



Vejledning til kortlægning af redoxgrænse og beregning af tykkelsen af akkumuleret reduceret ler

Redoxgrænsen bestemmes som det øverste farveskift fra gullige, røde og brune farvenuancer (oxideret) til grålige, sorte og grønne farvenuancer (reduceret) sedimentfarve i hver boring. Redoxgrænsen adskiller jordlag, som har opbrugt evnen til at reducere nitrat, fra de jordlag, som stadig har kapacitet til at nedbryde nitrat. Dybden til redoxgrænsen øges derfor i takt med at nitratreduktionskapaciteten opbruges /1/. Redoxgrænsen benyttes til beregning af tykkelsen af akkumuleret reduceret ler til brug i sårbarhedsvurdering /2/.

I dette notat beskrives i afsnit 1 metoden for kortlægning og kvalitetssikring af redoxgrænsen vha. farveskift i boringer og machine learning algoritme hos GEUS. I afsnit 2 beskrives metoden for beregning af tykkelsen af akkumuleret reduceret ler.

Indholdsfortegnelse

1	Kortlægning af redoxgrænsen	2
1.1	Farveskift i lagbeskrivelser	2
1.1.1	Automatisk gennemgang af farveskift i boringer	2
1.1.2	Manuel gennemgang af farveskift i boringer	3
1.1.3	Registrering af farveskift	3
1.1.3.1	Flere farveskift	3
1.1.3.2	Metadatakategorier	4
1.1.3.3	Lithologier med okker eller dominerende egenfarve	5
1.1.4	Udfyldelse af udleveret Excel-ark	6
1.2	Kvalitetssikring	7
1.2.1	Redoxpunkter	7
1.2.2	Redoxfladen fra GEUS	8
1.3	Indlæsning af Excel ark med redoxydybden, geologiske og hydrologiske data til GEUS' redox-website	8
1.3.1	Aflevering af data til GRUKOS	9
2	Beregning af tykkelsen af akkumuleret reduceret ler	9
2.1	Total lertykkelse	9
2.2	Tykkelsen af akkumuleret reduceret ler	9
3	Referencer	10

1 Kortlægning af redoxgrænsen

Kortlægningen af redoxgrænsen foretages dels ved en mere eller mindre manuel gennemgang af sedimentfarvebeskrivelse fra boringer inden for interesseområdet og dels en tolknings- og interpoleringsproces i redox algoritmen fra GEUS /4/. Den modellerede redoxfront/flade anvendes efterfølgende til beregningen af tykkelsen af akkumuleret reduceret ler (se afsnit 2).

Farvebeskrivelser og farveskift fra sedimentprøver udgør det bedste direkte datagrundlag til beregning af redoxgrænsen, og indsamles og gennemgås derfor for at sikre bedst mulig datakvalitet. I algoritmen fra GEUS bruges også beregnede og modellerede data, såsom ler/sandtykkelse, geomorfologi, jordarter, dybden til grundvandsspejlet m.m. (se afsnit 1.3). Til kvalitetssikring af den beregnede redoxgrænse bruges især grundvandskemiske analyser.

1.1 Farveskift i lagbeskrivelser

Datagrundlaget omfatter som nævnt lagfølge- og farvebeskrivelser fra Jupiterdatabasen.

Beskrivelse af den gennemborede lagfølge udgør det primære datagrundlag for bestemmelsen af redoxdybden. I den lithologiske beskrivelse er det specielt beskrivelsen af sedimenternes farver, som er vigtige, men lithologierne kan også med fordel inddrages i vurderingen. Princippet ved at anvende de gennemborede lags farve til bestemmelse af redoxgrænsen bygger på, at der er en høj grad af sammenhæng mellem redoxforholdene og farven i geologiske sedimenter.

1.1.1 Automatisk gennemgang af farveskift i boringer

Der kan i et interesseområde indgå mange tusinde boringer, og derfor har det været forsøgt at foretage en automatiseret bestemmelse af farveskift i boringer.

De enkelte bornings lagbeskrivelser er i Jupiterdatabasen gemt i tabellen LITHSAMP, hvor også top og bund af de enkelte lag fremgår.

