EN VEJLEDNING

MUSEUMSMAGASINER I EKSISTERENDE BYGNINGER

MUSEERNES
GRØNNE AKADEMI

ODM
MUSEERNES
GRØNNE AKADEMI

Indhold

1.0 FORORD **1**
2.0 INDLEDNING **3**
2.1 BAGGRUND 3
2.2 LIVSCYKLUSANALYSE AF MAGASINERS KLIMABELASTNING 4
2.3 LAVENERGIKONCEPTET 4
2.4 GENBRUGSKONCEPTET 5
3.0 RENOVERINGSPROCESSEN **7**
3.1. BEHOVSANALYSE 7
3.2. UDVÆLGELSE AF BYGNING 8
3.3 FORUNDERSØGELSE 10
3.4 PROJEKTERING OG UDFØRELSE 12
4.0 GENERELLE FUNKTIONSKRAV **15**
4.1 BELIGGENHED 15
4.2 ADGANGSFORHOLD 16
4.3 BYGNINGSTYPER 17
4.4 VARMEISOLERING OG ENERGIFORBRUG 18
4.5 BRANDFORHOLD 19
4.6 BÆREDYGTIGE MATERIALER 20
5.0 SPECIFIKKE FUNKTIONSKRAV **22**
5.1 TAGKONSTRUKTIONER MED LILLE HÆLDNING 22
5.2 TAGKONSTRUKTIONER MED STOR HÆLDNING 23
5.3 GULVE 24
5.4 YDERVÆGGE 24
5.5 INDVENDIGE VÆGGE 26
5.7 VARME OG VAND 27
5.8 VENTILATION 29
5.9 EL, BELYSNING OG SIKRING 29
6.0 EKSEMPLER **31**
6.1 DET GRØNNE MUSEUM 31
6.2 HELSINGØR MUSEUM 33
7.0 REFERENCER **35**
KOLOFON **37**

1.0 FORORD

Denne vejledning handler om etablering af museumsmagasiner og arkiver i eksisterende bygninger. Formålet med at genbruge bygninger er blandt andet at minimere klimaaftrykket i magasinets levetid og derved sikre en mindre miljøbelastende bevaring af kulturarven. Ved at transformere frem for at bygge nyt reducerer man ressourceforbruget og begrænser transport af materialer over lange afstande. Herved understøttes omstillingen til en mere cirkulær økonomi i byggebranchen, som har potentiale til store miljømæssige gevinster for samfundet fremover (Realdania, 2023). Genbrug af bygninger er desuden billigere end at bygge nyt, hvilket gavner magasinets samlede økonomi. Udfordringen ved at genbruge bygninger er blandt andet, at de ikke er skræddersyede til magasinformål og derfor ikke lader sig indrette så optimalt som en ny bygning. Der må derfor findes rimelige kompromiser mellem bevaringsforhold, klimamæssige hensyn og praktiske behov for håndtering og transport af genstande. I denne vejledning gennemgås de enkelte faktorer, som skal belyses i en samlet vurdering af en bygnings egnethed som museumsmagasin. Samtidig kan vejledningen tjene til inspiration for optimering af eksisterende magasiner placeret i bygninger, som ikke oprindeligt er bygget med magasinformål.

Vejledningen knytter sig til rapporten om lavenergimagasiner (Museernes Grønne Akademi, 2025), som primært anvendes ved nye magasinbygninger. Lavenergimagasiner udformes med fokus på at begrænse energiforbruget i driftsfasen og tager i mindre grad højde for klimapåvirkningen ved opførelse og bortskaffelse. Det har imidlertid vist sig, at klimapåvirkningen ved produktionen af byggematerialerne er væsentligt større end den forventede udledning ved driften i bygningens levetid (Ryhl-Svendsen, Jensen & Larsen 2025; Ryhl-Svendsen, Jensen & Larsen 2026).

Ulempen ved lavenergikonceptet er, at en betydelig del af CO2-udledningen sker ved bygningens opførelse og bidrager til den globale opvarmning her og nu. Ved genbrug af en eksisterende bygning er udledningen forholdsvis lav ved ibrugtagning, men lidt højere i driftsfasen. Man forsinker derved klimabelastningen til et tidspunkt, hvor der forhåbentlig ikke er akut behov for at bremse de globale udledninger. Ved at energioptimere eksisterende bygninger og benytte effektive energiløsninger i driftsfasen kan den samlede klimabelastning i magasinets levetid begrænses yderligere.

Vejledningen er opbygget som et praktisk redskab til museer, der ønsker at etablere eller forbedre magasiner i eksisterende bygninger. Kapitel 2 introducerer baggrunden for genbrug af bygninger og de overordnede bæredygtighedsmæssige hensyn. Kapitel 3 beskriver renoveringsprocessen fra behovsanalyse til projektering og udførelse. Kapitel 4 gennemgår de generelle krav til bygningens placering, udformning og tekniske forhold, mens kapitel 5 behandler de enkelte bygningsdele og installationer mere detaljeret. Kapitel 6 indeholder eksempler på eksisterende magasiner i ombyggede bygninger. Vejledningen kan læses fra start til slut eller anvendes som opslagsværk i forbindelse med konkrete projekter.

Poul Klenz Larsen, Morten Ryhl-Svendsen og Lars Aasbjerg Jensen, august 2026

Nyere industribygning kan genbruges til magasin, men vinduer skal blændes

Værkstedsbygning med ydermure af teglsten uden vinduer er velegnet til magasin

2.0 INDLEDNING

2.1 BAGGRUND

Langt størstedelen af museernes samlinger opbevares til daglig på magasiner. En væsentlig funktion er at sikre samlingerne mod tyveri eller ødelæggelse på grund af katastrofer som brand eller oversvømmelse. Samtidig skal opbevaringsforholdene modvirke den langsigtede klimabetingede nedbrydning af genstandene.

Samlingerne omfatter alle typer materialer, hvoraf nogle har særlige krav til det klima, de udsættes for. De fleste genstande kan imidlertid opbevares som havregryn: Mørkt, køligt og tørt. De gældende retningslinjer FOR indeklimaet i museumsmagasiner fremgår af afsnit 3 i rapporten om lavenergimagasiner, og nedbrydningsfaktorerne er beskrevet i rapportens afsnit 4 (Museernes Grønne Akademi 2025).

Igennem mange år var det almindelig praksis at opbevare samlinger i kældre og tagetager, som ikke kunne bruges til andre formål. Også nedlagte landbrugs- eller industribygninger blev taget i anvendelse. Magasinering havde tidligere ikke høj prioritet, i forhold til udstilling og forskning, så genanvendelse af ledige bygninger var en billig måde at løse et påtrængende problem. I bedste fald blev vinduerne afskærmet, men derudover var klimastyringen ofte mangelfuld.

Inspireret af udenlandske erfaringer udviklede der sig gradvist en større forståelse for betydningen af et godt indeklima. Man fokuserede især på at stabilisere luftfugtigheden, så der hverken blev for tørt eller for fugtigt. I de fleste tilfælde fik magasinerne mulighed for opvarmning, så man kunne holde en moderat temperatur om vinteren og derved til en vis grad kunne kontrollere luftfugtigheden. Egentlige klimaanlæg med kombineret regulering af varme, ventilation og luftfugtighed blev kun installeret i få eksisterende bygninger.

I de seneste 25 år har man anset nybyggede magasiner for den bedste måde at opnå en effektiv drift af museumsmagasiner. Paradoksalt nok er der i samme periode opstået et overskud af bygninger, som kunne være egnede til magasinformål. Det skyldes især den generelle udflytning af industriproduktionen til Østeuropa eller Fjernøsten, som har frigjort mange kvadratmeter højloftede rum landet over (Mortensen, 2016).

De nybyggede magasiner har betydet en væsentlig forbedring af bevaringskvaliteten for landets museer som helhed. Dette blev dokumenteret i projektet BEV*ARV (Strætkvern & Lillebæk, 2024), som omfattede en landsdækkende gennemgang af magasinerne på statslige og statsanerkendte museer. Den viste samtidig, at omkring en tredjedel af magasinerne var uegnede til museumsbrug, hvoraf disse omfattede ældre, nedslidte eller misligholdt bygninger. Det antages, at forholdene på de ikke-statsanerkendte museer ikke er meget bedre. På trods af mange nye museumsmagasiner landet over er der således stadig behov for nye eller forbedrede magasiner.

2.2 LIVSCYKLUSANALYSE AF MAGASINERS KLIMABELASTNING

Klimabelastningen for en række nyere lavenergimagasiner blev analyseret ved en undersøgelse i 2024 (Ryhl-Svendsen, Jensen & Larsen 2025; Ryhl-Svendsen, Jensen & Larsen 2026). Livscyklusanalysen viste, at CO2-udledningen ved opførelsen af bygningerne lå imellem 6 og 10 kg CO /m2 per år over en 50-årig periode. For alle de undersøgte magasiner gjaldt, at langt det største bidrag kom fra beton (40 – 65%) efterfulgt af isoleringsmaterialer (15 – 25%). Der hvor metalplader indgik i tag eller facader, udgjorde bidraget 15-20%.

Ved en brugsperiode på 50 år (som er Bygningsreglementets referenceperiode) udgjorde selve bygnings-konstruktionen, dvs. gulve, fundamenter, vægge og etageadskillelser samt tag, mere end 90% af den samlede CO2-udledning. For magasiner med affugtning, men uden opvarmning, var CO2-udledningen fra klimatisering mindst en faktor 10 mindre end udledningen ved produktion af bygningskomponenterne. Selvom den forventede levetid for bygningerne er længere end 50 år, vil den klimavenlige drift aldrig indhente klimabelastningen ved opførelsen. Der findes ingen tilsvarende beregninger for genbrugte bygninger, der er omdannet til magasiner. Alene ud fra ovenstående tal står det dog klart, at der kan spares meget CO2-udledning ved at flytte ind i bygninger, som allerede eksisterer. Denne erkendelse er for så vidt ikke ny og har længe været kendt for andre bygningstyper. For omdannelse af eksisterende erhvervsbygninger til boliger er det således påvist, at den gennemsnitlige CO2-udledning er ca. 34% lavere end ved nybyggeri, beregnet over 50 år (Realdania, 2026).

Forudsætningen er naturligvis, at de nødvendige ombygninger og forbedringer er begrænsede. Det er imidlertid ikke en tilstrækkelig forudsætning. Det skal også sikres, at restlevetiden for de genbrugte bygningsdele er lang nok, så der ikke på et senere tidspunkt opstår behov for omfattende renovering. Det gælder især for de primære bygningsdele, som udgør bygningens ydre skal eller "klimaskærm". Ved vurdering af eksisterende bygninger skal dette forhold tages i betragtning.

