

Manual for håndtering og opbevaring af plastmaterialer



Clara Bratt Lauridsen

Konservator, Konserveringscenter Vejle



Jonas Hørup Ruskjær

Museumsinspektør, Mark | Billund Kommunes Museer



Anders Horsbøl Nielsen

Museumsinspektør, VejleMuseerne



Manualen er en del af projektet "præventiv bevaringsstrategi for plastmaterialer" støttet gennem Slots- og Kulturstyrelsens Pulje til Samlingsvaretagelse. Støtten blev tildelt Mark | Billund Kommunes Museer i 2021. Projektet er et samarbejde mellem Mark | Billund Kommunes Museer, Konserveringscenter Vejle og VejleMuseerne. Manualen blev færdig i 2023.

Indholdsfortegnelse

Indledning	3
Tabel 1. De mest almindelige plasttyper	5
Tabel 2. Anbefalet lysintensitet, temperatur og relativ luftfugtighed for de mest almindelige plasttyper ..	7
Identifikation af diverse plasttyper med FTIR	9
Dokumentation af plastgenstande til SARA (museernes fælles system til registrering og administration af deres samlinger)	10
De problematiske plasttyper	12
Cellulosenitrat (CN) og Celluloseacetat (CA)	12
Blødgjort Polyvinylchlorid (PVC)	16
Polyurethan (PUR) ether og ester	16
Observation af cellulosenitrat/ celluloid- (CN) og celluloseacetat (CA) med indikatorer	18
Observation af CA-genstande med AD-strips	18
Brug af indikatorer til opsporing af korroderende dampe fra CN	20
Kompositte genstande med CA og CN – hensyn ved opbevaring	24
Pakning af plastmaterialer (CN og CA) til køle- og frostmagasin	28
Pakning til kølemagasin	28
Pakning til frostmagasin	28
Gode råd til pakning til frost	30
Eksempel på pakning til frostmagasin	30
Fotografiske eksempler på plasttyper og nedbrydning	32
Celluloseacetat (CA)	32
Cellulosenitrat (CN), (Celluloid)	33
Fenolformaldehyd (PF), (Bakelit)	34
Gummi, hård (Ebonit)	34
Gummi, naturlig	35
Gummi, syntetisk (eksempler på BUNA-S (styrenbutadien))	35
Kaseinformaldehyd (Kaseinplast)	36
Polyamid, PA (Nylon)	36
Polyethylen, PE	37
Polymethylmetakrylat, PMMA (Plexiglas)	37
Polystyren (PS)	38
Polyvinylchlorid (PVC)	38
Referencer	39

Indledning

Plastik udgør efterhånden en stor del af museernes samlinger. Visse typer plastik nedbrydes imidlertid hurtigt, hvis de opbevares, håndteres eller udstilles uhensigtsmæssigt. Nærværende manual vejleder museerne i en hensigtsmæssig tilgang til de historiske plasttyper, som man kan forvente at finde i de fleste kulturhistoriske museers samlinger.

Manualen er udført som del af projektet "Præventiv bevaringsstrategi for plastmaterialer" gennemført i 2022 og 2023 med støtte fra Slots- og Kulturstyrelsens pulje til samlingsvaretagelse. I projektet blev plasttyper i over 300 genstande fra henholdsvis Mark – Billund Kommunes Museer og VejleMuseerne analyseret med FTIR (Fourier Transform Infrarød Spektroskopi). På baggrund af analyseresultaterne blev retningslinjer for hver genstand beskrevet i SARA (museernes fælles system til registrering og administration af deres samlinger).

Manualen indledes med to tabeller over de mest almindelige plasttyper. Den første tabel viser, hvornår de forskellige plastmaterialer kom på markedet og eksempler på brug, mens den næste tabel angiver anbefalet lysintensitet, temperatur og relativ luftfugtighed for selvsamme plasttyper. Plasttyperne er angivet i alfabetisk rækkefølge efter deres *kemiske navn* efterfulgt af akronym. Ofte vil det kommercielle navn være mere kendt end det kemiske (f.eks. er "Nylon" bedre kendt end det kemiske navn "polyamid"). I sådanne tilfælde er det kommercielle navn angivet med fed i den efterfølgende kolonne i tabel 1, der angiver "synonym, kommercielle navn". I selve manualen angives ofte kun akronymet. I tabel 1 kan læseren gå tilbage og slå op, hvad akronymet står for.

Oplysninger til tabellerne er primært hentet fra det webbaserede redskab "Plastic Identification Tool", som blev udviklet mellem 2017-2019 af Cultural Heritage i Holland [1]. Udover udførlige retningslinjer og facts om hver enkelt plasttype, giver denne webside vejledning i at identificere forskellige plasttyper uden brug af avanceret analyse. Denne del er ikke brugt i dette projekt, da vi har haft mulighed for at analysere plastik-typer hurtigt og pålideligt med metoden FTIR (beskrevet i afsnittet "Identifikation af diverse plasttyper med FTIR").

Efter oversigterne går manualen nærmere ind på de plasttyper, som har vist sig at være de mest udfordrende med hensyn til bevaring, også kaldet de problematiske plasttyper: Celluloseacetat (CA), cellulosenitrat (CN), (bedst kendt som celluloid), polyvinylchlorid (PVC) og polyurethan (PUR). I manualen fokuseres især på CA og CN, da disse plasttyper under nedbrydning afdamper korroderende syre, der ikke kun er til skade for genstandene selv, men også kan angribe nærtliggende genstande. Derfor er de sidste afsnit dedikeret CN og CA, og hvordan de opbevares på magasin: Hvor finder vi disse plasttyper, hvad er problemet med dem, hvordan kan de holdes under observation, hvordan kan de pakkes til køle- eller frostmagasin, og hvilke forholdsregler tager vi for kompositte genstande. Især CN er problematisk grundet dannelse af den yderst korroderende salpetersyre under nedbrydning.

Udover førnævnte "Plastic Identification Tool" skal her nævnes enkelte andre retningslinjer til opbevaring af plast, som er frit tilgængelige online: Julia Fenn og R. Scott Williams "Caring for

Plastics and Rubbers” fra 2018 udgivet af Canadian Conservation Institute [2] samt Marianne C. Zephir’s pjece ”Care and identification of objects made from plastic” fra 2010 udgivet af amerikanske National Park Services [3] for ikke at glemme Yvonne Shashouas bog ”Conservation of Plastics” fra 2008 [4]. Ønsker man at gå i dybden med opbevaring af plast, kan desuden henvises til følgende projekter, der er udgivet online: Preservation of Plastic Artefacts in Museum Collections (Popart) fra 2007-2013 [5] samt Plastics in Peril konferencen fra 2020 [6]. Derudover henvises til litteraturlisten i denne manual.

Projektdeltagerne ønsker at rette en særlig tak til Tine Froberg Mortensen, Corporate Archivist & Records Manager, for at give os adgang til LEGO Koncernens samling og for at kunne bringe fotos fra samlingen i nærværende manual.

Medmindre andet er angivet, er genstande, fotograferet til denne manual, fra VejleMuseerne og Mark | Billund Kommunes Museer.

Tabel 1. De mest almindelige plasttyper

Plasttype (akronym, engelsk)	Synonym/ kommercielt navn. Ofte anvendte termer står med fed.	År (kommerciel brug)	Brug (eksempler)
Akrylonitrilbutadienstyren (ABS)	ABS-plast	1948 (1954)	LEGO klodser, diverse husholdningsredskaber.
Cellophan (CE)		1912	Pakkemateriale. Linser i gasmasker.
Celluloseacetat* (CA)	celanese (fiber), sikkerhedsfilm	1865 (fiber), 1910	For alvor i brug efter første verdenskrig. Film, glansfiber, som ikke-brandfarlig erstatning for celluloid. Fra ca. 1930: Sprøjttestøbte genstande (masseproduktion) i legetøj f.eks. LEGO klodser (1949-1963) og komponenter i diverse maskiner/ apparaturer mm. I dag: Stadig brugt f.eks. til cigaretfiltere.
Cellulosenitrat* (CN)	Celluloid , Xylonit, nitrocellulose, Pyroxylin	1862 (1870)	Med kamfer fås celluloid (1870): Imitation af dyrbare naturmaterialer som elfenben, skildpadeskjold, rav, perlemor mm. 1889: Celloloid film. Ca. 1900: Celloloid-dukker. Celloloid i begrænset brug efter 1945 grundet brandfaren. I nyere tid blev lakindustrien største aftager for CN.
Epoxy (EP)	Araldit, Epikote, Epodite, Epon, Lekutherm	1934	Storproduktion ikke før 1950'erne. Støbte genstande, til lamineringer/ coatinger f.eks. til gulve.
Ethylvinylacetat (EVA)	Elvax, Evacast, Evazote, Supazote	1960	Som stødabsorberende materiale f.eks. skosåler, yoga måtter og sæder. Film til mad, legetøj.
Fenolformaldehyd* (PF)	Bakelit , catalin, fenolplast, phenolplast	1907	Telefoner, radioer, greb til f.eks. pander og gryder, smykker, knapper, fyldepenne, elektriske artikler mm. 1928-1945: Catalin (støbt fenolformaldehyd; farvet og translucent).
Gummi, hård* (vulkaniseret) (HVR)	Ebonit , vulkanit	1851	Imitation af Ibenholt. Instrumentknapper, fyldepenne, bowlingkugler, smykker, elektriske komponenter mm. Mundstykke i musikinstrumenter og piber. Begrænset brug efter 1930.
Gummi, naturlig* (vulkaniseret) (NR)		1839	Dæk, til vandafvisende overflader i f.eks. gummifrakker; balloner, kondomer, elastikker, gasmasker, skosåler, tekniske produkter.
Gummi, syntetisk* (SR)	Buna, Neopren, Styren-butadien, Nitril-butadien, Polychloropren, Isopren mm.	1910 – 1962	Dæk, skosåler, tekniske produkter, gummislinger etc.
Kaseinformaldehyd* (CF)	Kaseinplast , galalit, erinoid, lactoid	1897	Knapper, greb til f.eks. bestik og paraplyer, cigaretholdere, penne. Begrænset brug efter 1950.
Melaminformaldehyd (MF)	Formica , melaminplast	1941	Køkkenskåle, hård plast i køkkenredskaber, picnic og campinggrej, børnetallerkener. Hyppigt brugt som laminat (Formica: imprægnering af lærred eller papir).
Polyamid (PA)*	Nylon , Dartek, Perlon, Kevlar, Carbamide	1931 (1938)	Nylonstrømper, faldskærme (siden 1943). Tandbørster, fiskesnøre. Støbeplast siden 1941. Brugt i 3D print.
Polybutyratadipattereftalat (PBAT)		2000	Hovedsagelig som film/ pakkemateriale. Nedbrydelig plast, hvorfor der er interesse for plasten i nyere tid. Ofte tilsat i bioplast.
Polycarbonat (PC)	Hammerglass, Lexan, Makrolon	1953 (1958)	Alternativ til glas, sikkerhedsglas, CD, DVD.

