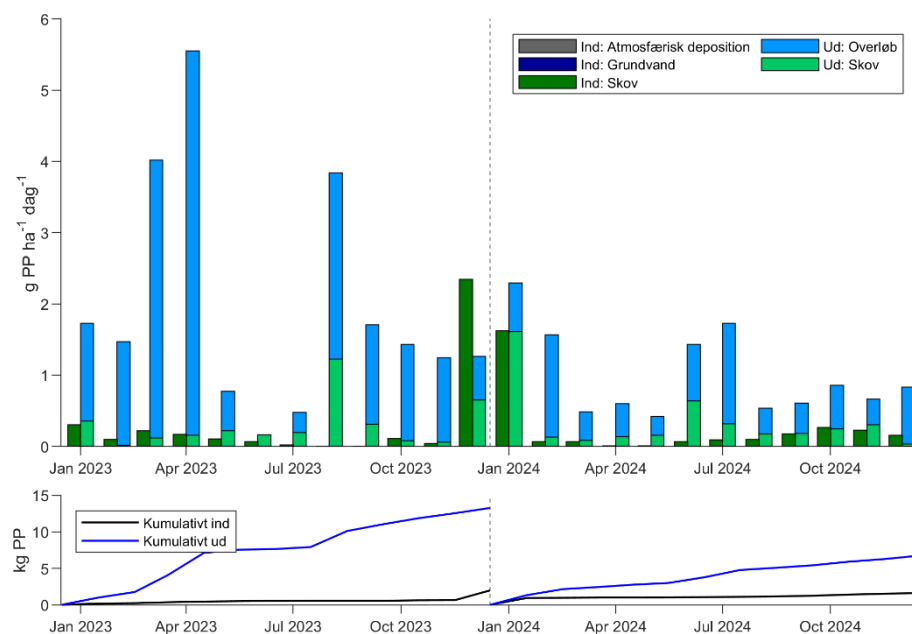
Figur 3.18. Månedlige transporter af opløst reaktivt fosfor (SRP) i indløb til vådområdet (venstre søjle for hver måned) og udløb fra vådområdet (højre søjle i hver måned) samt kumulative transporter ind og ud af området i de to måleår.



Figur 3.19. Månedlige transporter af opløst ikke-reaktivt fosfor (SNRP) i indløb til vådområdet (venstre søjle for hver måned) og udløb fra vådområdet (højre søjle i hver måned) samt kumulative transporter ind og ud af området i de to måleår.

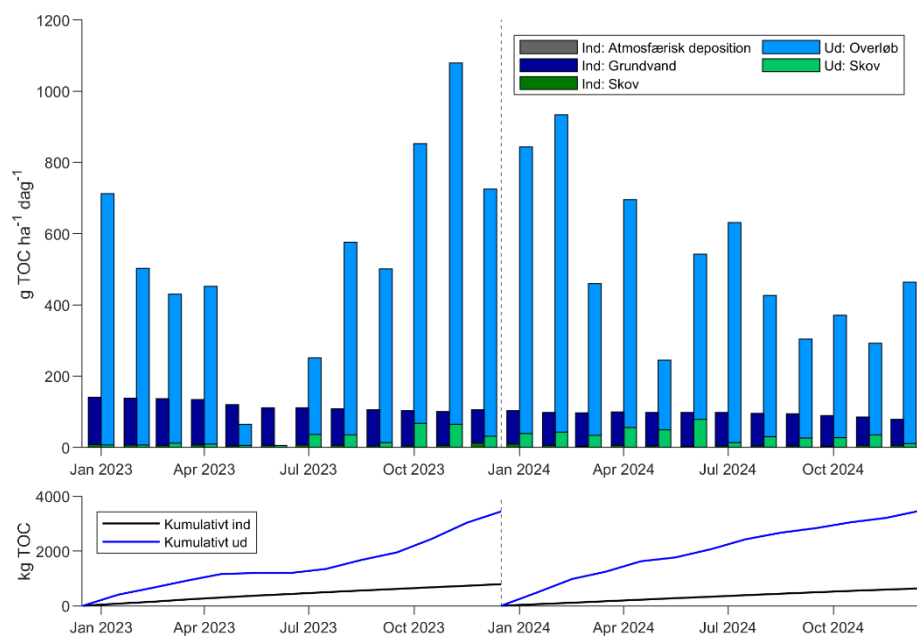


Figur 3.20. Månedlige transporter af partikulært fosfor (PP) i indløb til vådområdet (venstre søjle for hver måned) og udløb fra vådområdet (højre søjle i hver måned) samt kumulative transporter ind og ud af området i de to måleår.



Både belastning og tab af TOC var ensartet i begge måleår (Tabel 3.1), hvor belastningen hovedsageligt stammede fra grundvand (95%) og tabet hovedsageligt skete via *Overløb* (93-95 (Figur 3.21). Som for TON sås de største eksporter af TOC i vintermånederne mens frigivelsen var betydeligt mindre i sommerperioden og der endda sås en netto tilbageholdelse i maj og juni 2023.

Figur 3.21. Månedlige transporter af total organisk kulstof (TOC) i indløb til vådområdet (venstre søjle for hver måned) og udløb fra vådområdet (højre søjle i hver måned) samt kumulative transporter ind og ud af området i de to måleår.



4 Diskussion

4.1 Hydrologi

Moniteringen af vådområdet ved Runkenbjerg omfattede målinger af vandføring ved overfladiske ind- og udløb samt i Sogneskelsgrøften op- og nedstrøms for vådområdet. Regelmæssig stuvning og fortsat grødeskæring i vandløbet forhindrede dog opstilling af brugbare QH-relationer for vandløbsstationerne som var nødvendige for at beregne udløb fra vådområdet direkte ud fra målinger. Ligeledes var der ingen vandløbsstationer i den umiddelbare nærhed, som var anvendelige til opstilling af en tilfredsstillende QQ-relation. I stedet blev der opstillet en lineær reservoirmodel, som i tilfredsstillende grad kunne beskrive forskellen mellem de målte vandføringer ved de to vandløbsstationer og dermed estimere vådområdets afstrømning. Som en del af denne model indgik grundvandsbidraget til vådområdet, hvilket blev baseret på antagelsen om at dette bidrag var konstant hen over året. Dette indbefatter ligeledes en vis usikkerhed, men den konstante vandføring målt i det grundvandsfødte tilløb, *Indløb skov*, understøtter denne antagelse.

De månedlige vandbalancer udviste i enkelte måneder relativt store afvigelser (op til 32 %), hvilket afspejler de usikkerheder, som er forbundet med modelleringen af *Overløb* og især nedbør og fordampning fra DMI's klimagrid. Disse data repræsenterer et betydeligt større geografisk område end selve projektarealet og indgår i vandbalancen to gange, da de både anvendes til beregning af nettonedbør på selve projektarealet, men også som input til det lineære reservoir. Derudover er der også usikkerheder knyttet til beregningen af magasinændringen i projektarealets sediment (ΔS), hvor modellen forudsætter en ensartet S_y i hele projektarealet, mens denne i praksis varierer over arealet, både horisontalt og vertikalt. På årsbasis reduceres vandbalancefejlen til i gennemsnit 1%. Idet overløb og indstrømmende grundvand er kalibrede størrelser, er dette ikke overraskende og viser i overvejende grad blot, at den samlede ændring i magasinet henover monitoringsperioden er minimal.

Begge måleår var relativt vådere end 10-års-gennemsnittet (hhv. 25% og 33%), og nedbør var den dominerende faktor af den hydrauliske belastning (HLR) på området i de to år (70% af HLR). I mere gennemsnitlige år, vil HLR fra nedbør og grundvand være mere ligeligt fordelt.

De målte og beregnede hydrauliske belastninger på vådområdet indikerer, at grundvandsoplandet til området er større end det topografiske opland. Omregnes de to hydrauliske belastninger (1.924 og 2.009 mm år⁻¹) til nettonedbør fordelt på det direkte opland (8,78 ha) og selve vådområdet (18,42 ha), fås nettonedbør i de to måleår på hhv. 1.303 og 1.361 mm år⁻¹, hvilket svarer til hele 96-97% af den målte bruttonedbør på området. Antages det i stedet, at nettonedbøren udgør 50% af bruttonedbøren, vil det direkte opland til vådområdet skulle udgøre ca. 34 ha i stedet for de 8,78 ha, som det topografiske opland indikerer. Denne markante forskel kan dels skyldes generelle usikkerheder i vandbalancen, dels at der ikke er sammenfald mellem grundvandsoplandet og det topografiske opland.

En nærliggende forklaring er, at grundvandsoplandet er forskudt mod nord-vest, således at der tilføres grundvand fra oplandet til Sogneskelsgrøften (Figur 2.1). Beregnes nettonedbøren tilsvarende for det topografiske opland til

Sogneskelsgrøften (73 ha), opnås dog endnu højere værdier på hhv. 1.845 og 2.134 mm år⁻¹ i de to måleår. Dette indikerer at både vandløbsoplandet og vådområdets direkte opland "stjæler" grundvand på større skala fra et regionalt grundvandsmagasin.

I monitoringsperioden blev der fortsat foretaget grødeskæring i Sogneskelsgrøften, hvilket medførte større usikkerheder i vandføringsmålinger, men også modarbejdede genoprettelsen af naturlig hydrologi. Da vandstanden i Sogneskelsgrøften holdes lav, opretholdes en ensrettet afstrømning fra vådområdet mod vandløbet. Dermed reduceres sandsynligheden for oversvømmelse med vandløbsvand, og det potentielle bidrag til kvælstoffjernelse fra vandløbsoplandet udebliver.

4.2 Næringsstoffer

Mens de stofbalancer var forholdsvis ens i de to år, sås der betydelige årstidsvariationer i koncentrationer og transporter for en række næringsstoffer.

Koncentrationer af TN, NO₃-N og TON var højst i sommerperioderne (Figur 3.4, 3.5 og 3.7), og kan afspejle hhv. øget nitrifikation og øget biomassevækst i vandfasen som følge af de højere temperaturer. Da afstrømningen fulgte det modsatte mønster og var størst i vinterperioden (Figur 3.3), er de sæsonmæssige variationer næsten udvisket i de månedlige transporter (Figur 3.13, 3.14 og 3.16). For TON sås dog en betydeligt større netto-eksport i vintermånederne, hvor den større afstrømning overskygger de lavere koncentrationer i denne periode. Årstidsvariationen i TON tyder på, at en stor del af det tilbageholdte uorganiske kvælstof optages i biomasse i sommerhalvåret og delvist frigives igen som organisk kvælstof i vinterhalvåret. Da den årlige tilbageholdelse af TN udgør 31-40 %, kan denne interne recirkulering ikke alene forklare kvælstofbalancen. En del af kvælstoffet må derfor fjernes ved denitrifikation eller ophobes mere permanent i biomasse og organiske sedimenter (Tørveopbygning). Koncentrationerne af NH₄-N i grundvand var højere i de første måneder af monitoringsperioden (januar 2023) end i den resterende del, og koncentrationerne af NO₃-N var betydeligt højere i sommeren 2023 end den efterfølgende sommer, hvilket afspejler en år-til-år variation, som dog ikke slår tydeligt igennem på de samlede stofbalancer. I *Indløb skov* ses betydeligt højere koncentrationer af NO₃-N i sommerperioderne, hvilket kan indikere en øget dybde til redox-grænsen og dermed en mindsket denitrifikation i indløbets opland (Figur 3.5). Koncentrationerne af NH₄-N i grundvand og *Overløb* var betydeligt højere i vinteren 2023 end i hele den følgende periode (Figur 3.6), hvilket kan være et resultat af det tørrere foregående år. I det tørre år 2022 kan mineraliseret N have ophobet sig, hvorefter det blev mobiliseret af en større gennemstrømning i starten af 2023. Idet NH₄-N-koncentrationerne i starten af 2023 var høje i både ind- og udløb, havde det kun en meget lille betydning for den årlige netto-balance (Tabel 3.1).

For SRP blev der observeret en tydelig sæsonvariation, hvor den største nettotilbageholdelse fandt sted i sommermånederne. Dette skete parallelt med stigende koncentrationer af TON (Figur 3.7) og TOC (Figur 3.12) i udløbene, hvilket indikerer, at en betydelig del af SRP blev optaget og omsat til biomasse. I de månedlige koncentrationer og transporter blev mønstret for SRP overskygget af de relativt store mængder PP, som blev tilført via *Indløb Skov* i vinteren 2023/24 samt af periodevise høje koncentrationer og store transporter via udløbene (Figur 3.8, 3.11, 3.17 og 3.20). Den stokastiske fordeling af PP-eksport indikerer erosionsbaseret transport, som kan skyldes snesmeltning,

stor nedbørsintensitet, eller cykliske skift mellem tørre og våde forhold (Majdalani et al., 2008). Sidstnævnte kan være forklaringen på den større eksport af PP i den tørre sommer 2023, end i den mere konstant våde sommer 2024 (Figur 3.20).

