

Jordfaldshuller



Indhold

Introduktion.....	3
Boks 1: Hul i motorvej i fare for at blive større – nu bliver A20 fuldstændig spærret	3
Kalksten i undergrunden skaber risikoområder	4
Danmarks undergrund.....	5
Boks 2: Geolog: Jordfaldshuller er helt normale i Danmark og på Østfyn	7
Højt kalkniveau i jorden.....	8
Øvelse 1 - Syre og kalk	9
Øvelse 2 - Analyse af jordens pH	10
Øvelse 3 - Opløsning af kalk.....	11

Introduktion

Boks 1: Hul i motorvej i fare for at blive større – nu bliver A20 fuldstændig spærret



”Kun én af retningerne på motorvej A20 nær Tribsees i Mecklenburg-Vorpommern har været åben for bilister. Men fredag morgen bliver den anden kørselsretning også lukket, fordi et hul i motorvejen er i fare for at blive større.”

Det skriver det tyske nyhedsbureau DPA. Tidligere på måneden kollapsede et omkring 100 meter langt stykke vejbane i motorvejens kørselsretning mod Rostock.

”-Daglige målinger har vist, at kørebanen i retning mod Stettin (Polen, red.) også bliver ramt gradvist af nedsynkning. Bilisternes sikkerhed kan ikke længere garanteres,” siger leder af direktoratet for vejanlæg og trafik i Mecklenburg-Vorpommern, Manfred Rathert, til DPA.

Denne type overskrifter kommer vi stadigt oftere til at støde på i fremtiden. Selv i Danmark er det et stigende problem. Der er flere årsager til at jordfaldshuller opstår; nogle er naturlige, andre menneskeskabte.

I dette kompendium skal vi hovedsageligt beskæftige os med dem, der opstår i områder med kalk i undergrunden. Der bliver arbejdet med flere forskellige forsøg, der tilsammen illustrerer både hvordan jordfaldshuller kan opstå og nogle af de kemiske og fysiske processer bag.

Et jordfaldshul er betegnelse for resultatet af en proces, hvor der af forskellige årsager bliver skabt et hulrum under jorden. Hulrummet gør, at jordoverfladen ikke længere kan holde, og derfor braser sammen.

Der er mange forskellige årsager til dannelse af et jordfaldshul. Der er dels de direkte menneskeskabte, blandt andet minedrift, olieboringer, utætte kloaker samt udgravninger til veje og byggeri. Og så er der de naturlige, der skyldes, at regnvand siver ned i undergrunden og ganske langsomt opløser mineraler, så der opstår grotter og sprækker. Når disse bliver så store, at den overliggende overflade ikke længere kan holde, braser overfladen ned i hulrummet. Senere i kompendiet kommer vi ind på, at regn ikke bare er regn, men at der derimod kan være stor forskel på eksempelvis regnens surhedsgrad.