Polyethylen* (PE)	Polyætylen, polytylen, polyethen, Ethafoam, Tyvec	1939	1939: PE-LD (Lav densitet). 1951: PE-HD (Høj densitet). Tupperware, legetøj, plastperler mm. PE-LD: Poser, plastfilm, pakkematerialer. PE-HD: Afløbs-, vand- og gasrør.
Polyethylen (skum) (PE cross-linked, PE non crosslinked, PE expanded)		1945, 1980	1945: PE cross-linked, PE non crosslinked. 1980: PE expanded. Isolering, pakning, liggeunderlag.
Polyetylentereftalat (PET)	Polyetylenterephthalat, PET, Melinex (film), Polyester (sejldug, tekstil), Dacron, Mylar (film)	1941	1941 som plast og fiber. 1952 som film. plastikflasker, flies, fiber (polyester), 3D print.
Polymethylmetakrylat* (PMMA)	Akryl, Plexiglas, Perspex, Lucite, Acrylite	1933	Alternativ til glas. Designmøbler, modetilbehør, køkkenredskaber. Visse typer akryl er brugt til tekstil og maling.
Polymælkesyre (PLA)	Lactel	1946, 2000	1946 første patent; kommerciel produktion først i nyere tid. Bioplast, nedbrydeligt. 3D print, poser, plastikkrus.
Polypropylen (PP)		1957	husholdnings- og toiletartikler, emballage, legetøj, biludstyr mm. Som fiber egnet til hygiejnetekstiler.
Polystyren* (hård) PS; HIPS		1931	Husholdnings- og kontorartikler, legetøj, produkter i bilindustrien, tv- og radio.
Polystyren (skum) EPS, XPS	Flamingo, styropor, styrofoam	1944 (1949)	Støddabsorberende pakkemateriale; engangsartikler hvor god isoleringsevne er relevant (madvarer).
Polyurethan ester (PUR ester)		1940 (1954 som skum og 1958 som fiber)	Som skum i støddabsorberende materiale, skuresvampe, madrasser mm. PUR ether afløser efterhånden ester-typen på grund af bedre holdbarhed. PUR EXPANDED fra 2010 (fleksibel skum hovedsageligt til sko).
Polyurethan ether (PUR ether)	Som fiber: Lycra, spandex, elasthan	1940 (1954 som skum og 1958 som fiber)	Som skum i stød og/ eller lyd-absorberende materiale, skuresvampe, madrasser mm. PUR EXPANDED fra 2010 (fleksibel skum hovedsageligt til sko).
Polyvinylchlorid*, blødgjort (PVC-P)	PVC, vinyl, tygon	1926	Regntøj, vandafvisende overflade i tekstil, sko mm. Badeforhæng, oppustelige genstande, legetøj, elledninger, slanger, imiteret læder, gulvbelægning.
Polyvinylchlorid, hård (PVC-U)	vestolit, dural, exelon	1930	Afløbsrør; siden 1952 vinylplader (copolymer med PVAc).
Regenereret cellulose (tekstil)	Rayon, celluld, viskose	1900 (1920)	Tekstilfiber. Kontinuerlig fiber brugt som kunstsilke. Korte fibre i 1930'erne under navnet celluld; i dag kendt som viskose.
Silikonegummi (SI)	Polysilixan Silopren	1943	I køkkengenstande (tåler høje og lave temperaturer), gummibånd, coating.
Styrenakrylonitril (SAN)		1938	Bilindustrien, elektriske apparater, til kvalitetsprodukter f.eks. husholdningsgenstande. Relativ høj pris. Begrænset produktion efter 1950, hvor det erstattes af ABS.
Umættet polyester (UP)		1936 (1940)	Forstærket med glasfiber til glasfiber-forstærket plast (GRP): I bil og båd-industrien, surfbræt, mm.
Ureaformaldehyd (UF)	Beetle, Beatl, Bandalasta, ureaplast	1924	Tidligste produkt fra 1924: Urea thiourea formaldehyd. Erstattes i 1932 af ureaformaldehyd. Fås i mange farver i modsætning til bakelit. Radioer, husholdningsartikler, picnicartikler, cigaretæsker, el-armaturer mm. Også brugt som lak/ isolering/ impregnering af træ, papir, tekstil. Som plast i begrænset brug efter 1950, da det erstattes af MF.

*Eksempel på plasttypen ses under afsnittet: "Fotografiske eksempler på plasttyper og nedbrydning."

Tabel 2. Anbefalet lysintensitet, temperatur og relativ luftfugtighed for de mest almindelige plasttyper

plasttype*	Belysning (max) lux**	UV ($\mu\text{W}/\text{lm}$), højeste værdi	Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Relativ luftfugtighed %RF	Sårbarhed overfor svingninger i RF***	Note/ kommentar
Akrylonitrilbutadienstyren (ABS)	50	10	10-30	40-60	xx	
Cellophan (CE)	200	75	10-30	40-60	xx	
Celluloseacetat (CA)	200	75	5 (-20)	20-30	xxx	Afdamper korroderende syrer ved nedbrydning. Se vejledning for magasinering og pakning.
Cellulosenitrat (CN), Celluloid	200	75	5 (-20)	20-30	xxx	Afdamper korroderende syrer ved nedbrydning. Se vejledning for magasinering og pakning.
Epoxy (EP)	50	10	10-30	40-60	xx	
Ethylenvinylacetat (EVA)	200	75	max 15	40-60	xx	Risiko for deformationer ved temperaturer over 15°C .
Fenolformaldehyd (PF) Bakelit	500	Undgå ekstremer	10-30	30-70	xx	
Gummi, hård (vulkaniseret) (HVR) Ebonit	500	Undgå ekstremer	10-30	40-60	xx	Modsat Plastic Identification Tool, anser Williams hård gummi som problematisk materiale [7].
Gummi, naturlig (NR)	50	10	10-20	40-60	xxx	Nedbrydes hurtigt ved oxidation. Hold om muligt i lav-oxygen atmosfære. Kølige temperaturer nedsætter oxidation.
Gummi, syntetisk (SR)	50	10	10-30	40-60	xx	Sårbarhed gælder især typer med dobbeltbindinger (som isopren), andre typer er mindre sårbare [1].
Kaseinformaldehyd (CF) Kaseinplast	200	75	10-30	50-60	xxx	
Melaminformaldehyd (MF) Formica	500	undgå ekstremer	10-30	40-60	xx	
Polyamid (PA) Nylon	200	75	10-30	50-60	xxx	
Polybutyratadipat-tereftalat (PBAT)	200	75	10-30	40-60	xx	
Polycarbonat (PC)	500	Undgå ekstremer	10-30	30-70	xxx	
Polyethylen (PE)	200	10	10-30	30-70	x	Nedbrydes ved oxidation. Kølige temperaturer nedsætter oxidation.
Polyetylentereftalat (PET)	500	Undgå ekstremer	10-30	30-70	xx	
Polymethylmetakrylat (PMMA) Akryl, Plexiglas	500	Undgå ekstremer	15-20 (må ikke fryse)	30-70	xxx	
Polymælkesyre (PLA)	200	75	10-30	40-60	xx	
Polypropylen (PP)	200	10	10-20 (må ikke fryse)	30-70	x	Nedbrydes ved oxidation. Kølige temperaturer nedsætter oxidation.
Polystyren (hård) PS; HIPS	200	10	15-20 (Må ikke fryse)	30-70	xxx	Yvonne Shashoua angiver, at polystyren kan opbevares

						sikkert på frost, hvis pakket og håndteret korrekt [4 s. 206].
Polystyren (skum) EPS; XPS Flamingo , Styropor	200	10	10-30	40-60	Xx	
Polyurethan ester (PUR ester)	200	75	10-30	10-30	Xx	
Polyurethan ether (PUR ether)	50	10	10-30	40-60	Xx	Nedbrydes ved oxidation. Kølige temperaturer nedsætter oxidation.
Polyvinylchlorid, blødgjort (PVC-P)	50	10	10-20	30-70	xxx	Kølige temperaturer nedsætter migration af blødgørere. Problemløst: Se vejledning for magasinering og pakning.
Polyvinylchlorid, hård (PVC-U)	200	75	10-30	30-70	xxx	
Regenereret cellulose (tekstil) Rayon, viskose	200	75	10-30	40-60	xx	
Silikonogummi (SI)	500	Undgå ekstreme	10-30	30-70	Xx	
Styrenakrylonitril (SAN)	200	75	15-20 (må ikke fryse)	40-60	Xx	
Umættet polyester (UP)	50	10	10-30	30-70	xxx	
Ureaformaldehyd (UF)	500	Undgå ekstreme	10-30	60-70	xxx	

*Plastens kemiske navn er efterfulgt af akronym på engelsk og evt. et kommercielt navn (fed skrift). Problemløst er angivet med rød (fed skrift).

**Max 50 lux anbefales hvor en synlig ændring anes efter eksponering i 1 Mlx.h (1 million lux-timer); 200 lux ved en ændring efter o. 30 Mlx.h og 500 lux ved ændring efter o. 300 Mlx.h. En stærkere belysning i kortere tid giver samme ændring som en svagere belysning i længere tid. Bemærk at plasttypen kan være indfarvet med pigmenter, der er mere lysfølsomme end selve plastikken. Anbefalingerne tager ikke hensyn til dette.

*** x: Mindst sårbar overfor svingninger i RF: Tilladt +/- 20% ved en middel RF på o. 50%;
xx: Middel sårbar overfor svingninger i RF: Tilladt +/- 10% ved en middel RF på o. 50%;
xxx: Meget sårbar overfor svingninger i RF: Tilladt +/- 5% indenfor det anbefalede

■ Høj sårbarhed
■ Middel sårbarhed
■ Lav sårbarhed

Primære Kilde til Tabel 1 og 2: Plastic Identification Tool [1].

Identifikation af diverse plasttyper med FTIR

FTIR (Fourier Transform Infrarød Spektroskopi) er en af de mest pålidelige og hurtige metoder til identifikation af diverse plasttyper [4 s. 134]. Konserveringscenter Vejle råder over en FTIR som kan tages med på magasinet eller ud af huset. Metoden kræver, at man tager en mindre prøve fra genstanden. Prøven tages som regel med skalpel (f.eks. et mindre skrab), og behøver ikke være større end, at man lige akkurat kan se den med det blotte øje.



Fig. 1. Foto tv.: Analyse af plastgenstande med FTIR på Konserveringscenter Vejle. Foto th.: FTIR-spektrometret på et lille rullebord, så det kan køres med ud på magasinet. Apparaturet er med andre ord transportabelt og kan også tages ud af huset. Eneste krav er adgang til strøm.

Mellem 10 - 50 analyser kan udføres på en dag. Antallet af analyser pr. dag afhænger blandt andet af om:

- Der i forbindelse med analyserne skal udføres en genstandsbeskrivelse og tilstandsvurdering, hvilket tager tid fra udførelse af analyser (se eksempel i næste afsnit).
- Er genstanden håndterbar, eller er det svært at tage prøver/ håndtere genstanden?
- Nogle plastmaterialer er lettere (og dermed hurtigere) at identificere end andre. De problematiske plasttyper cellulosenitrat (CN, celluloid) og celluloseacetat (CA) er ofte simple at identificere, mens f.eks. bakelit eller gummi ofte indeholder så mange tilsætningsstoffer, at signalerne fra selve det materiale, der ønskes identificeret, er overdøvet/skjult, og resultatet svært (og derfor langsomt; nogle gange umuligt) at fortolke.
- Ofte kræver en genstand at flere prøver tages. Derfor vil der sjældent kunne analyseres 50 genstande på en dag (selvom 50 analyser udføres), medmindre genstandene er homogene i materialet, små og lette at håndtere.

Antallet af analyserede genstande pr. dag afhænger med andre ord af genstandens natur og materialesammensætning. Hvis man f.eks. alene er interesseret i at tjekke mindre genstande for celluloid eller celluloseacetat (hvilket anbefales grundet disse materialers ustabile natur –

se senere afsnit), kan betydeligt flere genstande analyseres på en dag, end hvis de genstande, man ønsker analyseret, består af flere typer plastdele, er uhåndterbare, eller hvis resultatet fra analyserne er svære at fortolke. Det er derfor altid en god idé at tage en snak med konserveringscentret på forhånd om de genstande, man ønsker analyseret.

Dokumentation af plastgenstande til SARA (museernes fælles system til registrering og administration af deres samlinger)

For at opnå et overblik over analyserede plastgenstande, har Konserveringscenter Vejle, Mark | Billund Kommunes Museer og VejleMuseerne udarbejdet et Excelark hvor oplysninger om genstande og analyseresultater blev indført. Notaterne i arket er sammenholdt med fotodokumentation af genstandens tilstand på tidspunktet for analysens udførelse. Notater for hver enkel genstand blev derefter overført fra arket til relevante rammer i SARA.

I Excelarket bør genstandsnummer og analyseresultat som minimum noteres. Skemaet kan gøres mere udførligt, og også indeholde en tilstandsbeskrivelse, samt udspecificere anbefalinger til opbevaring og udstilling. Derudover kan angives, hvorvidt genstanden har været tjekket med en pH-indikator (især relevant for celluloid og celluloseacetat genstande, se afsnittet: "Observation af CN- og CA-genstande med indikatorer").