Koncentrationer og eksport af TOC følger stort set koncentrationer og eksport af TON helt parallelt (Figur 3.7, 3.12, 3.16 og 3.21). Udløbskoncentrationerne var størst om sommeren, hvilket sammen med forhøjede koncentrationer af TON og lavere koncentration af SRP indikerer optag i biomasse. De forhøjede koncentrationer i TOC i sommerperioden kan ligeledes skyldes at vandet løber som overfladevand gennem vegetationsdækket og fra sensommeren og frem tilføres nyt henfaldende plantemateriale som løbende opfanges af overfladevandet både i *Overløb* og *Udløb Skov* med toppe sidst på sommeren og hen på efteråret. Pga. den lave sommerafstrømning resulterede de forhøjede koncentrationer dog ikke i øget eksport, som derfor var størst i vintermånederne (Figur 3.21).

Da den nærværende monitoring begrænser sig til en to-årig periode, der begyndte fem år efter vådlægningen af arealet, er det ikke muligt at sammenligne vand- og stofbalancer før og efter vådlægningen. Derimod kan de målte fjernelser af N og tab af P sammenholdes med de værdier, som blev estimeret i den tekniske forundersøgelse (TFU, Møller & Bang, 2015) af området.

I den tekniske forundersøgelse af området blev den relative kvælstoffjernelse anslået til 50%. På grund af et meget lille topografiske opland (6,01 ha) og en lav dyrkningsgrad i det direkte opland (18%) blev den absolutte kvælstoffjernelse estimeret til kun 0,8 kg N ha⁻¹ år⁻¹. De beregnede vand- og stofbalancer viste imidlertid en betydeligt højere grundvandstilførsel og samlet N-belastning, hvilket førte til en større absolut fjernelse (hhv. 6,5 og 6,8 kg N ha⁻¹ år⁻¹ i de to måleår), men en lavere relativ fjernelse (hhv. 31% og 40% i de to måleår).

Det er vigtigt at bemærke, at kvælstofregnearket, som er anvendt i beregningerne i planlægningen af vådområdet i Møller og Bang, 2015, er udviklet til anvendelse ved planlægning af vådområder med væsentligt større direkte opland. Regnearket inkluderer derfor ikke N-belastning fra atmosfærisk deposition. Da det direkte opland til vådområdet ved Runkenbjerg er meget lille, får den atmosfæriske tilførsel relativt større betydning og udgør her den væsentligste kvælstofkilde til vådområdet (64-77%).

Anvendes den nyeste P-risikoanalyse (Hoffmann et al., 2023), som benyttes i TFU, estimeres det årlige P-tab efter vådlægning til 1,62 kg TP ha⁻¹. Til sammenligning blev de målte tab opgjort til hhv. 0,53 og 0,36 kg TP ha⁻¹ år⁻¹ i de to måleår. Størstedelen af nettotabet fra vådområdet forekom dog som PP, mens der blev observeret en varierende frigivelse og tilbageholdelse af SRP, hvilket samlet set resulterer i en netto-tilbageholdelse af SRP.

I begge måleår sås betydelige vandbårne tab af TOC på henholdsvis 144 og 154 kg ha⁻¹ år⁻¹. I forhold til de estimerede atmosfæriske tab før vådlægning på 5.840 kg C ha⁻¹ år⁻¹ (Møller & Bang, 2015), er disse vandbårne tab meget små. Det skal bemærkes, at de målte koncentrationer af TON og TOC i grundvandstilførslen var overraskende høje (Figur 3.7 og 3.12), hvilket indikerer at grundvandet allerede inden det når frem til piezometerrør i skræntfoden til vådområdet har haft betydelig kontakt med organiske aflejringer – enten fordi udbredelsen af vådområdesedimenter strækker sig ind i skræntfoden, eller pga. organisk materiale i skovbunden i oplandet. Hvis disse høje koncentra-

tioner skyldes påvirkning fra organiske sedimenter i selve vådområdet, kan det medføre en underestimering af tabene af TON og TOC fra vådområdet. Tilsvarende kan nitrat i grundvandet allerede være delvist fjernet af vådområdets sedimenter, hvilket kan føre til en underestimering af den nitratfjernelse, der kan tilskrives vådområdet.

Samlet set dokumenterer monitoringen en N-tilbageholdelse på 31-40% i de to måleår, samt en tilbageholdelse af SRP med samtidig frigivelse af PP, SNRP og TOC ved vådlægning af en drænet landbrugsjord nogle år efter restaureringen af vådområdet. Monitoringen dokumenterer vigtigheden af lokale målinger af nedbør og fordampning, især i et område som Runkenbjerg, hvor vandbalancen er domineret af nedbør. Ligeledes dokumenteres de store usikkerheder, som kan være forbundet med vandføringsmålinger i lavgradientsarealer med grødeskæring og stuvning, samt bestemmelse af det direkte opland, især for områder, som ligger tæt på grundvandsskel.

5 Konklusion

Moniteringen af det vådlagte lavbundsareal ved Runkenbjerg i perioden 2023-2024 viser, at området står for en netto-tilbageholdelse af kvælstof, idet ca. 35 ± 7 % af den tilførte totale kvælstofmængde tilbageholdes, svarende til ca. $6,6 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$. I opgørelsesperioden modtog området hovedparten af vandbidraget og næringsstoffer via nedbør og atmosfærisk deposition. De to opgjorte år var særdeles våde og under mere gennemsnitlige forhold vil vandbidraget fra nedbør og grundvand være mere ligeligt fordelt. Den tilførte mængde uorganisk kvælstof tilbageholdes i vækstsæsonen gennem optag i vegetationen, mens en del efterfølgende frigives som organisk bundet kvælstof i vinterhalvåret. Resultaterne viser dog samtidig, at en betydelig del af kvælstoffet fjernes mere permanent gennem denitrifikation og akkumulering i organiske sedimenter.

For fosfor blev der registreret et nettotab i begge måleår, hovedsageligt i form af partikulært fosfor, hvilket sandsynligvis skyldes erosionsrelateret transport. Samtidig blev der observeret en nettotilbageholdelse af SRP, især i sommermånederne, hvor fosfor optages i den voksende biomasse. Vådområdet fungerede desuden som en kilde til organisk kulstof, og eksporten af organisk kulstof fulgte samme sæsonmæssige mønster som eksporten af organisk bundet kvælstof.

Resultaterne understreger, at stofomsætningen i området i høj grad styres af samspillet mellem hydrologi, vegetation og biogeokemiske processer. Vandbalancen indikerer en grundvandstilførsel, som er større end det topografiske opland umiddelbart tilsiger, mens den fortsatte grødeskæring i Sogneskelsgrøften reducerer hyppigheden og varigheden af oversvømmelser og dermed potentialet for yderligere kvælstoffjernelse.

Undersøgelsen dokumenterer, at vådlægning af kulstofrige lavbundsjorder kan bidrage til reduktion af kvælstoftransporten fra landskabet gennem både midlertidig retention i biomasse og permanent fjernelse af kvælstof. Det dokumenteres dog samtidig at denne fjernelse ikke er af kvantitativt stor betydning når oplandet til lavbundsarealet er lille og kvælstofbelastningen er lav. Samtidig viser resultaterne, at sådanne vådområder kan fungere som kilder til partikulært fosfor og organisk stof, hvilket bør indgå i vurderingen af de samlede miljøeffekter ved vådlægning af kulstofholdige lavbundsarealer.

6 Referencer

- Andersen, J.M. 1976. An ignition method for determination of total phosphorus in lake sediments. *Water Res.* 0, 329–331.
- Auken, E., Foged, N., Larsen, J.J., Lassen, K.V.T., Maurya, P.K., Dath, S.M., and Eiskjær, T.T. (2019), tTEM – A towed transient electromagnetic system for detailed 3D imaging of the top 70 m of the subsurface, *GEOPHYSICS*, 84(1), E13-E22, doi: 10.1190/geo2018-0355.1.
- Auken, E., et al. (2015), An overview of a highly versatile forward and stable inverse algorithm for airborne, ground-based and borehole electromagnetic and electric data, *Exploration Geophysics*, 46(3), 223-235, doi: 10.1071/EG13097.
- Ellermann, T., Bossi, R., Christensen, J., Løfstrøm, P., Monies, C., Grundahl, L., and Geels, C. (2015), *Atmosfærisk deposition 2014 NOVANA*, 88 pp, Aarhus University, DCE – Danish Centre of Environment and Energy.
- Ellermann, T., Bossi, R., Sørensen, M.O.B., Christensen, J., Lansø, A.S., Monies, C., and Poulsen, M.B. (2024), *Atmosfærisk deposition 2023 NOVANA*, 68 pp, Aarhus University, DCE – Danish Centre of Environment and Energy.
- Hoffmann, C.C., Kronvang, B., Andersen, H.E., Petersen, R.J., Larsen, S.E., Tornbjerg, H., Kjeldgaard, A., Jensen, H.S., Kolath, T., and Kjærgaard, C. (2023), *Kvantificering af fosfortab fra vådområder og lavvandede søer*, 49 pp, Aarhus University, DCE.
- Kirkegaard, C., Andersen, K., Boesen, T., Christiansen, A.V., Auken, E., and Fiandaca, G. (2015), Utilizing massively parallel co-processors in the AarhusInv 1D forward and inverse AEM modelling code, *ASEG Extended Abstracts*, 2015(1), 1-3, doi: 10.1071/ASEG2015ab125.
- Lookman, R., Vandeweert, N., Merckx, R., and Vlassak, K. (1995), Geostatistical assessment of the regional distribution of phosphate sorption capacity parameters (FeOX and AlOX) in northern Belgium, *Geoderma*, 66(3), 285-296, doi: 10.1016/0016-7061(94)00084-N.
- Majdalani, S., Michel, E., Di-Pietro, L., and Angulo-Jaramillo, R. (2008), Effects of wetting and drying cycles on in situ soil particle mobilization, *European Journal of Soil Science*, 59(2), 147-155, doi: 10.1111/j.1365-2389.2007.00964.x.
- Møller, K.D., and Bang, R. (2015), *Lavbundsprojekt ved Runkenbjerg*, Teknisk Forundersøgelse, 39 pp, Alectia, Naturstyrelsen, Miljøministeriet.
- Poulsen, M.B., Ellermann, T., Bossi, R., Sørensen, M.O.B., Christensen, J., Lansø, A.S., and Monies, C. (2025), *Atmosfærisk deposition 2024 NOVANA*, 59 pp, Aarhus University, DCE – Danish Centre of Environment and Energy.
- Schoumans, O.F., and Chardon, W.J. (2015), Phosphate saturation degree and accumulation of phosphate in various soil types in The Netherlands, *Geoderma*, 237-238, 325-335, doi: 10.1016/j.geoderma.2014.08.015.

Schoumans, O.F., Breeuwsma, A.W., and de Vries, W. (1987), Use of soil survey information for assessing the phosphate sorption capacity of heavily manured soils, paper presented at International Conference on Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants, Noordwijk aan Zee, The Netherlands.

Troels-Smith, J. (1955), Karakterisering af løse jordarter, Danmarks Geologiske Undersøgelse IV. Række, 3(10), 1-73, doi: 10.34194/raekke4.v3.6989.

