

Aarhus School of Architecture // Design School Kolding // Royal Danish Academy

Opbevaringskriterier [af geologisk og palæontologisk materiale]

Botfeldt, Knud Bo

Publication date:
2013

Document Version:
Tidlig version også kaldet pre-print

[Link to publication](#)

Citation for pulished version (APA):
Botfeldt, K. B. (2013). *Opbevaringskriterier [af geologisk og palæontologisk materiale]*.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Opbevaringskriterier for fossiler

&

Geologiske prøver

**En vejledning under udarbejdelse af
Geologisk og Palæontologisk Netværk**

Opbevaringskriterier:

Opbevaringskriterier for pyritholdige fossiler, mineraler og mineraler: Zina Fihl & Trine Sørensen	s.4
Fossiler i tør, blød moler: Anne Björkman Søbjørn & Frank Osbæck	s.10
Smektitmatriks og muddersten: Maiken Ploug Riisom	s.12
Metalmalme: Andreas Grinde	s.13
Subfossilt træ: Anne Marie Eriksen	s.16
Subfossile knogler og tænder: Steen Kristian Frank	s.18
Rav: Knud Botfeldt	s.20
Fossiler med opløselige salte: Signe Michelsen & Knud Botfeldt	s.21

Forord

Nærværende samling af anvisninger på opbevaringskriterier er et projekt der blev startet ved det andet møde for **Geologisk og Palæontologisk Netværk** i Gram 2010, og fuld op ved mødet i januar 2011 på Konservatorskolen.

Samlingen gør på ingen måde krav på at være et stykke færdigt arbejde, men skal betragtes som ”Work in progress”, som netværket udarbejder kollektivt. Håbet er at der med tiden kan udvikles standarder måske endda internationale, ligesom der med tiden kan / vil blive behandlet flere delområder. Derfor er alle standarder til diskussion indtil videre, og anbefalingerne i dette skrift er hvad vi p.t. anser for det mest rigtige.

Dog må man forvente at der endnu går en del tid / møder før dette ønske er opfyldt. Således er alt stadigvæk til diskussion.

Der er tilstræbt et ensartet layout for anvisningerne, men det skønnes ikke vigtigt på nuværende tidspunkt. Det er dog ikke sikkert at alle emner nødvendigvis passer til dette layout. Dels er det tidskrævende og dels kan det være hæmmende at bruge tid på noget der alligevel med stor sandsynlighed bliver omskrevet.

Emnet pyrit er behandlet langt mere dybdegående end resten af emnerne, men det er også et at hovedproblemerne indenfor fossilkonservering.

Angående opbevaring af rene mineraler henvises til kompendiet:

Geologisk kuratering (2011) af Michelsen, S., Botfeldt, K. & Bredal Jørgensen, J.
Det Kongelige Danske Kunstakademi, København. 28 p.

På Geologisk og Palæontologisk Netværk's vegne

Knud Botfeldt

The Royal Danish Academy of Fine Arts
Schools of Architecture, Design and Conservation
Esplanaden 34
DK-1263 København K
T +45 41701941
kbb@kadk.dk

København d. 05.07.2013

Opbevaringskriterier for pyritholdige fossiler, mineraler og bjergarter

Bevaringsværdige fossiler, mineraler og bjergarter indeholdende pyrit (FeS_2) eller markasit, der er polymorft med pyrit, kan være årsag til et af de største nedbrydningsproblemer i geologiske samlinger. Oxidering af pyrit kan i værste tilfælde medføre total ødelæggelse af genstanden, samt forårsage nedbrydning af tilhørende etiketter og opbevaringsmaterialer (Stooshnov & Buttler, 2001; Howie, 1992). Oxidering af pyrit er også kendt fra andre fagområder blandt andet arkæologien, hvor pyrit kan dannes i forbindelse med for eksempel vanddrukkent træ (Fellowes & Hagan, 2003; Newman, 1998; Howie, 1992; MacLeod, 1990). En succesfuld konservering og bevaring af pyritholdige mineraler og fossiler implicerer gerne flere tiltag og behandlingsformer. Herunder fjernelse af eksisterende oxidationsprodukter, neutralisering af det oxiderede præparat og bevidst tilpasning, monitorering og regulering af opbevaringsforhold. I det følgende gennemgås forhold vedrørende opbevaring.

Tidligere antagelser omkring bakteriel oxidation er nu afvist i forbindelse med museumssamlinger (Fellowes & Hagan, 2003; Newman, 1998; Belzile *et al.*, 1997). Under håndtering skal man dog være opmærksom på, at der tidligere kan være anvendt baktericider på pyritholdige præparater i et forsøg på at modvirke oxidation.