Gestandsnummer	Titel/Betegnelse	Note/ kommentar	Tilstand	FTIR resultat	tjekket med AD strip for afdampning af syre maj/ juni	særlige forholdsregler ved opbevaring på magasin	særlige forholdsregler ved udstilling
0030x1886	Armbånd		Armbåndet opbevares med en skarp fold. Ikke-eksponeret del fremstår mørkere. Coating er flaget af flere steder, men er stabil.	Coating af cellulosenitrat (nitrocellulose)-lak. Stof og sytråd af plantefibre (ikke nærmere identificeret).		Undgå folder og knæk i stoffet. Komposit materiale: Opbevar ved en relativ luftfugtighed på 40-50%. Undgå store udsving i relativ luftfugtighed. Indeholder cellulosenitrat: Opbevar køligt og under opsyn med pH-indikator for afdampning af salpetersyre. Hvis afdampning af syre konstateres: Isolér fra andre objekter. Opbevar ventileret- forpakning må ikke forsejles.	Undgå folder og knæk i stoffet. Komposit materiale. Opbevar ved en relativ luftfugtighed på 40-50%. Undgå store udsving i relativ luftfugtighed.
0001x0285	Radio m lys lak		slidt, bærer præg af brug.	Lak: cellulosenitrat (nitrocellulose, celluloid)		Komposit materiale: Opbevar v. relativ luftfugtighed på 50% (grundet træ). Undgå store udsving i relativ luftfugtighed. Indeholder cellulosenitrat: Opbevar køligt og eventuelt under opsyn med pH-indikator for afdampning af salpetersyre. Opbevar ventileret- evt. forpakning må ikke forsejles.	Komposit materiale. Opbevar v. relativ luftfugtighed på 50%. Undgå store udsving i relativ luftfugtighed.
0525x0009	kuffert, rødlig læderimitation		slidt, beskidt, metaldele rustne. Står mat. Håndtag mere blankt	Yderside: Papir lakkeret med cellulosenitrat (nitrocellulose)-lak. Håndtag: Lak tyder på linolie (med blandt andet gips som fyldstof)		luftfugtighed på 40-50%. Undgå store udsving i relativ luftfugtighed. Indeholder cellulosenitrat: Opbevar køligt og eventuelt under opsyn med pH-indikator for afdampning af salpetersyre. Opbevar ventileret- evt. forpakning må ikke forsejles.	Komposit materiale: Opbevar ved relativ luftfugtighed på mellem 40-50%. Undgå store udsving i relativ luftfugtighed.
0030x4379	Måleinstrument		Der mangler materiale i fodern knækket af	formaldehyd (bakelit). Materiale domineret af celluloseholdigt fyldstof, nok fra træmel eller lignende, ofte brugt som fyldstof i bakelit. Se også 0030x2556		nej	nej
0030x1446	Fyldepen, sort		Hætten er revnet. Lidt hvidlig i overfladen (mikrokrakeleringer?)	skaft af celluloseacetat.	Ikke nærværende ændring af ad-strip. Ikke kritisk.	Celluloseacetat: Opbevar så tørt og køligt som muligt (Ideelt relativ luftfugtighed 20-30% og T = 5 °C). Opbevar ventileret- forpakning må ikke forsejles.	I 2022 er nedbrydning ikke kritisk. Ikke særlige forholdsregler ved ikke-permanent udstilling.
0030x5874	Lyserødt badekar		Plasten er skrumpet/ slår sig og er misfarvet	celluloseacetat med phthalat-blødgørere	Kritisk: Afdamper eddikesyre, stærk lugt.	Afdamper eddikesyre (kritisk niveau). Bør opbevares isoleret, tørt og køligt (relativ luftfugtighed 20-30%; T 5 grader) eller i fryser.	Afdamper eddikesyre (kritisk niveau). Bør ikke udstilles med andre genstande der er følsomme overfor syre. Sørg for god ventilation.
0076x0008	Solbriller	elfenbenimitat.	I god stand	Hvidt brillestel af celluloseacetat	Afdampning ikke detekteret	Celluloseacetat: Opbevar så tørt og køligt som muligt (Ideelt relativ luftfugtighed 20-30% og T = 5 °C). Opbevar ventileret- forpakning må ikke forsejles.	Opbevar så tørt som muligt og undgå høje udsving i relativ luftfugtighed. Undgå relativ luftfugtighed

Fig. 2. Udsnit af Excel ark med relevante oplysninger om hver enkelt genstand, brugt under projektet.

I SARA er anvendt følgende rammer:

- Fysiske egenskaber (materialer). Her fremhæves hvis der er tale om såkaldt problemlast
- Krav til udstilling og opbevaring. Her noteres den konserveringsfaglige anbefaling under 'Krav til håndtering.'
- Tilstand | Konservering. Under 'Tilstandstjek' noteres tilstand og de konserveringsfaglige bemærkninger (se Fig.). Dette ledsages af fotodokumentation, der uploades under rammen 'Mediefiler' og dateres.


Objektnummer : Udsigt		Noter	
0030X5874	Lyserødt badekar af plast (celluloseacetat)	<p>—Krav til håndtering—</p> <p>Relativ luftfugt... 20-30%</p> <p>Lys Undgå unødige eksponering</p> <p>Temperatur 5 grader eller i fryser</p> <p>Udstilling Afdamper eddikesyre (kritisk niveau). Bør ikke udstilles med andre genstande der er følsomme overfor syre. Sørg for god ventilation.</p> <p>Håndtering/tra...</p> <p>Pakkematerialer Ved kølemagasin på observationshylde pakkes genstanden med god ventilation af hensyn til afdampning og tilsynsmuligheder. Ved frysning pakkes genstanden hermetisk, med buffer jf. anbefalinger for området.</p> <p>Opbevaring Afdamper eddikesyre (kritisk niveau). Bør opbevares isoleret, tørt og køligt (relativ luftfugtighed 20-30%; T 5 grader) eller i fryser.</p>	
			
—Tilstandstjek—			
Type	Tilstand		
	D - Svært skadede genstande		
Dato			
2022-07-07			
Undersøger	Clara Bratt Lauridsen		
Bemærkninger	Plasten er skrumpet / slår sig og er misfarvet - Kritisk tilstand, da den afdamper eddikesyre og der er stærk lugt.		

Fig. 3. Eksempel på registrering af oplysninger i SARA.

De problematiske plasttyper

I anbefalingerne for de forskellige plasttyper angivet ovenfor, er visse plasttyper markeret med rødt, de problematiske plasttyper [7]: Cellulosenitrat (CN), celluloseacetat (CA), blødgjort polyvinylchlorid (PVC) samt skumplast af polyurethan (PUR – findes som ester og ether). Derudover er naturgummi tilføjet til gruppen over problematiske plasttyper, hvilket især hænger sammen med, at gummi hurtigt nedbrydes ved luftens oxygen [1]. Naturgummi kræver helt særlige opbevaringsforhold, optimalt under lav oxygen atmosfære, og at tage hånd om denne problematik ligger ud over dette projekts rammer. Problem/ opbevaringsproblematikker med gummi er beskrevet udførligt andetsteds [2, 8-10]. En brochure til at opnå en lavoxygen atmosfære ved brug af produktet Ageless kan hentes online [11].

Cellulosenitrat (CN) og Celluloseacetat (CA)

Cellulosenitrat (CN) og celluloseacetat (CA) er semisyntetiske plasttyper fremstået ved at lave kemi på et naturprodukt (cellulose). CN er den tidligste af plasttyperne og er bedst kendt under navnet celluloid (CN tilsat kamfer) udviklet omkring 1870. Celluloid blev hurtigt et populært materiale, ikke mindst fordi det var eminent til at efterligne dyrebare naturmaterialer som skildpaddeskjold, elfenben, perlemor og koral. Det blev brugt som imitationsmateriale til f.eks. hårsmykker, skafter på bestik, fyldepenne, brillestel, æsker mm. Derudover var celluloid brugt i så vidt forskellige genstande som dukker og film. Med andre ord har de fleste kulturhistoriske museer genstande af celluloid i deres samling (Fig. 4 og 5).

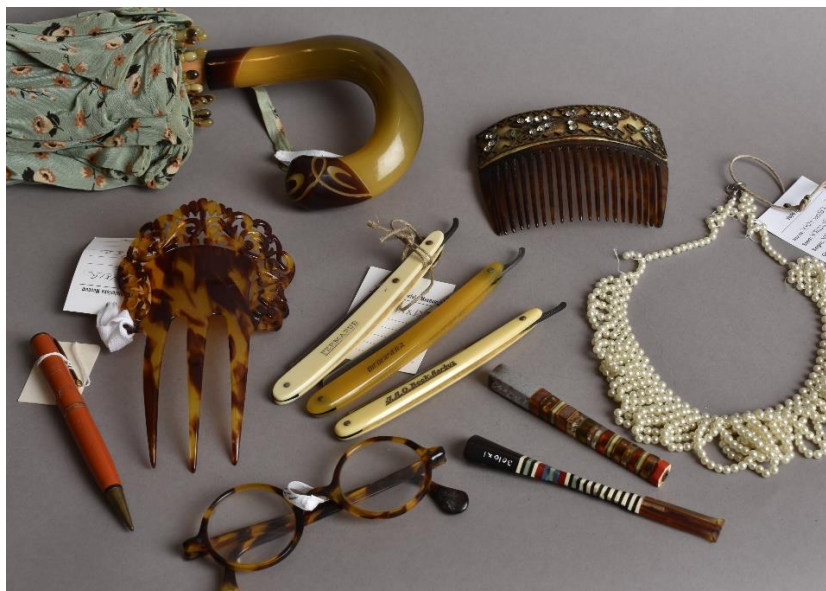


Fig. 4. Diverse genstande helt eller delvist af celluloid. Fra VejleMuseerne og Mark | Billund Kommunes Museer.



Fig. 5. Dukke med hoved af celluloid fra Mark | Billund Kommunes Museer.

CN er imidlertid meget brandfarligt, og i løbet af 1920erne begynder CA at erstatte celluloid. Celluloid var dog stadig almindeligt til o. 1970 [12]. I 1951 erstattes celluloidfilm endeligt af "sikkerhedsfilm", baseret på celluloseetriacetat [13].

CN fik desuden stor betydning indenfor lak- og lim industrien, hvor den blev benyttet i stor stil indtil nyere tid (Fig. 6 og 7), også som lim og lak indenfor konserveringsverdenen [14].



Fig. 6. CN er flittigt anvendt som hurtigtørrende lak til f.eks. træværk som stole, bordben, peber- og saltkværn mm. (Foto: Clara Lauridsen, privathjem).



Fig. 7. CN-lak blev brugt i stor stil til efterligning af læder til f.eks. bogomslag og kufferter (Forreste kuffert er ægte læder mens kufferten bagerst er imiteret læder af cellulosenitratlak på papir). Mark | Billund Kommunes Museer.

Som plastmateriale vinder CA for alvor frem efter Første Verdenskrig. Udover at blive brugt som erstatningsmateriale for CN, blev CA i høj grad brugt til kunstig silke. Fra omkring 1930 og frem fik CA stor anvendelse til sprøjttestøbte genstande, og som sådan brugt i komponenter til blandt andet bil og flyindustrien og i forskellige elektriske apparater mm [15]. Derudover blev sprøjttestøbt CA brugt til diverse legetøj som f.eks. små figurer, biler og inventar i dukkehuse (Fig. 8). LEGO Koncernen brugte CA til deres klodser i perioden 1949 – 1963. Til forskel for CA var CN ikke praktisk anvendelig til sprøjttestøbning grundet brandfaren.



Fig. 8. Diverse genstande af celluloseacetat. fra Mark | Billund Kommunes Museer.



Fig. 9. Kjole af celluloseacetat-silke fra 1950erne. VejleMuseerne.