Det er imidlertid erfaringen, at en fuldautomatiseret gennemgang ikke er effektiv, da den har mange fejl og mangler. Den primære grund til dette er, at der oftest er stor uoverensstemmelse imellem de oplysninger, som er tabellært lagret i Jupiterdatabasen, og i de oplysninger, som fremgår af de analoge brøndborerjournaler, som kan downloades som pdf fra Jupiterdatabasen. Førstnævnte oplysninger er traditionelt indtastet på baggrund af prøvebeskrivelser hos GEUS – en beskrivelse, som i mange tilfælde er foretaget efter opboringen. Sidstnævnte er derimod oftest foretaget i forbindelse med opboring. Specielt med hensyn til netop farvebeskrivelserne er dette en væsentlig faktor, da farverne efter iltning og evt. udtørring kan forandre sig meget inden GEUS' prøvebeskrivelse.

Mange bornings lagfølge er desuden ikke indtastet, og de fremgår kun af dokumenter som borerapporter eller geotekniske prøvebeskrivelser, der er tilknyttet boringerne som indscannede pdf-filer.

1.1.2 Manuel gennemgang af farveskift i borer

En manuel gennemgang af farveskift i borerne ud fra brøndborerjournaler og geologiske beskrivelser giver derfor det mest valide resultat. I det følgende gennemgås derfor en metode og procedure, som tager udgangspunkt i en manuel gennemgang af alle relevante data, som findes i Jupiter-databasen.

I gennemgangen af farveskift i borer vægtes som udgangspunkt brøndborerreporterne samt øvrige indscannede, relevante dokumenter højt, men disse skal sammenstilles med GEUS' jordprøvebeskrivelser. I tilfælde, hvor der findes en farvebeskrivelse fra både brøndborer og GEUS følges følgende retningslinjer:

- Når brøndborer og GEUS er enige om farvebeskrivelsen af oxiderede og reducerede lag benyttes denne information direkte
- Hvis brøndborer beskriver oxiderede farve og GEUS beskriver reducerede farve lægges der vægt på GEUS beskrivelse (se afsnit 1.1.1)
- Hvis brøndborer beskriver reducerede farve og GEUS beskriver oxiderede farve lægges der vægt på brøndborer beskrivelse (se afsnit 1.1.1)

Grundvandskortlægningen har udarbejdet et script, der udtrækker alle relevante boringsoplysninger til de prædefinerede Excel-ark og borerapporter m.m. som pdf. Hvis rådgiver skal lave gennemgang af farvebeskrivelser for et kortlægningsområde, kan ovennævnte udtræk rekvireres hos Grundvandskortlægningen. Scriptet ligger ikke offentligt tilgængeligt, men outputtet kan rekvireres ved GIS og databasegruppen.

1.1.3 Registrering af farveskift

Farvebeskrivelserne i borerapporterne er tolket i henhold til Geovejledning 1 /3/ og Geovejledning 2018/2 /1/ og omsættes til redoxforhold ud fra følgende princip.

- Røde, brune, gule farver og blandingsnuancer heraf antages at repræsentere oxiderede lag.
- Grå, grønlig, sorte og blandingsnuancer heraf antages at repræsentere reducerede lag. Desuden registreres aflejringer med højt organisk materiale som f.eks. tørv også som reducerede lag.

Ved blandingsfarver som f.eks. brungrå eller gråbrun antages sidstnævnte farve for bestemmende jævnfør Geovejledning 1.

1.1.3.1 Flere farveskift

Hvis der kun er ét farveskifte i en boring (fra oxideret til reduceret), kan dybden for farveskiftet anvendes som redoxdybden. Ofte ses dog flere farveskifte i en boring, som er tegn på, at redoxforholdene skifter flere gange gennem jordlagene. Således kan reducerede lag underlejres af oxiderede lag, som endnu dybere igen underlejres af reducerede lag. Hvis der vurderes, at være flere farveskifte i en boring registreres disses dybder i det udleverede Excel-ark (se afsnit 1.1.4).