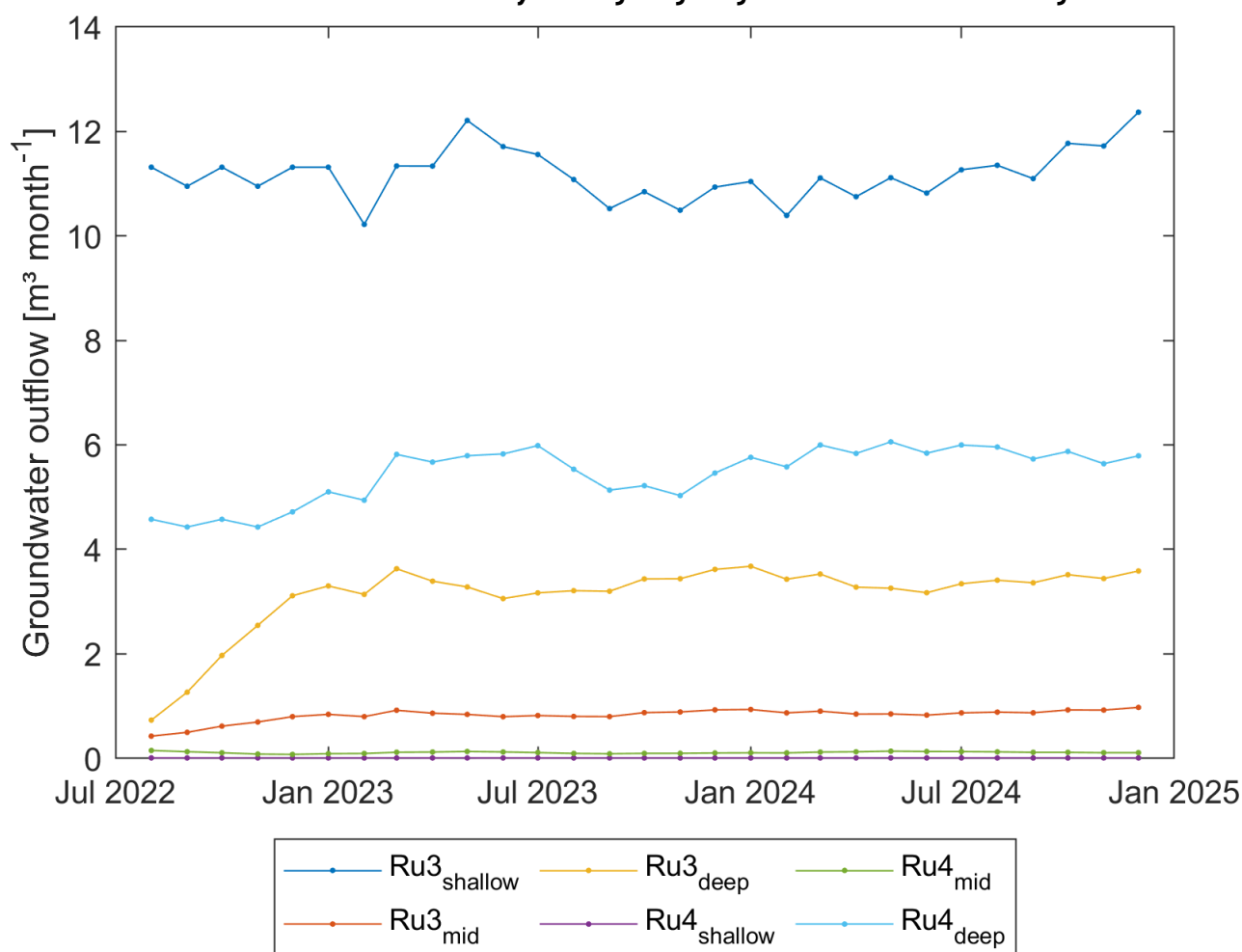
Viezzoli, A., Christiansen, A.V., Auken, E., and Sørensen, K. (2008), Quasi-3D modeling of airborne TEM data by spatially constrained inversion, *GEOPHYSICS*, 73(3), F105-F113, doi: 10.1190/1.2895521.

Vignoli, G., Fiandaca, G., Christiansen, A.V., Kirkegaard, C., and Auken, E. (2015), Sharp spatially constrained inversion with applications to transient electromagnetic data, *Geophysical Prospecting*, 63(1), 243-255, doi: 10.1111/1365-2478.12185.

von Post, L. (1922), Sveriges Geologiska Undersöknings torvinventering och några av dess hittills vunna resultat.

7 Bilag

7.1 Darcy-beregning af grundvandsudstrømning



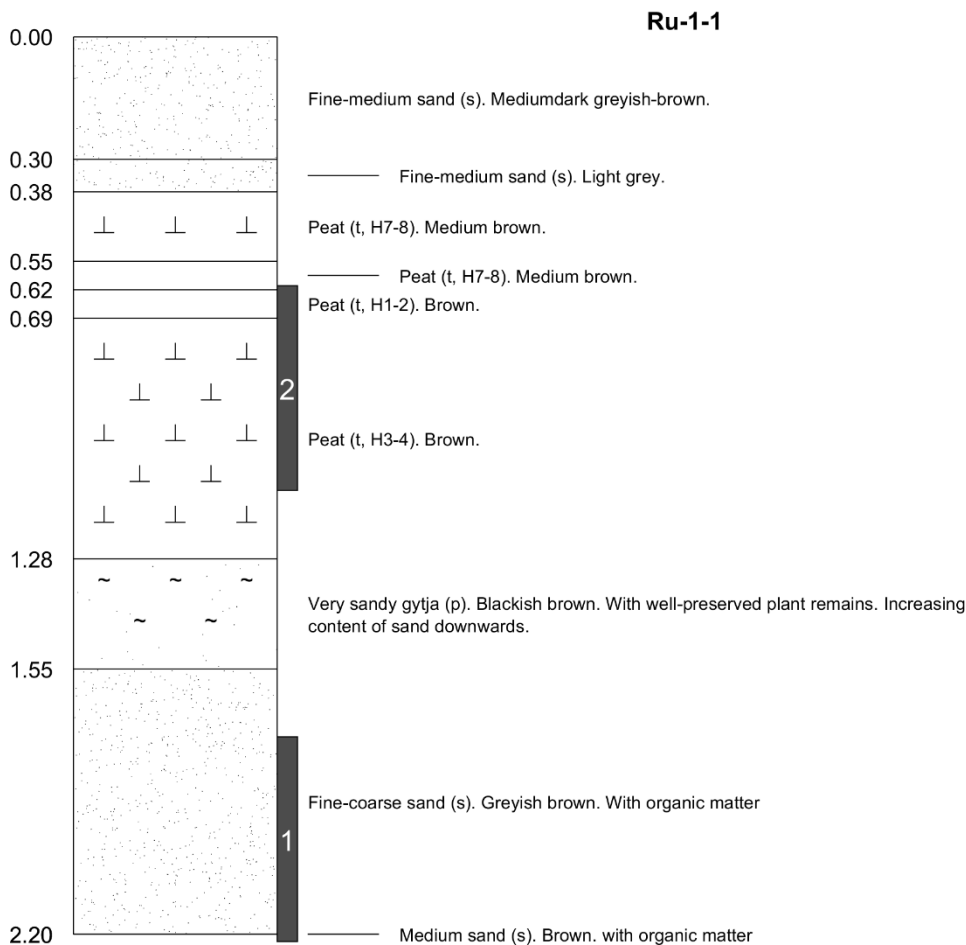
Figur 7.1. Beregnet grundvandsudstrømning (Darcy) til Sogneskelsgrøften fra projektarealet. Se detaljer for beregning i Tabel 7.1

Tabel 7.1. Data for Darcy-beregning af grundvandsudstrømning fra projektarealet. Bredde = strækningen langs sogneskelsgrøften, som Darcy-beregningen repræsenterer. K = Hydraulisk ledningsevne. dX = afstand mellem piezometerrør. dH_{avg} = gennemsnitlig forskel i hydraulisk potentiale. Q_{avg} = gennemsnitlig udstømning.

Lag	Piezo-meter 1	Piezo-meter 2	Lagets bundkote [m]	Tykkelse ved fuld Vandmætning [m]	Bredde [m]	K [m s^{-1}]	dX [m]	dH_{avg} [m]	Q_{avg} [mm år^{-1}]
Ru3 _{shallow}	Ru-3-3-5	Ru-3-4-5	15,07	0,35	100	2,48e-05	169	0,83	0,73
Ru3 _{mid}	Ru-3-3-4	Ru-3-4-3	13,91	1,16	100	5,87e-07	169	0,78	0,053
Ru3 _{deep}	Ru-3-3-2	Ru-3-4-2	12,26	1,65	100	1,65e-06	169	0,74	0,20
Ru4 _{shallow}	Ru-4-1-3	Ru-4-2-4	14,85	0,60	140	4,05e-09	187	0,81	0,00025
Ru4 _{mid}	Ru-4-1-2	Ru-4-2-3	13,95	0,90	140	7,41e-08	187	0,82	0,0070
Ru4 _{deep}	Ru-4-1-1	Ru-4-2-2	12,34	1,61	140	2,17e-06	188	0,82	0,36

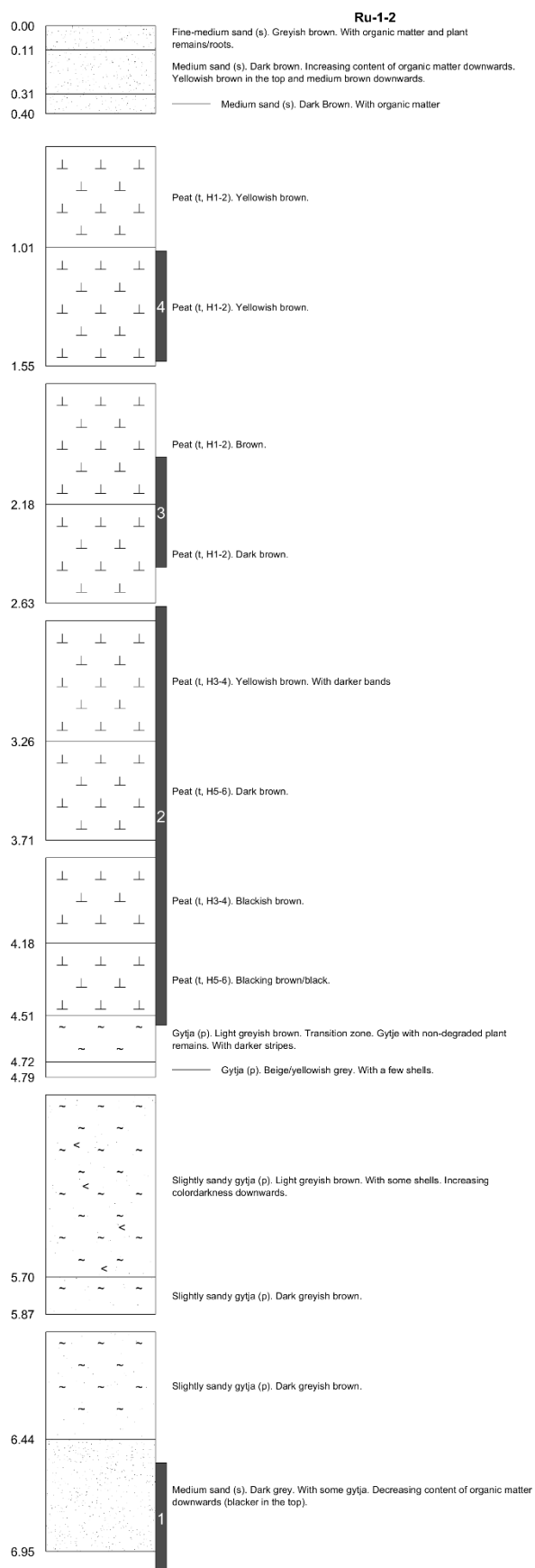
7.2 Boreprofiler

XUTM: 517201
YUTM: 6167259
Elevation: 17.66



Figur 7.2. Boreprofil for boring Ru-1-1 (**Figur 1.1**). For tørv er omsætningsgraden (H) angivet fra 1-10 (*von Post*, 1922), og filtersætningen for piezometerrør er angivet med sorte rektangler.

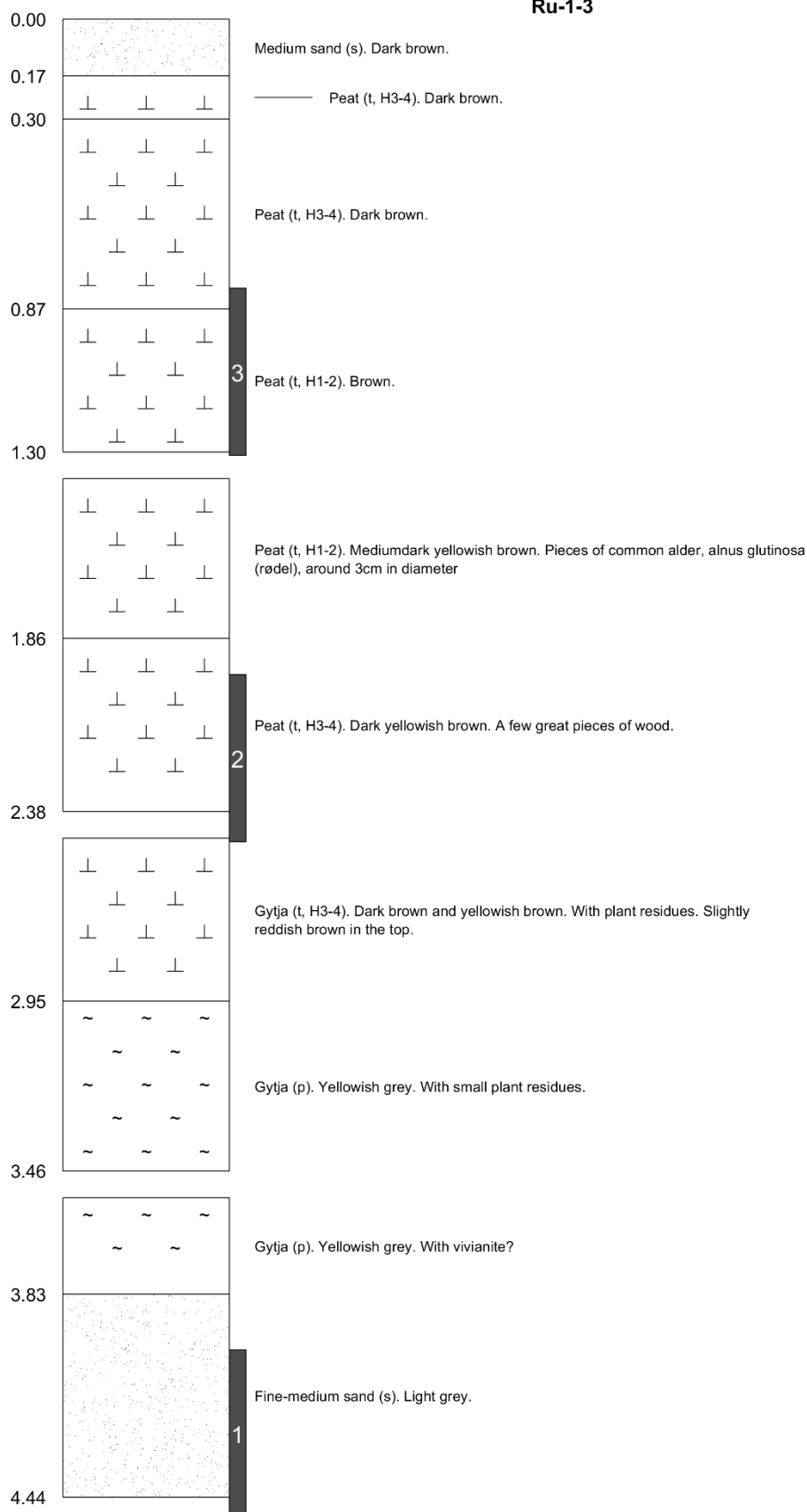
XUTM: 517231
YUTM: 6167248
Elevation: 16.84



Figur 7.3. Boreprofil for boring Ru-1-2 (**Figur 1.1**). For tørv er omsætningsgraden (H) angivet fra 1-10 (*von Post*, 1922), og filtersætningen for piezometerrør er angivet med sorte rektangler.