Nedbrydning af CA og CN sker forholdsvis langsomt i starten. Begge materialer indeholder blødgørere, som langsomt forsvinder fra materialets overflade, hvilket med tiden får materialet til

at skrumpe og blive mere skørt [16-18]. Dette kan karakteriseres som fysisk nedbrydning [19]. Mere alvorligt er det, når selve polymerkæderne i materialet nedbrydes, og genstandene afdamper korroderende dampe (kemisk nedbrydning). Når først dette stadium er nået, accelererer nedbrydning meget hurtigt. Man kalder tiden før materialet når dette stadium for induktionsperioden, og tidspunktet, hvor det vender, for det autokatalytiske punkt [13]. Når det autokatalytiske punkt er passeret, afgasser materialerne korroderende dampe i høj grad: CN afdamper oxiderende nitrogenoxider, der ved reaktion med fugt i luften danner den stærkt korroderende salpetersyre [20 s. 178], mens CA afgasser den noget mildere eddikesyre (deraf navnet "eddikesyresyndrom" grundet den karakteristiske lugt). Syre angriber ikke kun materialet selv og accelerer nedbrydning (deraf begrebet autokatalytisk) men også materialer i nærheden, som er sårbare overfor syre – som f.eks. celluloseholdige materialer (papir, stof) og en række metaller (Fig. 10 og 11). Processen kan ikke stoppes men kun bremses ved en præventiv indsats.



Fig. 10. Celluloidbriller fra Mark | Billund Kommunes Museer. Brillerne er brudte, og metaldele er rustne. Omkring metaldele vandrer kobber-ioner ud i plastdelen og farver det grønt. Bemærk den for celluloid typiske krakelering (se også Fig. 33).



Fig. 11. Celluloidbriller under nedbrydning opbevaret i lukket plastbeholder. Salpetersyre fra cellulosenitraten har ikke kun angrebet materialet selv, men også papiret og plastbeholderen. Papir og briller er fuldstændig desintegreret. Plastbeholderen er misfarvet. VejleMuseerne.

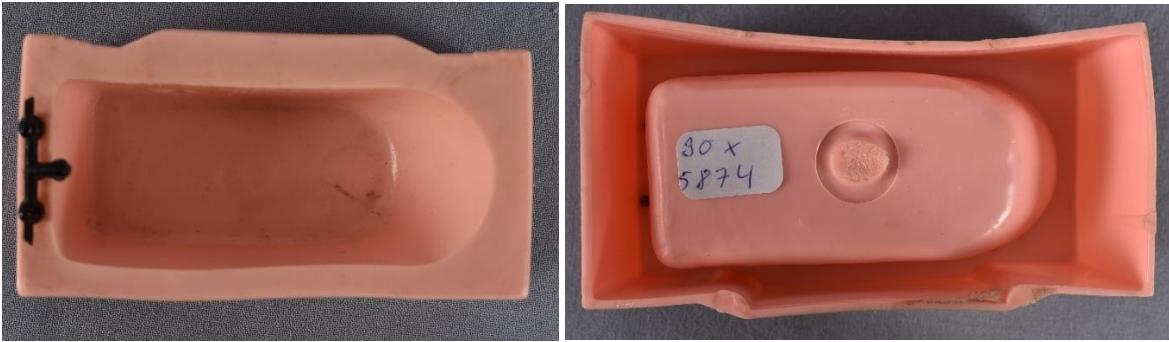


Fig. 12. Legetøjsbadekar i CA. Badekarret er tydeligt skrumpet, hvilket tyder på afdampning af blødgører. Badekarret har en karakteristisk lugt af eddikesyre (eddikesyresyndrom). Mark | Billund Kommunes Museer.

CN og CA nedbrydes ved hydrolyse, og bør derfor opbevares tørt (20-30% RH) og så køligt som muligt evt. på frost [1] (se afsnittet "Pakning af plastmaterialer (CN og CA) til køle- og frostmagasin"). Hvis genstande opbevares over frysepunktet, bør de opbevares for sig og ventileret, så evt. afdampning af syre kan slippe væk. Dette kan f.eks. være i en æske uden låg på en åben hylde. Genstandene bør opbevares under observation, og hvis afdampning af syre konstateres, bør genstande isoleres fra andre genstande og evt. opbevares på frost, hvis genstanden kan tåle det (se afsnittet "Observation af cellulosenitrat/ celluloid- (CN) og celluloseacetat (CA) med indikatorer").

Undgå opbevaring i en skuffe og/ eller tæt pakket med andre genstande hvor syre kan ophobe sig og angribe materialet selv og andre materialer (Fig. 13-15).



Fig. 13. En taske med lukning af celluloid (hornefterligning) er pakket uhensigtsmæssigt tæt sammen med andre tasker. VejleMuseerne



Fig. 14. Brillen uhensigtsmæssigt opbevaret indelukkede i dets brilleetui. Mark | Billund Kommunes Museer.



Fig. 15. LEGO klodser af CA opbevares uhensigtsmæssigt i plastposer. Mark | Billund Kommunes Museer.

Blødgjort Polyvinylchlorid (PVC)

PVC blev udviklet i 1920'erne og for alvor udbredt efter Anden Verdenskrig f.eks. til regntøj, som vandafvisende overflader på tekstil og sko, badebænk, oppustelige genstande, legetøj, elledninger, slanger, imiteret læder, plastposer, plastfilm, gulvbelægning mm.

Blødgjort PVC anses som probleplast først og fremmest grundet migration af blødgørere [1], som med tiden kan vandre ud af plasten og lægge sig som en klistret film på overfladen eller som dråber. Migration af blødgørere får plasten til at skrumpes og blive hård, og smuds og skidt kan sætte sig i en klistret overflade (Fig. 16). Ventilation omkring plasten fremmer migrationshastigheden af blødgørere, og derfor anbefales det at PVC-genstande, hvor muligt, opbevares i en lukket og ikke-absorberende materiale som f.eks. glas eller polyester [1, 4 s. 201]. Indpakning i silkepapir, som det er vanligt at gøre for museumsobjekter, nedsætter også migration af blødgørere [21, 22] ligesom opbevaring under kølige temperaturer [4, 23]. Undgå direkte kontakt med plasttyper, som nemt optager blødgørere fra PVC, som f.eks. polystyren [1].



Fig. 16. Protese til venstre arm. Rem af PET (polyetylenetereftalat) med plast af PVC med ftalatblødgørere. PVC-overfladen er gullig, klæbrig og har tiltrukket smuds (detaljefoto th.). VejleMuseerne.

Polyurethan (PUR) ether og ester

Plasten er især benyttet som skum blandt andet til madrasser og skuresvampe. Hvad gælder denne plasttype var den i gennemgangen af museernes samlinger kun til stede som en sekundær plasttype, enten i form af støddabsorberende materiale eller fyldmateriale. Opbevaringsforhold til disse genstande bestemtes derfor af andre materialer i genstanden, og der er ikke på noget tidspunkt taget særlige hensyn grundet PUR-skum. De gange projektet stødte på PUR-ester typen, var den desuden fuldstændig nedbrudt og ikke til at redde (Fig. 17).



Fig. 17. Transporttaske fra Mark | Museet for en Ny Danmarkshistorie. Tasken er indvendigt foret med PUR-ester skum, som nu er fuldstændig nedbrudt, smuldret og ikke til at redde. Mark | Billund Kommunes Museer.

Hvor PUR-skum i de kulturhistoriske samlinger (som vores gennemgang er et eksempel på) ofte findes som sekundært materiale, har materialet ofte været brugt som primært materiale i moderne kunst og design, hvor det bevaringsmæssigt giver store udfordringer [4, 24].

Generelle betragtninger til håndtering af probleplast:

Vær opmærksom på at overfladen kan indeholde korroderende og/ eller giftige nedbrydningsprodukter, især hvis genstanden viser tegn på nedbrydning. Undgå at overføre nedbrydningsprodukter til dig selv eller fra én genstand til en anden. Vask hænder før og efter håndtering eller bedre: Brug engangshandsker af nitril, og skift handsker ved håndtering af flere genstande.

Genstande kan være meget skrøbelige selvom de ikke umiddelbart viser tegn på nedbrydning, ikke mindst genstande af celluloid. Minimer håndtering. Undlad f.eks. så vidt muligt at på- eller afklæde celluloiddukker. Pak genstande så de ligger stabilt, og understøt genstanden f.eks. med silkepapir. Håndter så vidt muligt æsken, genstanden er pakket i, fremfor genstanden selv.

Fleksibelt plastik som blødgjort PVC eller gummi kan blive stift og hårdt med tiden. Understøt genstandens form, og undgå skarpe folder i f.eks. PVC-folier eller gummi.

Observation af cellulosenitrat/ celluloid- (CN) og celluloseacetat (CA) med indikatorer

Det er vigtigt at holde CA og CN-genstande under observation, således at genstande, der afdamper korroderende dampe, kan isoleres fra andre genstande og evt. opbevares på frost. Så længe genstanden ikke afdamper syre, er den ikke til skade for sig selv og andre genstande, og behøver ikke nødvendigvis at isoleres. De næste afsnit omhandler brugen af pH indikatorer, der kan påvise afdampning af syre fra CN og CA-objekter.

Observation af CA-genstande med AD-strips

Hvad gælder CA-genstande, afdamper de eddikesyre ved nedbrydning. Nedbrydningsstadiet af CA kan vurderes ved brug af A-D (Acid Detektor) -strips, som skifter farve alt efter, hvor surt et miljø CA giver i en lukket beholder. A-D strippen er blå, men under påvirkning af syre ændrer indikatoren farve alt efter syrens styrke og/ eller koncentration: Fra blå til blågrønne toner ved svag påvirkning, og videre til grøn (omkring det autokatalytiske punkt) og gul (under stærk nedbrydning) [25].



Fig. 18. Foto tv.: Blå AD-strips som de fås fra forhandleren med en vejledning til brug for test af CA-genstande. Foto midt og th.: LEGO klodser af CA i lukket pose testes med AD-strip. Der ses et tydeligt skift til lysegrøn efter et døgn. Tydelig lugt af eddikesyre ved åbning af posen. Materialet har nået et punkt, hvor nedbrydning accelererer. LEGO klodser fra Mark | Billund Kommunes Museer.

Test med AD strips i praksis:

Tests kan udføres ved at opbevare CA- genstande med en AD-strip i 24 timer i en lukket plastpose, hvorefter aflæsning skal ske umiddelbart efter udtagning. Testen skal foregå mørkt, da AD-strips er følsomme overfor lys. Testen bør ikke udføres i en papæske, da denne er diffusionsåben og derfor vil vise mindre grad af nedbrydning, end hvis testen er udført i en plastpose. En udførlig vejledning er udviklet af IPI og er tilgængelig online [24].

A-D strips er udviklet af Image Permanence Institute (IPI) til at bestemme nedbrydning af acetatfilm, men er også blevet brugt til at vurdere afgang af syre fra andre museumsgenstande [4, 26].

Hvor IPI anbefaler frost til celluloidfilm uanset tilstand, anbefaler IPI forskellige løsninger for opbevaring af acetatfilm, som tager udgangspunkt i filmens nedbrydningsstadiet [25]. Således anbefales "kølige temperaturer" (under 20 °C) til "kolde temperaturer" (under 10 °C) til film, der ikke er under nedbrydning, mens kolde temperaturer eller frost anbefales til genstande under nedbrydning. [27]. Er filmen allerede under nedbrydning (dvs. har passeret det autokatalytiske punkt), viser erfaringer fra IPI, at nedbrydning stabiliseres, hvis filmen opbevares under frysepunktet [25 s. 15, 28].

Effekten af frost er dog begrænset, hvis genstanden ofte tages ud af frostmagasinet [13 s. 8]. Opbevares genstande på frost, gælder særlige forholdsregler til pakning (se afsnit "Pakning af plastmaterialer (CN og CA) til køle- og frostmagasin").

Vores erfaring var, at de (forholdsvis få) genstande af CA, som havde nået et nedbrydningsstadium som kræver isolering/ frost, også havde en skarp lugt af eddikesyre (især hvis genstanden havde været lukket inde i en plastpose i et døgn, som er metoden, hvis genstanden testes med en AD-strip). Vores erfaring er derfor, at lugtesansen også er en god og simpel metode for at vurdere, hvorvidt genstande af CA afgasser eddikesyre i så høj grad, at det kan være til skade for andre objekter. Den mest simple og enkle måde at holde CA genstande under observation er derfor i første omgang at lugte til dem.