2.3 LAVENERGIKONCEPTET

Lavenergikonceptet er nærmere beskrevet i rapporten om Lavenergimagasiner, afsnit 2 (Museernes Grønne Akademi, 2025). Princippet er baseret på, at bygningens konstruktion regulerer temperaturen i en årlig variation, som følger udetemperaturens gennemsnit. Klimaskærmen skal have tilpas isolering af ydervægge og tag for at begrænse varmeudveksling med omgivelserne. Gulvet opbygges som terrændæk uden varmeisolering for at udjævne årstidsvariationer i temperaturen. Herved opnås et glidende temperaturforløb fra 6-8 °C om vinteren til 16-18 °C om sommeren uden installationer for opvarmning eller køling.

Luftfugtigheden reguleres ved mekanisk affugtning med 100 % recirkulering af luften gennem passende filtre for partikler og eventuelt gasser. Der er ingen indtag af udeluft, men tværtimod et meget lavt luftskifte på grund af en tæt klimaskærm. Herved kan luftfugtigheden holdes stabil omkring 50% RF hele året eller lavere, hvis nødvendigt af hensyn til genstandenes behov. På grund af den lave temperatur om vinteren er der ingen behov for befugtning af luften.

Det tidsvægtede bevaringsindeks TWPI for eksisterende danske lavenergimagasiner er 80-120. Der henvises til lavenergirapporten (Museernes Grønne Akademi 2025) og Nishimura (2007) for en uddybende beskrivelse af TWPI-konceptet. Energiforbruget er mindre end 3 kWh/m3 magasinvolumen årligt.

2.4 GENBRUGSKONCEPTET

Genbrugskonceptet omfatter simple forbedringer af en velegnet, eksisterende bygnings klimaskærm kombineret med mekanisk regulering af indeklimaet. Dette indebærer for eksempel afblænding af vinduer og andre åbninger, som ikke er nødvendige for magasinets funktion, samt tætning af klimaskærmen for at begrænse det naturlige luftskifte. I nogle tilfælde er det nødvendigt at forbedre isolering af ydervægge og tag for at reducere varmetabet eller reducere påvirkningen fra udeklimaet. Hvis der er behov for at sikre en fast minimumstemperatur om vinteren, skal magasinet kunne opvarmes med varmekilder med så lav miljøbelastning som muligt.

Opvarmning kan foretages af hensyn til personalets arbejdsmiljø eller bevaringsmæssige krav. Herved kan der opnås et jævnt temperaturforløb fra 8-12 °C om vinteren til 18-22 °C om sommeren. Den angivne årlige temperaturvariation vil medføre en moderat relativ luftfugtighed på 40-60% RF det meste af året. En mere præcis regulering af luftfugtigheden eller et mere tørt klima kan opnås ved supplerende mekanisk affugtning. Der er ingen behov for køling om sommeren eller for befugtning af rumluften om vinteren. Det tidsvægtede bevaringsindeks TWPI er forventeligt 60-80. Energiforbruget er mindre end 10 kWh/m3 om året ved brug af varmepumpe.

Hvis der ikke er behov for opvarmning om vinteren, kan temperaturen falde ned mod frysepunktet i perioder med lav udetemperatur. I dette tilfælde opnås et jævnt temperaturforløb fra 0-4 °C om vinteren til 18-22 °C om sommeren. Der vil være behov for affugtning det meste af året for at opretholde en moderat luftfugtighed på 40-60 %RF. TWPI er forventeligt 80-100. Energiforbruget er mindre end 5 kWh/m3 om året ved brug af sorptions-affugter til mekanisk affugtning.

KLIMASTYRING	TEMPERATUR (°C)	RELATIV LUFTFUGTIGHED (%)	TIDSVÆGTET BEVARINGSINDEKS TWPI	ENERGIFORBRUG (kWh/m³ år)
Opvarmet og affugtet	8 -22 °C	40 - 60 %	60 - 80	<10 (med varmepumpe)
Uopvarmet affugtet	0 - 22 °C	40 - 60 %	80 - 100	<5

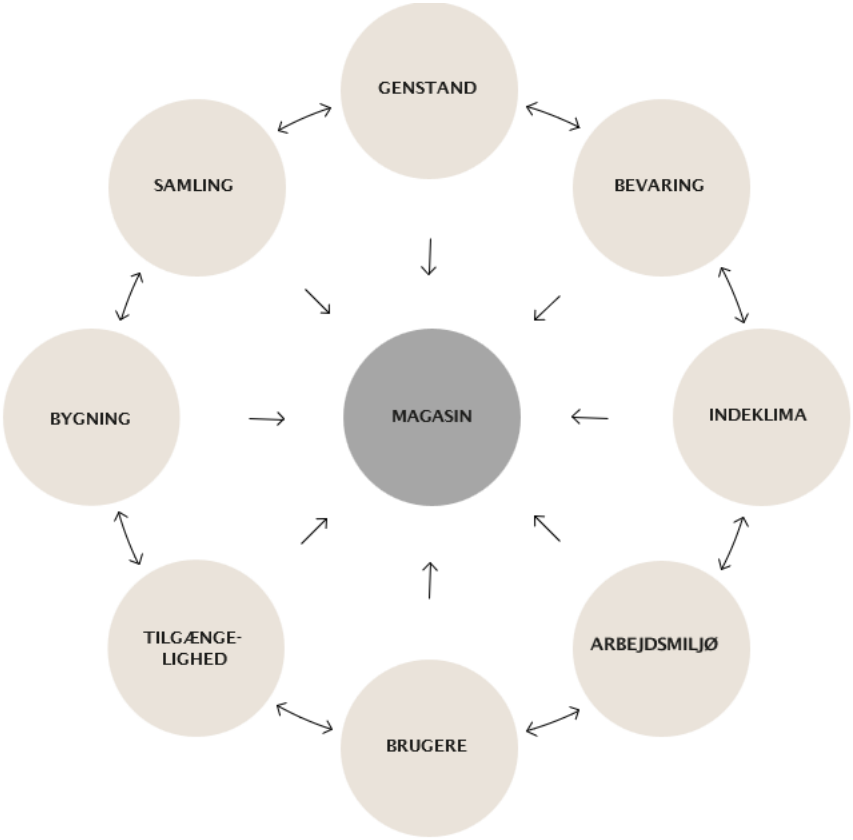
Skema med typiske værdier for klima og energiforbrug i bygninger, som genbruges til magasin (Ryhl-Svendsen et al. 2012; Ryhl-Svendsen & Smedemark

Hal med stor loftshøjde og få søjler er velegnet til magasin.
Vinduer skal blændes eller helst lukkes med fast beklædning. Installationer skal fjernes

Lokale med lav loftshøjde og mange søjler og vinduer er ikke egnet til magasin

3.0 RENOVERINGSPROCESSEN

Dette kapitel beskriver de væsentligste faser i ombygningen af en eksisterende bygning til museumsmagasin. Formålet er at give et overblik over processen fra den indledende behovsanalyse og udvælgelse af bygning til forundersøgelse, projektering og udførelse.



3.1. BEHOVSANALYSE

Processen indledes med at klarlægge behovet for magasinplads. Det nødvendige areal og/eller volumen fastlægges enten ud fra eksisterende magasinforhold eller ved opmåling/optælling af genstande. Heri indgår overvejelser om genbrug eller nyanskaffelse af reoler. Fremtidsplaner for magasinets virke og samlingens tilgængelighed for publikum og forskere skal indgå i analysen. Det er også vigtigt at gøre nogle antagelser om samlingens vækst ved indsamling eller eventuel sammenlægning med andre institutioner. Kravene til indeklimaet skal ligeledes defineres afhængig af samlingens indhold og tilstand, herunder arbejdsmiljørelaterede udfordringer vedrørende temperatur og dagslys. Behov for tilknyttede funktioner skal også afklares. Behovsanalysen udføres af museets personale, eventuelt med bistand fra en ekstern konserveringsfaglig rådgiver.

3.2. UDVÆLGELSE AF BYGNING

Parallelt med afdækning af behovet afsøges mulighederne for at finde en eller flere bygning(er), der opfylder de overordnede krav til størrelse og beliggenhed. Her inddrages de generelle funktionskrav beskrevet under afsnit 4.1 Beliggenhed og 4.2 Adgangsforhold. Samtidig gennemføres en overordnet økonomisk vurdering. Det kan eventuelt være relevant at benytte en ejendomsmægler med speciale i erhvervsejendomme.

Huslejen vil være bestemt af markedsværdien for lagerbygninger og afspejle bygningens aktuelle brugsværdi. Jo dårligere bygning, desto flere kvadratmeter til samme pris. Det kan derfor være fristende at vælge en ringere eller mindre velegnet bygning for derved at få mere lagerplads. Dette kan medføre øgede omkostninger senere eller uacceptable bevaringsforhold for samlingen. Før der træffes endelig beslutning er det altid vigtigt at gennemføre en grundig forundersøgelse, som skal munde ud i en samlet vurdering af bygningens egnethed som magasin til de specifikke typer af genstande i samlingen. Den videre proces for ombygning og indretning af en eksisterende bygning til magasin afhænger af ejerforholdet. Hvis bygningen tilhører museet eller anskaffes til formålet, optræder institutionen som bygherre med de pligter, det indebærer (Beskæftigelsesministeriet, Bekendtgørelse om bygherrens pligter, 2013).

En anden mulighed er at indgå et lejeforhold med en privat eller offentlig udlejer. Her er museets opgave begrænset til at stille krav til bygningens udformning og indretning, som udlejer skal opfylde for at opnå en aftale. Det er herefter udlejers opgave at fremskaffe den nødvendige dokumentation og udføre undersøgelser og beregninger. Hvis museet vælger at indgå en aftale, varetager udlejer herefter den aftalte ombygning. Processen er skitseret i diagrammet nedenfor.