1.1.3.2 Metadatakategorier

Metadatakategorier, der skal benyttes i forbindelse med registreringen af alle farveskift i en boring, kan ses i Tabel 1. Nedenfor fremgår yderligere beskrivelse af metadatakategorierne og eksempler herpå.

Tabel 1: Oversigt over de metadatakategorier, der skal benyttes ved registrering af farveskift.

Metadatakategori	Beskrivelse
N/A	Boringen har mangelfuld eller ingen farvebeskrivelse, og den kan ikke anvendes
GOD	Farveskiftet er tydeligt og dybden er sikker
USIKKER	Farveskiftet er utydeligt eller medfører af anden grund, at dybden er usikker. Den faktiske redoxydybde kan således være højere eller dybere
MAX	Det faktiske farveskifte kan ikke observeres, men findes maksimalt i den angivne dybde. Den faktiske dybde kan ligge tættere på terræn. F.eks. ved brønd
MIN	Det faktiske farveskifte kan ikke observeres, men findes minimum i den angivne dybde. Den faktiske dybde kan ligge dybere nede. F.eks. under borningsdybde
INTERVAL	Farveskifte sker inden for et tykt lag, hvor der ikke er udtaget jordprøver

Ved tydelige farveskift f.eks. fra brun til grå, som er sammenfaldende med en laggrænse, vil dybden for farveskiftet være velbestemt og angives med metadatakategorien GOD. Det antages altid, at lagene i en boring er oxiderede fra terræn og i en vis dybde reducerede. Første farveskifte vil derfor principielt altid være oxideret til reduceret og i tilfælde af, at lagene er reducerede fra terræn angives dybden til 0 m.u.t. Boring med DGU nr. 204. 428 er et eksempel på anvendelse af metadatakategorien GOD. Den øverste redoxgrænse er i boringen vurderet til at være i 4,2 m u.t og er sammenfaldende med en laggrænse.

Flere forhold kan dog medføre, at farveskiftet ikke er tydeligt, og i de følgende afsnit gennemgås eksempler på situationer, hvor metadatakategorierne N/A, USIKKER, MAX, MIN og INTERVAL benyttes. Hvis boringer har mangelfuld eller ingen farvebeskrivelse anvendes metadatakategorien N/A.

Ofte ses ikke et skarpt og entydigt farveskift boringen, men snarere et gradvis farveskift. Dette kan f.eks. være fra overgangen mellem gråbrune til brungrå lag. Her angives redoxydybden så godt som muligt ved den dybde, hvor de velbestemt reducerede lag starter. Der tilskrives en bemærkning om i hvilket interval der er usikkerhed omkring. Metadatakategorien USIKKER anvendes også, hvis farveskiftet ikke sker ved en laggrænse. DGU nr. 204. 427 er et eksempel på anvendelse af metadatakategorien USIKKER. Redoxgrænsen er vurderet til at være 1,4 m u.t, idet der i brøndborerappen er beskrevet brungrønt sand. GEUS har beskrevet oxiderende farver ned til boringens bund.

En del boringer er udført i ældre brønde, hvorfor lagserien ikke er beskrevet for den øvre del af boringen, som svarer til den oprindelige dybde af brønden. Hvis jordlagene i boringen er reduceret fra bunden af brønden, betyder det, at farveskiftet findes et sted mellem terræn og bunden af brønden. Tilsvarende ses ofte beskrivelser, hvor der ikke er angivet farver i de øvre dele af boringen, og hvor første farvebeskrevne lag er beskrevet som reduceret. I disse tilfælde anvendes bunden af brønden/top af første farvebeskrevne lag som redoxdybden med metadatakategorien MAX. Yderligere anvendes MAX, hvis lagfølgen fra terræn ned til den angivne dybde for farveskift udelukkende er beskrevet som fyld eller muld. Disse aflejrings farve er ofte påvirket af omlejring, hvorfor farvebeskrivelserne heraf ikke beretter om oxidationsforholdene. Farveskiftet findes således maksimalt i denne dybde og sandsynligvis tættere på terræn. DGU nr. 161. 127 er et eksempel på anvendelse af metadatakategorien MAX. Redoxgrænsen er vurderet til at være i 9 m u.t.