Selvom vejledningen til brug af AD-strips først anbefaler frost, når CA-materialet har passeret det autokatalytiske punkt, bør man overveje, om også ikke-nedbrudte CA-genstande bør opbevares på frostmagasin. Ifølge IPI kan induktionsperioden (dvs. perioden før nedbrydning sker) forlænges betydeligt, hvis filmmateriale af CA opbevares på frost – fra årtier til århundreder [13 s. 13, 25 s. 6]. Levetiden for plastgenstande af CA vil sikkert på samme vis kunne forlænges betragteligt ved frostopbevaring.

Brug af indikatorer til opsporing af korroderende dampe fra CN

Ovenfor nævnte AD-strips kan også bruges til at konstatere afdampning af salpetersyre fra CN, hvor AD-strippen skifter farve til gul/ orange (Fig. 19). Dvs. AD-strippen viser ikke de trinvis skift i farve, som tilfældet er ved tests af CA-genstande.



Fig. 19. Foto tv.: En AD-strip viser tydeligt farveskifte efter at have ligget op ad en cigaretholder, der delvist består af celluloid. Foto th.: Cigaretholderens celluloid-dele viser korroderende salte på overfladen (samme type salte ses på brillestellet, Fig. 34).

AD-strips anbefales ikke til kontinuerlig overvågning, da de er lysfølsomme, og helst skal aflæses efter forholdsvis kort tid. Til kontinuerlig overvågning anbefales andre pH-indikatorer som f.eks. indikatorer indfarvet med kresolrødt. Kresolrødt kan bruges til at opspore afdampning af den stærke salpetersyre og oxiderende nitrogenoxider fra CN-genstande, men ikke bruges til at opspore afdampning af den forholdsvis svage eddikesyre fra CA-genstande [2].

I modsætning til AD-strips kan indikatorer med kresolrødt ikke købes færdige, men man kan lave dem selv ved at indfarve papir eller stof af ren cellulose med kresolrødt pulver (se boks). Papiret bliver gult ved indfarvning. Indikatoren tjekkes hvert halve år og udskiftes hvert andet eller tredje år [2].

Udførelse af kresolrød-indikatorer i praksis:

Brug kun papir eller stof af ren cellulose (forhandlerliste er angivet i slutningen af denne boks). Opløs ca. 0,04 gram kresolrødt (w/v) i 100 ml demineraliseret vand eller ethanol (svarende til en lille knivspids). Opløsningen skal være orange (er opløsningen grumset eller ses uopløst kresolrødt, er opløsningen overmættet – tilsæt da lidt mere vand/ ethanol). En tyndere opløsning (ned til 0,005%) kan også bruges til indikatorer, men anbefales kun til test for kort periode, og ikke til kontinuerlig overvågning [30 s. 65]. Selvom væsken er orange, farver den cellulose gul. Farven tørrer måske ikke helt jævnt op, men det betyder ikke noget. Ofte trækker farven dog ud mod kanten af indikator-papiret, og farver kanten kraftigere: Det er derfor vigtigt at klippe kanten af, så man ikke aflæser en kraftigt farvet kant som et falsk positivt resultat. Fenn og Williams anbefaler at papiret vendes ofte for at undgå stor ujævnhed i optørringen, og at papiret kan gendyppes for at give en kraftigere farve, men at sidstnævnte ikke er nødvendigt [2].

Hvis der benyttes stof (som f.eks. bændel), bør dette koges i godt 30 minutter før brug i demineraliseret vand for at fjerne eventuelle forureninger [30].

Matsumura, Eastop og Gill anbefaler at lave opløsningen dagen før indfarvning og at ryste beholderen godt før indfarvning, samt at indfarve papir (eller stof) ved først at placere papiret i væsken i 15 sekunder, hvorefter det vendes med en pincet og ligger i yderligere 15 sekunder [30]. Efter dypning bankes eller gnides overskydende væske af. Brug nitrilhandsker, og vær opmærksom på at arbejde i et rent miljø for at undgå forurening af nogen slags. Papiret kan evt. hænges til tørre på en snor med en klemme, eller papiret kan foldes på midten (før indfarvning) så det kan hænges op på en snor [30].

Forhandlerliste:

Kresolrødt købt hos Thermo Scientific.

Papir der gav bedst resultat når brugt som indikator: Munktell filterpapir 80 g pr. m². Dette kan købes hos Museumstjenesten.

Vi har testet kresolrødt-indfarvede indikatorer med nedbrudt CN-materiale.

Vores erfaringer med brug af kresolrødt indfarvede indikatorer:

- Ved kontinuerlig overvågning vedlægges kresolrød-indikatorer ved genstande, som ligger ventileret. Vores erfaring er, at indikatoren skal ligge meget tæt ved genstanden/ muligvis berøre genstanden for at blive påvirket.
- Tykkelsen af det materiale, der indfarves af kresolrødt, påvirker resultatet. Bændel eller tykt papir blev påvirket svagere og langsommere af dampe fra CN-genstande end tyndt papir, der reagerede hurtigere (Fig. 20).

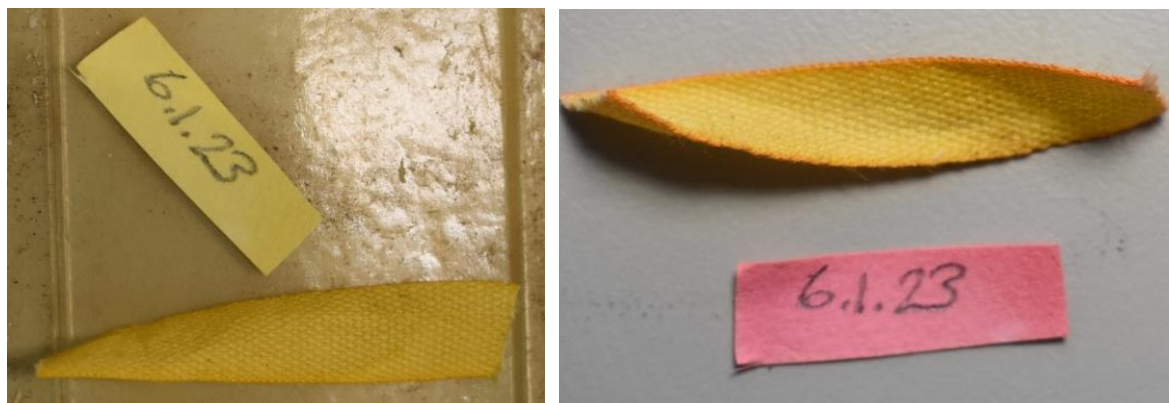


Fig.20. Forsøg med kresolrød-indikatorer. Foto tv.: Forsøget ved start. Bændel og tyndt filterpapir indfarvet med kresolrødt er placeret i en beholder, der indeholder korroderende dampe fra nedbrudt celluloid. Foto th.: Efter 34 døgn er papiret fuldstændig skiftet til lyserødt, mens bændlet kun er farvet lyserødt i kanten. Dette viser at tykkelsen af materialet, der indfarves, har stor betydning for indikatorens reaktionstid.

- Fenn og Williams anbefaler, at man hænger indfarvet bændel over flere genstande for at opfange korroderende dampe [2]. Vi havde dårlige erfaringer med dette: I modsætning til tyndt indfarvet papir der lå tæt på genstanden, så vi ikke farveskifte i indfarvet bændel suspenderet over genstanden. Dette skyldes sandsynligvis at afstanden var for stor og bændlet for tykt.
- Som regel skifter indikatoren først farve i kanten, og langsomt indfarves yderligere af indikatoren – eller indfarvningen forbliver i kanten, hvis genstanden er på et tidligt stadium af nedbrydning (afhænger dog af, hvordan indikatoren er placeret i forhold til genstanden). Vær derfor ekstra opmærksom på kantens farve, og reager på det mindste farveskift mod pink. Dette er forskelligt fra test med AD-strips i en lukket plastpose, hvor det som regel er hele AD-strippen der skifter farve.
- Har genstanden været pakket ind i silkepapir i en årrække, er papiret den første indikator. Hvis papiret er gulnet eller misfarvet, er det et tegn på, at genstanden er under nedbrydning (Fig. 21). Vores erfaring er, at der ikke var farveskifte med kresolrød-indikatorer ved CN-genstande, hvor silkepapiret var upåvirket og i god stand (dette gjaldt heldigvis langt de fleste genstande).



Fig. 21. Papir som indikator. Foto tv.: Celluloidkamme har misfarvet papiret i en gullig tone, hvilket er et tydeligt tegn på startende nedbrydning. Foto th.: Papiret, celluloidbrillerne har været pakket ind i, er ikke kun misfarvet men også desintegreret (sammenlign Fig. 11).

- Kresolrød-indikatorer er ikke nær så følsomme overfor korroderende dampe som AD-strips. Vores forsøg viste, at visse CN-genstande gav farveskifte med AD-strips og ikke med kresolrød-indikatorer. Under forsøget lå begge strips ved genstanden under ventilerede forhold, dvs. genstanden var ikke pakket ind i plast sammen med strippen. *Umiddelbart er konklusionen derfor, at tests med AD-strips er mere pålidelige end tests med kresolrød-indikatorer.* At AD-strips er mere pålidelige end kresolrød-indikatorer til at påvise CN-nedbrydning, er også erfaringen fra andre i faget [19, 29].



Fig. 22. Sammenligning af kresolrød indikatorer (gule) og AD-strips (blå). Indikatorerne er placeret mellem tænderne på en kam af celluloid (foto tv.). Efter et par døgn ses, at tænderne har givet en svag, gullig streg på AD-stripsne, hvilket er et tydeligt tegn på syre. I modsætning hertil ses ikke farvning af kresolrød-indikatorerne. Dette viser at AD-stripsne viser større følsomhed overfor syre end kresolrøddindikatorerne, og må siges at være mere pålidelige.

- CN-genstande nedbrydes ikke homogent [30]. Afgasning af korroderende dampe kan ske i ét område af genstanden, mens andre områder forbliver mere intakte. Vær derfor opmærksom på at monitorere flere steder på samme genstand for at fange evt. nedbrydning ved at placere flere strips ved CN-genstande.
- Hvad angår placering af indikatorer, havde vi som nævnt ikke gode erfaringer med at suspendere indikatorerne over CN-genstande, der lå åbent og ventileret. Under disse forhold så vi kun et farveskifte, når indikatoren lå meget tæt ved genstanden eller berørte genstanden, selvom CN-genstandene var meget nedbrudte (i modsætning hertil havde Matsumura, Eastop og Gill gode erfaringer [31], men de tester i en lukket beholder, dvs. genstandene ligger ikke ventileret!).
- I litteraturen anbefales det ikke, at indikatoren rører genstanden direkte, grundet risikoen for migrering af farvestof fra indikator til genstand og dermed afsmitning [26, 31], noget vi dog ikke har bemærket. Da kresolrødt er opløseligt i vand, er risiko for afsmitning størst, hvis genstandene opbevares under meget fugtige forhold (en risiko der er minimal, hvis genstanden opbevares under kontrollerede forhold), eller hvis genstanden udsveder tilsætningsstoffer/ nedbrydningsprodukter.

Kompositte genstande med CA og CN – hensyn ved opbevaring

Som nævnt i det foregående anbefales det, at genstande af CN og CA opbevares tørt og så koldt som muligt, evt. på frost. Der er dog undtagelser fra reglen, da genstande ofte er sammensat af flere materialer (kompositter), hvor nogle materialer risikerer at udtørres og sprække ved en lav relativ luftfugtighed (RH). Eller der kan være materialer, hvor frost frarådes.

En række naturmaterialer, som f.eks. træ og tekstil, risikerer at revne eller svækkes ved lav RH, ligesom mange af de naturmaterialer, som celluloid/ CN ofte efterligner (rav, horn/ keratin, læder), ikke bør opbevares ved en relativ luftfugtighed under 50% (anbefalinger for en række naturmaterialer kan findes på slots og kulturstyrelsens hjemmeside [32]). Plasttyper, som svækkes af en lav RH, er f.eks. kaseinplast og nylon (tabel 2). I vores gennemgang fandt vi flere eksempler hvor kaseinplast og celluloid indgår i den samme genstand, og hvor plasttyperne ikke kan skelnes fra hinanden uden analyse. Dette galt f.eks. flerfarvede cigaretholdere fra 1930erne (Fig. 23). I kaseinplast fungerer vand som blødgørere, og opbevares kaseinplast for tørt, risikerer det at revne og blive mat i overfladen [4 s. 195, 33].