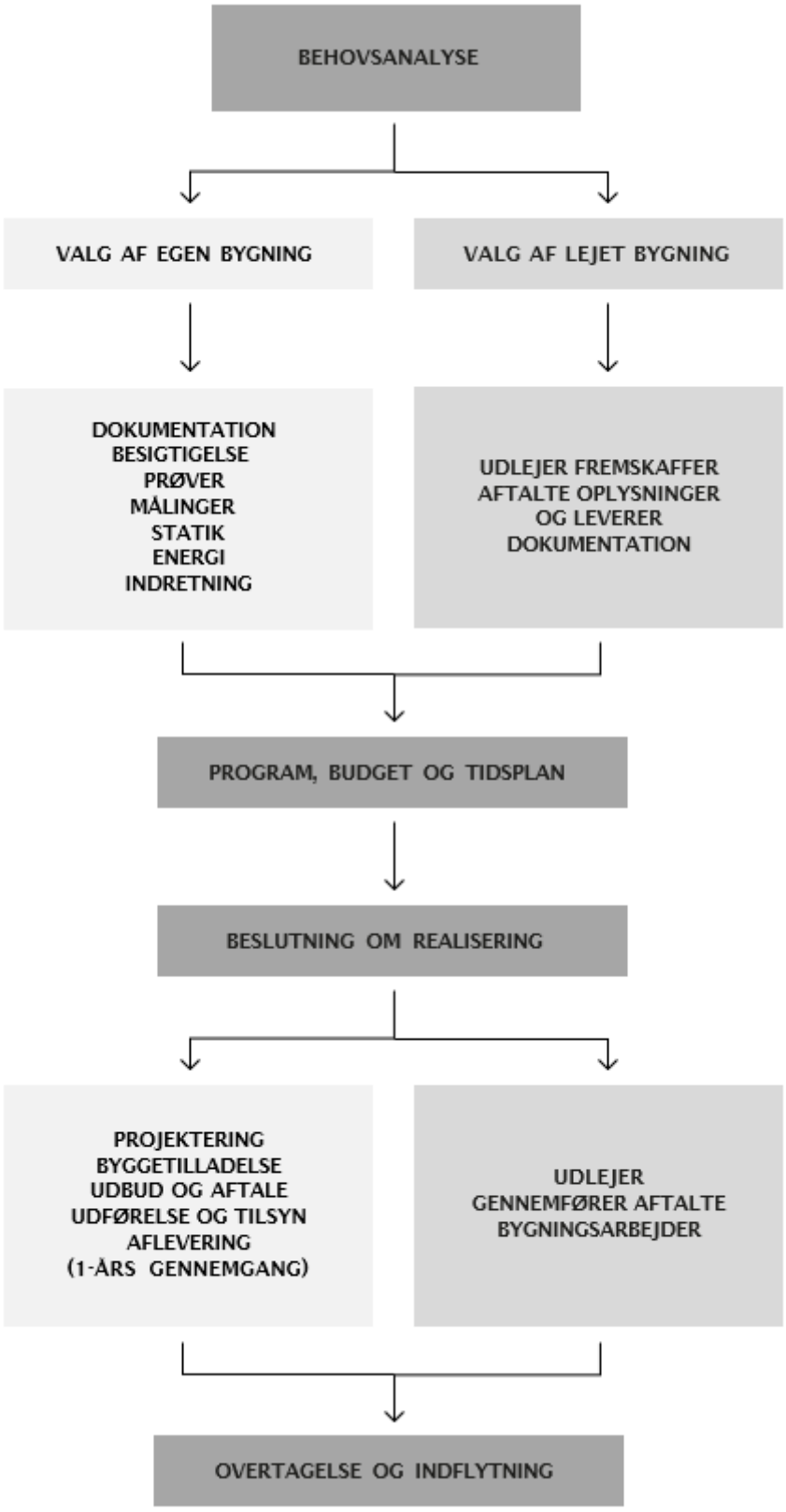


Diagram over de enkelte faser i renoveringsprocessen

3.3 FORUNDERSØGELSE

Hvis der er tale om et lejemål, udføres forundersøgelsen primært af udlejer eller dennes rådgiver. Hvis bygningen tilhører institutionen, og medarbejderne ikke har faglig kvalifikation eller erfaring, ansættes en rådgiver til at gennemføre undersøgelsen.

Ved større projekter tilknyttes et arkitekt- eller ingeniørfirma med erfaring i bygningsrenovering. Der indgås en skriftlig aftale iht. ABR18, eventuelt i forenklet udgave (Social- og Boligstyrelsen, Almindelige Betingelse for Rådgivning og bistand i bygge og anlægsvirksomhed, 2018).

I det følgende gennemgås de væsentligste forhold forundersøgelsen bør tage i betragtning. 'Vejledning til bygningsscreening for renovering og nybyggeri' (Rådet for Bæredygtigt Byggeri, 2026) fra Rådet for Bæredygtigt Byggeri er et værktøj til screening af eksisterende bygningers potentiale for ombygning ved renovering og transformation. Værktøjet supplerer og uddyber på en række områder nærværende vejlednings gennemgang af væsentlige forhold i forundersøgelsen.

Screening af klimarelaterede risici

Bygningens eksponering for klimarelaterede risici bør vurderes som en del af forundersøgelsen. Det gælder især risikoen for oversvømmelse som følge af ekstremnedbør, stigende grundvand, havvandsstigninger og utilstrækkelig afvanding af terrænet. Screeningen kan afdække, om der er behov for yderligere undersøgelser eller særlige sikringstiltag. Til formålet anvendes ofte digitale værktøjer som Klimatilpasningsportalen, Kystdirektoratets oversvømmelseskort og kommunale klimatilpasningskort. Derudover kan tjenester, som DinGeo og geodata fra Dataforsyningen, bidrage med oplysninger om terræn, grundvand og risiko for oversvømmelse. Resultaterne bør indgå i den samlede vurdering af bygningens egnethed som magasin. Se også afsnit 4, tabel 2.

Dokumentation

Første skridt er indhentning af dokumentation for bygningens beliggenhed, geometri, konstruktioner og materialer. Hvis det ikke stilles til rådighed af ejer eller udlejer, findes det sandsynligvis i det kommunale byggesagsarkiv. Det rummer tegninger og beskrivelser af bygninger fra deres opførelse og eventuelle senere ombygninger. De fleste byggesagsarkiver er i dag digitale og kan tilgås af alle. Nogle sagsakter kan dog være spærret og kan kun åbnes med ejerens samtykke. Lokalplaner og andre bestemmelser med betydning for bygningens mulige anvendelse kan ligeledes rekvireres i kommunen. Man bør også orientere sig om tinglyste forhold vedrørende ejendommen på den digitale tinglysningsplatform www.tinglysning.dk.

Besigtigelse

Besigtigelsen skal omfatte alle bygningsdele som beskrevet i afsnit 5. I tabel 3 er angivet, hvilke materialer og konstruktioner der er uegnede til magasiner, samt hvilke forhold der kræver nærmere undersøgelse. Det skal undersøges, om der er foretaget ændringer eller ombygninger, som ikke fremgår af byggesagsarkivet. Det kan for eksempel være efterisolering af lofter eller udskiftning af tagbeklædning. Disse observationer indgår i den estimerede restlevetid for alle bygningsdele og i vurderingen af bygningens klimatiske egenskaber. Det kan være nødvendigt at udføre destruktive undersøgelser for at bestemme opbygningen af enkelte bygningsdele. Det vil for eksempel være påkrævet, hvis der er tvivl om gulvopbygningen og dermed bæreevnen.

Prøver

Ved besigtigelsen afgøres det også, om der skal gennemføres en miljøscreening for miljøfarlige komponenter. Der kan være mistanke om asbestholdig isolering af installationer, fuger eller overfladebehandling, som indeholder tungmetaller eller PCB. Selvom det ikke i sig selv er et problem i forhold til bevaringsforholdene, vil det have betydning for de nødvendige forholdsregler under renoveringsarbejdet og de afledte udgifter. Ved renoveringsprojekter, hvor byggeaffaldet udgør mere end 1 ton, er miljøscreening og anmeldelse til kommunen lovpligtigt. Miljøscreeningen skal udføres af et certificeret rådgivningsfirma. Hvis der er mistanke om skimmelsvamp i bygningen, skal der gennemføres en screening for bygningsrelaterede skimmelarter. Det er især relevant, hvis der er hulrum i lofter, vægge eller gulve, som ikke umiddelbart kan inspiceres. Skimmelundersøgelsen udføres af et specialiseret rådgivningsfirma.

Målinger

Klimaskærmens varmeisolering undersøges ved hjælp af et termografisk kamera, som viser overfladetemperaturen med en farveskala. Bygningen skal være opvarmet, og udetemperaturen skal være så lav, at der opstår en tydelig forskel ved mangelfuld isolering. Termografi kan også benyttes til at afsløre utætheder i tagmembranen på tage med lav hældning. Undersøgelsen udføres fra tagets overside i koldt vejr uden sol. Fugt i isoleringslaget vil da vise sig som varme områder på grund af den ringere varmeisolering. Bygningens tæthed måles ved at etablere et lille undertryk/overtryk med en ventilator og registrere luftmængden (betegnet blowerdoor test). Målingen foretages med specialudstyr og kan suppleres med termografiske målinger af klimaskærmen. Utætheder kan også lokaliseres ved hjælp af kold røg. Resultatet bruges til at afklare, om membraner eller fuger er defekte og skal udskiftes.

Radonkoncentrationen måles med en eller flere elektroniske apparater over en periode på mindst 7 dage. Radonniveauet varierer efter årstiden og vejrforholdene, så resultatet af kortvarige målinger er kun orienterende. En præcis måling udføres med passive dosimetre over en periode på mindst to måneder i perioden 1. oktober til 30. april (SBi anvisning 270: 2018). Radon er en radioaktiv gasart, som udgør en sundhedsmæssig risiko ved længerevarende eksponering. Radon har ingen betydning for bevaringskvaliteten, men påvirker arbejdsmiljøet. Radonkoncentrationen bør være under 100 Bq/m3. Ved højere værdier skal ophold i magasinet begrænses efter nærmere aftale med Arbejdstilsynet.

Statisk Beregning

Som beskrevet i afsnit 4.3 er gulvets bæreevne afgørende for opstilling af reoler. I nogle tilfælde findes statiske beregninger fra opførelsen (evt. i byggesagsarkivet), og ellers skal bæreevnen eftervises ved en ny beregning. Det

gælder også, hvis ombygning har ændret forudsætningerne for den oprindelige beregning. Beregningerne skal angive den maksimale tilladelige fladelast, hvilket især er vigtigt for etagedæk. Denne værdi bestemmer, hvor tæt reolerne kan stå, og om der kan anvendes kompaktreoler. Beregningen skal også angive den maksimale punktlast, som især er relevant for terrændæk. Denne bæreevne bestemmer, hvor mange understøtninger der skal være på reolerne, og om der er behov for trykfordelingsplader. Bæreevnen kan også begrænse brugen af palleløfter eller gaffeltruck. De fleste reoltyper har oplysninger om bæreevne og herunder den maksimale belastning ved understøtningerne. Ved genbrugte reoler må bæreevnen estimeres eller beregnes. Man bør så tidligt som muligt vurdere, hvor store belastninger der kan opstå i en specifik reolopstilling med en konkret påvirkning. De største belastninger forekommer typisk i geologiske samlinger med natursten og samlinger med store metalgenstande (våben, køretøjer eller maskiner). Også arkiver eller bogsamlinger kan medføre store belastninger på reolerne.