Ved udstilling og magasinering af pyritholdige fossiler, mineraler og bjergarter skal man være opmærksom på:

Relativ luftfugtighed (RH)

Den alvorligste nedbrydning af pyrit foregår som en oxidation, der ofte er forårsaget af høj luftfugtighed, hvorved der dannes jernoxider og jernsulfater (Johnsen, 2000). Oxidationsraten stiger som funktion af den relative luftfugtighed (Newman, 1998), og oxidationshastigheden fordobles ved en stigning i RH på 26 % (Waller, 1989). Mekanismerne bag pyritoxidationen varierer med RH fra at være mest molekylært baseret ved helt tørre forhold, over elektrokemisk ved delvist fugtige/våde forhold, til stigende bakteriel ved helt våde og sure forhold (eks. minedrift) (Howie, 1992). Ved 60 % RH ses typisk tydelig oxidation af mange typer pyrit, og de hygroskopiske nedbrydningsprodukter, som jernsulfater, udvider sig kraftigt under optagelse af vand, hvilket fører til krakelering af pyritpræparater. Desuden kan de hygroskopiske egenskaber ligeledes fremme oxidationen ved absorption af vand (Irving, 2001; Newman, 1998; Howie, 1992). Men allerede ved en RH højere end 30 %, kan der dannes en sammenhængende vandfilm på mineraloverfladen, hvor oxidationsprocessen kan starte, hvorfor det anbefales at holde RH derunder ved opbevaring af pyritmineraler (Howie, 1992). Det kan være vanskeligt at holde RH på

maximalt 30 %, så derfor anbefales det, at holde RH så lavt som økonomisk og miljømæssigt muligt (Fellowes & Hagan, 2003). Vær dog opmærksom på, at andre mineraler i præparatet eller rummet, samt omgivende indpakning, interiør osv. kan have modstridende krav til RH. Også større udsving i RH kan stresse mineraler og materialer forskelligt.

Temperatur

Som med andre kemiske reaktioner, er der påvist en sammenhæng mellem øget temperatur og øget oxidationsrate (Schoonen *et al.*, 2000). Oxidationsraten fordobles omtrent for hver 10° C stigning, men der er ingen undersøgte ideelle opbevaringstemperaturer. Men jo lavere temperatur, jo langsommere oxidationshastighed. Derfor bør pyrit opbevares ved laveste temperatur, der er praktisk mulig (Newman, 1998).

I udstillingssammenhæng er det urealistisk at forsøge at kontrollere temperaturen i montrer, derfor betragtes en stabil temperatur omkring 20-25 °C, som acceptabel for publikums komfort og genstandens stabilitet (Fellowes & Hagan, 2003).

Analyser af svovls omdannelse under opbevaring med klimatiske svingninger viser, at der på kort tid sker betydelige ændringer i den kemiske sammensætning af svovl- og karbonatmineraler. Det anbefales derfor, at prøver udtaget til geokemiske og tekniske analyser bliver opbevaret køligt, mellem 0-4 °C i en lufttæt beholder, og at analyser bør foretages hurtigst muligt, allersenest 30 dage efter indsamling (Czerewko *et al.*, 2003).

Oxygen

Udover RH og temperatur kan oxygenkoncentrationen i luften rundt om museumsgenstande også forøge oxidationshastigheden, hvor en faldende oxygenkoncentration får pyritoxidationsraten til at falde (Newman, 1998).

I magasiner er tendensen nu, at skabe mikromiljøer med lufttætte beholdere eller barrierefilm, med så lavt et oxygenniveau som muligt. Mikromiljøet stabiliseres ved hjælp af oxygenabsorberende materialer; eventuelt erstattes en del af oxygenet med argon eller nitrogen (Krogmann & Lehmann, 2009; Doyle, 2003; Carrió & Stevenson, 2003; Fellowes & Hagan, 2003; Irving, 2001; Burke, 1996). Tidligere har man opbevaret pyritholdige fossiler i inerte væsker, såsom silikoneolier og glycerol. Det har vist sig utilstrækkeligt, da væskekerne ofte absorberer fugt fra omgivelserne, og nedbrydning af væsken medfører nedbrydning af genstanden (Allington, 2006). Det har ligeledes været almindeligt at lave en overfladeforsegling med polymere for at mindske overfladearealet, og for at forhindre kontakt mellem genstanden og de oxiderende faktorer, oxygen og RH. Forskellige avancerede konsolideringsmidler er blevet foreslået (Fellowes & Hagan, 2003; Belzile *et al.*, 1997; Costagliola *et al.*, 1997), men det er at foretrække at lave klimatisk kontrol, frem for at risikere

nedbrydning af konsolideringsmiddel, der kan medføre eller starte andre lige så alvorlige skader på genstanden (Fellowes & Hagan, 2003).

Lys og UV-stråling

Både synligt lys og UV-stråling er kendt for at forøge oxidationsprocesser. I udstillingssammenhæng anbefales belysning med bølgelængder i den lave ende af det synlige spektrum, frem for bølgelængder nærmere det ultraviolette område. I magasinsammenhæng anbefales lukkede opbevaringsbokse og/eller kabinetter, der udelukker lys (Fellowes & Hagan, 2003).

Skadelige dampe og nedbrydningsprodukter

Oxidering af pyrit katalyseres af en lav pH-værdi, hvorved hastigheden af oxidationen forøges markant (Schoonen *et al.*, 2000; Belzile *et al.*, 1997). Man bør derfor være opmærksom på eventuel afgasning af syrer fra inventar og emballage i nærheden af pyritpræparater.

Den lave pH kan også komme fra pyritoxidationens nedbrydningsprodukter som jernsulfater og svovlsyre (Irving, 2001). Det er derfor vigtigt, at eksisterende oxidationsprodukter fjernes, grundet deres katalyserende og hygroskopiske egenskaber (Fellowes & Hagan, 2003).