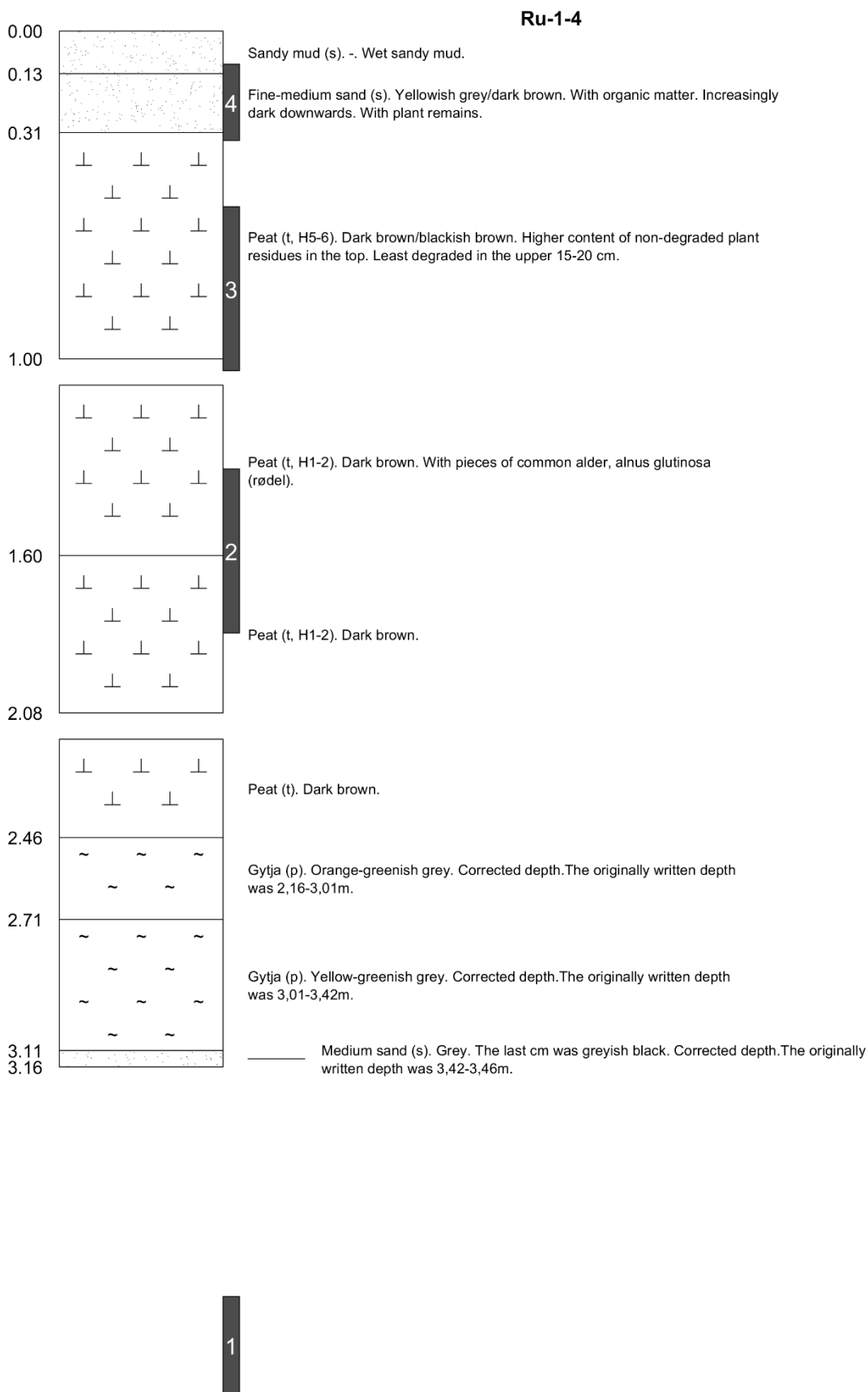
XUTM: 517307
YUTM: 6167235
Elevation: 16.55

Ru-1-3



Figur 7.4. Boreprofil for boring Ru-1-3 (**Figur 1.1**). For tørv er omsætningsgraden (H) angivet fra 1-10 (*von Post*, 1922), og filtersætningen for piezometerrør er angivet med sorte rektangler.

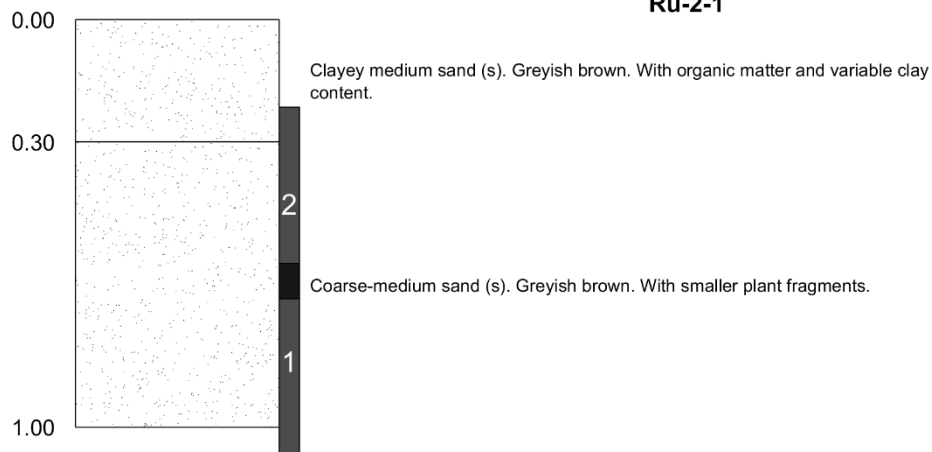
XUTM: 517387
YUTM: 6167229
Elevation: 16.19



Figur 7.5. Boreprofil for boring Ru-1-4 (Figur 1.1). For tørv er omsætningsgraden (H) angivet fra 1-10 (*von Post*, 1922), og filtersætningen for piezometerrør er angivet med sorte rektangler.

XUTM: 517109
YUTM: 6167186
Elevation: 18.67

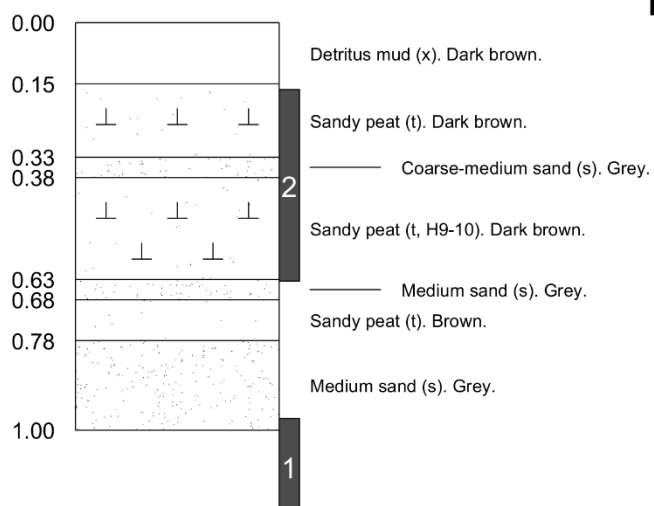
Ru-2-1



Figur 7.6. Boreprofil for boring Ru-2-1 (Figur 1.1). For tørv er omsætningsgraden (H) angivet fra 1-10 (*von Post*, 1922), og filtersætningen for piezometerrør er angivet med sorte rektangler.

XUTM: 517126
YUTM: 6167181
Elevation: 18.11

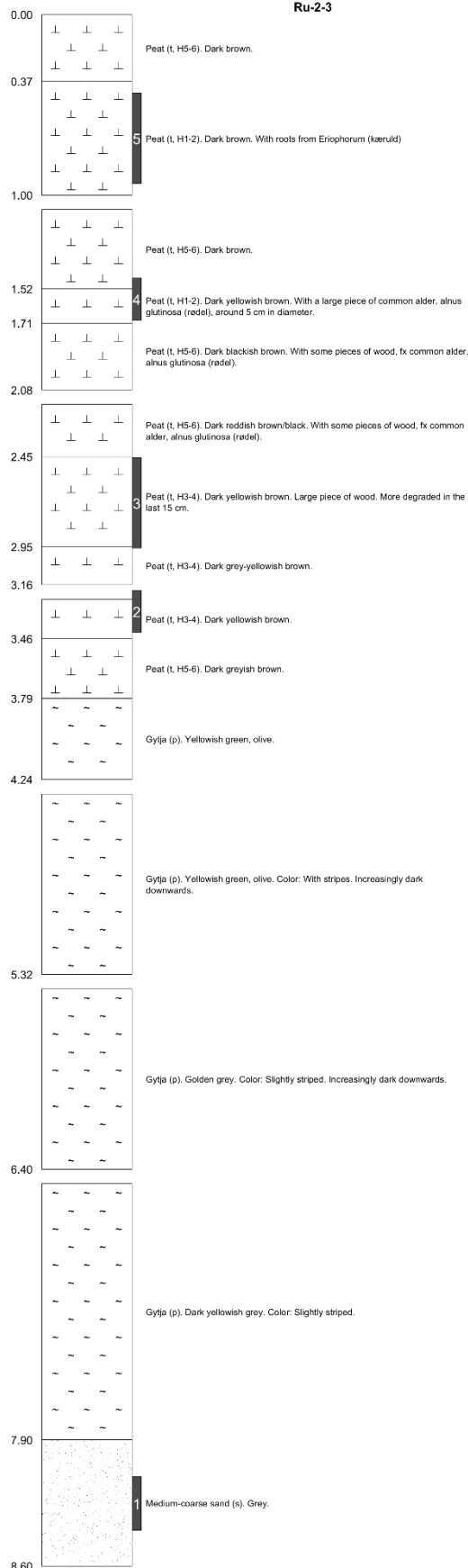
Ru-2-2



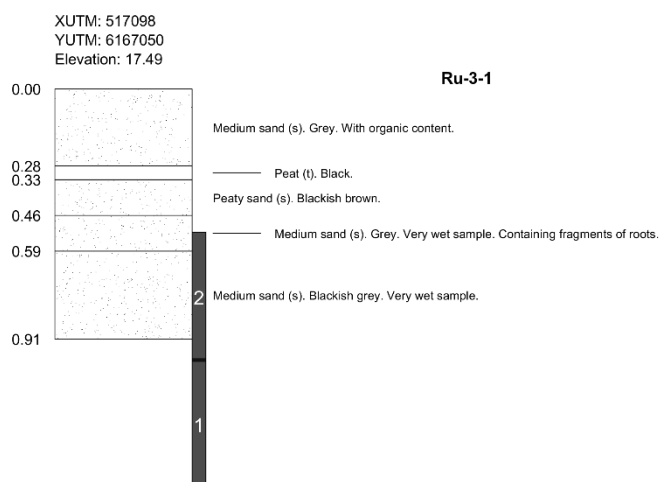
Figur 7.7. Boreprofil for boring Ru-2-2 (Figur 1.1). For tørv er omsætningsgraden (H) angivet fra 1-10 (*von Post*, 1922), og filtersætningen for piezometerrør er angivet med sorte rektangler.