Energiforbrug

Der skal udføres en beregning af det forventede energiforbrug ved den planlagte klimaregulering. Beregningen anvendes blandt andet til at fastsætte den nødvendige efterisolering af bygningen for at leve op til kravene i BR18. Beregningerne gennemføres i henhold til SBi-anvisning 213, Bygningers energibehov.

Program

Den indledende undersøgelse munder ud i et program, som sammenfatter alle de nødvendige bygningsmæssige arbejder. I programmet fastlægges reolopstilling og andre forhold om magasinets indretning. Det skal herunder besluttes, om indretningen skal være en del af ombygningsprojektet eller en separat "bygherreleverance". Der skal også opstilles et økonomisk overslag med prissætning af de enkelte aktiviteter. Desuden udarbejdes en realistisk tidsplan, som giver et overblik over de enkelte faser i projektet. Det besluttes herefter, om projektet skal gennemføres.

3.4 PROJEKTERING OG UDFØRELSE

På baggrund af byggeprogrammet udarbejder rådgiver et forslag til ombygning og indretning af magasinet. Ved små bygninger med få ændringer består forslaget af en oversigtsplan i mål 1:100 og en beskrivelse af de enkelte arbejder. Ved større bygninger eller mange ændringer består forslaget af sædvanligt tegningsmateriale med plan, snit og facader i mål 1:100 samt detailtegninger af samlinger m.m. Desuden udarbejdes beskrivelse af de enkelte fagentrepriser. Ved komplicerede renoveringsprojekter opdeles projekteringen i flere faser som for almindelige byggeprojekter i nybyggeri.

Byggetilladelse

Ved bygningsmæssige ændringer som kræver byggetilladelse sendes projektet til myndighedsbehandling hos kommunen. Det er for eksempel påkrævet, hvis brandsikringen forandres eller hvis der etableres nye bærende konstruktioner. Ved bygninger, som ikke tidligere har været opvarmede, eller ved ændret anvendelse skal der ligeledes indhentes byggetilladelse. Ved behov for dispensation fra reglerne i BR18 skal dette tydeligt fremgå af ansøgningen. Byggetilladelsen kan indeholde krav om ændringer eller tilpasninger, som skal indarbejdes i projektet.

Udbud og kontrakt

Når der foreligger byggetilladelse (hvis påkrævet) indhentes priser på opgaven hos håndværkere/entreprenør-firmaer. Ved små og simple opgaver kan det bestå af tilbud fra 2-3 firmaer. Ved større projekter med flere forskellige arbejder udbydes projektet i fagentreprise, hvor bygherre eller dennes rådgiver selv står for den overordnede planlægning. Ved komplicerede projekter kan arbejdet udbydes i hovedentreprise. Udbudsformen skal følge beløbsgrænserne i henhold til Tilbudsloven (Erhvervsministeriet, 2007) (se faktaboks). Grundlaget for udbud skal være den gældende udgave af AB18 (Social- og Boligstyrelsen, Almindelige Betingelse for bygge- og anlægsvirksomhed, 2018) med relevante tilføjelser og afvigelser. Tilbud skal være til fast pris og tid uden forbehold. Der vælges det mest fordelagtige tilbud, baseret på pris, kvalitet eller andre væsentlige forhold, og indgås skriftlig aftale om arbejdets udførelse.

Udførelse og tilsyn

Bygningsarbejderne gennemføres af håndværksfirmaer eller entreprenører i henhold til projektet og aftalen. Museets rådgiver udfører fagtilsyn og gennemfører byggemøder, hvor arbejdet planlægges og koordineres. Museets repræsentant kan deltage i byggemøderne.

Aflevering og 1 og 5 års gennemgang

Når arbejdet meldes færdigt, udfører rådgiver mangelgennemgang og udformer mangellister. Ved gennemgangen deltager de relevante håndværkere og eventuelt museets repræsentant. Der aftales en tidsfrist for udbedring af mangler. Herefter overtager museet bygningen og påbegynder indflytning. Et år efter aflevering udføres 1-års gennemgang, hvor fejl og mangler påtales. Der aftales tidsfrist for udbedring. Dette gentages efter fem år.

Faktaboks

Tilbudsloven indeholder forskellige procedurer, som afhænger af kontraktens værdi.
Ved en værdi på op til og med 300.000 kr. (ekskl. moms) kan tilbudsindhentning ske ved underhåndsbud fra én enkelt tilbudsgiver. Ved en værdi på mellem 300.000 kr. og 3 mio. kr. (ekskl. moms) kan tilbudsindhentning ske ved underhåndsbud fra mindst to og højst tre tilbudsgivere. Hvis ordregiver ønsker at indhente et fjerde tilbud, skal dette komme fra en tilbudsgiver, der ikke kommer fra lokalområdet.

Ved underhåndsbud forstås en proces, hvor ordregiver indhenter tilbud direkte fra en eller flere potentielle leverandører. Ordregiver skal oplyse tilbudsgiverne om, hvorvidt kontrakten vil blive tildelt på baggrund af den laveste pris eller det økonomisk mest fordelagtige tilbud. Underhåndsbud reguleres i tilbudslovens § 12.

Ved en værdi på mellem 3 mio. kr. og den gældende tærskelværdi for bygge- og anlægskontrakter i udbudsloven skal kontrakten udbydes efter reglerne om begrænset eller offentlig licitation i tilbudsloven. Overstiger kontraktværdien udbudslovens tærskelværdi for bygge- og anlægskontrakter, er kontrakten ikke omfattet af tilbudsloven og skal i stedet sendes i EU-udbud efter reglerne i udbudsloven. Tærskelværdien reguleres hvert andet år og udgør i 2026 40.313.840 kr.

Ved offentlig licitation forstås en procedure, hvor ordregiver retter en opfordring til at give tilbud mod en ubestemt kreds af tilbudsgivere ved at offentliggøre en annonce. Ved begrænset licitation retter ordregiver en opfordring til at byde direkte mod de tilbudsgivere, fra hvem ordregiver ønsker et tilbud. Ordregiver kan her gennemføre en forudgående prækvalifikation, hvor ordregiver først annoncerer efter potentielle tilbudsgivere og derefter anmoder alene de prækvalificerede tilbudsgivere om at afgive et tilbud.

Ved såvel offentlig som begrænset licitation skal ordregiver udarbejde et udbudsmateriale eller et fælles mindstekrav, som tilbuddene skal afgives på baggrund af. Ordregiver skal også angive, om kontrakten vil blive tildelt på baggrund af kriteriet laveste pris eller bedste forhold mellem pris og kvalitet. Ved tildelingskriteriet bedste forhold mellem pris og kvalitet skal ordregiver angive, hvilke underkriterier der vil blive anvendt, og deres relative vægtning eller prioriterede rækkefølge. Offentlig og begrænset licitation reguleres i tilbudslovens § 6.

4.0 GENERELLE FUNKTIONSKRAV

Dette kapitel gennemgår de overordnede krav, som bør være opfyldt, uanset bygningstype og samlingens sammensætning. Kravene vedrører blandt andet beliggenhed, adgangsforhold, energiforbrug, brandforhold og valg af materialer og danner grundlag for vurderingen af bygningens egnethed som magasin.

	KKE EGNET	UNDERSØGES NÆRMERE
BELIGGENHED	Kystnær eller lavtliggende	Afledning af overfladevand
	Forurenende/farlig produktion	Lokalplaner for anvendelse
		Afstand til brandstation
ADGANGSFORHOLD	Smal eller lav tilkørselsvej	Brandvej rundt om bygning
	Utilstrækkelig bæreevne	Arealer til midlertidig brug
	Mangelfuld befæstning	Porte og overdækninger
BYGNINGSTYPE	Underjordiske anlæg og kældre	Mange vinduer i facader eller tag
	Små rum og smalle gange	Afvanding af tagflader
	Mange søjler eller høje bjælker	Gulv/etagedæks bæreevne
VARMEISOLERING / ENERGIFORBRUG	Utæt klimaskærm	Isoleringstykkelser
BRANDFORHOLD	Manglende brandsektionering	Flugtveje og brandredning
BÆREDYGTIGE MATERIALER		Biogene materialer

Sammenfatning af forhold, som ikke er egnede eller kræver en nærmere undersøgelse

4.1 BELIGGENHED

Bygningen bør som udgangspunkt ligge i nærheden af institutionens øvrige lokaliteter. Større afstand giver øget energiforbrug til transport af medarbejdere og genstande, hvilket modarbejder bestræbelsen på at reducere miljøpåvirkningen. Lang transport tager også tid fra de øvrige arbejdsopgaver og belaster derved den almindelige museumsdrift. De trafikale forhold har også betydning for valg af bygning. En placering nær ved store færdselsårer giver kortere transporttid, men vil ofte også afspejles i prisen. Kvadratmeterprisen for en eksisterende bygning afhænger som hovedregel af afstanden til centrum af større byområder. Der må derfor findes et kompromis mellem økonomiske hensyn og den praktiske virkelighed.

En placering i en erhvervspark med flere lagerbygninger kan være en fordel. Der er ofte indhegning og kontrol af adgangsveje med aflåste låger, hvilket giver god beskyttelse mod hærværk og tyveri. Videoovervågning og regelmæssig vagtkontrol kan også være en del af et lejeforhold. Ensom beliggenhed uden naboer giver omvendt ringe beskyttelse mod ubudne gæster.

En placering i nærheden af industri med risiko for åben ild og eksplosioner eller udledning af miljøskadelige stoffer bør altid undgås. Det gælder i særlig grad, hvis magasinet er del af en større bygning med flere brugere. Ved leje kan det være nødvendigt at indføre en klausul i kontrakten, som forhindrer denne risiko ved fremtidige naboer. Hvis der er vedtaget en lokalplan for området, kan den sætte begrænsninger for aktiviteterne.

Der skal tages hensyn til risikoen for oversvømmelse ved naturlige vejrhændelser som ekstremregn samt fremtidig stigning af havniveau og grundvandsspejl. Generelt skal lavtliggende og kystnær placering undgås. Til vurdering af en konkret lokation kan for eksempel anvendes hjemmesiden www.dingeo. dk/kort. Bygningen skal ligge over terræn til alle sider. Underjordiske anlæg og herunder kældre anses generelt for uegnede til magasinformål på grund af risikoen for oversvømmelse. Der kan være planer om kloakering af området, som skal afklares med de kommunale myndigheder.

Afstanden til nærmeste brandstation har betydning for hurtig indsats i tilfælde af brand og bør indgå i den samlede vurdering.

4.2 ADGANGSFORHOLD

Der skal være uhindret adgang med flyttebiler og andre køretøjer med akseltryk svarende til det tilladte på offentlige veje. Adgangsveje skal være befæstede og tilstrækkeligt afvandede med fald bort fra bygningen.