De sure nedbrydningsprodukter kan desuden skade etiketter, emballage og inventar (Stooshnov & Buttler, 2001; Newman 1998; Howie, 1992).

Pyritkrystallernes type og mineralogisk sammensætning af fossilet

Krystalform, størrelse, renhed og kompakthed har betydning for nedbrydningsgraden af pyrit, og om det forekommer som mineral, i fossil eller i bjergarter (Cornish & Doyle, 1984; Bang, 1982). Tilstedeværelsen af kulfilm kan sandsynligvis forårsage elektrokemisk nedbrydning, og mikrokrySTALLinsk pyrit nedbrydes nemmere end større, mere veldefinerede pyritkrystaller. Man bør derfor være opmærksom på, at nogle pyritholdige mineraler, fossiler og bjergarter kan være mere udsatte overfor oxidation end andre og derfor kan have behov for strengere kontrolleret opbevaring (Bang 1994a; Howie, 1992).

Urenheder i mineralsammensætningen ved kation-substitutioner, komplicerede interaktioner mellem pyrit og associerede mineraler og tilstedeværelsen af diverse karbonater og sulfater kan ligeledes påvirke pyritys stabilitet (Costagliola *et al.*, 1997; Blount, 1993; Howie, 1992).

Støv og snavs

Smuds, støv og snavs er ofte hygroskopiske, derfor bør pyritholdige fossiler holdes fri derfor, og der bør holdes rent omkring opbevaring- og udstillingsarealer for at minimere risikoen for oxidation i genstanden. Luftforurening bør minimeres så vidt muligt, da den ofte er sod- og svovlholdig, hvilket kan medvirke til en forsurening af

berørte overflader (Bang, 1994b). Som tidligere nævnt, kan en forsuring af overfladen medføre øget oxidation.

Pakning og håndtering

Som ovenfor anført er det vigtigt, at pakning af pyritholdige fossiler, mineraler og bjergarter bliver gjort syrefrit, tørt og eventuelt oxygenfrit. Kasser med gennemsigtigt låg vil minimere håndtering af skrøbelige præparater.

Fossiler, mineraler og bjergarter med tendens til pyritoxidation bør opbevares uden kontakt til andre genstande, da disse kan blive nedbrudt under dannelse af sekundære mineraler (Howie, 1992).

Håndteringen af fossilerne og mineralerne bør være forsigtig og velovervejet. Man bør også undgå fugtigt og/eller svingende klima under transport, forskning, udstilling m.m. Bomuldshandsker bør bruges ved håndtering af særligt bevaringsværdige og/eller letnedbrydelige genstande.

Etiketter bør opbevares således, at de ikke bliver nedbrudt af en eventuel oxidation i genstanden (Irving, 2001; Cornish, 1987). Som sikkerhed bør det være standardprocedure, at have kopier af genstandens oplysninger i et eksternt arkiv.

Referencer:

Allington, L. (2006) Investigation into the deterioration of palaeontological specimens stored in glycerol. *Studies in Conservation*, 51:3. s.199-204.

Bang, B. S. (1982) Fossiler og konserveringsproblematik. *Tidens Tand* no. 1, Konservatorskolen, s. 98-126.

Bang, B. (1994a) Framboidal pyrite and associated organic matrices - A risky composite for preservation of fossils. I: Surface treatments: Cleaning, stabilization and coatings. Preprints. København; 7-11. september 1994. Nordisk Konservatorforbund, s. 65-82.

Bang, B. S. (1994b) Fossiler. I: Bevaringshåndbogen. København, Christian Ejlers' Forlag. s. 263-281.

Belzile, N.; Maki, S.; Chen, Y.W. & Goldsack, D. (1997) Inhibition of pyrite oxidation by surface treatment. *The Science of the Total Environment*, 196. s. 177-186.

Blount, A. M. (1993) Nature of the alterations which form on pyrite and marcasite during collection storage. *Collection Forum*, 9:1. s. 1-16.

Burke, J. (1996) Anoxic microenvironments: a simple guide. SPNHC Leaflets, 1:1. s. 1-4.

Carrió, V. & Stevenson, S. (2003) Assessment of materials used for anoxic microenvironments. *Conservation Science*, 2002: Papers from the conference held in Edinburgh, Scotland 22-24 May. s. 32-38.

Cornish, L. (1987) The treatment of decaying pyritiferous fossil material using ethanolamine thioglycollate. *Geological Curator*, 4:7. s.451-454.

Cornish, L. & Doyle, L. (1984) Use of ethanolamine thioglycollate in the conservation of pyritized fossils. *Palaeontology*, 72:2. s. 421-424.

Costagliola, P.; Cipriani, C. & Manganelli Del Fà, C. (1997) Pyrite oxidation: protection using synthetic resins. *European Journal of Mineralogy*, 9. s.167-174.

Czerewko, M. A., Cripps, J. C., Reid, J. M. & Duffell, C. G. (2003) The effects of storage conditions on the sulphur speciation in geological material. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 36. s. 331-342.

Doyle, A. (2003) A large scale "Microclimate" enclosure for pyritic specimens. *The Geological Curator*, 7:9. s. 329-335.