Andre boringer gennemborer slet ikke reducerede lag, ofte fordi de ikke er udført særligt dybt. I disse tilfælde angives boreddybden som redoxdybden med metadatakategorien MIN. Således findes redoxdybden mindst i den angivne dybde og sandsynligvis endnu dybere. DGU nr. 161. 155 er et eksempel på anvendelse af metadatakategorien MIN. Redoxgrænsen er vurderet til at være i 4,6 m u.t.

For visse boringer kan der ligeledes ske et farveskift inden for et interval, hvor der ikke er udtaget jordprøver eller hvor lagfølgen ikke har farvebeskrivelser. Her angives redoxdybden som bunden af det overliggende oxiderede lag med metadatakategorien INTERVAL. Top og bund af intervallet udfyldes ligeledes i det udleverede Excel-ark. DGU nr. 107. 1188 og 162. 139 er begge eksempler på anvendelse af metadatakategorien INTERVAL. For boring DGU nr. 107. 1188 er farveskiftet vurderet til at ske indenfor 0-13,25 m u.t., og for boring DGU nr. 162. 139 er farveskiftet vurderet til at ske indenfor 3,75-47,35 m u.t.

1.1.3.3 Lithologier med okker eller dominerende egenfarve

Visse lithologier har så kraftig og markant en egenfarve, at farven ikke nødvendigvis repræsenterer redoxforholdene. Det er derfor nødvendigt, at inddrage lithologiske oplysninger og ikke ukritisk omsætte farver til redoxforhold. Nedenfor er beskrevet eksempler på aflejringer med markante egenfarver, der ikke nødvendigvis repræsenterer redoxforholdene.

Indhold af okker og pyrit i boringer giver information om iltningforholdene i aflejringerne, da pyrit og opløst jern omdannes til okker ved iltning. For disse aflejringer bestemmes redoxgrænsen efter følgende retningslinjer:

- Ved brune, røde og gule farver i aflejringer samt indhold af okker anses aflejringen for oxideret
- Ved grå, blå, grønne og sorte farver i aflejringerne samt indhold af okker anses aflejringen for oxideret, da okker ikke vil være tilstede medmindre laget er blevet iltet
- Ved brune, røde og gule farver i aflejringerne samt indhold af pyrit anses aflejringen for oxideret, da der til trods for iltning af aflejringerne stadig kan forekomme pyrit, som ikke er omdannet til okker

- Ved grå, blå, grønne og sorte farver i aflejringerne samt indhold af pyrit anses aflejringen for reducerende
- Sandafleveringer kan i nogle tilfælde beskrives som værende hvidt eller som hvidt strandsand. Som udgangspunkt vurderes disse at repræsentere reducerede prøver, hvor farven hvid skyldes en dominerende egenfarve

For kalkboringer er farvebeskrivelsen ofte gråhvid eller hvid grundet kalkens markante egenfarve. Der kan også forekomme horisonter, som er mineraliserede og røde, orange eller gule farver, hvor vandprøver både over og under horisonten er stærkt reducerede. Der angives derfor ikke et farveskift for kalken.

Det Blanke Ler er kendetegnet ved at være rødflammet og minde om plastisk ler. Da Blanke Ler er aflejret på en søbund og er en fed ler, hvor der forventeligt ikke har kunnet forekomme iltning pga. vandgennemstrømning, vurderes den røde farve at skyldes lagets dominerende egenfarve og ikke oxidation. For aflejringer af Det Blanke Ler skal der derfor ikke angives et farveskift.

Visse boringer slutter i miocæne aflejringer beskrevet som brune glimmeraflejringer. Der angives ikke et farveskift ved overgangen fra grålige kvartære aflejringer til brune glimmeraflejringer, da glimmeraflejringerne brune egenfarve skyldes indhold af muskovit og organisk materiale.