Der skal være friholdt brandvej rundt om hele bygningen (jævnfør BR18 §126).

Porte skal være nemt tilgængelige med store køretøjer. Eksisterende læsseramper og overdækninger ved porte er en stor fordel, men kan også etableres om nødvendigt.

Hvis der er brug for containere eller midlertidige pavilloner til karantæne eller desinfektion, skal der være plads til parkering af disse i umiddelbar nærhed af magasiner, og indenfor hegn.

Der kan være behov for permanente lokaler for konservering, fotografering, karantæne eller desinfektion samt pakning og anden håndtering af genstande. Disse må ikke have direkte adgang fra magasinrum, men kan have adgang fra et fælles forrum.

Gangarealer til transport og fordeling skal være så små som muligt for derved at optimere udnyttelsen af pladsen. Bygningsdele som søjler og bjælker må ikke begrænse muligheden for møblering med reoler og skabe.

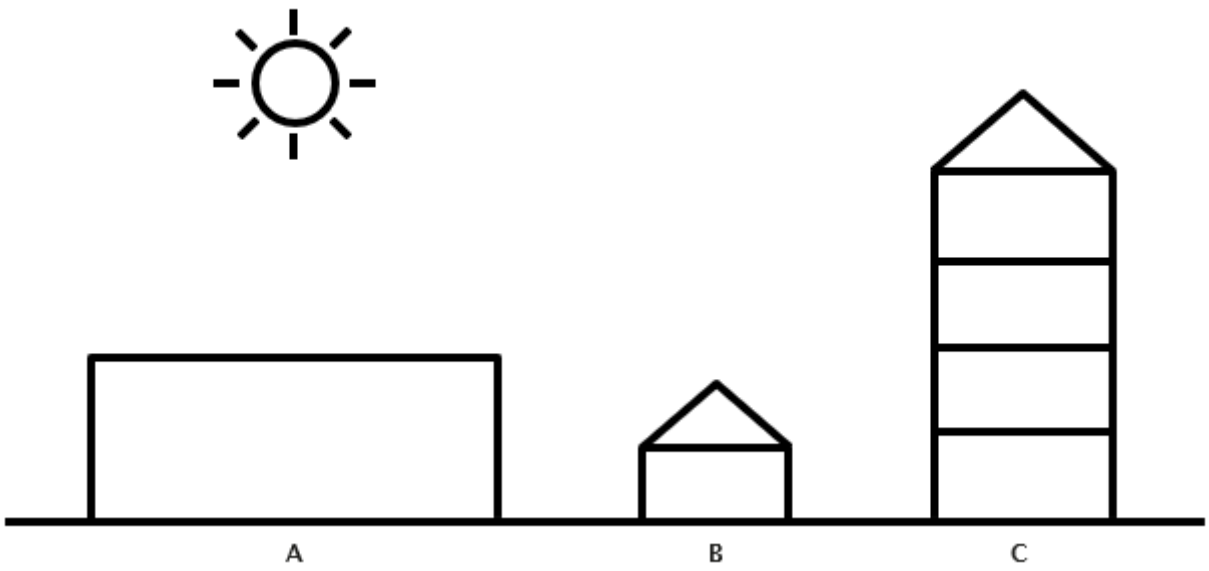
4.3 BYGNINGSTYPER

Der skelnes overordnet mellem tre forskellige bygningstyper, hver med karakteristiske muligheder og begrænsninger.

A: Bygninger med en etage uden tagrum er ofte en industri- eller lagerhal fra 1960 frem til nu. Taget har lille hældning (> 20 °), og loftfladen følger tagfladens form. Rumhøjden er 4-8 meter, og den søjlefri spændvidde 10-20 m. For at udnytte volumen skal der enten opsættes højreoler eller indbygges en let etage (mezzanin). Dette stiller krav til gulvets bæreevne (Se afsnit 5.3 Gulve, s. 44). Store kompaktreoler kræver særlig fundering og vil derfor kræve ændret gulvkonstruktion.

B: Bygninger med en etage med tagrum er ofte en værksteds- eller lagerbygning fra 1940 frem til nu. Der er typisk sadeltag med stor hældning (> 20 °), og loftfladen følger ikke tagfladen. Der er derfor et tilgængeligt rum mellem tagflade og loft. Rumhøjden er 3-4 meter, og den søjlefri spændvidde 5-10 m. Rumhøjden kan ofte udnyttes med almindelige reoler, som ikke stiller særlige krav til gulvets bæreevne.

C: Bygninger i to eller flere etager kan være ældre industribygninger eller bygninger for administration eller undervisning. Etagernes bæreevne sætter begrænsninger for placering af reoler og dermed udnyttelsen. En fast opdeling i mindre rum kan reducere brugsværdien og komplicere klimastyringen. Der skal være en eller flere elevatorer med tilstrækkelig størrelse og bæreevne for transport af genstande.



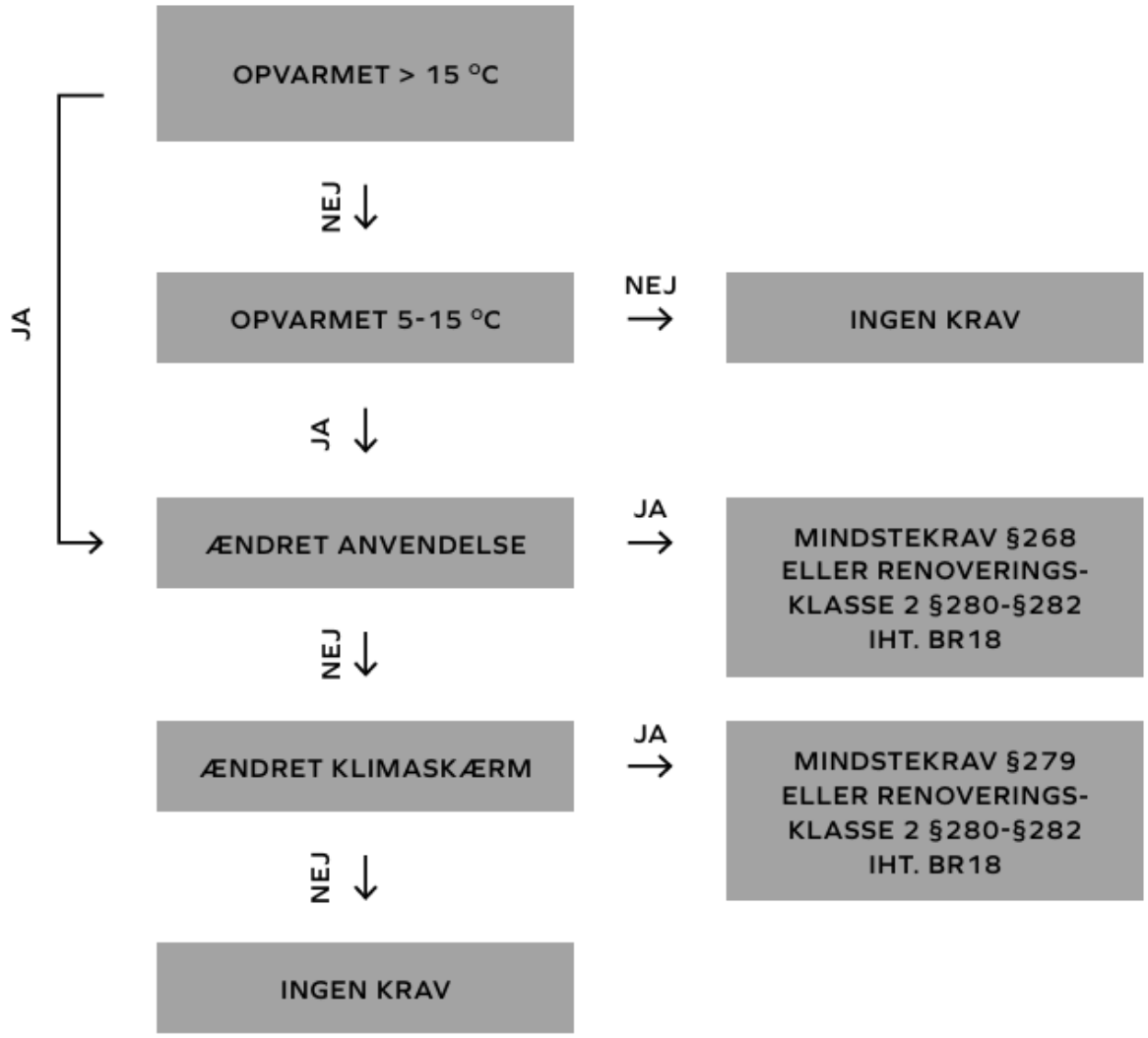
Princip for tre bygningstyper, som kan anvendes til magasin

4.4 VARMEISOLERING OG ENERGIFORBRUG

Lovgivningens krav til energiforbrug i bygninger fremgår af Bygningsreglementet BR18 §§ 250-298, som dækker såvel nybyggeri som eksisterende bygninger. Magasinbygninger tilhører kategorien for bygninger opvarmet til 5-15 °C, hvor kravet til isoleringstykkelser er lempet i forhold til fuldt opvarmede bygninger. Hvis det vælges at lade magasinet være uopvarmet, er der ingen krav til isoleringstykkelser.

Hvis bygningen hidtil har været opvarmet og anvendt til lager eller opbevaring, er der som udgangspunkt ingen krav om at forbedre varmeisoleringen. Ved udskiftning af bygningsdele, for eksempel vinduer eller ovenlys, skal de nye bygningsdele dog overholde kravene i §279. Efterisolering kan være fornuftigt for at reducere energiforbrug og klimabelastning. I så fald skal varmeisoleringen af de berørte bygningsdele også overholde kravene i §279. I stedet kan man benytte energirammen for renovering, betegnet renoveringsklassen i BR18 §§280-282. I renoveringsklasse 2 må det samlede behov for tilført energi til opvarmning, ventilation, køling, varmt brugsvand og belysning pr. m² opvarmet etageareal ikke overstige 95 kWh/m² pr. år tillagt 2.200 kWh pr. år divideret med det opvarmede etageareal. Det er en forudsætning, at behovet for tilført energi reduceres med mindst 30,0 kWh/m² pr. år ved den gennemførte renovering. Der skal desuden være en andel af vedvarende energi i den samlede energiforsyning. Eftervisningen skal ske i henhold til SBi-anvisning 213 Bygningers energibehov (2018). For bygninger opvarmet til 5-15 °C beregnes varmetabet ved 15 °C. I bygninger med stor rumhøjde forhøjes energirammen, hvilket er relevant for mange lagerbygninger.