Fellowes, D. & Hagan, P. (2003) Pyrite oxidation: the conservation of historic shipwrecks and geological and palaeontological specimens. *Reviews in Conservation*, 4. s. 26-38.

Howie, F. M. P. (1992) Pyrite and marcasite. I: Howie, F.M.P. (ed.): *The Care and Conservation of Geological Materials*. Butterworth-Heinemann. Oxford. s. 70-84.

Irving, J. (2001) Ammonia: A practical guide to the treatment and storage of minerals. *Natural Science Conservation Group Newsletter*, 17. s. 18-32.

Johnsen, O. (2000) *Mineralernes verden*. København: Gads Forlag. 439 s.

Krogmann, M. & Lehmann, J. D. (2009) Anwendung von Mikroklimaten in der Konservierung von Pyrit und Markasit. *Der Präparator*, 55. s. 84-87.

MacLeod, I. D. (1990) Conservation of waterlogged timbers from the Batavia 1629. *Bulletin of the Australian Institute for Maritime Archaeology*, 14:2. s. 1-8.

Newman, A. (1998) Pyrite oxidation and museums collections: A review of theory and conservation treatments. *The Geological Curator*, 6:10. s. 363-371.

Schoonen, M; Elsetinow, A.; Borda, M. & Strongin, D. (2000) Effect of temperature and illumination on pyrite oxidation between pH 2 and 6. *Geochemical Transactions* (online), 1:23. 4. juli 2000.

<http://www.geochemicaltransactions.com/content/pdf/1467-4866-1-23.pdf>

Stooshnov, A. & Buttler, C. J. (2001) The treatment of specimen labels affected by pyrite decay. *The Geological Curator*, 7:5. s. 175-180.

Waller, R. (1989) Pyrite oxidation studies. *Canadian Conservation Institute Newsletter*, spring/summer, 10.

Opbevaringskriterier vedrørende fossiler i tør, blød moler:

Opbevaringskriterierne er lavet på baggrund af erfaringer fra konservering af et begrænset antal fossiler i den bløde moler.

Moler er et sediment, der er karakteriseret som en leret diatomit af siliciumoxcid. Det består af partikler, der kan afgrænses i fire hovedkomponenter: 1) Planktoniske mikrofossiler (diatomeer og silicoflagelater – hvor diatomerene er de domminerende), 2) vulkansk aske, 3) detritale/tilført fra land mineraler (lermineraler, kvarts og feldtspat – hvor lermineralerne er langt de vigtigste og mest består af smektit) og diagenetiske/nydannede mineraler (zeolitter, opal, pyrit, gips jarosit og jernforbindelser (Pedersen *et al.*, pp. 4,5 og 25, 2003).

Blød moler findes som lamineret og ulamineret. Det laminerede moler er det mest fossilrige.

Lagene i moleret kan variere meget i tykkelse. På grund af sin laminerede struktur spalter moler gerne langs med lagene – men også på tværs – hvilket gør materialet vanskeligt at håndtere.

Udtørring: Tørt moler minder om hårdt, presset talkum og ”smutter af” ved berøring. Fossiler i blød moler håndteres bedst, når moleret er tørt. Udtørring er så vidt vides ikke noget problem, men en RH omkring de 50 % er tilrådelig.

Lyspåvirkning: Fossilerne består ofte blot af et aftryk og en farveforskel – denne farve kan formodentlig skades af lys (som ved farveaftryk i cementsten (Bang, 1986, p. 270), så mørk opbevaring tilrådes.

Skadelige midler: Overfladebehandling for eksempel med hårlak bør absolut ikke forekomme – aftrykket kan løsne sig fra underlaget og ”rulle af”, når lakfilmen trækker sig sammen under hærningen.

Støv og snavs: Fossilafttryk i blød moler tåler ikke berøring, så støv og snavs er noget der bør undgås, idet det er vanskeligt at fjerne fra stykkerne uden at beskadige dem.

Pakning: Moleret skal pakkes således, at det fossilbærende område ikke berøres af for eksempel silkepapir og lignende – fossilerne består af så tyndt et lag, at de kan blive slidt af ved berøring.

Fossiler i blød moler håndteres bedst ved at være monteret i en kasse, hvor stykkerne er fikserede og dermed ikke rutsjer og slider materiale væk.

Kassen, der kan være lavet af krydsfiner, udstyres med et låg, der giver plads til ca. en centimeters luft over fossilet. Stykket kan fikseres med sand, der er imprægneret med en meget tynd (ca. 3 %) opløsning af Paraloid B72 i ethylacetat. Herved undgår selve fossilet at blive imprægneret. Det vigtige er at fikse moleret, og dermed forhindre slidskader. Hvilke imprægneringsmidler, der bliver brugt, kan diskuteres.

Andre metoder til fuldimprægnering af fossiler i blød moler – herunder brug af silaner – er endnu ikke så veldokumenterede, at eventuelle skadelige langtidsvirkninger er kendt. Der er ved at blive lavet nogle undersøgelser blandt andet med silaner på Museernes Bevaringscenter i Skive.

Pedersen, G. K., Pedersen, S. A. S., Lindgreen, H. B., Steffensen, J. og Pedersen, C. S. (2003): Mineralogisk sammensætning af moler. Undersøgelse af lermineralindholdet i Fur Formationen, Jylland, Danmark. Report, 2003/97. Copenhagen, GEUS, Geological Survey of Denmark and Greenland. pp. 1-27.