Figur 1: Kalk. Kalk kan opløses i vand

Kalksten i undergrunden skaber risikoområder

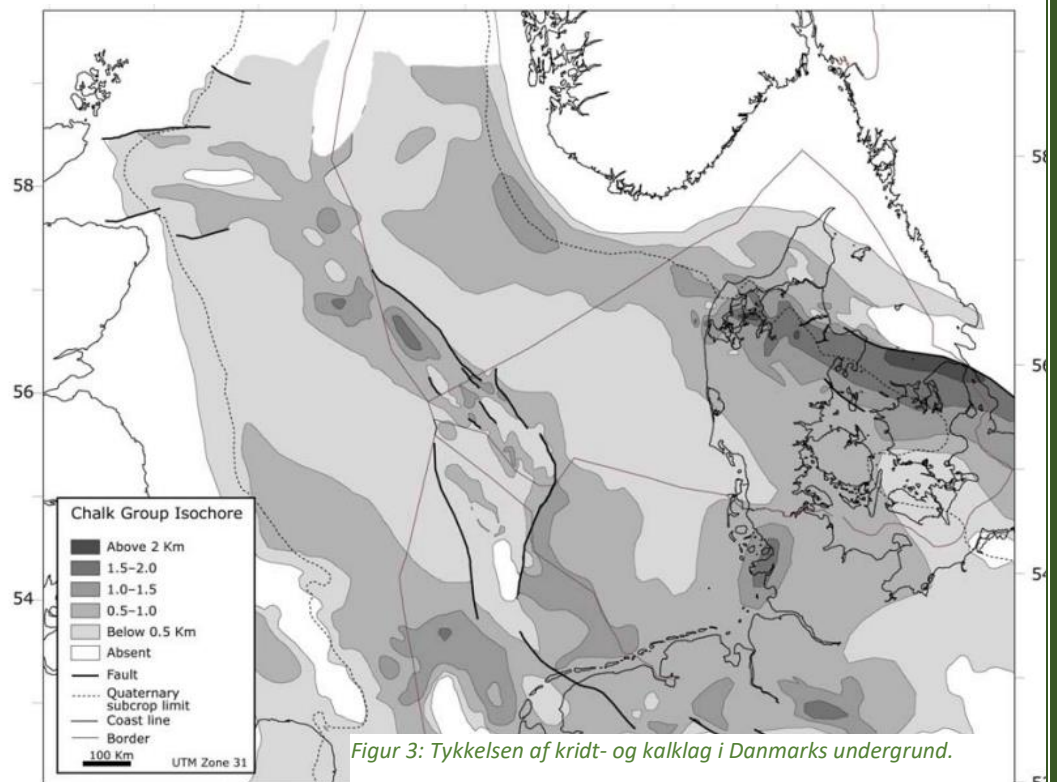
Nogle områder er mere udsatte for jordfaldshuller end andre, hvilket blandt andet afhænger af undergrundens sammensætning. Områder, der har et rigt indhold af kalksten, er meget udsat, hvilket skyldes, at kalksten er letopløselig i vand. I Danmark er der mange områder med meget kalk i undergrunden, men det er der også mange andre steder i verden. Figur 2 viser hvor der på verdensplan er meget kalk i undergrunden, mens figur 3 viser situationen i Danmark.



Figur 2: Billedet viser hvor der er meget kalk i verden.

Kalksten, kalk og kridt består alle af kalk (CaCO_3), hvilket er et mineralisk stof aflejret af mikroskopiske kalkplader fra tidligere levende organismer.

Kalk er basisk. Det betyder at grundet alt den kalk vi har i undergrunden og bunden af vores søer, så bliver vores søer, åer og andre vandhuller ofte ikke sure.



Figur 3: Tykkelsen af kridt- og kalklag i Danmarks undergrund.

Danmarks undergrund

Der er mange store kræfter, der har haft en rolle forhold til landskabets dannelse, form og indhold.

Undergrunden

Hvordan definerer man egentlig hvad undergrunden er? Man siger, at alt hvad der er aflejret før kvartærtiden, er undergrunden. Det vil sige, at undergrunden er dannet for over 2,5 mio. år siden. På figur 4 ses Jordens geologiske historie. I løbet af denne har der været meget kolde perioder (istider) og meget varme perioder. Bemærk, at betegnelserne 'Middelalderen' og 'Oldtiden' ikke har noget at gøre med menneskets historie, men perioderne mesozoikum og palæozoikum kaldes populært for Jordens oldtid og middelalder.

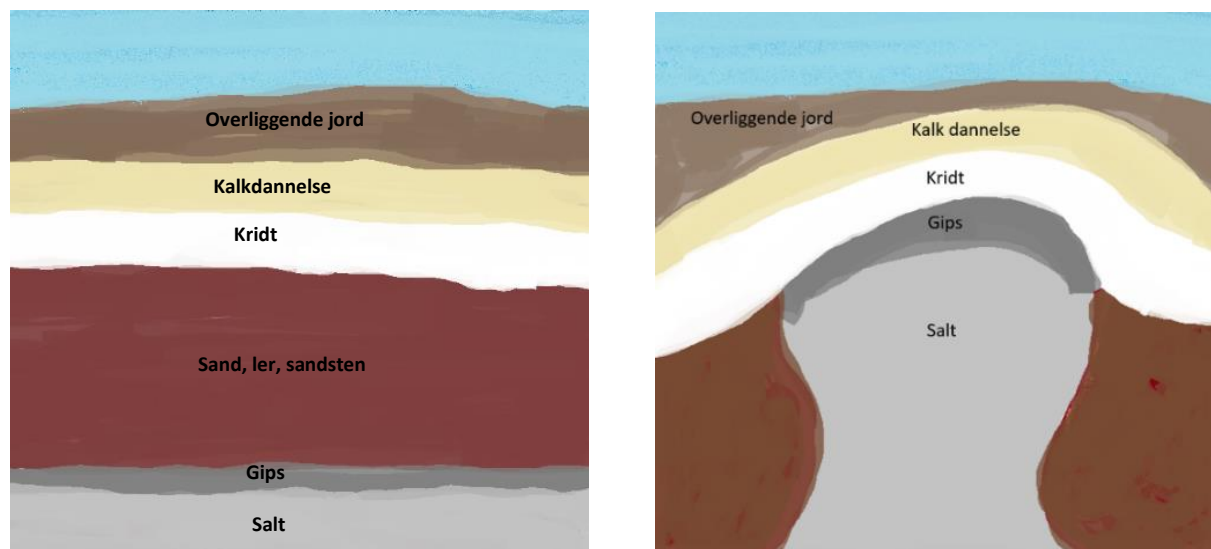
Hvis vi kigger på figur 4, kan vi se at der er aflejring fra næsten alle geologiske perioder.