Hvis bygningen hidtil har været uopvarmet eller ændrer funktion, skal de enkelte bygningsdele overholde mindstekravet til varmeisolering som angivet i BR18 §268. Er klimaskærmen ikke tilstrækkeligt varmeisoleret, hvilket ofte er tilfældet i ældre bygninger, kan man i stedet benytte energirammen i renoveringsklasse 2. Kravet til energiforbrug ved ændret funktion kan medføre bygningsmæssige forbedringer, der egentlig ikke er nødvendige for magasinets funktion, og dermed både økonomiske og klimamæssige omkostninger. Det vil derfor være en fordel at genbruge en bygning, som i forvejen er kategoriseret som opvarmet lagerbygning. Alternativt kan det vælges at lade bygningen være uopvarmet, hvorved de ovennævnte krav bortfalder.



Beslutningsdiagram vedrørende krav til bygningens varmeisolering

4.5 BRANDFORHOLD

Brandkrav til en magasinbygning fastsættes i Bygningsreglementet BR18 §§82-158 og fortolkes af de lokale brandmyndigheder. Afhængig af bygningens konkrete indretning og samlingens karakter kan der være varierende løsninger til, hvordan brandkravene opfyldes. Ved større projekter kan det være nødvendigt at rådføre sig med en certificeret brandrådgiver.

Magasinbygninger kan som hovedregel indplaceres i anvendelsesklasse 1 og risikoklasse 1 eller 2. For disse bygninger er udarbejdet en vejledning med såkaldte "præ-accepterede løsninger" (Bilag 10 til Bygningsreglementets

vejledning til kap. 5 – Brand). Hvert bygningsafsnit skal yderligere karakteriseres ved en "industri- og lagerklasse", som især bestemmes af brandbelastningen, dvs. mængden og typen af brandbart materiale. Dette indebærer for eksempel, at en samling af tekstiler eller møbler kan have andre brandkrav end en samling af mønter eller stenøkser. Ved arealer over 1.000 m2 er der krav om automatisk brandventilation eller automatisk sprinkleranlæg. Derfor bør et stort bygningsvolumen være opdelt i flere adskilte brandsektioner. Brandsektionering medfører særlige krav til skillevæggenes brandmodstandsevne samt til døre eller porte mellem de enkelte sektioner. Manglende eller utilstrækkelig brandsektionering kan derfor medføre, at en bygning vurderes uegnet til magasinbrug.

Ved arealer over 2.000 m2 uden sprinkleranlæg skal der installeres automatisk brandalarmanlæg. For at sikre en hurtig indsats og begrænse brandspredning bør der altid installeres brandalarmanlæg uanset bygningens størrelse.

4.6 BÆREDYGTIGE MATERIALER

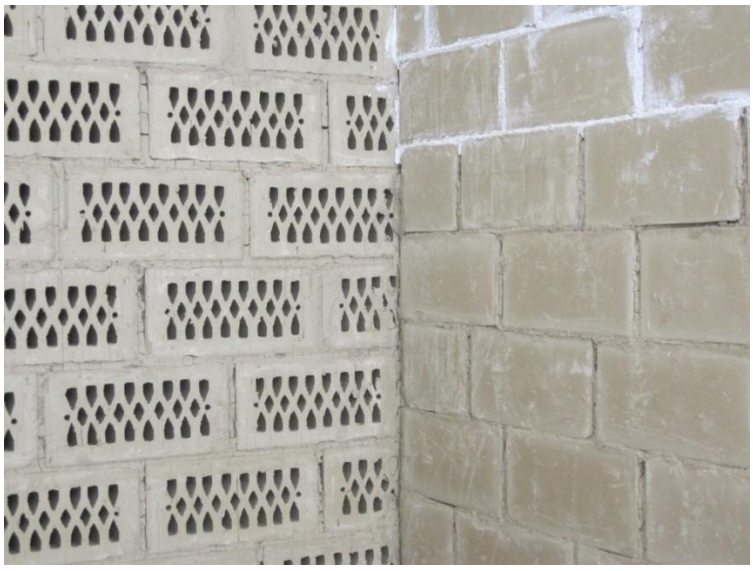
Ved ombygninger og tilføjelser er det relevant at benytte byggematerialer med lavt klimaaftryk. Et eksempel er ubrændt ler, som har et meget lavt klimaaftryk og kan genbruges næsten ubegrænset. Ler kan anvendes i massive, lerstampede vægge eller som ubrændte sten eller blokke. For at modvirke svind og forbedre styrken skal det blandes med sand og eventuelt fibre. Lermaterialer bliver ofte fremhævet for evnen til at optage og afgive vanddamp og derved regulere indeklimaet i en bolig. Målinger af den såkaldte fugtbuffer-effekt har påvist en begrænset virkning, som kan medvirke til at stabilisere luftfugtigheden i et magasin med lavt luftskifte (Padfield & Jensen, 2011). Ler har dog den praktiske ulempe, at det går helt i opløsning ved kontakt med flydende vand og derfor næppe kan finde anvendelse i større udstrækning.

En anden mulighed er at anvende plantebaserede produkter, som generelt har lavere udledning ved produktion og bedre mulighed for genanvendelse end konventionelle mineralske materialer (Realdania, 2025). Ved deres vækst indfanger planterne CO2 fra atmosfæren, som derved langtidslagres ved indbygning i de enkelte bygningsdele. Isoleringsmaterialer baseret på træ- eller papirfibre bruges allerede ved efterisolering af lofter eller vægge i almindeligt byggeri. Man skal imidlertid være opmærksom på risikoen for skadedyr, for eksempel skægkræ, som kan leve af de organiske fibre. I et magasin med tekstiler eller papir vil det selvsagt være særdeles uheldigt, hvis skadedyr kan udvikle sig i vægge eller lofter.

Hempcrete er et biogent byggemateriale, som blandt andet blev anvendt til opbygning af væggene i nye magasinrum i en tidligere flyhangar i Wroughton, England for The Science Museum (Lescard, 2015). Det består af hampeplantens taver, som er et restprodukt efter fibrene er fjernet, blandet med læsket kalk. Det har ganske god isoleringsevne med en lambda-værdi 0,06 W/mK eller omtrent halvt så godt som mineraluld. Kalken skal brændes ved ca. 800 °C, så materialet er ikke helt CO2-neutralt, medmindre der anvendes vedvarende energi i forbrændingsprocessen. Produktet bliver importeret fra Frankrig, da hampedyrkning i Danmark indtil videre ikke er tilstrækkelig udbredt

Nye alternative materialer er derudover kun i begrænset omfang anvendt til magasinering af museumssamlinger. Bygningsreglementet skal overholdes både ifm. nybyg og ved renovering, hvad der medfører begrænsede muligheder for eksempel at implementere biobaserede byggematerialer i sin renoveringsproces udover træ.

Indvendig beklædning af ubrændte lersten



Ubrændte lersten i massiv og perforeret udgave anvendt til indvendig beklædning

5.0 SPECIFIKKE FUNKTIONSKRAV

Dette kapitel beskriver de enkelte bygningsdele og tekniske installationer, som har betydning for magasinets funktion og bevaringsforhold. For hver bygningsdel gennemgås typiske konstruktioner, relevante risici og forhold, der bør undersøges eller forbedres ved ombygning til magasinformål.

BYGNINGSDEL	IKKE EGNET	UNDERSØGES NÆRMERE
Tag med lille hældning > 20°	Let trækonstruktion	Tagmembrans tæthed
Tag med stor hældning < 20°	Tagsten uden undertag	Tagbeklædningens tæthed
Ydervægge	Let trækonstruktion	Fuger mellem betonelementer
Indervægge	Træbeklædninger	Brandmodstandsevne
Gulv	Trægulv	Overfladebehandling af beton
Vinduer og døre	Vinduer i tag og facade (blændes)	Flugtvejsdøre
Varme	Olie- eller gaskedel	Lækagesikring
Vand	Brugsvand	
Afløb	Gulvriste	Tagnedløb
Brandsikring	Sprinkler og brandhaner	
Ventilation	Ventilationsaggregat	Kanaler
El og sikring		Belysning

Sammenfatning af uegnede bygningsdele og forhold, som kræver en nærmere undersøgelse

5.1 TAGKONSTRUKTIONER MED LILLE HÆLDNING

På bygninger med lav taghældning kan tagkonstruktionen bestå af betonelementer eller stålplader med trapezformet tværsnit. På oversiden ligger et lag varmeisolering dækket af en vandtæt tagmembran, der udgør tagets udvendige side. Taget har typisk ingen udhæng, men afsluttes i plan med facadernes yderside. Taget bæres af bjælker, som hviler på søjler langs facaderne og i nogle tilfælde midt i bygningen. I de fleste tilfælde er de bærende dele af armeret beton. En særlig udgave består af en dobbelt bjælke med sammenhængende overside, som udgør en del af tagfladen. Det kaldes en TT-bjælke, og den spænder som regel i hele bygningens bredde, så der dannes et søjlefrit rum. Det er en fordel, når magasinet skal indrettes og benyttes. Tagmembranens tilstand er helt afgørende for tagets

tæthed. Levetiden afhænger af, hvilken type membran, der er benyttet. Hvis den er mere end 40 år, er der sandsynligvis behov for en udskiftning. Der kan være utætheder, som medfører opfugtning af isoleringen og dermed forringet isoleringsevne. Der kan eventuelt efterisoleres i forbindelse med udskiftning af tagmembranen.

Tagfladen afvandes af tagnedløb, som er jævnt fordelt langs facaderne og eventuelt ved søjler inde i bygningen. Tagnedløbenes åbninger har ofte en rist eller net, som skal opfange blade mm. og forhindre tilstopning. I forbindelse med løvfald om efteråret kan nedløbene blive lukket af blade, hvorved tagfladen bliver oversvømmet. Der skal altid være mindst et overløb, så regnvandet ikke ophobes på tagfladen. Nedløbsrørene er som regel synlige, men kan være indbygget i skillevægge. De skal i så fald være tilgængelige ved tilslutning til afløbet, så de kan inspiceres og renses regelmæssigt. Indvendige tagnedløb skal så vidt muligt undgås, men kan være et nødvendigt onde. Indvendige tagnedløb kan udstyres med fugtovervågning, som giver alarm ved overløb.

I mange tilfælde har tagfladen ovenlysvinduer, som sikrer en jævn dagslysfordeling i rummet. Vinduerne kan også fungere som røgventilation og dermed være en del af brandsikringen. Ved ombygning til magasin skal disse vinduer blændes eller helst helt sløjfes. Det kan da blive nødvendigt at etablere mekanisk røgventilation ved forhandling med brandmyndighederne. Tagfladen kan også være opbygget af træbjælker med krydsfiner på oversiden og gipsplader på undersiden. Hulrummet mellem bjælkerne er delvis fyldt ud med varmeisolering. Ofte er isolering, plader og bjælker samlet i elementer på en fabrik og monteret side om side på byggepladsen. På oversiden af krydsfineren er fastgjort en tagmembran. I nogle tilfælde er hulrummet over isoleringen ventileret af talrige små taghætter. Taget bæres af bjælker af limtræ eller stål.