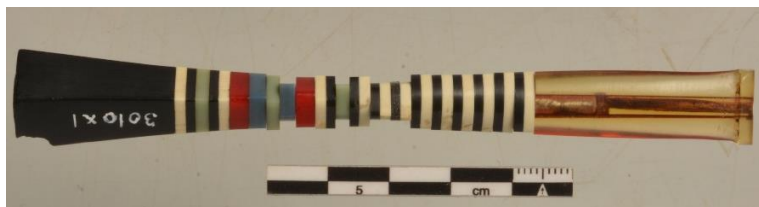


Fig. 23. Eksempel på komposit genstand. Cigaretholder fra 1930erne der indeholder både kaseinplast (skaft i flere farver) samt celluloid (mundstykke i imiteret rav). Se også Fig. 41.

Et andet eksempel på to materialer, der ofte forekommer sammen, men som har forskellige krav til opbevaring, er CA og polystyren (PS). Som nævnt i det foregående afsnit fik CA en stor succes til sprøjttestøbte genstande. PS, kommercielt produceret siden 1929 og sprøjttestøbt siden 1930 [34 s. 82], blev brugt (og bruges stadig) til samme formål. PS og CA er begge hårde plasttyper, og kan nemt forveksles. I vores undersøgelse af et udsnit af LEGO koncernens plast legetøj fra slut 1940erne og 1950erne viste det sig endda, at begge typer plast blev brugt i samme serieproduktion af f.eks. små plastdukker (produceret 1949-1957) og i LEGO Ferguson traktoren (produceret 1952-1959) (Fig. 24 og 25).



Fig. 24. Plastdukker produceret af LEGO Koncernen 1949-1957. Talt fra venstre mod højre: Nr. 1 og 3 er lavet af polystyren, resten af dukkerne er af celluloseacetat. Visuelt kan de to plasttyper ikke skelnes fra hinanden. LEGO Group Archives.



Fig. 25. LEGO Ferguson traktor produceret af LEGO Koncernen 1952-1959. Selve traktoren har dele af både CA og PS, mens påhængsredskaberne er af CA. LEGO Group Archives.

I litteraturen angives PS som sårbar overfor lave temperaturer [1, 2], men der er tvetydige anbefalinger med hensyn til opbevaring. Anbefalinger fra "Plastic Identification Tool" angiver, at PS (på linje med de andre plasttyper som Polymethylmetakrylat (PMMA), Polypropylen (PP) samt Styrenakrylonitril (SAN)) ikke tåler frost [1], mens Shashoua angiver, at PS kan opbevares sikkert på frost, hvis pakket og håndteret korrekt [4 s. 206]. I udgangspunktet anbefaler vi ikke at opbevare genstande med PS ved meget lave temperaturer.

Vælger man at opbevare kompositte materialer på frost, skal man desuden være opmærksom på de forskellige materials termiske ekspansion, dvs. at forskellige materials volumen ændrer sig forskelligt med temperaturen. Som regel trækker materialer sig sammen ved nedkøling. Hvis der er stor forskel på de forskellige materials sammentrækning, er der risiko for brud, hvis materialerne ikke kan bevæge sig frit i forhold til hinanden. Generelt ændrer plastmaterials volumen sig betydeligt mere end naturmaterialerne [4]. Ifølge Fenn og Williams er brud, der skyldes forskellig termisk ekspansion ved kompositte materialer, dog sjældne, og fordelene ved at opbevare CN og CA genstande under kølige temperaturer/ frost opvejer risikoen for termisk begrundede skader [2. Se afsnittet: Stage 4: Cope with corrosive plastics]. Information om de forskellige materials termiske ekspansions koefficient kan fås under:

https://www.engineeringtoolbox.com/linearexpansion-coefficients-d_95.html.

Ud fra ovenstående er det klart, at alle genstande, der indeholder CN og CA, ikke kan samles på samme magasin, da flere genstande indeholder andre materialer, hvor opbevaring på kølemagasin/ frost ikke er det mest hensigtsmæssige. Tabel 3 nedenfor angiver under hvilket klima Konserveringscenter Vejle opbevarer forskellige genstande med eller af CN eller CA. Bemærk at der ofte kan accepteres større udsving i temperatur og RH end angivet i tabellen, sammenlign med tabel 2.

Magasin Vejle	Genstande med eller af CN eller CA
Kølemagasin: 30% RH og 6 °C	Genstande af CN og CA (ikke nedbrudt stadie). Til mindre genstande af CN anbefales frostmagasin over kølemagasin hvis de kan tåle det (se frostmagasin). Anbefales ikke til materialer, der udtørres eller svækkes ved den meget lave RH (tekstil, træ, rav, læder, horn, kaseinplast, nylon mm). Hold under observation.
RH 40% og T 10-15 °C	Kompositte genstande af CN og CA hvor en del af genstanden er sårbar overfor kølemagasinet meget lave RH, f.eks. genstande med tekstil. Mindre kompositter med CN kan evt. opbevares på frost (se denne). Kompositter hvor en del af genstanden er sårbar overfor meget kølige temperaturer (f.eks. polystyren, PMMA). Tekstiler af CA (aftenkjoler, brudekjoler) hvor størrelsen på genstanden gør det upraktisk at opbevare på køl. Andre genstande af CA kan opbevares her, hvis ikke kølemagasin eller frost er muligt. Hold under observation.
Basisklima: RH 50-55% og T 10-15 °C	Kompositte genstande af CN og CA hvor en del af genstanden er sårbar overfor lav RH (f.eks. træ (kan være inventar lakeret med CN-lak), nylon, kaseinplast). Mindre kompositter med CN kan evt. opbevares på frost (se denne). Hold under observation.
Frostmagasin -18 °C	Anbefalet: Alle mindre genstande af CN og CA der ikke udstilles ofte (CN i høj grad). Anbefalet i høj grad: Genstande af CN og CA under stærk nedbrydning (afgasser syre). Ved kompositter: Bemærk visse andre plasttyper hvor frost frarådes: PS, PMMA, PP, SAN (se tabel 2). Usikkert, hvorvidt de hygroskopiske plasttyper kasein og nylon svækkes af frost. Naturmaterialer har i reglen en lavere termisk ekspansionskoefficient end plast: Risiko for brud ved forskellig sammentrækning afhængigt af materiale.

Tabel 3. Eksempler på opbevaring af genstande med eller af CN eller CA på Fælles Museumsmagasiner i Vejle

Tekstiler af CA anbefaler vi opbevaret køligt ved omkring 40% RH da disse vil optage alt for meget plads på kølemagasinet. Heldigvis viste vores undersøgelser af tekstiler af CA med AD-strips, at ingen af dem viste tegn på afdampning af eddikesyre af betydning, heller ikke tekstiler som viste tegn på nedbrydning i form af brun-rødlige pletter (foxing). Dette er i overensstemmelse med

Qyue's beskrivelse, at tekstil af CA generelt er mere stabilt end CA brugt til plast og film, hvilket især hænger sammen med den mere ordnede og stabile orientering af polymerkæderne i tekstil-fibre [35].

I teorien bør alle genstande der indeholder CN opbevares for sig og under observation. Men i praksis er dette ikke muligt. CN blev ikke kun brugt til plastobjekter og film, men som tidligere nævnt, i høj grad til hurtigtørrende lakker og bindemidler. Lakken fik ikke kun stor betydning til træværk og metalgenstande, men har også været brugt til kunstigt læder i f.eks. bogomslag og kufferter (Fig. 7). Som lak og som bindemiddel i lim og kit er CN hyppigt blevet brugt i konservering, og CN findes derfor som lak eller lim i f.eks. flere arkæologiske objekter og er ikke begrænset til nyere tid [14].

Fokus bør primært være på genstande, hvor CN udgør det primære materiale, hvilket ofte er mindre genstande, der risikerer at blive pakket forkert, dvs. kompakt og tæt med andre genstande (Fig. 13-15).

Pakning af plastmaterialer (CN og CA) til køle- og frostmagasin

Køle- og/ eller frostmagasin anbefales især til de problematiske plasttyper CN og CA (se tabel 2). Det gælder for plastmaterialer, at de i afkølet tilstand er mere stive og skrøbelige (materialet mere skørt) end ved stuetemperatur. Derfor er det vigtigt, at genstandene ligger stabilt i deres indpakning, f.eks. støttet med silkepapir. Undgå at håndtere genstanden, når den er afkølet, men håndter i stedet æsken, den ligger i. Hvis der pakkes flere genstande i samme æske, bør hele æsken tages ud af køle- eller frostmagasin og akklimatisere over et døgn, før den enkelte genstand udtages af indpakningen.

Pakning til kølemagasin

Et kølemagasin til plastgenstande (primært CN og CA) bør have en temperatur på omkring 5°C og en relativ luftfugtighed på 20-30%. Luftfugtigheden bør ikke vise kraftige udsving, men bør ligge forholdsvis konstant $\pm 5\%$ [1]. For genstande på køl gælder samme forholdsregler som for genstande, som ikke ligger på køl, dvs. de skal ligge åbent/ ventileret (undgå lukket beholder), og de holdes under observation.

Der gælder ikke forholdsregler ved indsætning af genstande på kølemagasinet, men ved udtagning anbefales at sætte låg på den æske, genstanden ligger i, og placere æsken enten i en plastpose med lynlåsfunktion, eller alternativt, i en køleboks. Både låg, plastpose og/ eller køleboks skal være klar på kølemagasinet sammen med genstanden (dvs. under samme klimatiske forhold). Med andre ord er det vigtigt at have udtagelse af genstanden fra magasinet i tankerne, allerede når genstanden indsættes på magasin.

Denne procedure ved udtag anbefales for at minimere risikoen for kondens, når en kold overflade rammer stuetemperatur. Hvis genstanden transporteres i en køleboks ud af kølemagasinet, vil den kolde luft i køleboksen varmes op hurtigere, end luftfugtigheden udligner sig med luften udenfor. Der vil ske et fald i den relative luftfugtighed i boksen før udligning, eftersom varm luft kan optage mere fugt end kold luft. Dvs. risikoen for kondens er stort set lig nul, hvis genstanden transporteres ud af kølemagasin i køleboks (der vel at mærke har været opbevaret i kølemagasinet før udtag, således at klimaet i boksen er det samme som i magasinet). Derimod anbefales det ikke at transportere genstanden ind på kølemagasinet i køleboks, da den varme luft i køleboksen køles ned hurtigere, end fugtigheden udlignes, hvilket fører til en stigning i den relative luftfugtighed i køleboksen før udligning. Som bekendt bør genstande af celluloid og celluloseacetat ikke udsættes unødigt for høj relativ luftfugtighed, da de nedbrydes ved hydrolyse.

Efter udtaget bør genstanden akklimatisere i minimum 3 timer (max et døgn) ved stuetemperatur, før den udtages af plastposen/ køleboksen. Den bør ikke være opbevaret i længere tid i en lukket beholder end dette, da syre ophober sig i en lukket beholder, hvilket fremmer nedbrydning.

Pakning til frostmagasin

Som frostmagasin kan i udgangspunktet bruges en almindelig, afrimningsfri fryser (med non-frost-funktion). Vi anbefaler en skabsfryser fremfor kummefryser, for at minimere håndtering af

Fordele ved frostmagasin: Det er den mest effektive metode til at forlænge levetiden for de ustabile plasttyper CN og CA. Hvis nedbrydning af disse plasttyper har nået det stadium, hvor de afgasser korroderende dampe, er frost den mest effektive metode til at bremse afgasning. Derudover: Genstande kan pakkes kompakt og tæt i æsker, og skal ikke holdes under observation.

Ulempe ved frostmagasin: Strømforsbruget og dermed høje omkostninger til drift pr. m³. Derudover: pakning og tilgang til genstande er mere tidskrævende. Frostmagasin er en dårlig løsning til genstande, der ofte skal ind og ud af magasinet.

genstande ved udtagning fra frostmagasin. Derudover bør der være en overvågning af klimaet i fryseren, som slår alarm ved evt. strømafbrydelse.