Tidsalder	Periode	Epoke	Forkomster	År før nu
Kænozoikum (nydre tid) 0 - 65 mio år	Kvartær	Holocæn	Odder, tanger, klitter, marsk, tøv	14.000
		Pleistocæn	Moræne, smæltevandsaflejringer	2,5 mio
	Tertier	Pliocæn		5 mio
		Miocæn	Ler, sand, brunkul	23 mio
		Oligocæn	Ler	37 mio
		Eocæn	Vulkansk aske, plastik ler, moler, kal	53 mio
		Ø. Palæocæn	Sand, ler	
		N. Palæocæn	Bryzokalk, flint	65 mio
Mesozoikum (middalalderen) 65 - 250 mio år	Kridt	Yngre	Skrivekridt, flindt	95 mio
		Ældre	Ler, kalk, sandsten	135 mio
	Jura	Sand, ler, skiffer, brunkul	210 mio	
	Trias	Ler, kalk, sandsten	250 mio	
Palæozoikum (oldtiden) 250 - 590 mio år	Perm	Kalk, sandsten, stensalt	290 mio	
	Karbon	Kalksten, skiffer, lersten	360 mio	
	Devon		410 mio	
	Silur	Skiffer, lersten, kalksten	440 mio	
	Ordovicium	Kalksten, skiffer, lersten	510 mio	
	Kambrium	Kalksten, skiffer sandsten	596 mio	
Prækambrium (urtiden) 590 - 5000 mio år			Sandsten, grundfjæld (granit og gnejs)	

Figur 4: Geologiske forekomster og aflejringer i den danske undergrund fra de geologiske tidsaldrer.

Danmark adskiller sig fra resten af Norden, som ikke har haft aflejringer fra mere end nogle få tidsaldrer. De fleste steder er der kun dannet grundfjæld som stammer helt tilbage fra prækambrium (urtiden). Grunden til at der er aflejringer fra næsten alle tidsaldrer i Danmark er, at Danmark ligger i et sænkingsområde, hvor de mange lag stadig synker længere og længere ned. Der findes de samme grundfjæld i Danmark som der gør i resten af Norden, men de er blot sunket langt ned. Der hvor det er sunket mest, er i det Danske og Tyske Bassin, som ligger 6 kilometer nede i undergrunden.

Pga. af nedsynkningen har Danmark været under havets overflade flere gange gennem de geologiske tidsaldre. Det er derfor der er så mange aflejringer fra de forskellige tidsaldre. De lag der ligger øverst, er fra perioderne kridt og tertiær, lige bortset fra saltdiapirerne, se Figur 6.



Figur 5: Dannelse af saltdiapirerne: I perm-tiden lå det danske område i et tropisk klima. Der var meget høj fordampning som resulterede i at der blev aflejret meget salt.

I eftertiden blev der aflejret en masse ler, kalk og sand. Det hårde tryk gjorde saltet plastisk (bevægelig masse), og der hvor der ikke var så så meget modstand kunne saltene bevæge sig opad.

Også her er der et materiale, der er nemt for vand at opløse. Der er derfor også en stor risiko for jordfaldshuller de steder hvor der er dannet saltdiapirer.

I de senere år er der kommet meget mere fokus på jordfaldshuller rundt i hele verden, fordi de er blevet hyppigere. Det betyder derfor også det er lettere at finde oplysninger om emnet end det tidligere har været. Man mener, at blandt andet de store mængder vand, der kommer oftere og oftere i skybrud har betydning. Samtidig har vi de senere år oplevet både tørkeperioder og meget våde perioder i Danmark og i andre dele af verden.