Denne type tag er meget sårbar overfor utætheder i tagmembranen. Selv små revner eller huller kan medføre opfugtning af træoverflader og skimmelvækst eller rådskader. På grund af dampspærren opdages disse utætheder ikke altid, før de har udviklet sig til en alvorlig skade. En skjult skimmelvækst har negativ indflydelse på indeklimaet i magasinet og udgør en risiko for samlingen. Denne tagtype kan derfor ikke anbefales i magasinbygninger. En særlig tagform har ensidigt skrå tagflader opdelt af vinduesbånd på tværs af bygningens længderetning (såkaldt shedtag). De store ovenlysvinduer giver godt dagslys i hele bygningens bredde. Ved ombygning til magasin må vinduerne enten blændes eller helt udskiftes med et fast tag.

5.2 TAGKONSTRUKTIONER MED STOR HÆLDNING

Tage med stor hældning kan for eksempel bestå af fibercementplader (Eternit) eller tagsten af tegl eller beton. Taget har ofte udhæng både langs facader og gavle samt tagrender til bortledning af regnvand. Taget bæres af spærfag med gitter eller hanebånd.

Tagfladen skal undersøges for tegn på utætheder, helst under eller umiddelbart efter regnvejr. Undertag skal være helt og jævnt uden lunker eller utætheder. Undertag af plastfolie kan være nedbrudt af sollys og må da erstattes af et mere holdbart materiale. Tagsten med understrygning af mørtel kan ikke anbefales på grund af behovet for løbende vedligeholdelse. Taget bør have åbninger jævnt fordelt langs tagfoden for naturlig ventilation af tagrummet. Det kan bestå i spalter mellem udhængets beklædning eller åbninger mellem tagpladernes bølger. Ventilationsarealet skal være ca. 1/500 af tagets vandrette areal. Ved ensidig taghældning eller stor bygningsbredde (10 m<) skal der

også være åbninger langs tagkippen. Alle åbninger skal sikres mod insekter, fugle og fygesne med net af rustfri ståltråd og en maskevidde på højst 2 mm.

Loftet kan bestå af puds på strå eller gipsplader på spredt forskalling. Plader af træbeton er også almindelige på nyere bygninger. På oversiden mellem spærrene er et lag varmeisolering og i nyere bygninger en luft- og fugtspærre (dampspærre). Loftet bør være varmeisoleret svarende til mindst 200 mm mineraluld. Eksisterende isolering kan være defekt på grund af færdsel eller oplagring af genstande. Ved utilstrækkelig isoleringstykkelse suppleres med ny isolering ovenpå den eksisterende, for eksempel i form af granulat. Åbninger i loftet for naturlig ventilation skal lukkes og kanaler i tagrummet demonteres i forbindelse med indretning til magasin.

5.3 GULVE

I bygninger med én etage består gulvet næsten altid af terrændæk af beton med eller uden varmeisolering. Af hensyn til svind er gulvet opdelt i felter med elastiske fuger i samlingerne. De fleste støbte gulve har glittet overflade, der kan være imprægneret eller malet.

Den eksisterende overfladebehandling og fugemateriale kan være defekt eller uegnet til den belastning, der forventes ved anvendelse til magasin. Det kan være nødvendigt at afrense overfladebehandlingen og genbehandle med et egnet produkt. Nogle typer gulvmaling og fugematerialer indeholder komponenter, som kan påvirke arbejdsmiljøet. Dette skal undersøges af et kvalificeret analysefirma. Nye fugematerialer eller overfladebehandling må ikke frigive skadelige komponenter til luften efter hærdning. Hvis samlingen mellem gulv og vægge samt fugen mellem de enkelte felter ikke er lufttæt, kan der ske indsivning af radon fra de underliggende jordlag. Radonkoncentrationen bør måles som en del af forundersøgelsen (se afsnit 3.3). I etagebygninger er gulvene som regel af armeret beton. Trægulve kan være limet på et underlag af beton eller sømmet på lægter eller bjælker. I dette tilfælde er bæreevnen begrænset, hvilket har betydning for placering af reoler. Træholdige materialer er generelt ikke velegnede til magasiner på grund af afgasning af organiske forbindelser, som kan forårsage nedbrydning af samlingernes genstande (Tétreault, 2003).

Både i terrændæk og etagedæk afhænger gulvets bæreevne af betonlagets tykkelse og kvalitet samt den indstøbte armering. Dette har stor betydning for, hvilke reoler og belastninger, der kan tillades. Gulvets bæreevne bør altid fastlægges af en bygningssagkyndig med viden om bygningskonstruktioner.

5.4 YDERVÆGGE

Ydervægge i større bygninger består ofte af beton, enten som massive letbetonelementer med udvendig isolering og beklædning eller isolerede "sandwich-elementer". Elementerne er samlet med en udstøbning af beton, og fugerne er tætnet med elastisk fugemasse. Fugernes tæthed har stor betydning for bygningens naturlige luftskifte og dermed for indeklimaet.

De elastiske fuger mellem betonelementer nedbrydes gradvist af lys og ozon i luften. Det ses især udvendigt som revner i fugemassen eller manglende vedhæftning til betonen. De fleste typer fugemateriale har en levetid under 40 år og skal herefter fornyes. Fugematerialer fra perioden 1960-1980 kan indeholde miljøfarlige komponenter og

kræver derfor særlige foranstaltninger. Dette skal undersøges af et kvalificeret analyselaboratorium. Udvendig efterisolering kan udføres med mineraluldsplader afsluttet med puds, eventuelt samtidig med lukning af uønskede vinduer og andre åbninger i facaden. Indvendig efterisolering kan udføres med mineralske isoleringsplader afsluttet med puds. Åbninger i ydervægge for naturlig ventilation skal lukkes i forbindelse med indretning til magasin. I mindre bygninger findes ofte murværk med en isoleret hulmur. Ydervægge kan også være massive blokke af porebeton (gasbeton), som i sig selv er moderat isolerende. Forskellige former for indvendig efterisolering og pladebeklædning kan forekomme. Træbaserede bygningsplader bør ikke anvendes til magasiner på grund af afgasning af organiske forbindelser.

Lette ydervægge eller facadepartier består af træskelet med pladebeklædninger på begge sider og derimellem isoleringsmateriale. Der er mange samlinger, som kan være utætte og medføre et stort luftskifte i bygningen. Det gælder især, hvis den indbyggede luft-og fugtspærrer defekt eller nedbrudt. Konstruktionen giver desuden lille sikkerhed mod insekter og gnavere. Bygninger med lette ydervægge er generelt ikke egnede som magasiner.

Nyere lagerbygning med facade af betonelementer

Åbninger i ydervægge for ventilation skal lukkes

Vinduer skal blændes for at udelukke sollys

5.5 INDVENDIGE VÆGGE

Indvendige skillevægge mod områder med andre funktioner skal i udgangspunktet opfylde samme krav som ydervægge med hensyn til varmeisolering og tæthed. Dette gælder særligt i bygninger, som deles af flere lejere og dermed har fælles adskillende vægge. Magasinområdet skal altid udgøre en selvstændig brandsektion med tilsvarende krav om sikring mod brandsmitte fra tilstødende brandsektioner.

5.6 VINDUER OG DØRE

Vinduer i facader er generelt uønskede, da der ikke er behov for dagslys i magasiner. Hvis der er brug for lokaler til andre formål end magasiner, kan de indrettes langs ydervægge med vinduer. Ellers skal vinduerne blændes med en fast beklædning, som ikke bør være af træbaserede materialer. Af hensyn til sikkerhed mod indbrud er det bedre at erstatte vinduerne med en fast facadeopbygning.

Døråbninger til det fri er generelt uønskede og bevares kun til nødvendige flugtveje. Overflødige døre skal lukkes med en varmeisoleret konstruktion, der svarer til den omgivende ydermur. Tilslutninger skal udføres med mekanisk forankring og elastiske fuger, så der ikke opstår utætheder.

Af hensyn til sikkerhed mod indbrud skal flugtvejsdøre være af stålplade og isolerede svarende til 40 mm mineraluld (U-værdi 1,0 W/m²K). Flugtvejsdøre skal have dobbelt tætningsliste, og fuger skal udføres med to-trins-tætning.

Eksisterende portåbning genbruges så vidt muligt for adgang til magasinet. Porten skal være af stålplade uden vinduer og isoleret. Porten må ikke åbne for direkte adgang fra det fri til magasinområdet. Der skal etableres en sluse, som er stor nok til alle typer genstande. Porten mellem sluse og magasin skal være nogenlunde lufttæt, men ikke nødvendigvis isoleret. Ideelt set er yderporten stor nok til, at en last- eller varevogn kan holde indenfor, når museumsgenstande lastes, men hvis ikke dette er muligt, skal der være overdækket for beskyttelse mod nedbør foran porten.

5.7 VARME OG VAND

De fleste bygninger har varmeanlæg med tilhørende varmeforsyning. Der kan enten være varmeblæsere med vandbåret varmeflade (kalorifere) eller centralvarme med radiatorer placeret langs væggene. Det må konkret vurderes, om eksisterende varmeanlæg helt eller delvis kan genanvendes, hvis der er behov for opvarmning. Vandbærende varmeinstallationer bør have lækagesikring for at forebygge vandskade.

Olie- eller gasfyr anbefales konverteret til varmepumpe eller fjernvarme, hvis det er en mulighed. Ved brug af fjernvarme skal der være varmeveksler, så lækage ikke medfører store følgeskader.

Installationer for brugsvand skal altid afbrydes og demonteres. Det gælder også for slangevinder til brandslukning, som ofte findes i tidligere fabrikslokaler. Sprinkleranlæg og vandtågeanlæg må ikke anvendes i magasiner grundet risiko for vandskade og skal derfor afbrydes og demonteres.

Installationer for afløb skal altid afbrydes og demonteres. Indvendige nedløbsrør fra tagflader må dog bevares, hvis der ikke er mulighed for anden løsning. Gulvafløb og afløbsbrønde må ikke forekomme på grund af risikoen for oversvømmelse ved tilbageløb i tilfælde af skybrud.