I nogle ældre boringer kan prøver være beskrevet med blåler og rødler uden yderligere farvebeskrivelser (f.eks. DGU nr. 204. 337 og 204. 40A). For sådanne boringer antages det som udgangspunkt, at blåler er reduceret og rødler er oxideret, idet disse blev benyttet til at beskrive ler af forskellige farver.

Aflejringer med indhold af organisk materiale f.eks. gytje, dynd og brunkul anses for at være reduceret. Disse aflejringer ville ofte beskrives som brune, selvom de, som regel, vil være reduceret. Den brune farve vurderes at skyldes det høje indhold af organisk materiale.

1.1.4 Udfyldelse af udleveret Excel-ark

Dybden og/eller koten af redoxgrænsen, hvor der registreres farveskift, indskrives i det udleverede Excel-ark. På Figur 1.1 vises et eksempel på registrering af farveskift i boringer. For kolonnerne markeret med grøn er data automatisk genereret ved udtræk af boringer, som redoxgrænsen skal bestemmes for. I de gule kolonner registreres oplysninger til den øverste redoxgrænse.

- I kolonnen "Dbd_oeverste_redoxgraense" registreres dybden til redoxgrænsen i m u.t. Denne kolonne skal altid udfyldes medmindre metadatakategorien er N/A
- I kolonnen "kote" registreres koten til redoxgrænsen såfremt dybden ikke er angivet i m u.t.
- I kolonnen "Redoxtype" angives det hvilken metadatakategori fra Tabel 1, der er anvendt til at beskrive farveskiftet. Denne skal altid udfyldes
- I kolonnen "Antal_farveskift" angives, hvor mange farveskift, der forekommer i boringen. Denne skal altid udfyldes medmindre metadatakategorien er N/A
- Kolonnerne "Top_af_interval" og "Bund_af_interval" skal kun udfyldes hvis metadatakategorien INTERVAL er anvendt, hvor henholdsvis toppen og bunden af intervallet angives

- Kolonnen ”Bemaerkning” udfyldes, hvis der er kommentar/begrundelse til valget af metadata-kategorier farveskiftene. Denne skal altid angives ved brug af metadata-kategorien USIKKER