Ved pakning til frost gælder særlige forholdsregler. Genstande pakkes i en lufttæt beholder med buffermateriale. Beholderen kan være en papæske i en lynlåsplastpose (det anbefales at bruge to lynlåsposer om æsken for at mindske risiko for utæthed), eller en tæt plastæske. Pakkes i æske med plastpose, skal al overskydende luft så vidt muligt presses ud, hvilket forholdsvis let lader sig gøre med en lynlåsplastpose. Jo mindre luft i pakningen, jo mindre vanddamp i pakningen, som ved udtag i stuetemperatur kan kondensere på den endnu kolde genstand. Ikke alle plastposer tåler frost. Brug lynlåsposer af lavdensitet polyethylen [36] (f.eks. almindelige frostposer eller lynlåsposer, købt ved museumstjenesten).

Buffermateriale omkring genstanden kan være syrefrit silkepapir, der både sikrer, at genstanden ligger stabilt i sin æske, men også at svingninger i luftfugtighed i

fryseren udjævnes. Vores egne forsøg med datalogger viser at RH vil falde når æsken placeres i fryseren grundet buffermaterialets hygroskopiske karakter, hvilket er i overensstemmelse med Image Permanence Institute (IPI)'s bemærkning [36]. Buffermaterialet formodes desuden at kunne absorbere fugt, skulle kondens ske direkte på genstanden i den korte periode hvor den endnu ikke har opnået stuetemperatur efter udtag. Baby-vatrondeller kan også bruges som buffermateriale i direkte kontakt med genstanden, eller bomuldsklude. Undgå coated silkepapir uden sugsevne. Undgå at pakke genstande til frost i et varmt og fugtigt klima for ikke at fange overdreven fugt i indpakningen [36].

Det anbefales at forsegle posens åbning med tape, da åbningen udgør den største risiko for utæthed.

Vi anbefaler ikke nødvendigvis, at æsken er af syrefrit pap, så længe at primærmaterialet omkring genstanden er syrefrit. Man må regne med, at buffermateriale med tiden optager syre fra genstanden, og derfor bør buffermateriale ikke genbruges ved evt. genpakning af genstanden.

Ved udtagning akklimatiserer genstanden indenfor få timer, men en god regel er at vente til dagen efter med at pakke den ud.

Det skal bemærkes, at den ovenfor nævnte metode **IKKE** udelukker risiko for kondens ved udtag fra fryser. Metoden tillader en vis mængde luft om genstanden og derfor også en vis mængde

vanddamp, der ved udtag fra fryser kan kondensere på genstanden. Dette skyldes, at luften omkring genstanden opvarmes hurtigere end genstanden, og i det tidsrum genstanden er koldere end luften i æsken, kan der ske kondens. Derudover formoder vi at det vand, der under frost bindes i buffermaterialet, frigives ved opvarmning (vores forsøg med datalogger viser en kraftig stigning i RH i en kort periode efter udtag). Man kan helt undgå kondens ved at pakke genstanden direkte i plastpose med buffermateriale, og presse overskydende luft ud. Genstanden kan derefter lægges i æske med stabiliserende silkepapir, og endnu en pose om æsken, som lukkes tæt. Denne metode anbefaler vi dog **IKKE nødvendigvis**, af den simple grund, at det vil kræve mere håndtering af genstanden: Når overskydende luft omkring genstanden presses ud af posen, er der en risiko for at presset ødelægger genstanden. Nedbrudte celluloidgenstande **KAN være ekstremt skrøbelige**, og knække/ splintres ved det mindste tryk.

Det skal understreges, at pakkes genstanden som nævnt, vil den fugt der eventuelt kondenserer på genstanden være minimal, og fugten vil hurtigt fordampe, når genstanden opnår stuetemperatur indenfor kort tid. Eventuel direkte fugtpåvirkning er derfor minimal og for langt de fleste celluloidgenstande ikke af betydning. **En undtagelse er nok celluloidfilm**, der indeholder et gelatinelag, der kan kvælde ved fugtpåvirkning. Her gælder det i højere grad end for 3-dimensionelle genstande af celluloid at undgå kondens.

Gode råd til pakning til frost

- Pak ikke flere genstande pr. æske end højst nødvendigt. Genstande har ikke godt af at blive taget ud og ind af fryseren, og pakkes mange genstande i samme æske, udtages også mange genstande, hver gang en enkelt genstand i æsken skal bruges (eftersom æsken først kan åbnes, og genstande håndteres efter akklimatisering i stuetemperatur). Genstande bør derfor kun pakkes i samme æske, hvis der er stor sandsynlighed for, at alle genstande i æsken skal bruges samtidigt i fremtiden.
- Påfør objektnummer tydeligt på æsken, så man er sikker på hurtigt at kunne udtage den rigtige æske fra frost. Her anbefales det at objektnummeret påføres på flere sider af æsken med en tusch af god kvalitet (se eksempel Fig. 26).
- Sørg for hurtigt at kunne lokalisere æsken ved udtagning. Hylder og/ eller skuffer i fryseren skal være nummererede. Evt. registreres (udover hyldenummer), hvor på hylden/skuffen æsken befinder sig. Dette for hurtigst muligt at kunne genfinde æsken, og for at minimere håndtering af naboæsker, som skal forblive på frostmagasin.

Eksempel på pakning til frostmagasin

Hårkam fra VejleMuseerne. Hårkammen er lavet af cellulosenitrat og emitterer skildpaddeskjold. Dens pakning til frostmagasinering sker i flere trin (billedserie, Fig. 26). Museumsgenstanden omslutes af en buffer bestående af syrefrit silkepapir, der også sikrer at genstanden ligger stabilt i sin æske. Objektnummer påføres på ydersiden af æsken. Æsken placeres i en lynlås plastpose, og overskydende luft presses ud, før posen lukkes og forsegles med tape. Æske med pose lægges i en yderligere pose, som lukkes på samme vis, for at give en ekstra sikkerhed ved en evt. utæthed. Det

anbefales at lukningen forsegles med tape, da selve lukningen er posens svage punkt, dvs. dér hvor der er størst risiko for lækage.

BEMÆRK! Genstanden må **IKKE** være opbevaret således udenfor frostmagasin længere end et døgn efter udtag, men skal i stuetemperatur opbevares ventileret i åben æske.



Fig. 26. Eksempel på pakning af en celluloid hårkam til frostmagasin. Øverste række: Hårkammen pakkes i æsken med silkepapir, der virker både som fugtabsorberende buffer og støttende materiale. Derefter placeres papæsken i to lynlåspose, hvis åbninger er forseget med tape. Æske og yderste pose er med tydeligt museumsnummer, og kan hurtigt lokaliseres i fryseren, selv ved evt. rim på posen ved udtagning.

Fotografiske eksempler på plasttyper og nedbrydning

I det følgende vises eksempler på 12 forskellige typer plast (gummi inklusiv) samt enkelte eksempler på plastnedbrydning. For oplysninger om plasttyperne se Tabel 1. Som i Tabel 1 er plasttypen angivet med akronym, og i visse tilfælde det kommercielle navn, hvis plasten er bedst kendt under dette.

Celluloseacetat (CA)



Fig. 27. Sprøjtstøbt legetøj af celluloseacetat produceret af LEGO Koncernen 1950 -60erne. LEGO Group Archives.



Fig. 28. Hårkamme i skildpaddeskjoldsimulat af CA. VejleMuseerne.



Fig. 29. Dukke af CA. Mark | Billund Kommunes Museer.



Fig. 30. Brudekjole i syntetisk højglanssilke af CA. VejleMuseerne.

Cellulosenitrat (CN), (Celluloid)



Fig. 31. Diverse genstande som enten består af CN eller indeholder CN. Legetøjsambulancen af blik er lakeret med en CN-lak, og katten har en bold af CN.



Fig. 32. Diverse etuier med plastfolier, som enten består af CN (de to længst til venstre) eller CA (de to længst til højre).

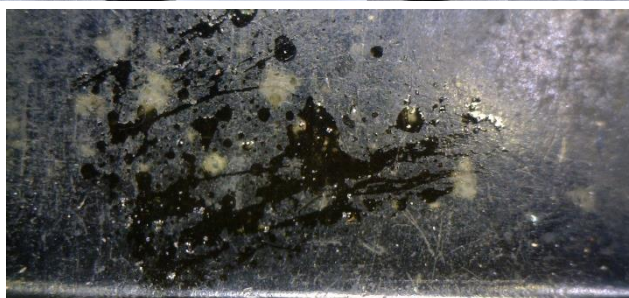


Fig. 33. Celluloidbrille fra Mark/ Billund Kommunes Museer der viser forskellige nedbrydnings tegn: Den for nedbrudt celluloid typiske krakelering (mikroskopoptagelse øverst th) og udsvedning af dråber på overfladen (mikroskopoptagelse nederst).



Fig. 34. På brillestangens afslutning ses korroderende salte i overfladen, et typisk nedbrydningsfænomen for celluloid (deltaljefoto th.; se også Fig. 19). Saltens koncentration i dette område kan skyldes at brillen her har været udsat for hudens sved. VejleMuseerne.

Fenolformaldehyd (PF), (Bakelit)



Fig. 35. Tysk kikkerthylster af PF og måleinstrument med fod af PF. Materiale domineret af celluloseholdigt fyldstof nok træmel eller lignende, ofte brugt som fyldstof i PF. Mark | Billund Kommunes Museer.

Gummi, hård (Ebonit)



Fig. 36. Rageknive med skaft af hård gummi; sort kam af hård gummi. VejleMuseerne.

Gummi, naturlig



Fig.37. Gummidukke. Gummimaterialet er med en høj andel af fyldstofferne kridt og baryt. Dukken viser forskellige nedbrydningsstadier. Eksponerede overflader er skrumpet, hårde, plettet og sprukket, mens overflader der har været beskyttet af tøj, er i bedre tilstand og stadig relativ bløde. Dukke fra: Mark | Billund Kommunes Museer.



Fig.38. Gasmaske af gummi. gummien er stiv og masken deformeret. Gummien smuldrer langs kanter. Der ses sprækker og revner langs folder og knæk. Masken bør rettes ud i form, og formen understøttes. Mark | Billund Kommunes Museer.

Gummi, syntetisk (eksempler på BUNA-S (styrenbutadien))



Fig. 39. Gærrør med korkprop og gummi: FTIR-analyse peger på at gummidelen er en blanding af BUNA-S og naturlig gummi. Slange: Buna-S.



Fig. 40. Gummiknippel fra 1940erne af BUNA-S med kaolin som fyldstof. Mark | Billund Kommunes Museer.

Kaseinformaldehyd (Kaseinplast)



Fig. 41. Loppespil med brikker af kaseinplast; paraply med skaft og gule ender af kaseinplast og med brun duskholder af celluloid; cigaretholder med transparent mundskaft (imiterer rav) af celluloid og farvede dele af kaseinplast. Mark | Billund Kommunes Museer.

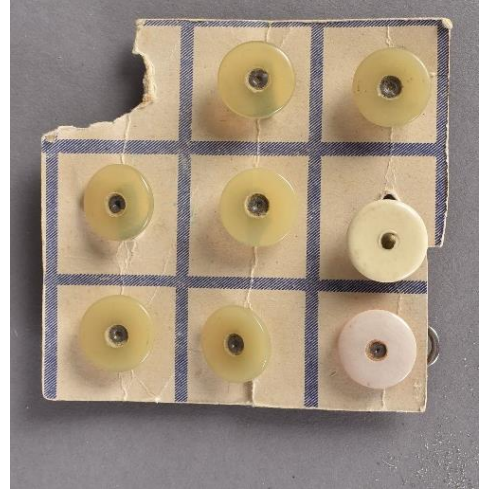


Fig. 42. Knappekort med knapper af kaseinplast. Mark | Billund Kommunes Museer.

Polyamid, PA (Nylon)



Fig. 43. Træbørste med sorte børster af PA; frisørmaskine med greb af PA; stempel med skaft af PA (transparent plast af CA). VejleMuseerne.

Polyethylen, PE



Fig. 44. Legetøj og bestikholder af PE. Mark | Billund Kommunes Museer.

Polymethylmetakrylat, PMMA (Plexiglas)



Fig. 45. Blåt lys med blåt, transparent plast af PMMA. VejleMuseerne.