XUTM: 517341
YUTM: 6167093
Elevation: 16.66

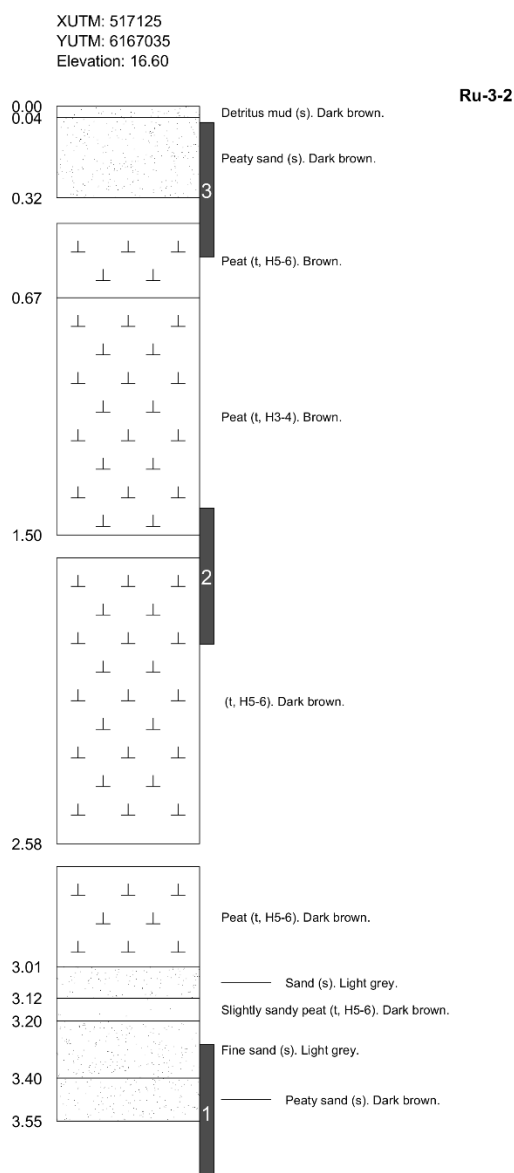
Ru-2-3



Figur 7.8. Boreprofil for boring Ru-2-3 (Figur 1.1). For tørv er omsætningsgraden (H) angivet fra 1-10 (*von Post*, 1922), og filtersætningen for piezometerør er angivet med sorte rektangler.



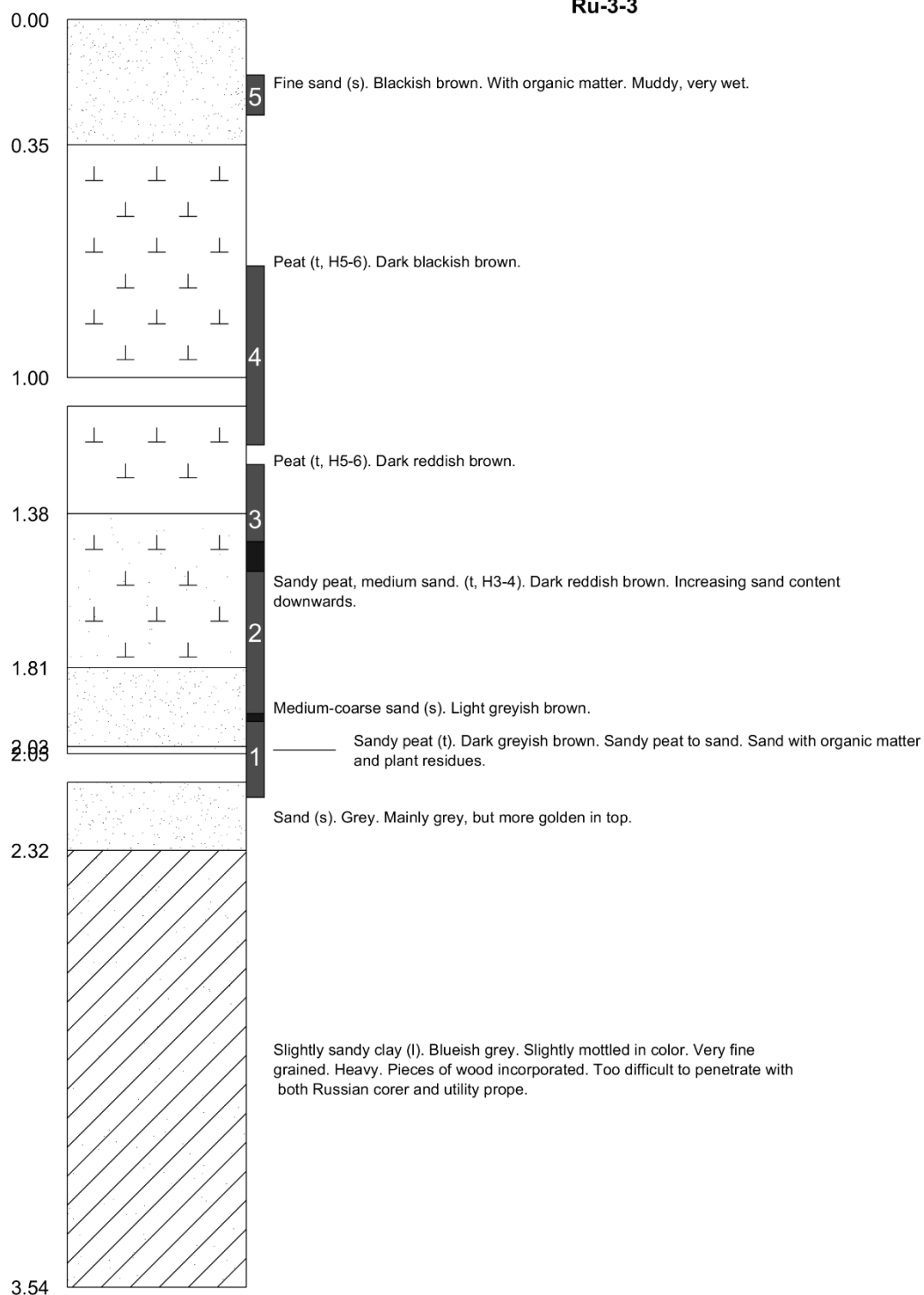
Figur 7.9. Boreprofil for boring Ru-3-1 (Figur 1.1). For tørv er omsætningsgraden (H) angivet fra 1-10 (*von Post*, 1922), og filtersætningen for piezometerrør er angivet med sorte rektangler.



Figur 7.10. Boreprofil for boring Ru-3-2 (Figur 1.1). For tørv er omsætningsgraden (H) angivet fra 1-10 (*von Post*, 1922), og filtersætningen for piezometerrør er angivet med sorte rektangler.

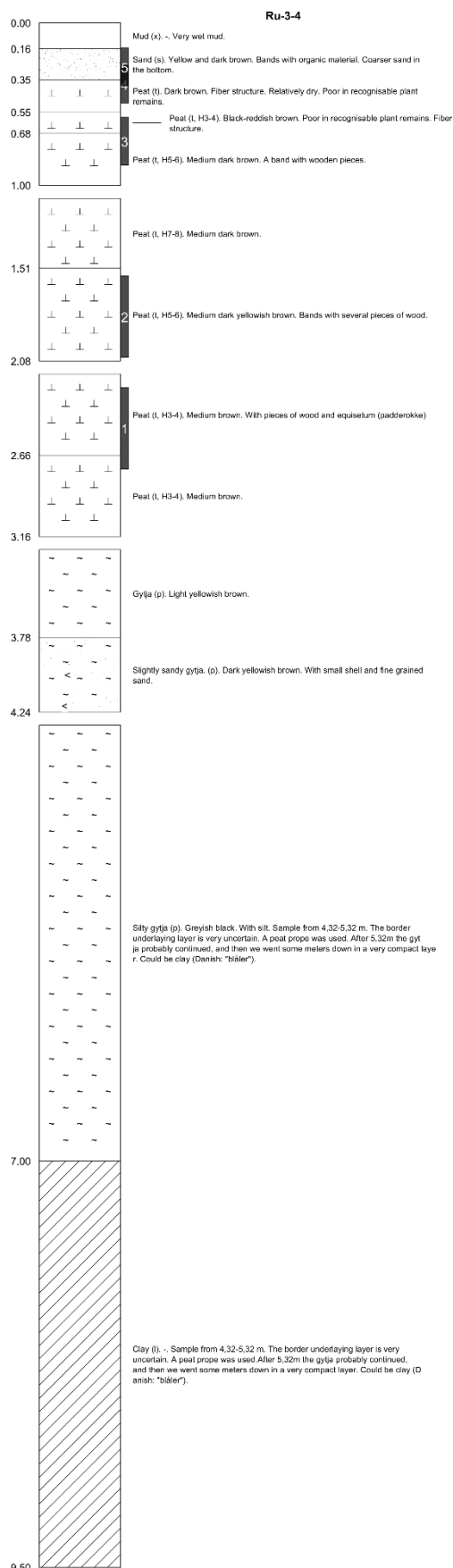
XUTM: 517297
YUTM: 6166990
Elevation: 16.56

Ru-3-3



Figur 7.11. Boreprofil for boring Ru-3-3 (Figur 1.1). For tørv er omsætningsgraden (H) angivet fra 1-10 (von Post, 1922), og filtersætningen for piezometerrør er angivet med sorte rektangler.

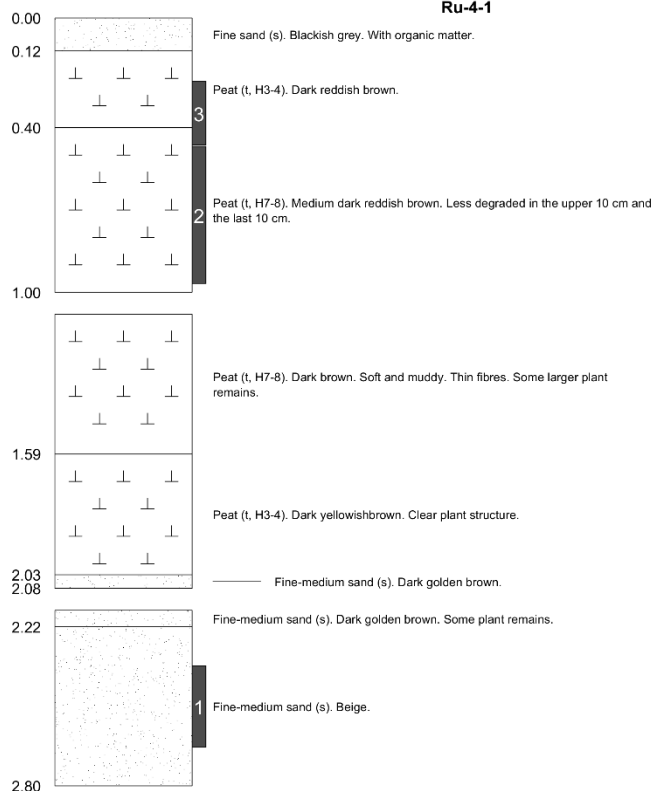
XUTM: 517448
YUTM: 6166915
Elevation: 15.49



Figur 7.12. Boreprofil for boring Ru-3-4 (Figur 1.1). For tørv er omsætningsgraden (H) angivet fra 1-10 (*von Post*, 1922), og filtersætningen for piezometerrør er angivet med sorte rektangler.

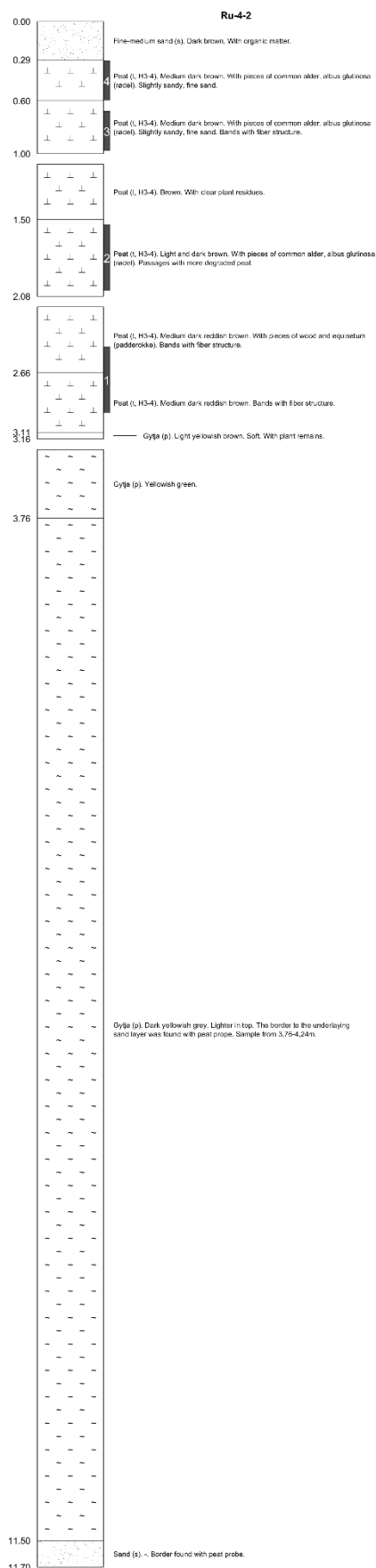
XUTM: 517242
YUTM: 6166916
Elevation: 16.27

Ru-4-1



Figur 7.13. Boreprofil for boring Ru-4-1 (Figur 1.1). For tørv er omsætningsgraden (H) angivet fra 1-10 (*von Post*, 1922), og filtersætningen for piezometerrør er angivet med sorte rektangler.