Det er ikke kun de naturlige forekommende jordfaldshuller, men også de menneskeskabte, der er blevet hyppigere. Kloaker har kun en vis levetid, og mange af de menneskeskabte jordfaldshuller er grundet utætte kloaker. Det er ofte årsagen til de jordfaldshuller vi ser i storbyer.

Det at grundvandsspejlet først stiger meget og så falder igen, vil påvirke de omkringliggende jordlag. Østfyn er et af de steder på Fyn, hvor man vil forvente der vil komme jordfaldshuller. Det var derfor ikke overraskende for geologerne, da Peter Jespersen sank ned i et jordfaldshul i sin have. Se artiklen fra Fyens Stiftstidende i boks 2 på næste side.

Syreregn er problematisk

Syreregn er betegnelsen for nedbør, der har en pH på 4,5 eller derunder. Det opstår, når forskellige forureningsstoffer opløses i regndråber. Tidligere var det primært forurening med svovlsyre og saltsyre fra kulraftværker og NO_x fra biler, men de forureningskilder er reduceret væsentligt de senere år ved forskellige tiltag. Nu er CO₂-udledningen det største problem, da det skaber kulsyreholdig regn.

Syreregnen giver forskellige problemer og medfører større risiko for jordfaldshuller, da det, grundet sin lave pH, opløser kalk endnu mere effektivt end almindeligt regnvand.

Boks 2: Geolog: Jordfaldshuller er helt normale i Danmark og på Østfyn



Peter Jespersens hul var godt en meter dybt, men det er siden blevet lidt mindre, efter han har skubbet noget af jorden fra kanten af hullet derved. Hullets radius er nogle steder stadig omkring en meter.

Foto: Patrick Debjerg

Ifølge en ekspert fra GEUS er jordfaldshuller i Danmark langt fra unormale, og Østfyn er et af de steder, man godt kan forvente at finde hullerne i fremtiden også.

13 aug. 2019 kl. 10:35

Patrick Alan Debjerg paade@jfmedier.dk

KOGSBØLLE: Da Peter Jespersens ben trængte igennem jordoverfladen og sank ned i en lomme på måske godt en kubikmeter, imens han ellers gik stille og roligt rundt ude i sin have i Kogsbølle, så kan man fristes til at sige, at han gjorde mange geologer i Danmark ganske godt tilfredse med deres eget arbejde.

- Det er ekstraordinært, men det er nogle bestemte steder i Danmark, hvor vi forventer, at de her jordfaldshuller opstår og mener, vi kan forklare dem. Kogsbølle på Østfyn passer helt fint ned i vores forståelse af, hvor de skal opstå. Men det er første gang, vi har fået rapporter om sådan et hul ude i det område, så det er da interessant, siger seniorforsker på GEUS (De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, *red.*) Bertel Nilsson.

Højt kalkniveau i jorden

Grunden til, at et hul pludselig opstår under jorden, uden man kan se det, skal - ikke overraskende - findes i selv samme jord. I dette tilfælde skal den findes i, at jorden på Østfyn har et forholdsvis højt kalkniveau. Den kalk er sandsynligvis hovedårsagen til, at Peter Jespersen nu står med et hul på hans grund.

Kalkaflejringerne i jorden ligger under istidsaflejringer (som typisk består af ler og sand, red.). Nogle steder er istidsaflejringerne tynde, så der altså er en forholdsvis lille afstand fra jordoverfladen og ned til kalken. Når regn så falder og siver ned i jorden, kan vandet opløse kalken i hulninger eller kanaldannelser.

- Man kan ikke lave prognoser på, hvor eller hvornår disse huller opstår, men jeg tror der er en sammenhæng med stor nedbør. Det så vi blandt andet i Thy, hvor man havde fundet et hul på en ridebane, efter der var faldet en del regn, der simpelthen underminerede ridebanen. Landmænd oppe i det område ved også godt, at man skal passe på i visse områder, når man kører med traktor, fordi sådanne huller godt kan opstå, forklarer Bertel Nilsson.

I udlandet har man flere eksempler på jordfaldshuller så store, at de har hevet hele huse eller boligblokke med sig, men så slemt er det dog ikke hændt i Danmark.