Bang, B. S. (1986): Bevaringshåndbogen. Christian Ejlers Forlag, København, pp. 263-281.

Smektitholdig matriks og muddersten

Udtørring: de fleste lerminerale er følsomme overfor svingninger i den relative luftfugtighed (RH%). Især smektitholdig lermatriks er sensitive overfor både udtørring og fugt. Disse kan absorbere vand i op til to niveauer, afhængigt af temperatur, og afgive det igen ved udtørring (Velde & Druc, 1999). Dette bevirker en mekanisk nedbrydning, som kan resultere i blandt andet revnedannelse, delamination og pulverisering af overfladen (Collins, 1995). Det anbefales derfor at opbevare smektit og muddersten i et så stabilt klima som muligt omkring 50% RH og en stabil temperatur omkring 18-25 °.

Oxidation/lys: lerminerale er ikke følsomme overfor oxidation. Man skal dog være opmærksom på at ældre fossiler kan være konsolideret eller limet med en adhæsiv, som kan være følsom overfor lys.

UV-stråling: Smektit hører ikke til de strålingsfølsomme mineraler, men direkte påvirkning af dagslys skal undgås.

Skadelige dampe: generelt er muddersten og smektit ikke sensitive overfor organiske opløsningsmidler og luftforurening, men på grund af deres hygroskopiske egenskaber kan de tage meget skade af vand og vanddamp i forbindelse med for eksempel rengøring.

Støv og snavs: da mineralerne reagerer med luftens vand og kan have revner og pulverisering i overfladen, kan støv være et problem. Det kan være svært at afgøre hvad der er snavs og hvad der er mineral. Derfor anbefales det at opbevare smektit og muddersten i lukkede eller afdækkede stenskabe eller kasser.

Pakning: ydermere kan genstande af denne type være skrøbelige og skal derfor så vidt muligt støttes med syrefrit papir eller en tilskåret skum med høj densitet, eksempelvis polyethylenskum.

Litteratur:

Collins, C. (1995) Stability of shale and other mudrocks. In: C. Collins (Ed), The care and conservation of palaeontological material. Butterworth-Heinemann, Oxford, pp. 53-58.

Velde, B. & Druc, I. C. (1999) Archaeological ceramic materials. Berlin: Springer.

Metalmalme

Kriterierne beskrevet herunder er hovedsagligt rettet mod malmens metalliske del.

Relativ luftfugtighed: Typisk vil korrosion ikke opstå under en RH på 65%, dog vil metaller der er specielt tilbøjelige/modtagelige (f.eks. sammen med salte) kunne korrodere ned i nærheden af en RH på 35% (NPS 2002, p. 8). Ved en relativ fugtighed på under 30% vil korrosionen selv for de særligt tilbøjelige materialer være minimal (Priestman, 1984, p. 305; Howie, 1982, p. 53.) Ved en RH på under 15% vil jern ikke korrodere og rødgods ikke løbe an, hvilket dog normalt ikke er særligt praktisk anvendeligt eller behageligt at opholde sig i (NPS 2002, p. 8; Bland & Lane, 1984, p. 358).

Temperatur: For de fleste metaller vil temperaturer på mellem 15 og 24 °C være passende. Ved opbevaring ved lavere temperaturer bør man være opmærksom på den ofte høje RH og undgå kondensering på genstandene (NPS 2002, p. 8). Ligeledes bør man være opmærksom på at tin bliver metastabilt ved temperaturer på under 13,2 °C (Wheatley, 1984, p. 320; Howie, 1982, p. 53).

Lys. Undgå høje niveauer af lys da dette sammen med ilten i atmosfæren vil få metaller som f.eks. kobber og bly til at løbe an (Howie, 1984, p. 310).

Skadelige dampe; Undgå materialer der afgasser organiske syrer og svovl-forbindelser (Horie, 1984, p. 283) f.eks. egetræ, spånplade, pap og silikonefugemasse.

Luft forurening, støv og snavs: Støv på overfladen af emnerne bør undgås da det ud over rent mekanisk at hæfte sig til overfladen, suger fugt og syre fra den generelle luftforurening og derved fremmer nedbrydning. Dette kan bl.a. give anledning til lokal korrosion ved helt ned til 20% RH og ligeledes danne lokale galvaniske celler (Howie, 1982, p. 53). Støv på genstandene vil desuden være grobund for biologisk nedbrydning fra insekter og mikroorganismer, hvis affaldsprodukter kan være stærkt korroderende (Wheatley, 1984, p. 321).

Pakning: Brug syrefrit silkepapir, individuelle kasser forret i bunden med ethafoam eller lign. for at minimere mekaniske påvirkninger.

Generelt om metaller i geologien:

Originalt jordfundet metallisk jern findes, men ellers vil jern i geologiske samlinger typiske være som meteoritter (Waller, 1992, p. 33). Ellers findes rene "jordfundne"

metaller som f.eks. sølv fra Kongsberg minerne i Norge og de såkaldte guld "nuggets" fra f.eks. Amerika og Australien.