META data for redoxpunkter												
DGU_nr	XUTM32EUR E	YUTM32EURE	Terraenkote	Boringsdybde	Boringsdato	Dbd_øverste redoxgrænse	kote	Redoxtype	Antal_farv eskift	Top_af_inteval	Bund_af_interv al	Bemaerkning
161. 1	5.442.193.913	61.008.089.28	35.0	30.0	01-01-1925 00:00			N/A				
161. 10	5.472.123.713	61.014.889.40	12.5	23.8	1888-01-01 00:00:00			N/A				
161. 11	5.474.143.703	61.014.339.42	12.0	24.5	1898-01-01 00:00:00			N/A				
161. 115	543569.0	6097995.0	18.0	34.0	27-07-1962 00:00		31	MAX	1			
161. 118	546.380.388	60.980.219.61	13.0	37.0	02-08-1961 00:00		34	MAX	1			
161. 12	5.471.193.718	61.015.119.40	16.0	27.0	1899-01-01 00:00:00			N/A				
161. 120	549854.0	6101791.0	15.0	28.0	01-01-1964 00:00		25	MAX	1			
161. 121	548460.92	6098565.6	16.0	34.0	01-03-1961 00:00			N/A				
161. 127	546264.0	6099175.0	17.2	58.0	04-11-1961 00:00		9	MAX	1			
161. 131	5.424.684.108	60.979.239.39	12.5	25.0	31-07-1966 00:00			N/A				
161. 136	5.470.853.617	61.016.269.39	16.37	12.2	28-07-1967 00:00		3,3	GOD	1			
161. 139	549330.84	6102561.53	19.33	55.0	01-01-1968 00:00		4	GOD	1			
161. 13A	5.470.683.717	61.016.289.38	5.0	36.0	01-01-1908 00:00			N/A				
161. 13B	547113.0	6101623.0	5.59	34.0	01-01-1933 00:00			N/A				
161. 144	5.431.913.983	61.004.229.25	26.37	74.0	04-04-1968 00:00		7	GOD	1			
161. 145	542776.63	6100195.97	28.0	39.0	24-04-1968 00:00		8	GOD	1			
161. 149	5.451.283.851	61.010.689.32	27.0	70.0	01-09-1964 00:00			N/A				
161. 150	5.485.093.701	60.995.499.62	33.0	48.5	01-01-1960 00:00		7,5	GOD	1			
161. 152	5.475.313.699	61.013.439.43	13.57	9.1	09-05-1969 00:00		2,2	GOD	1			
161. 153	5.475.963.695	61.013.489.43	13.67	4.6	09-05-1969 00:00		4,5	GOD	1			
161. 154	5.476.213.692	61.013.719.43	13.37	8.9	09-05-1969 00:00		5,9	GOD	1			
161. 155	5.476.183.693	61.013.669.43	11.37	4.6	14-05-1969 00:00		4,6	MIN	1			
161. 157	542857.0	6098032.0	12.0	22.5	30-10-1969 00:00		11	GOD	1			
161. 16	5.483.803.606	61.026.959.38	20.0	51.0	20-05-1940 00:00			N/A				
161. 160	542.631.409	60.981.629.38	12.5	19.0	08-08-1969 00:00		11	GOD	1			
161. 161	544187.65	6102611.51	5.09	53.0	09-09-1969 00:00		5	GOD	1			
161. 17	5.456.393.924	60.979.979.57	8.37	46.0	01-01-1938 00:00			N/A				
161. 179	545139.0	6101055.0	26.44	70.0	25-09-1973 00:00		4,55	GOD	1			
161. 18	5.477.393.789	60.982.489.67	-0.12	33.5	01-01-1938 00:00			N/A				
161. 180	541620.04	6099482.33	8.97	22.5	12-06-1974 00:00		8	GOD	1			
161. 181	547032.0	6101946.0	16.0	55.5	26-04-1967 00:00		3,5	GOD	3			
161. 188	544134.0	6098180.0	14.0	29.5	14-10-1976 00:00		5,5	GOD	1			
161. 19	5.471.673.899	60.963.129.79	11.0	41.0	30-11-1959 00:00		0	MIN	1			
161. 190	544438.92	6096396.85	6.17	29.0	21-06-1976 00:00		5	GOD	2			
161. 194	543438.0	6098301.0	14.0	31.4	06-10-1976 00:00			N/A				
161. 195	543319.0	6098070.0	17.07	35.0	22-03-1973 00:00		35	MAX	1			
161. 196	5.457.913.747	61.031.339.21	12.16	62.0	28-10-1977 00:00		6,5	MAX	1			
161. 197	5.474.933.757	60.996.869.55	27.5	59.0	30-09-1977 00:00		5	GOD	5			

Figur 1.1: Eksempel på registrering af farveskift i boringer i det udleverede Excel-ark. Metadata-kategorierne fra Tabel 1 angives i kolonnen ”Redoxtype”.

Forekommer der flere farveskift i en boringer, skal disse indtastes i de grå og svagt røde kolonner (Figur 1.2) på samme måde som beskrevet i punkterne ovenfor. For hvert farveskifte skal der angives dybden til farveskiftet og metadata-kategori.

META data for redoxpunkter																							
DGU_nr	XUTM32EUR E	YUTM32EURE	Terraenkote	Boringsdybde	Boringsdato	Dbd_øverste redoxgrænse	kote	Redoxtype	Antal_farv eskift	Top_af_inteval	Bund_af_interv al	Bemaerkning	1_Dbd (red->ox)	kote	Type	Top_af_I nteval	Bund_af_ interval	2_Dbd (ox->red)	kote	type	Top_af_I nteval	Bund_af_ interval	
161. 181	547032.0	6101946.0	16.0	55.5	26-04-1967 00:00		3,5	GOD	3				17,6		USIKKER								
161. 188	544134.0	6098180.0	14.0	29.5	14-10-1976 00:00		5,5	GOD	1											GOD			24
161. 19	5.471.673.899	60.963.129.79	11.0	41.0	30-11-1959 00:00		0	MIN	1														
161. 190	544438.92	6096396.85	6.17	29.0	21-06-1976 00:00		5	GOD	2				12,5		GOD								
161. 194	543438.0	6098301.0	14.0	31.4	06-10-1976 00:00			N/A															
161. 195	543319.0	6098070.0	17.07	35.0	22-03-1973 00:00		35	MAX	1														
161. 196	5.457.913.747	61.031.339.21	12.16	62.0	28-10-1977 00:00		6,5	MAX	1														
161. 197	5.474.933.757	60.996.869.55	27.5	59.0	30-09-1977 00:00		5	GOD	5						INTERVAL	11,4	14			GOD			22