I Peter Jespersens have står han nu med et bogstaveligt hul i jorden, der dog heldigvis ikke måler sig blandt de største huller der er set i verden. Det letteste at gøre ved hullet ville være ganske enkelt at fylde hullet op, men Bertel Nilsson vil ikke give nogen garantier.

- Hvis vandet stadig flyder dernede, vil det jo fortsætte med at tage materiale med sig. Så man kan fylde hullet op med jord, men det kan godt være det vil opstå igen.

Læs hele artikel fra Fyens Stiftstidende her:

<https://fyens.dk/artikel/geolog-jordfaldshuller-er-helt-normale-i-danmark-og-p%C3%A5-%C3%B8stfyn>

Vi vil i de følgende øvelser arbejde med surhedsgrader i jorden og lave nogle syre-/baseforsøg, som kan illustrere, hvordan kalken kan opløses af regnvandet og dermed skabe muligheden for jordfaldshuller.

Øvelse 1 - Syre og kalk

Formål

Formålet er at undersøge, hvordan syre påvirker kalk.

Materialer

- Sikkerhedsbriller
- Reagensglas
- Handsker
- Saltsyre (HCl) 1M
- Skrivekridt (CaCO₃)
- Prop med låg
- To bøjede glasrør
- CO₂-indikator
- Demineraliseret vand

Fremgangsmåde

1. Hæld saltsyre (HCl) i det første reagensglas til en højde på ca. 1 cm
2. Fyld det andet reagensglas ca. 1/3 op med demineraliseret vand.
3. Put 3-5 dråber indikatorvæske i begge glas.
4. Glasrørene samles forsigtigt
5. Fyld nogle kalkstykker i det 1. reagensglas og sæt hurtigt proppen på.
6. Udfyld skemaet og forklar hvad der sker.



Resultater

Forklar med egne ord hvad der sker i både glas 1 og 2

Hvad sker der med pH i glas 1?

Hvad indikerer farveskiftet i glas 2?

Øvelse 2 - Analyse af jordens pH

Formål

At undersøge pH-værdien i forskellige jordprøver.

Materialer

- Lille plasticske
- Plastikbæger
- Scandidacts pH-målesæt til jord

Fremgangsmåde

- Saml de jordbundsprøver, der skal måles på i hver deres plastbæger. Tag både prøver på overfladen og i ca. 10 centimeters dybde
- Rør rundt i de enkelte prøver, så de hver især bliver godt opblandede
- Placer en lille skefuld jord fra en af prøverne på indikatorpladens øverste fordybning.
- Dryp 5-8 dråber indikatorvæske på jorden.
- Lad pladen stå i ca. 2-3 min.
- Vip pladen lidt, så væsken kan løbe ned i det lille hul.
- Man kan nu aflæse pH-værdien.
- Vask pladen og gentag med de andre jordprøver



Resultater

Nr.	Beskrivelse af jordprøve	pH-værdi

Øvelse 3 - Opløsning af kalk

Formål

Formålet med dette forsøg er at se, hvordan kemikalier med forskellige pH-værdier nedbryder kalk.

Materialer

- Bægerglas
- Reagensglas
- Handsker
- Husholdningseddike
- Saltsyre (HCl) 2M
- Toilettrens
- Cola
- Skrivekridt
- Sikkerhedsbriller
- Indikatorpapir

Fremgangsmåde

- Marker fire reagensglas og hæld de forskellige kemikalier i hvert sit glas. Væskehøjden skal være ca. 5 cm.
- Mål pH-værdi af væskerne, og noter resultaterne i skemaet.
- Put et lille stykke skrivekridt (ca. 1 cm) i hver af reagensglassene.
- Noter i skemaet om der kommer bobler.
- Lad blandingerne stå i ca. 10 min.
- Se efter om kridtet (eller noget af det) er blevet opløst, og mål pH-værdien igen. Noter resultaterne i skemaet.

Resultater

Materiale	pH-værdi start	pH-værdi slut	Bobler	Kridtets opløselighed

Kilder:

- <https://www.dr.dk/skole/fysik-og-kemi/kalk>
- <https://fyens.dk/artikel/geolog-jordfaldshuller-er-helt-normale-i-danmark-og-p%C3%A5-%C3%B8stfyn>
- <https://www.fla.de/wp/dailys/hul-motorvej-fare-blive-stoerre-nu-bliver-a20-fuldstaendig-spaerret/>

Figur: kalk i Danmarks undergrund: Frykman, P. 2006. Kalk-familien og dens egenskaber.