Sammenlignet med de mere almindeligt forekommende metaller er ædelmetaller som guld, platin, osmium og iridium forholdsvis upåvirket af normale kemiske processer og korrosion sker oftest med metaller som jern, kobber, nikkel og legeringer af disse (Howie, 1982, p. 51, 52.)

Porrevandet kan påvirke styrken af bjergarten indirekte, dette ved at nogle væsker inklusive vand har en korroderende effekt. Korrosionen sker i de tilfælde hvor væsken kan cirkulere gennem porrer og sprækker og gradvist nedbryde passager og derved svække matrixen (Walsh 1982, p. 103).

Korrosion eller dannelsen af rust i metallisk jern er en elektrokemisk reaktion med vanddamp og ilt i atmosfæren og resulterer i dannelsen af oxyhydrider som goetit (α -FeOOH), lepidocrocit (γ -FeOOH), akaganeit (β -FeOOH) og andre korrosionsprodukter som maghemit (γ -Fe₂O₃) (Bevan, 1982, p. 95)

Ilten vil ikke i sig selv være skadeligt ved normale niveauer i opbevaringsmiljøer, men vil være en essentiel del i oxidations og korrosionsprocesser (Howie, 1982, p. 53).

Litteratur:

Bevan, A.W.R. (1982) Meteorites. In : Howie, F.M.(ed): The Care and Conservation of Geological Material, Minerals, Rocks, Meteorites and Lunar finds. Butterworth-Heinemann, Oxford. pp. 85- 101.

Bland, R & Lane, H.P. (1984): Conservation and storage: coins and medals. In: Thompson, J.M.A.(ed): Manual of Curatorship. Butterworths. The Museum Association. pp. 356- 362.

Horie, C.V. (1984): Conservation and storage: decorative arts. In: Thompson, J.M.A.(ed): Manual of Curatorship. Butterworths. The Museum Association. pp. 277- 288.

Howie, F.M. (1982): Elements, alloys and miscellaneous minerals. In : Howie, F.M.(ed): The Care and Conservation of Geological Material, Minerals, Rocks, Meteorites and Lunar finds. Butterworth-Heinemann, Oxford. pp. 51-55.

Howie, F.M.P (1984): Conservation and storage: geological material. In: Thompson, J.M.A.(ed): Manual of Curatorship. Butterworths. The Museum Association. pp. 308- 318.

Walsh J.B.(1982): Deformation and Fracture of Rock. Conservation of Historic Stone Buildings and Monuments. The National Academy of Science. pp. 87- 107

NPS: National Parks Service. (2002): Appendix O: Curatorial Care of Metal Objects. Museum Handbook, Part 1. p 15.

Priestman, K.B. (1984): Conservation and storage: ethnographical material. In: Thompson, J.M.A.(ed): Manual of Curatorship. Butterworths. The Museum Association. pp. 302- 307.

Waller, R. (1992): Temperature and humidity-sensitive mineralogical and petrological specimens. In : Frank M. Howie (ed): The Care and Conservation of Geological Material, Minerals, Rocks, Meteorites and Lunar finds. Butterworth-Heinemann, Oxford. pp. 25-50.

Wheatley, C.J. (1984): Conservation and storage: scientific instruments. In: Thompson, J.M.A.(ed): Manual of Curatorship. Butterworths. The Museum Association. pp. 319-322.

Subfossilt træ

Definition af subfossilt træ: delvist fossileret træ, der optræder i en geologisk sammenhæng og som kan tage skade af at udtørre.
Ved udstilling og magasinering skal man undgå:

Udtørring: Vanddrukkent træ bør holdes fugtigt for at undgå udtørringsskader inden en evt. konserveringsproces. Andet subfossilt træ med en høj andel af organisk materiale bør opbevares ved 45-65 % relativ fugtighed og en temperatur omkring 18-25 °C (Garcia *et al.* 1998 p. 55). Da det organiske materiale er i fare for angreb af mikroorganismer er det vigtigt at luftfugtigheden ikke overskrider de 65 % RH.

Oxidation/lys: De organiske komponenter, som er tilbage i materialet kan tage skade ved oxidation. Specielt vil lignin i træet nedbrydes (Hedges 1990 p. 120, 127). Lux-niveauet for vanddrukkent/utørret træ bør ikke overskride 200 (Garcia *et al.* 1998 p. 54-55).

UV-stråling: bør ikke overskride 75 µwatts/lumen. Direkte sollys bør undgås da dette kan føre til irreversible skader både i træets kemiske struktur og i overfladen (Garcia *et al.* 1998 p. 55).

Skadelige dampe: Høje og lave pH koncentrationer gør materialet mindre modstandsdygtig mod kemiske angreb. Jernsalte, svovldioxid og oxidationsmidler, som klor og salpetersyre bør derfor undgås (Garcia *et al.* 1998 p. 55).

Støv og snavs: Bør generelt undgås.

Pakning: Det er vigtigt at genstanden ikke tager skade af de materialer, som er brugt til at holde det. Den mest hensigtsmæssige pakning vurderes ud fra størrelsen og nedbrydningsgraden af genstanden. Alle papkasser og papire der kommer i kontakt med genstanden bør være syrefrit og benyttes der snor til mærker eller stabilisering skal denne ikke sidde stramt for at undgå mærker/ridser på genstanden og denne skal så vidt muligt bestå af organisk syrefrit materiale. Generelt bør snor dog undgås hvis dette er muligt.