Figur 1.2: Eksempel på registrering af flere farveskift i boringer. Metadata-kategorierne fra Tabel 1 angives i kolonnen ”Redoxtype” og ”Type”.

1.2 Kvalitetssikring

1.2.1 Redoxpunkter

Til kvalitetssikring af redoxpunkterne kan de indlæses i GIS og tematiseres efter dybden til øverste farveskift. Hermed kan det visuelt kontrolleres om der er for store variationer inden for kort afstand.

Såfremt der er områder med for stor variation kan punkterne i disse områder tjekkes for eventuelle fejl. For sådanne områder kan løsningen være at fravælge punkter med metadatakategorien "USIKKER".

1.2.2 Redoxfladen fra GEUS

Når redoxfladen skal kvalitetssikres, anbefales det at indlæse fladen i GS3D sammen med redoxpunkterne og sammenholde fladens beliggenhed med redoxpunkternes indplacering i lagene og yderligere sammenholde med den grundvandskemisk tilstand for de magasiner der ligger under fladen. Er der behov for støttepunkter til redoxflade i forhold til den reducerede ler.

Redoxfladen kan også kvalitetssikres ved hjælp af vandtyper. De oxiderede vandtyper burde som udgangspunkt ligge over redoxgrænsen, mens de reducerede vandtyper burde ligge under redoxgrænsen.

MST har udarbejdet et GIS-værktøj, der kan sammenligne vandtyper, filterplacering og dybden til redoxgrænsen. Dette værktøj er et intern MST værktøj, som derfor skal køre ved MST, men resultatet kan deles med rådgiver.

1.3 Indlæsning af Excel ark med redoxybden, geologiske og hydrologiske data til GEUS' redox-website

Indlæsning af Excel ark:

Det udfyldte Excel-ark med registreringer af redoxgrænse i boringer indlæses på GEUS' redox hjemmeside for at beregne en redoxflade ved hjælp af algoritmen fra GEUS /4/.

Den geologiske/hydrostatigrafiske model:

- Øverste lerlag tykkelsen: Tykkelsen af det førstkommende sammenhængende lerlag. Beregning er akkumuleret fra terræn og ignorere alle sandlag tyndere end 1 m.
- Øverste sandlag tykkelsen: Tykkelsen af det førstkommende sammenhængende sandlag. Beregning er akkumuleret fra terræn og ignorere alle lerlag tyndere end 1 m.

Den hydrologiske model:

- Grundvandsdannelse: Flux fra umættede til mættede sone. Angives i akkumuleret i *mm per år*.
- Middel tykkelse af umættede zone: Middel simulerede grundvandstand (øverste vandspejl). I MIKE SHE kaldes udtrækket "depth to phreatic". Angives i meter under terræn. MIKE SHE konventionen og angiver tykkelsen med negativ fortegn, dvs. at positive værdier indikerer vand på terræn.
- Max tykkelse af umættede zone: Minimums simulerede grundvandstand (øverste vandspejl), som svare til en max dybde. I MIKE SHE kaldes udtrækket "depth to phreatic". Angives i meter under terræn. MIKE SHE konventionen og angiver tykkelsen med negativ fortegn,

dvs. at positive værdier indikerer vand på terræn. Hvis modellen er stationært, så kan middel grundvandsstand bruges her.