XUTM: 517415
YUTM: 6166842
Elevation: 15.42



Figur 7.14. Boreprofil for boring Ru-4-2 (Figur 1.1). For tørv er omsætningsgraden (H) angivet fra 1-10 (*von Post*, 1922), og filtersætningen for piezometerrør er angivet med sorte rektangler.

7.3 Månedlige vandbalancer

Tabel 7.2. Månedlig vandbalance for projektarealet ved Runkenbjerg opdelt i tilførsel fra grundvand, nedbør, overfladetilløb fra skoven ved arealets nordlige grænse (*Skov*), samt frigivelse fra arealets tørvemagasin. Udløbene er ligeledes opdelt i det overfladiske overløb til Sogneskelsgrøften langs arealets østlige grænse (*Overløb*), referenceevapotranspiration (E_0), overfladisk afløb via området nordøstlige grænse (*Skov*), samt opfyldning af arealets tørvemagasin.

L s ⁻¹	Indløb				Udløb			
	Grundvand	Nedbør	Skov	Frigivelse fra magasin	Overløb	E_0	Skov	Opfyldning af magasin
jan-2023	2,63	11,23	0,88	0,01	14,23	0,50	0,20	0,00
feb-2023	2,63	4,10	0,80	0,00	9,35	1,21	0,21	0,11
mar-2023	2,63	7,67	0,77	0,00	6,94	2,03	0,28	0,14
apr-2023	2,63	5,05	0,79	0,06	6,35	5,05	0,21	0,00
maj-2023	2,63	1,31	0,74	2,60	1,11	7,19	0,12	0,00
jun-2023	2,63	3,71	0,73	1,48	0,00	9,11	0,16	0,00
jul-2023	2,63	14,99	0,75	0,00	1,87	6,90	0,39	5,48
aug-2023	2,63	7,06	0,76	0,00	4,75	5,30	0,35	0,61
sep-2023	2,63	5,76	0,75	0,48	4,81	4,43	0,12	0,00
okt-2023	2,63	13,11	0,82	0,00	10,28	1,36	1,24	0,06
nov-2023	2,63	9,22	0,84	0,21	12,36	0,56	1,44	0,00
dec-2023	2,63	9,99	0,83	0,00	10,22	0,30	1,00	0,60
jan-2024	2,63	11,49	0,88	0,00	14,53	0,52	1,00	0,35
feb-2024	2,63	12,09	0,91	0,55	15,00	0,84	1,00	0,00
mar-2024	2,63	3,38	0,84	0,36	7,82	1,92	0,90	0,00
apr-2024	2,63	12,29	0,85	0,00	10,14	3,68	0,98	0,19
maj-2024	2,63	5,78	0,80	1,29	2,86	7,53	1,09	0,00
jun-2024	2,63	10,23	0,82	0,00	5,13	6,89	1,25	0,84
jul-2024	2,63	11,04	0,83	0,00	6,65	6,77	0,23	0,59
aug-2024	2,63	9,00	0,81	0,00	5,72	5,98	0,42	0,47
sep-2024	2,63	8,37	0,80	0,37	4,58	4,06	0,57	0,00
okt-2024	2,63	3,30	0,81	0,37	6,70	1,81	0,85	0,00
nov-2024	2,63	5,49	0,82	0,00	5,56	0,54	0,84	0,22
dec-2024	2,63	6,75	0,86	0,00	8,71	0,21	0,31	0,77

7.4 Månedlige stofbalancer

Tabel 7.3. Månedlige transporter af total kvælstof (TN) for projektarealet ved Runkenbjerg opdelt i tilførsel fra grundvand, atmosfærisk deposition, overfladetilløb fra skoven ved arealets nordlige grænse (*Skov*) og udløb via det overfladiske overløb til Sogneskelsgrøften langs arealets østlige grænse (*Overløb*), samt overfladisk afløb via områdets nordøstlige grænse (*Skov*).

kg TN dag ⁻¹	Indløb			Udløb	
	Grundvand	Atmosfærisk deposition	Skov	Overløb	Skov
jan-2023	0,46	0,97	0,01	1,84	0,01
feb-2023	0,40	0,36	0,00	0,94	0,01
mar-2023	0,34	0,67	0,01	1,07	0,01
apr-2023	0,32	0,44	0,01	0,98	0,01
maj-2023	0,40	0,11	0,02	0,13	0,01
jun-2023	0,47	0,32	0,04	0,00	0,01
jul-2023	0,40	1,30	0,02	0,24	0,04
aug-2023	0,33	0,61	0,01	0,57	0,03
sep-2023	0,27	0,50	0,01	0,53	0,01
okt-2023	0,31	1,14	0,01	0,80	0,06
nov-2023	0,35	0,80	0,01	0,73	0,04
dec-2023	0,33	0,87	0,02	0,59	0,05
jan-2024	0,28	0,90	0,02	0,82	0,06
feb-2024	0,22	0,95	0,01	0,83	0,04
mar-2024	0,20	0,27	0,01	0,38	0,04
apr-2024	0,19	0,97	0,01	0,43	0,04
maj-2024	0,18	0,45	0,02	0,18	0,04
jun-2024	0,16	0,80	0,05	0,42	0,07
jul-2024	0,15	0,87	0,06	0,62	0,02
aug-2024	0,14	0,71	0,03	0,38	0,03
sep-2024	0,12	0,66	0,03	0,29	0,03
okt-2024	0,12	0,26	0,02	0,40	0,03
nov-2024	0,13	0,43	0,02	0,31	0,04
dec-2024	0,14	0,53	0,01	0,51	0,01

Tabel 7.4. Månedlige transporter af nitrat-N (NO₃-N) for projektarealet ved Runkenbjerg opdelt i tilførsel fra grundvand, atmosfærisk deposition, overfladetilløb fra skoven ved arealets nordlige grænse (*Skov*) og udløb via det overfladiske overløb til Sogneskelsgrøften langs arealets østlige grænse (*Overløb*), samt overfladisk afløb via områdets nordøstlige grænse (*Skov*).

kg NO ₃ -N dag ⁻¹	Indløb			Udløb	
	Grundvand	Atmosfærisk deposition	Skov	Overløb	Skov
jan-2023	0,06	0,33	0,00	0,38	0,00
feb-2023	0,09	0,12	0,00	0,19	0,00
mar-2023	0,12	0,23	0,00	0,09	0,00
apr-2023	0,16	0,15	0,00	0,06	0,00
maj-2023	0,23	0,04	0,00	0,01	0,00
jun-2023	0,29	0,11	0,01	0,00	0,00
jul-2023	0,23	0,44	0,01	0,00	0,00
aug-2023	0,18	0,21	0,00	0,01	0,00
sep-2023	0,13	0,17	0,00	0,01	0,00
okt-2023	0,15	0,39	0,00	0,01	0,00
nov-2023	0,17	0,27	0,00	0,02	0,00
dec-2023	0,17	0,30	0,00	0,04	0,00
jan-2024	0,16	0,30	0,00	0,08	0,01
feb-2024	0,14	0,31	0,00	0,02	0,01
mar-2024	0,11	0,09	0,00	0,00	0,00
apr-2024	0,09	0,32	0,00	0,01	0,00
maj-2024	0,06	0,15	0,01	0,01	0,00
jun-2024	0,04	0,26	0,03	0,01	0,00
jul-2024	0,04	0,28	0,04	0,01	0,00
aug-2024	0,03	0,23	0,02	0,00	0,00
sep-2024	0,02	0,22	0,01	0,00	0,00
okt-2024	0,02	0,08	0,01	0,01	0,00
nov-2024	0,03	0,14	0,00	0,00	0,00
dec-2024	0,05	0,17	0,01	0,04	0,00

Tabel 7.5. Månedlige transporter af ammonium-N (NH₄-N) for projektarealet ved Runkenbjerg opdelt i tilførsel fra grundvand, atmosfærisk deposition, overfladetilløb fra skoven ved arealets nordlige grænse (*Skov*) og udløb via det overfladiske overløb til Sogneskelsgrøften langs arealets østlige grænse (*Overløb*), samt overfladisk afløb via områdets nordøstlige grænse (*Skov*).

kg NH ₄ -N dag ⁻¹	Indløb			Udløb	
	Grundvand	Atmosfærisk deposition	Skov	Overløb	Skov
jan-2023	0,26	0,64	0,00	0,58	0,00
feb-2023	0,18	0,23	0,00	0,20	0,00
mar-2023	0,10	0,44	0,00	0,34	0,00
apr-2023	0,04	0,29	0,00	0,29	0,00
maj-2023	0,04	0,08	0,00	0,03	0,00
jun-2023	0,05	0,21	0,00	0,00	0,00
jul-2023	0,05	0,86	0,00	0,01	0,00
aug-2023	0,06	0,40	0,00	0,01	0,01
sep-2023	0,06	0,33	0,00	0,01	0,00
okt-2023	0,07	0,75	0,00	0,02	0,01
nov-2023	0,08	0,53	0,00	0,03	0,01
dec-2023	0,07	0,57	0,00	0,02	0,01
jan-2024	0,05	0,61	0,00	0,03	0,01
feb-2024	0,02	0,64	0,00	0,02	0,00
mar-2024	0,02	0,18	0,00	0,01	0,00
apr-2024	0,02	0,65	0,00	0,02	0,00
maj-2024	0,03	0,31	0,00	0,01	0,00
jun-2024	0,03	0,54	0,01	0,01	0,01
jul-2024	0,03	0,58	0,00	0,01	0,00
aug-2024	0,03	0,48	0,00	0,00	0,00
sep-2024	0,03	0,44	0,01	0,01	0,00
okt-2024	0,03	0,17	0,01	0,01	0,00
nov-2024	0,03	0,29	0,00	0,01	0,00
dec-2024	0,02	0,36	0,00	0,03	0,00

Tabel 7.6. Månedlige transporter af total organisk kvælstof (TON) for projektarealet ved Runkenbjerg opdelt i tilførsel fra grundvand, overfladetilløb fra skoven ved arealets nordlige grænse (*Skov*) og udløb via det overfladiske overløb til Sogneskelsgrøften langs arealets østlige grænse (*Overløb*), samt overfladisk afløb via områdets nordøstlige grænse (*Skov*).

kg TON dag ⁻¹	Indløb		Udløb	
	Grundvand	Skov	Overløb	Skov
jan-2023	0,14	0,00	0,88	0,01
feb-2023	0,13	0,00	0,55	0,00
mar-2023	0,12	0,00	0,64	0,01
apr-2023	0,12	0,00	0,63	0,01
maj-2023	0,13	0,00	0,10	0,01
jun-2023	0,14	0,00	0,00	0,01
jul-2023	0,12	0,00	0,23	0,04
aug-2023	0,10	0,01	0,55	0,02
sep-2023	0,08	0,00	0,51	0,01
okt-2023	0,09	0,01	0,78	0,06
nov-2023	0,10	0,01	0,69	0,03
dec-2023	0,09	0,01	0,53	0,03
jan-2024	0,08	0,01	0,72	0,05
feb-2024	0,06	0,00	0,79	0,04
mar-2024	0,07	0,00	0,37	0,03
apr-2024	0,08	0,00	0,39	0,03
maj-2024	0,09	0,00	0,17	0,04
jun-2024	0,09	0,01	0,40	0,06
jul-2024	0,08	0,00	0,60	0,02
aug-2024	0,08	0,00	0,38	0,03
sep-2024	0,07	0,00	0,28	0,03
okt-2024	0,07	0,00	0,38	0,03
nov-2024	0,07	0,00	0,30	0,04
dec-2024	0,07	0,00	0,44	0,01

Tabel 7.7. Månedlige transporter af total fosfor (TP) for projektarealet ved Runkenbjerg opdelt i tilførsel fra grundvand, atmosfærisk deposition, overfladetilløb fra skoven ved arealets nordlige grænse (*Skov*) og udløb via det overfladiske overløb til Sognekølsgrøften langs arealets østlige grænse (*Overløb*), samt overfladisk afløb via områdets nordøstlige grænse (*Skov*).

kg TP dag ⁻¹	Indløb			Udløb	
	Grundvand	Atmosfærisk deposition	Skov	Overløb	Skov
jan-2023	0,017	0,003	0,010	0,076	0,007
feb-2023	0,017	0,001	0,006	0,067	0,001
mar-2023	0,017	0,002	0,009	0,113	0,003
apr-2023	0,018	0,001	0,009	0,146	0,004
maj-2023	0,023	0,000	0,006	0,015	0,004
jun-2023	0,027	0,001	0,006	0,000	0,003
jul-2023	0,030	0,004	0,004	0,012	0,006
aug-2023	0,032	0,002	0,004	0,067	0,027
sep-2023	0,034	0,001	0,004	0,044	0,007
okt-2023	0,034	0,003	0,006	0,049	0,009
nov-2023	0,033	0,002	0,005	0,048	0,011
dec-2023	0,028	0,003	0,048	0,036	0,016
jan-2024	0,020	0,003	0,034	0,051	0,033
feb-2024	0,012	0,003	0,005	0,057	0,006
mar-2024	0,013	0,001	0,005	0,022	0,005
apr-2024	0,016	0,003	0,004	0,032	0,007
maj-2024	0,019	0,001	0,005	0,014	0,009
jun-2024	0,021	0,003	0,007	0,037	0,019
jul-2024	0,020	0,003	0,010	0,045	0,007
aug-2024	0,019	0,002	0,008	0,040	0,006
sep-2024	0,018	0,002	0,008	0,023	0,005
okt-2024	0,016	0,001	0,010	0,026	0,008
nov-2024	0,015	0,001	0,009	0,030	0,009
dec-2024	0,013	0,002	0,009	0,063	0,002