Litteratur:

Garcia, S. R., I. M. Godfrey and S. Lussier (1998). Wood. In: D. Gilroy and I. Godfrey (Ed), A Practical guide to the Conservation and Care of Collections. Western Australian Museum, Perth, pp. 53-60.

Hedges, J. I. (1990). The Chemistry of Archaeological Wood. In: R. M. Rowell and R. J. Barbour (Ed), *Archaeological Wood, Properties, Chemistry, and Preservation*. Advances in Chemistry Series, pp. 111-140.

Subfossile knogler og tænder:

Relativ luftfugtighed: Da subfossile knogler og tænder, på samme måde og i endnu højere grad end recent materiale, har en tendens til at sprække ved udtørring bør luftfugtigheden holdes over 45%, 50% ved særligt skrøbeligt materiale (Williams, 1991; Botfeldt og Richter, 1998). Af hensyn til mikroorganismer bør luftfugtigheden holdes under 65%.

Da DNA kræver tørt og koldt klima opbevares det dårligt under disse forhold, og man bør derfor overveje om der skal udtages DNA prøver, før materialet kommer på magasin. DNA bør opbevares ved minus 20 grader Celcius (Hummel 2003).

Lys og UV-stråling: Synligt lys kan føre til blegning af knogler og tænder. Af denne grund anbefales det at niveauet ikke overstiger 150 lux.

UV-stråling giver en decideret nedbrydning af det yderste knogle/tand lag og bør holdes så lavt som muligt (under 75 μ W/lumen). Det anbefales kun at bruge kunstigt lys og at direkte sollys undgås, bl.a. på grund af det høje indhold af UV-stråling (anon., 1983; Eshøj, 1983; Godfrey, 1998).

Temperatur: Knogler opbevares ideelt ved 12 °C (Gregersen 2012)

Skadelige dampe: Syrer kan føre til hydrolyse og dermed nedbrydning af knoglerne/tænderne.

Derfor bør monter af særligt syreholdigt træ som f.eks. eg og kastanje, undgås. Dampe fra visse typer spånplader, samt rengøringsmidler kan ligeledes skade knoglerne og bør undgås (Carter, 1999; von Endt, 1995; Botfeldt, 2011).

Skadelige materialer: svovlholdige materialer, som f.eks. latexhandsker vil misfarve knogler og tænder og skal undgås.

Subfossile knogler og tænder bør ikke komme i kontakt med korroderende metaller, som kobber og jern, da de ligeledes kan misfarve dem (Godfrey, 1998; Botfeldt, 2011).

Støv og snavs: støvpartiker har en lav pH og kan virke nedbrydende på knogler og tænder, desuden kan de adsorbere andre forurenende stoffer. Den bedste måde at undgå støv er at tildække knoglerne/tænderne eller at opbevare dem i monter.

Opbevaring og pakning:

Hvis mange knogler/tænder opbevares i samme kasse bør de opbevares i kasser med rumdelere, så de ikke ligger direkte op ad hinanden. Det er en god ide at understøtte

de subfossile knogler/tænder med syrefrit papir eller evt. et lag af ethafoam®. Dette gælder især meget skrøbeligt materiale.

Litteratur:

Anonym (1983). Canadian Conservation Institute. Care of Ivory, Bone, Horn and Antler. CCI notes 6:1.

Botfeldt, K. (2011): Konservering af knogler, tak og tænder. Konservatorskolen. København. 41 p.

Botfeldt, K. & Richter, J. (1998). A new approach to bone conservation: Physically balanced dehydration. I: 25 Years, School of Conservation, the jubilee Symposium, preprints, 18-20 May 1998, Konservatorskolen, København. p. 163-166.

Carter, J. (1999). Bones. The Biology Curator 16. p. 3-8.

Eshøj, B. (1983). Lyslære for Konservatorstuderende. Konservatorskolen. København. 64 p.

Godfrey, I.M. (1998). Ivory, bone and related materials. In: Gilroy, D. & Godfrey, I. (eds.) Conservation and care of collections. Perth: Western Australian Museum.

Gregersen, M.K. (Kuratorassistent ved kvartærzoologisk samling på SNM) personlig meddelelse d.27.09.2012.

Hummel, S. (2003) Ancient DNA Typing. Methods, strategies and applications. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg.

Von Endt, D.W. (1995) Evaluating materials used for constructing storage cases. In: Rose, C.L., Hawks, C.A. and Genoways, H.H. (eds.) Storage of Natural History Collections: A preventive Conservation Approach, p.269-282.

Williams, S.L. (1991). Investigation of the causes of structural damage to teeth in natural history collections. Collection Forum 7:1. p. 13-25.

Rav

Ved udstilling og magasinering skal man undgå:

Udtørring: Ravet bør, som andre organiske materialer, opbevares ved en relativ fugtighed omkring 50-60 %, så konstant som muligt. Dette gælder især gelatine/glycerolkonserveret rav, da det er meget hygroskopisk.

Oxidation/lys: Ved oxidation bliver ravet rødere og rødere, til det næsten er sort. Man bør derfor lypakke det magasinerede rav, samt forhindre voldsomme luftskift i udstillingen. Brug af montre med ædelgas er ideelt. Lux-niveauet bør ikke overstige 150.