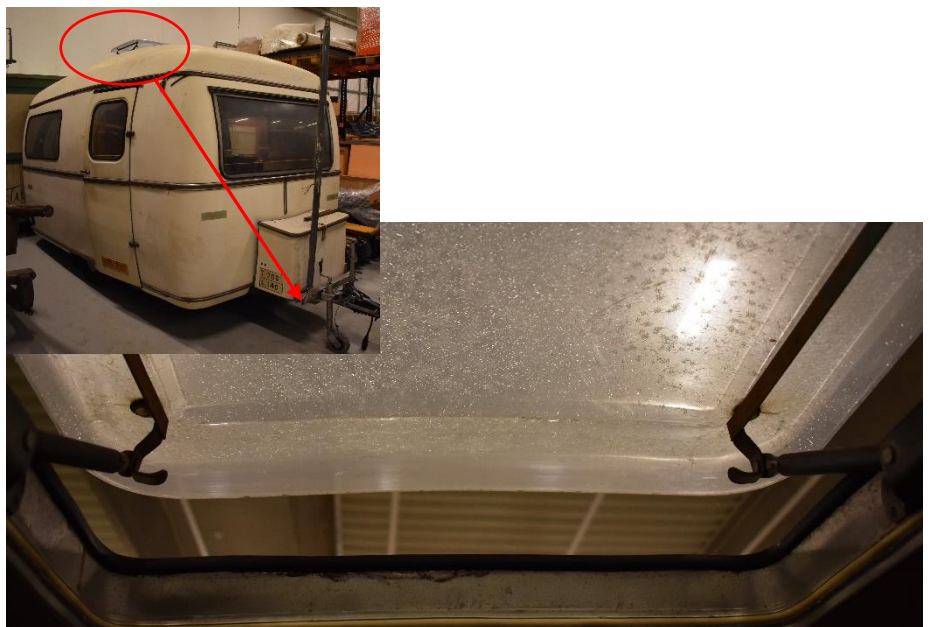


Fig. 46. Campingvogn med vinduer af PMMA. Detaljefotos af ovenlysvinduet med stresskrakeleringer. Ovenlysvinduet har været mere udsat for direkte sollys og vejrliget end de andre vinduer, hvorfor stresskrakeleringer kun ses her. VejleMuseerne.

Polystyren (PS)

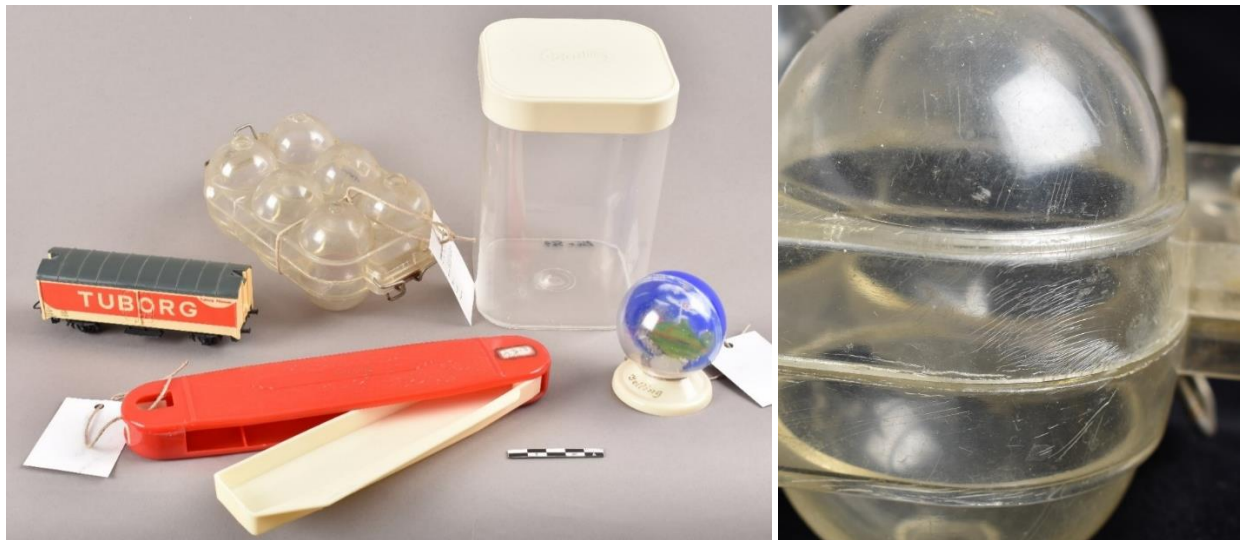


Fig. 47. Diverse transparente og indfarvede genstande af PS. VejleMuseerne og Mark | Billund Kommunes Museer. Foto th.: Detaljefoto af stresskrakelering i æggeholder af PS.

Polyvinylchlorid (PVC)



Fig. 48. Taske og dukkelift med PVC-coating, bold af PVC. Mark | Billund Kommunes Museer.



Fig. 49. Oppustelig and af PVC fra LEGO Group Archives. Andre genstande af eller med PVC: fra Mark | Billund Kommunes Museer.

Referencer

1. Plastic Identification Tool. 2017, Cultural Heritage Agency: Amersfoort. <https://plastic-en.tool.cultureelerfgoed.nl/>. Tilgået 20.11.2023.
2. Fenn, J. og R. Scott Williams, *Caring for plastics and rubbers*. 2018, Ottawa: CCI: Canadian Conservation Institute. <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/preventive-conservation/guidelines-collections/caring-plastics-rubbers.html>. Tilgået 20.11.2023.
3. Zephir, M., *Conserve O Gram. Care and identification of objects made from plastic*. 2010, Woodstock: National Park Services. <https://www.nps.gov/museum/publications/consveogram/08-04.pdf>. Tilgået 20.11.2023.
4. Shashoua, Y., *Conservation of plastics: Materials science, degradation and preservation*. 2008, Oxford: Elsevier.
5. Preservation of Plastic Artefacts in Museum Collections (The Popart Projekt). 2007-2013. <https://popart-highlights.mnhn.fr/introduction/the-popart-project/index.html>. Tilgået 20.11.2023.
6. Plastics in Peril. Online konference, 2020. https://www.youtube.com/watch?v=uoixRYndKDM&list=PLDhExi_byiwnJwb4Nx3Z3Xk5SefFvBCdx. Tilgået 20.11.2023.
7. Williams, R.S., *Care of plastics: malignant plastics*. WAAC Newsletter, 2002. **24**(1).
8. Dyer, J., et al. *Reassessment of anoxic storage of ethnographic rubber*. i *ICOM-CC 16th Triennial Conference*. 2011.
9. Sanchez, S.A., et al., *Life cycle assessment of anoxic treatments for cultural heritage preservation*. Resources, Conservation and Recycling, 2023. **190**: p. 106825.
10. Hacke, M., et al., *Investigation of long term storage solutions for rubber garments*. Journal of the Institute of Conservation, 2014. **37**(2): p. 179-196.
11. Brochure: Oxygen absorber Ageless. 2011, Tokyo: Mitsubishi Gas Chemical Company, INC. <http://ageless.mgc-a.com/AGELESS%20brochure.pdf>. Tilgået 20.11.2023.
12. Elsässer, C., et al., *Lower Temperature, Longer Lifetime: Practice at the Deutsches Museum and Research Perspectives for Storing 3D Cellulose Nitrate Objects*. Z. Kunsttechnol. Konserv, 2021. **34**: p. 17-26.
13. Reilly, J.M., *IPI storage guide for acetate film*. 1993: Image Permanence Institute Rochester. https://s3.cad.rit.edu/ipi-assets/publications/acetate_guide.pdf. Tilgået 20.11.2023.
14. Selwitz, C., *Cellulose nitrate in conservation*. 1988, Los Angeles: Getty Publications.
15. Ballany, J.M., *An investigation of the factors affecting the degradation of cellulose acetate artefacts in museum collections*. PhD thesis, 2000. Glasgow: Strathclyde University.
16. Da Ros, S., et al. *Unveiling the importance of diffusion on the deterioration of cellulose acetate artefacts: The profile of plasticiser loss as assessed by infrared microscopy*. in *Transcending Boundaries: Integrated Approaches to Conservation. ICOM-CC 19th Triennial Conference Preprints*. 2021. International Council of Museums.
17. Quye, A., et al., *Investigation of inherent degradation in cellulose nitrate museum artefacts*. Polymer degradation and stability, 2011. **96**(7): p. 1369-1376.
18. Del Gaudio, I., et al., *Water sorption and diffusion in cellulose acetate: The effect of plasticisers*. Carbohydrate Polymers, 2021. **267**: p. 118185.
19. Laganà, A., et al., *Facing challenges: Investigations into the conservation of cellulose ester objects*. ZKK, 2021. **34**: p. 27-36.
20. Morgan, J., *Conservation of plastics. An introduction to their history, manufacture, deterioration, identification and care*. 1991, London: Plastics Historical Society.

21. Royaux, A., et al., *Long-term effect of silk paper used for wrapping of plasticized PVC objects: Comparison between ancient and model PVC*. *Polymer Degradation and Stability*, 2018. **155**: p. 183-193.
22. Royaux, A., et al., *Conservation of plasticized PVC artifacts in museums: Influence of wrapping materials*. *Journal of Cultural Heritage*, 2020. **46**: p. 131-139.
23. Royaux, A., et al., *Aging of plasticized polyvinyl chloride in heritage collections: The impact of conditioning and cleaning treatments*. *Polymer Degradation and Stability*, 2017. **137**: p. 109-121.
24. van Oosten, T., *PUR facts. Conservation of polyurethane foam in art and design*. 2011, Amsterdam: Amsterdam University Press.
25. *User's guide for A-D strips. Film base deterioration monitors*. 7 ed. 2022: Image Permanence Institute. https://s3.cad.rit.edu/ipi-assets/publications/adstrips_instructions.pdf. Tilgået 22.11.2023.
26. Townsend, J.H., S. Hackney, and M. Kearney, *A Critical Assessment of AD Strips® Used in Degradation Studies of Artworks Made from Cellulose Acetate*. *Studies in Conservation*, 2021: p. 1-9.
27. Nishimura, D., *Strategies for the storage of cellulose acetate film*. *AIC News*, 2015. **40**(6): p. 1-5.
28. Tumosa, C.S., M.F. Mecklenburg og M.H. McCormick-Goodhart, *The physical properties of photographic film polymers subjected to cold storage environments*. 2001, ACS Publications.
29. Elsässer, C., *ph.d.-studerende, Deutsches Museum, München*. 2023, personlig kommunikation.
30. Elsässer, C., et al., *Frozen, Cold, or Cool? Chemical Assessment of the Effectiveness of Storage Conditions for Celluloid 3D Objects*. *Polymers*, 2023. **15**(20): p. 4056.
31. Matsumura, M., D. Eastop, and K. Gill, *Monitoring emissions from cellulose nitrate and cellulose acetate costume accessories: an evaluation of pH indicator dyes on paper, cotton tape and cotton threads*. *The conservator*, 2002. **26**(1): p. 57-69.
32. *Skema over anbefalet lysintensitet (lux), temperatur og relativ luftfugtighed (RF) for en række genstandstyper*. I: *Historie og Kunsts anbefalinger til museernes forebyggende bevaringsindsatser* (2021), Slots- og Kulturstyrelsen. <https://slks.dk/omraader/kulturinstitutioner/museer/tilskud-til-museer/oversigt-over-stoettede-projekter/samlingsvaretagelse/anbefalinger-til-museernes-forebyggende-bevaringsindsatser>. Tilgået 23.11.2023.
33. Kaner, J., F. Ioras, og J. Ratnasingam, *Performance and stability of historic casein formaldehyde*. *e-plastory*, 2017(2): p. 1-18.
34. Newport, R., *Plastics and design*, i: *Early plastics. Perspectives 1850-1950*, S. Mossman, Editor. 1997, Science Museum: London. p. 72-112.
35. Quye, A., *Factors influencing the stability of man-made fibers: A retrospective view for historical textiles*. *Polymer Degradation and Stability*, 2014. **107**: p. 210-218.
36. *Low Temperature Storage Implementation Basics*, 2023. Image Permanence Institute (IPI). <https://www.filmcare.org/lowtempstorage>. Tilgået 22.11.2023.