Tabel 7.8. Månedlige transporter af opløst reaktivt fosfor (SRP) for projektarealet ved Runkenbjerg opdelt i tilførsel fra grundvand, atmosfærisk deposition, overfladetilløb fra skoven ved arealets nordlige grænse (*Skov*) og udløb via det overfladiske overløb til Sogneskelsgrøften langs arealets østlige grænse (*Overløb*), samt overfladisk afløb via områdets nordøstlige grænse (*Skov*).

kg SRP dag ⁻¹	Indløb			Udløb	
	Grundvand	Atmosfærisk deposition	Skov	Overløb	Skov
jan-2023	0,016	0,003	0,005	0,037	0,001
feb-2023	0,016	0,001	0,004	0,016	0,001
mar-2023	0,015	0,002	0,003	0,015	0,000
apr-2023	0,017	0,001	0,005	0,023	0,001
maj-2023	0,021	0,000	0,004	0,003	0,000
jun-2023	0,026	0,001	0,004	0,000	0,000
jul-2023	0,028	0,004	0,004	0,002	0,001
aug-2023	0,031	0,002	0,004	0,008	0,004
sep-2023	0,033	0,001	0,004	0,009	0,001
okt-2023	0,031	0,003	0,004	0,013	0,007
nov-2023	0,029	0,002	0,004	0,013	0,010
dec-2023	0,024	0,003	0,004	0,016	0,004
jan-2024	0,017	0,003	0,004	0,026	0,003
feb-2024	0,010	0,003	0,004	0,011	0,003
mar-2024	0,011	0,001	0,004	0,003	0,003
apr-2024	0,015	0,003	0,004	0,010	0,003
maj-2024	0,018	0,001	0,004	0,003	0,004
jun-2024	0,020	0,003	0,006	0,009	0,005
jul-2024	0,019	0,003	0,008	0,004	0,001
aug-2024	0,018	0,002	0,005	0,019	0,002
sep-2024	0,017	0,002	0,005	0,008	0,002
okt-2024	0,015	0,001	0,005	0,006	0,003
nov-2024	0,014	0,001	0,005	0,017	0,003
dec-2024	0,013	0,002	0,006	0,041	0,001

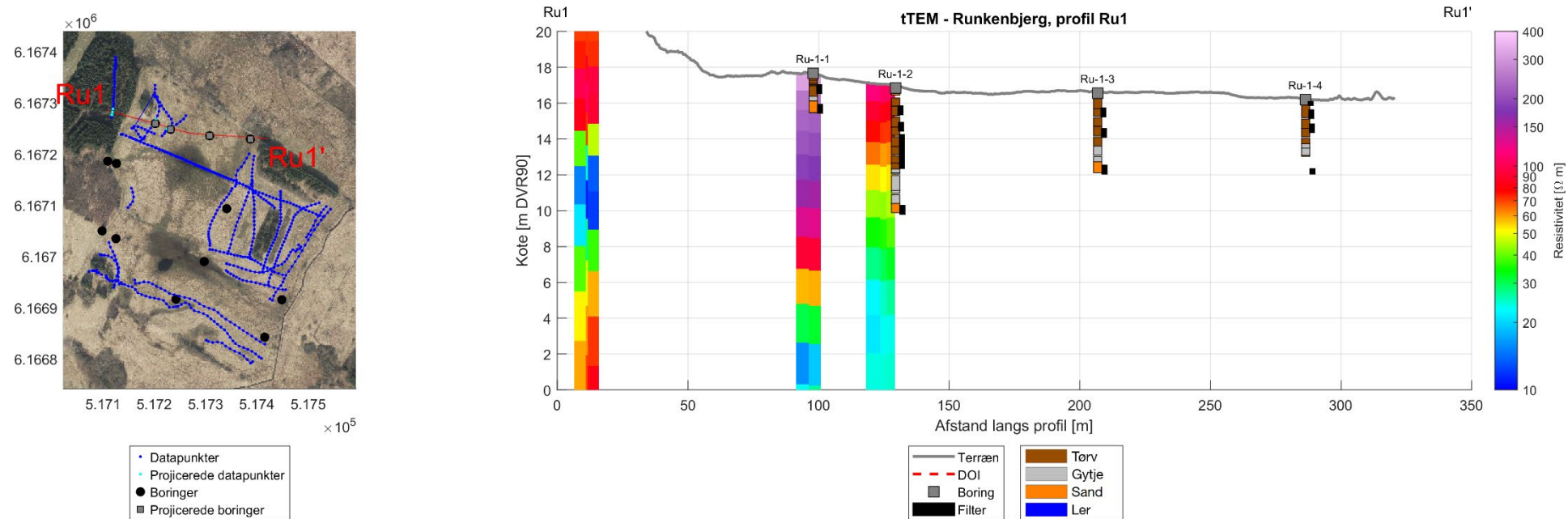
Tabel 7.9. Månedlige transporter af partikulært fosfor (PP) for projektarealet ved Runkenbjerg opdelt i tilførsel fra overfladetilløb fra skoven ved arealets nordlige grænse (*Skov*) og udløb via det overfladiske overløb til Sogneskelsgrøften langs arealets østlige grænse (*Overløb*), samt overfladisk afløb via områdets nordøstlige grænse (*Skov*).

kg PP dag ⁻¹	Indløb	Udløb	
	Skov	Overløb	Skov
jan-2023	0,006	0,025	0,006
feb-2023	0,002	0,027	0,000
mar-2023	0,004	0,072	0,002
apr-2023	0,003	0,099	0,003
maj-2023	0,002	0,010	0,004
jun-2023	0,001	0,000	0,003
jul-2023	0,000	0,005	0,004
aug-2023	0,000	0,048	0,023
sep-2023	0,000	0,026	0,006
okt-2023	0,002	0,025	0,001
nov-2023	0,001	0,022	0,001
dec-2023	0,043	0,011	0,012
jan-2024	0,030	0,013	0,030
feb-2024	0,001	0,026	0,002
mar-2024	0,001	0,007	0,002
apr-2024	0,000	0,009	0,002
maj-2024	0,000	0,005	0,003
jun-2024	0,001	0,015	0,012
jul-2024	0,002	0,026	0,006
aug-2024	0,002	0,007	0,003
sep-2024	0,003	0,008	0,003
okt-2024	0,005	0,011	0,004
nov-2024	0,004	0,007	0,006
dec-2024	0,003	0,015	0,001

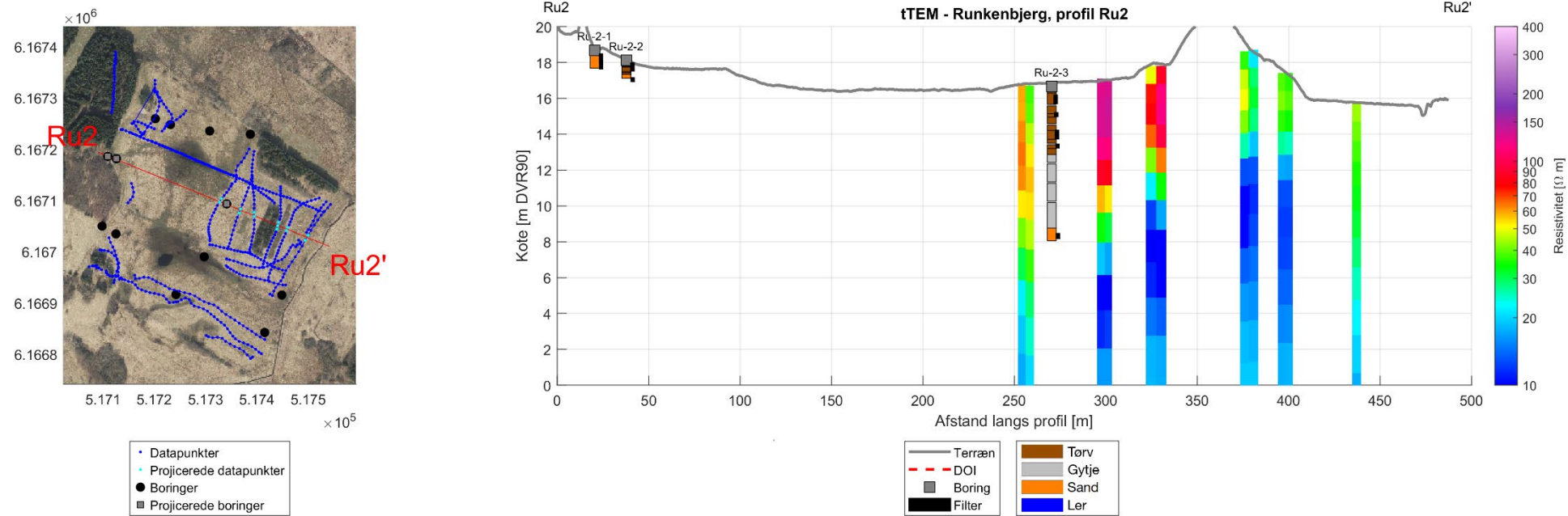
Tabel 7.10. Månedlige transporter af total organisk kulstof (TOC) for projektarealet ved Runkenbjerg opdelt i tilførsel fra grundvand, overfladetilløb fra skoven ved arealets nordlige grænse (*Skov*) og udløb via det overfladiske overløb til Sogneskelsgrøften langs arealets østlige grænse (*Overløb*), samt overfladisk afløb via områdets nordøstlige grænse (*Skov*).

kg TOC dag ⁻¹	Indløb		Udløb	
	Grundvand	Skov	Overløb	Skov
jan-2023	2,44	0,14	13,00	0,13
feb-2023	2,42	0,11	9,14	0,13
mar-2023	2,41	0,11	7,73	0,21
apr-2023	2,34	0,13	8,15	0,17
maj-2023	2,14	0,07	1,09	0,10
jun-2023	1,94	0,10	0,00	0,10
jul-2023	1,92	0,11	3,95	0,68
aug-2023	1,90	0,10	9,95	0,65
sep-2023	1,88	0,08	8,98	0,25
okt-2023	1,82	0,08	14,47	1,23
nov-2023	1,76	0,09	18,69	1,19
dec-2023	1,73	0,22	12,80	0,57
jan-2024	1,73	0,17	14,82	0,72
feb-2024	1,72	0,09	16,43	0,78
mar-2024	1,73	0,05	7,85	0,62
apr-2024	1,74	0,10	11,81	1,01
maj-2024	1,74	0,07	3,59	0,91
jun-2024	1,74	0,05	8,55	1,44
jul-2024	1,71	0,08	11,37	0,25
aug-2024	1,68	0,07	7,32	0,55
sep-2024	1,65	0,07	5,14	0,47
okt-2024	1,59	0,05	6,34	0,50
nov-2024	1,47	0,09	4,73	0,65
dec-2024	1,36	0,09	8,36	0,18

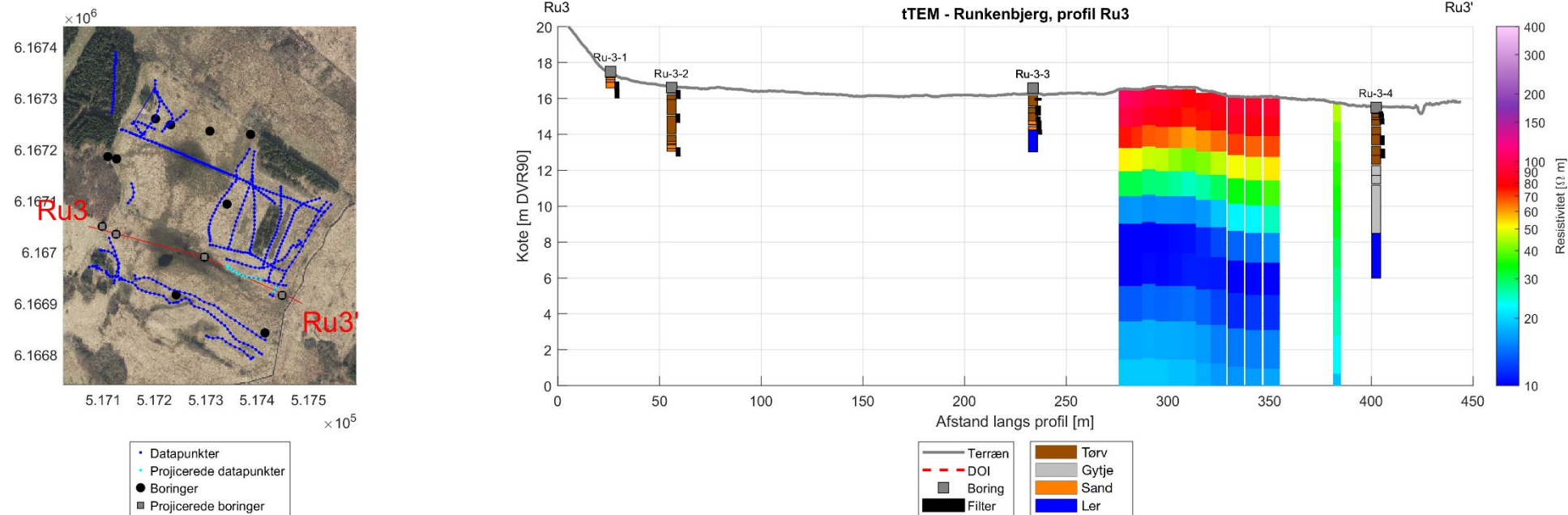
7.5 Tværsnitsprofiler gennem projektarealet