1.3.1 Aflevering af data til GRUKOS

Efter kortlægningen af redoxgrænsen afleveres udfyldt Excel-ark (se Figur 1.1), geologiske og hydrologiske data brugt til beregningen af redoxflade samt redoxfladen fra GEUS' algoritme i GRUKOS-afleveringsmappen "Redoxgrænse" under "11 Sårbarhedsvurdering". I mappen lægges ydermere et dokumentationsnotat, hvori det indgår, hvilken kortlægning redoxgrænsen er bestemt og hvilke retningslinjer, der er fulgt.

2 Beregning af tykkelsen af akkumuleret reduceret ler

Beregning af tykkelsen af reduceret ler er en ren grid-matematisk beregning, hvor terræn- og modelag samt den interpolerede redoxgrænse anvendes. Det er vigtigt, at alle grids er defineret ens, hvad angår cellestørrelse, noder og geografisk dækning. Beregningerne kan udføres i f.eks. GIS eller GS3D.

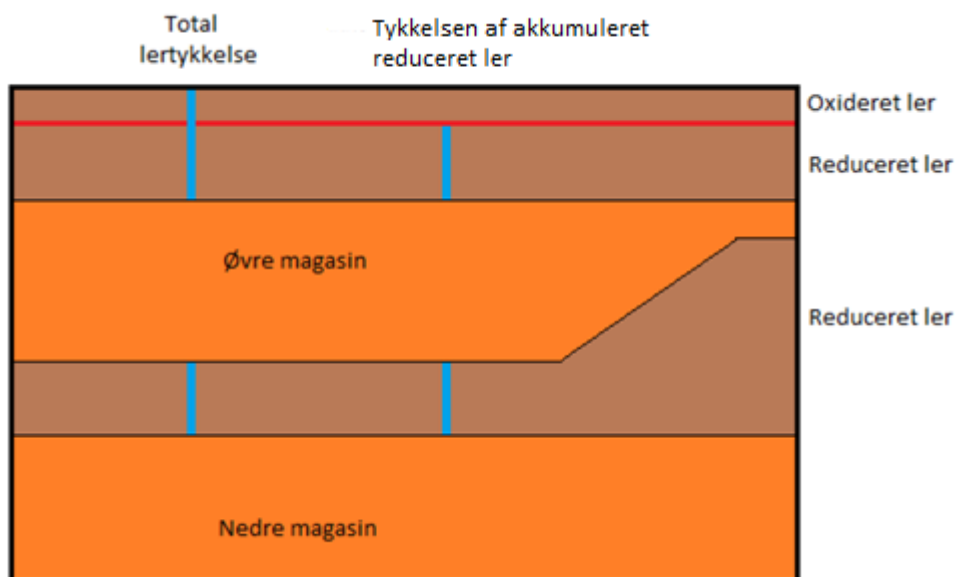
Beregningerne foretages altid magasin-specifikt. Figur 2.1 illustrerer begreberne total lertykkelse og tykkelsen af akkumuleret reduceret ler.

2.1 Total lertykkelse

Som det ses af Figur 2.1, beregnes den totale tykkelse af ler ovenpå det nedre drikkevandsmagasin ved at lægge tykkelserne af de to overliggende lerlag sammen.

2.2 Tykkelsen af akkumuleret reduceret ler

Tykkelsen af reduceret ler beregnes som den totale lertykkelse blot fratrukket den totale tykkelse af oxideret ler. Det skal her bemærkes, at tykkelsen af oxideret ler ikke direkte kan sættes til tykkelsen af den oxiderede zone, idet den oxiderede zone kan indeholde f.eks. sand.



Figur 2.1: Tykkelsen af akkumuleret reduceret ler og total lertykkelse over drikkevandsmagasiner.

Referencer

- /1/ GEUS 2018. Geovejledning 2018/2: Kemisk grundvandskortlægning
- /2/ Miljøstyrelsen 2021. Nitratsårbarhed og afgrænsning af NFI og IO. Grundvandskortlægning
- /3/ GEUS 2008. Geovejledning 1: Jordprøver fra grundvandsboringer.
- /4/ GEUS 2021. Brugervejledning til opdatering af GEUS' redox kort.
<https://data.geus.dk/redox-website/>