Brug af Agesless Z (oxygen absorberende materiale) anbefales ved magasinering (Shashoua 2002, p. 16).

UV-stråling: Denne bør holdes så lavt som overhovedet muligt (dvs. under 75 μ watt/lumen), da UV-strålingen kan få ravet til at smuldre fra hinanden. UV-strålingen hindres bedst ved at undgå lamper med UV (de fleste lysstofrør), UV-holdigt dagslys samt ved brug af UV-filtre, som bør udskiftes, når de ikke længere er effektive.

Skadelige dampe: Undgå polære organiske opløsningsmidler, som f.eks. kan forekomme i parfume, hårlak m.m. og basiske dampe fra rengøringsmidler (ammoniak). Derimod er dampe fra syreholdigt træ (eg, kastanje m.m.) ikke skadelige for rav.

Støv og snavs: Bør undgås, da det let kan klæbe til rav, især rav, der er konserveret med gelatine, voks og klæbrige lakker.

Pakning: Brug syrefritpapir og kasser med gennemsigtigt låg, således at kassen ikke behøver åbnes hver gang, man vil orientere sig om indholdet.

Litteratur:

Botfeldt, K. (2012). Rav. Konservatorskolen. Det Kongelige danske Kunstakademis skoler for Arkitektur, Design og Konservering. København, 67 p.

Shashoua, Y. (2002). Degradation and inhibitive conservation of Baltic amber in museum collections. PhD speciale. Nationalmuseet. Brede, 40 p.

Fossiler, der indeholder opløselige salte

Ved udstilling og magasinering af fossiler, der indeholder opløselige salte, er det styringen af RH %, (relativ luftfugtighed) der er den eneste faktor af virkelig betydning.

Optimalt bør man fjerne de opløselige salte fra fossilet ved udvaskning. Hvis man alligevel er nødt til at acceptere, at fossilet indeholder opløselige salte, kan man med fordel dele tilfældene op i to kategorier:

A: Fossiler, der kun indeholder ét salt – det vil i langt de fleste tilfælde sige NaCl.

B: Fossiler, der indeholder flere salte.

Tilfælde A:

Et salt har en ligevægtsfugtighed f.eks. har NaCl en ligevægtsfugtighed på 75,5 % RH.

Det betyder, at stiger RH % over dette punkt vil saltet gå i opløsning, falder RH % under 75,5 % vil NaCl udfældes som saltkrystaller.

Fossiler, som indeholder opløselige salte, er ekstra følsomme overfor RH % værdier, der svinger omkring ligevægtsfugtigheden. For værdier, der er lavere, betyder det, at saltet forbliver på krystalform, for værdier, der er højere, betyder det, at saltet forbliver i opløsning. Men svinger værdien, vil saltet skiftevis udfælde og gå i opløsning. Dette kan resultere i, at saltet fordeles over hele fossilet, og hver gang saltet udfældes, risikerer man fysiske sprængningsskader, når krystallen udfældes i et snævert hulrum, og dermed vil det kunne gøre stor skade på fossilet.

Andre salte har andre ligevægtsfugtigheder, f.eks. ligger $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ på 93 % RH. Pga. det høje indhold af gittervand vil saltet vokse ekstra meget ved udkrystallisering ca. 300 %.

$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ har en ligevægtsfugtighed på kun 32,3 %. Dvs. saltet går allerede i opløsning når RH % er over 32,3 % RH.

Tilfælde B:

Fossiler der indeholder flere salte reagerer måske nok forudsigeligt men ikke umiddelbart overskueligt, blandes f.eks. NaCl og $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ får man en lavere ligevægtsfugtighed end for begge de indblandede salte - nemlig 74 %. Blandes $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ og $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ i lige forhold vil der udfældes $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (gips, fast form), og der vil kun være NaCl tilstede, og ligevægtsfugtigheden vil derfor være 75,5 % RH. Sandsynligvis vil NaCl være i opløst form, da der frigives gittervand fra begge salte.

Det mest almindelige billede er, at blandinger af salte har en lavere RH % end de enkelte salte.

Derfor bør man være yderst forsigtig med fossiler, der indeholder blandingssalte, disse fossiler bør opbevares i et helt stabilt klima. Klimaet skal vælges således at man er forsvarligt over eller under ligevægtsfugtigheden.

Ønsker man at bestemme RH % over en saltopløsning (ligevægtsfugtigheden) er der udviklet software til dette – f.eks. PITZ 93. PITZ 93 er skrevet af Simon L. Clegg, School of Environmental Sciences, University of East Anglia, UK.

Alle opslag om salte er hentet hos:

Weast, R.C. (ed) Handbook of Chemistry and Physics. A ready-reference book of chemical and physical data. 54th Edition 1973-74. Cleveland: The Chemical RubberCompany.

For yderligere informationer læs evt.:

Waller, R. (1992). Temperature- and humidity-sensitive mineralogical and petrological specimens. In: F.M. Howie (Ed.), The Care and Conservation of Geological Material: Minerals, Rocks, Meteorites and lunar finds. Butterworth-Heinemann, Oxford, pp. 25-50.

King, R. J. (1985). The care of minerals. Section 3A: The curation of minerals. J. Russel Society, 3, p. 94-113.