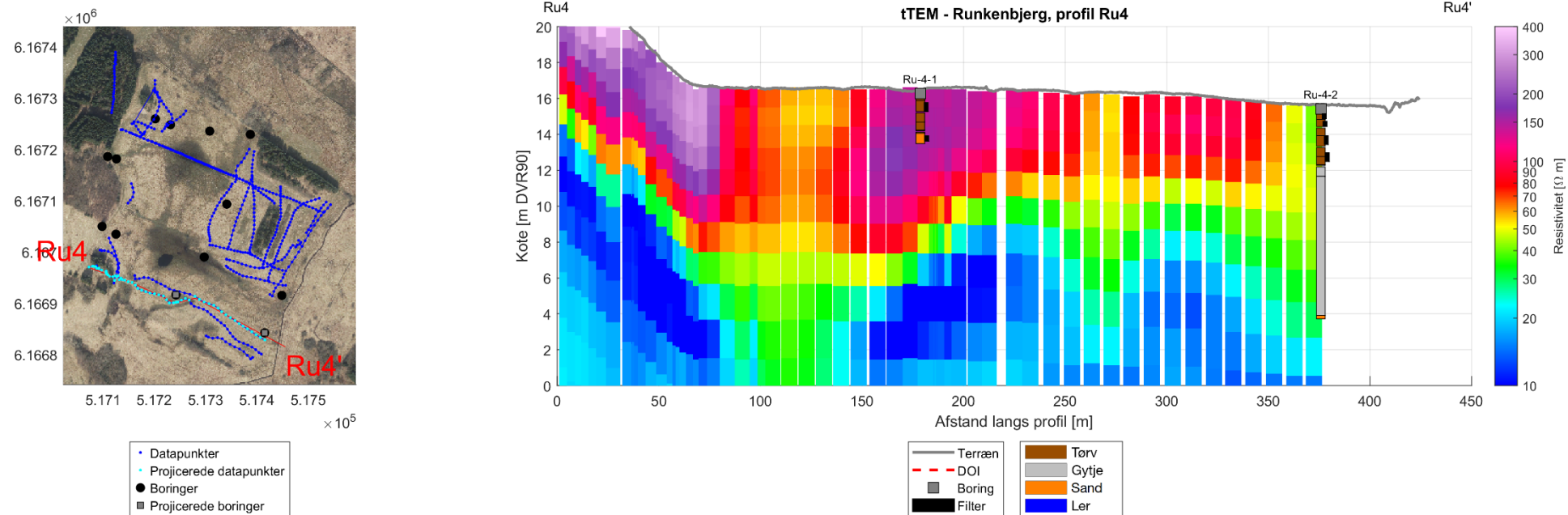
Figur 7.15. Tværnit gennem projektarealet langs transektet af boringer Ru1. Profilet viser elektriske resistiviteter målt med tTEM samt lithologiske beskrivelser fra de udførte boringer,

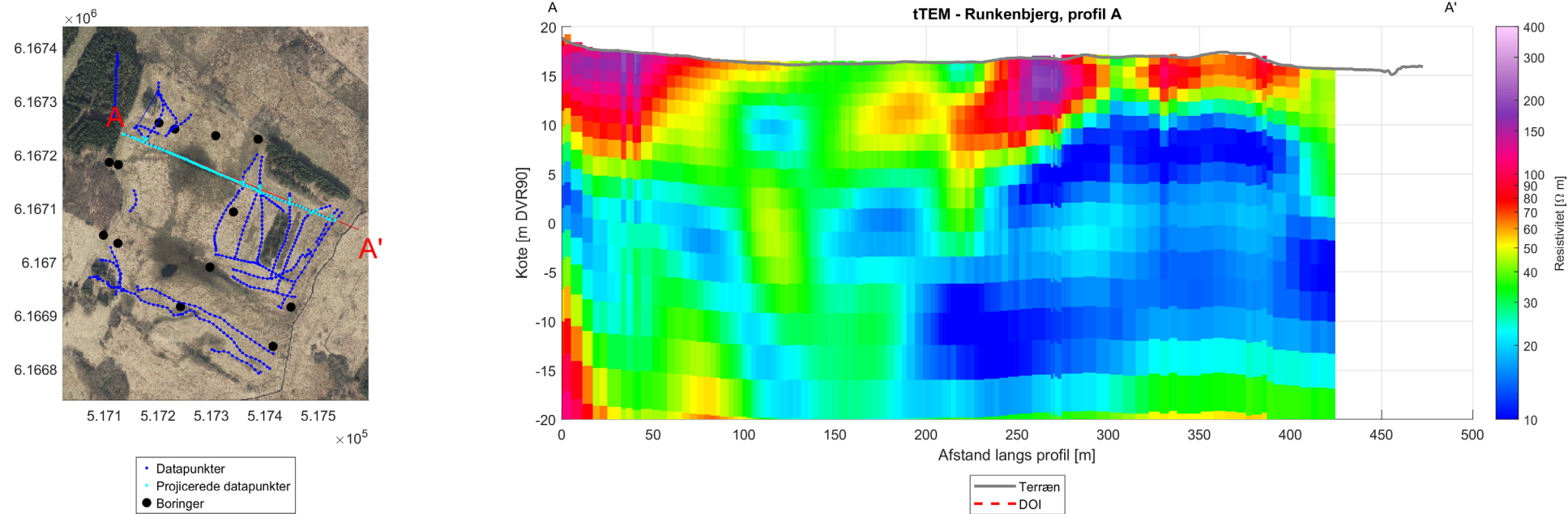


Figur 7.16, Tværsnit gennem projektarealet langs transektet af borer Ru2, Profilet viser elektriske resistiviteter målt med tTEM samt lithologiske beskrivelser fra de udførte borer,

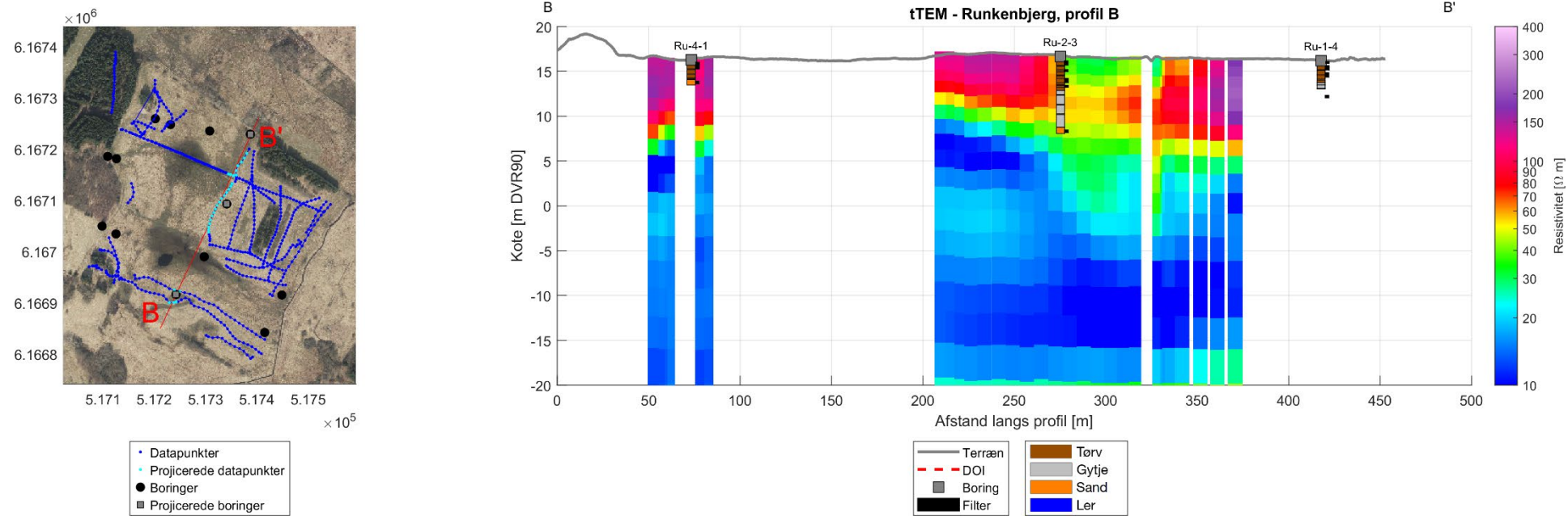


Figur 7.17. Tværsnit gennem projektarealet langs transektet af boringer Ru3. Profilet viser elektriske resistiviteter målt med tTEM samt lithologiske beskrivelser fra de udførte boringer.



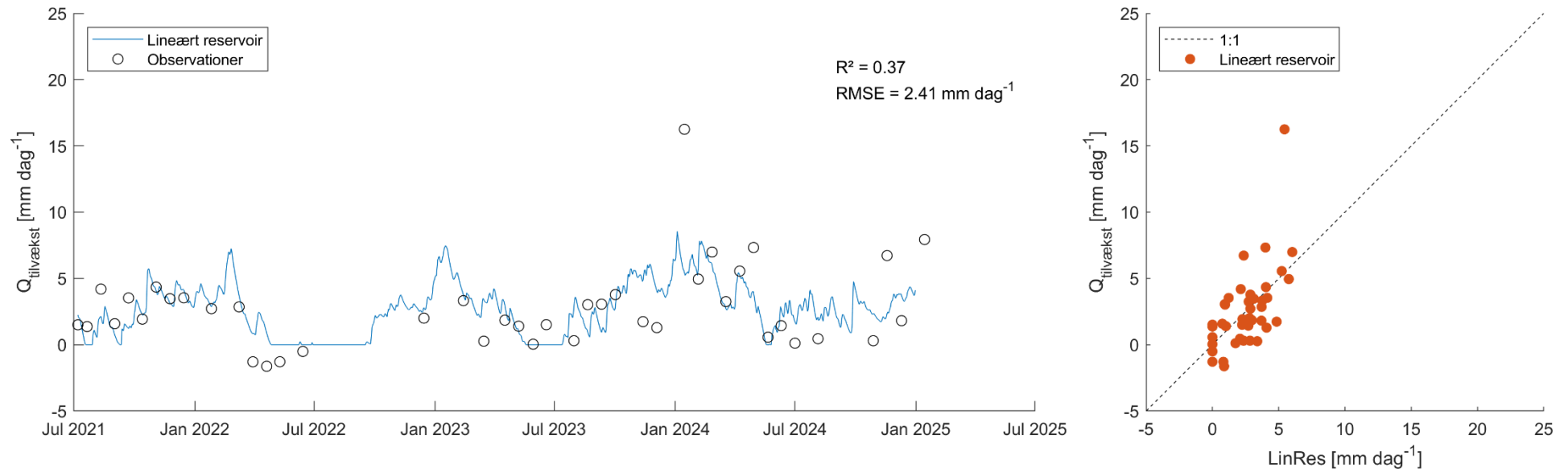


Figur 7.19. Tværsnit gennem projektarealet langs transektet A. Profilet viser elektriske resistiviteter målt med tTEM samt lithologiske beskrivelser fra de udførte borer.



Figur 7.20. Tværsnit gennem projektarealet langs transektet B. Profilet viser elektriske resistiviteter målt med tTEM samt lithologiske beskrivelser fra de udførte boringer.

7.6 Beregning af vådområdeudløb vha, lineært reservoir



Figur 7.21. Modelleret tilvækst mellem vandløbsstationerne *Indløb, Sogneskelsgrøften* og *Udløb, Sogneskelsgrøften* sammenlignet med differensen af manuelle målinger ved de to stationer,

VAND OG STOFBALANCER FOR DET VÅDLAGTE LAVBUNDSAREAL, RUNKENBJERG

Undersøgelsen af det genoprettede lavbundsareal ved Runkenbjerg (18,42 ha) viser, at området i de to måleår 2023-2024 tilbageholdt ca. 35 ± 7 % af den tilførte kvælstofmængde, svarende til $6,6 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$, mens der samtidig blev observeret et nettotab af fosfor og organisk kulstof. Det lille opland og den deraf følgende lave næringsstofbelastning betyder, at den absolutte kvælstofjernelse i Runkenbjerg er begrænset, selvom den relative tilbageholdelseseffektivitet er forholdsvis høj.