Fossile varmekilder bør erstattes med varmepumpe Eller fjernvarme

Eksisterende varmeblæser (kalorifere) kan måske genbruges

Installationer for brugsvand og brandslukning skal afbrydes og fjernes

Trykbærende rørinstallationer skal så vidt muligt fjernes på grund af risiko for lækage

Eksisterende radiatoranlæg under loft begrænser ikke reolopstilling og kan måske genbruges

Vandbærende rør og installationer udgør en risiko og bør demonteres fra samlingsområderne. Vinduer skal blændes

5.8 VENTILATION

Mekaniske ventilationsanlæg vil ofte være dimensioneret til store luftmængder, som ikke er nødvendige i magasiner. Desuden vil det som regel være beregnet til ventilation med frisk udeluft med lille eller ingen recirkulation. I et magasin er der behov for recirkulering af en forholdsvis lille luftmængde uden friskluftindtag. Eksisterende blæseraggregater må derfor kasseres, men i nogle tilfælde kan kanalføringer genbruges til fordeling af klimatiseret luft i magasinrummene. Der installeres et nyt ventilationsaggregat til recirkulation af luften i magasinet. Ved flere adskilte magasinafsnit etableres et separat aggregat for hver, så der ikke sker opblanding af luften. Der installeres støv- og partikelfiltre efter nærmere analyse af behovet. Dimensionering er beskrevet i afsnit 7 i rapporten om lavenergimagasiner (Musernes Grønne Akademi, 2025).

Der skal være indbygget mulighed for affugtning af rumluften. Det kan enten være i form af en køleflade, som kondenserer den overskydende fugt i den primære luftstrøm. Alternativt kan der tilsluttes en sorptionsaffugter, som tilfører tør luft til den primære luftstrøm.

Hvis magasinet har behov for opvarmning, kan der indbygges en varmeflade, som forsynes fra en varmepumpe eller fra fjernvarme. Anlægget skal i så fald dimensioneres til at opretholde en temperatur på 8 °C ved en udetemperatur på -12 °C.

Der henvises i øvrigt til afsnit 7 (Krav til installationer) i rapporten om lavenergimagasiner (Musernes Grønne Akademi, 2025).

5.9 EL, BELYSNING OG SIKRING

Eksisterende elektriske installationer er som regel ikke egnede til magasinformål og skal i de fleste tilfælde afbrydes og demonteres.

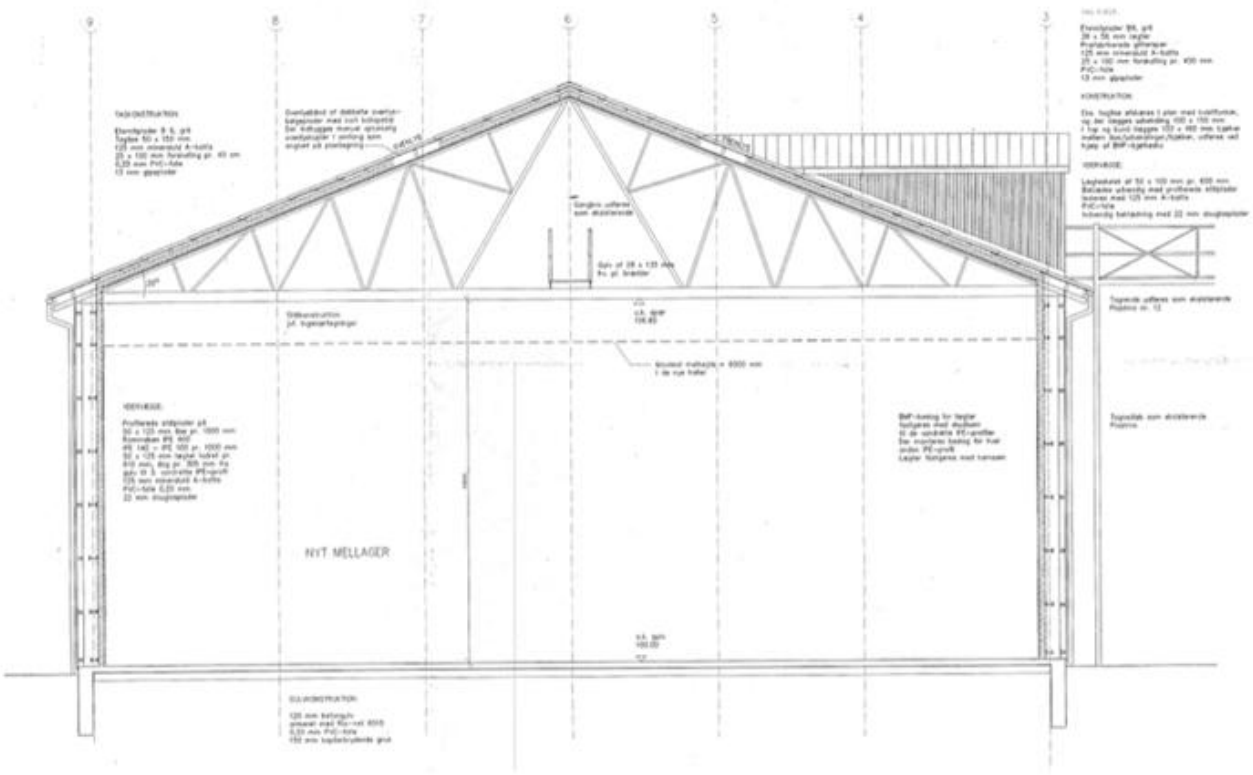
Installation for belysning kan i nogle tilfælde genbruges, eventuelt ved udskiftning af armaturer. Det må afklares i sammenhæng med valg af reolopstilling.
Installationer for sikring kan sjældent genbruges. Vejledning til valg af sikringsniveau findes i Sikringsguiden fra Forsikring og Pension: https://www.sikringsguiden.k/.

Gamle ventilationsaggregater skal fjernes

Energimåler til affugter

Gamle ventilationskanaler skal i de fleste tilfælde fjernes

6.0 EKSEMPLER



Tværsnit af lagerhallen

6.1 DET GRØNNE MUSEUM

Adresse: Auning
Opført: 1977 og 1997
Areal: 1700 m2
Fri rumhøjde: 6,8 m

Bærende konstruktioner: Indspændte stålsøjler i facader, gitterspær af stål
Ydervægge: Trapezplade, 100 mm mineraluld, 19 mm krydsfinerplade
Tag: Bølgeplader af fibercement, 125 mm mineraluld, 13 mm gipsplade
Gulv: Terrændæk med glittet beton uden varmeisolering
Inventar: Indskudte dæk i to etager og faste reoler langs ydervæggene
Samling: Landbrugskøretøjer, hestevogne og mindre landbrugsredskaber

Klimatisering: Affugtning med sorptions affugter Munters MLT 1400. Ingen opvarmning
Klimaregulering: Temperatur ureguleret, relativ luftfugtighed 40-60% RF
Energiforbrug: Ca. 12.000 kWh/år eller ca. 1,0 kWh/m3/år

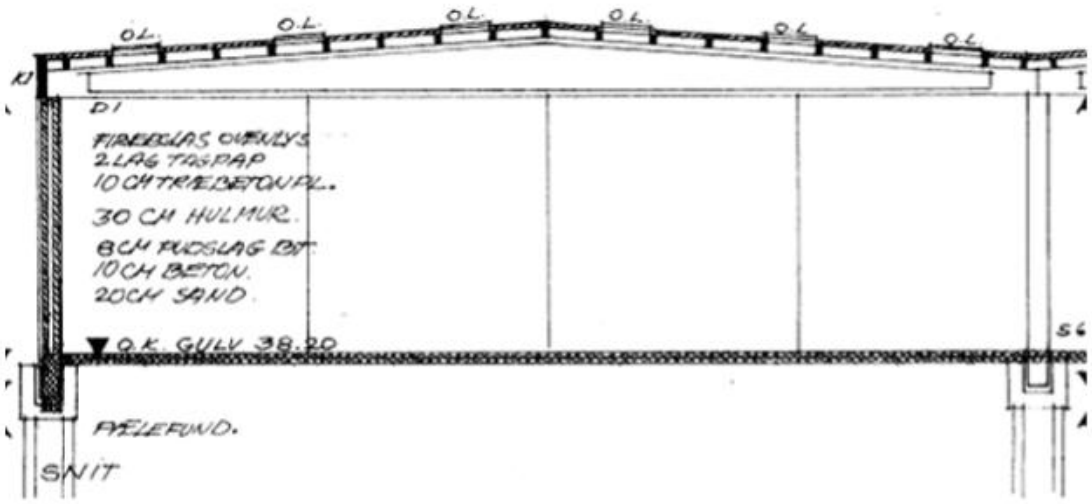
Bemærkninger: Bygningen er opført som lager for kartoffelmel og genbrugt nogenlunde uændret ved overtagelsen i 2003. De gamle ovenlysvinduer er bevaret, formentlig på grund af krav om brandventilation. I den ene ende er opbygget to indskudte etager, hvorved den store loftshøjde udnyttes. I resten af bygningen er et stort uudnyttet volumen.

Magasinhallen set udefra

Affugteren er placeret i et separat afsnit

De indskudte etager giver bedre udnyttelse af rumhøjden

Hallen har et stort uudnyttet volumen



Tværsnit af den oprindelige bygning

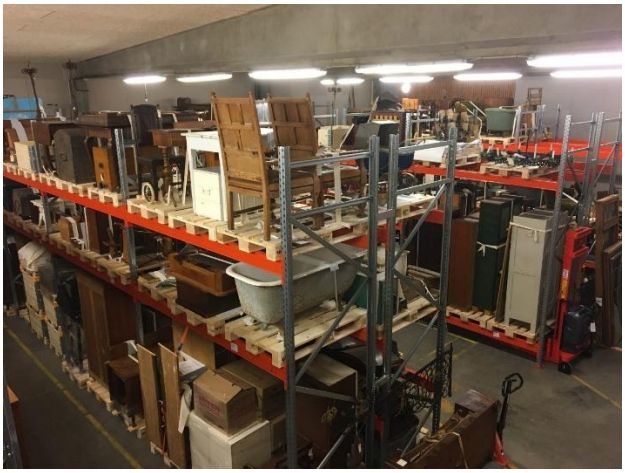
6.2 HELSINGØR MUSEUM

Adresse: Kvistgård Opført: 1970 Areal: ca. 500 m2 Fri rumhøjde: 4,7 m
Bærende konstruktioner: Præfabrikerede betonbjælker, søjler og åse af beton
Ydervægge: 30 cm hulmur med udvendig efterisolering
Skillevægge mod naboer: Gipsplader med 100 mm mineraluld
Tag: 10 cm træbetonplader med tagmembran, efterisoleret indvendig med 200 mm mineraluld. Ved efterisolering blev de gamle ovenlys blændet
Gulv: Terrændæk med glittet beton uden varmeisolering
Samling: Arkivmateriale, tekstiler og blandede brugsgenstande
Inventar: Stålreoler i et plan
Klimatisering: Affugtning med sorptionsaffugter Munters M300.
Klimaregulering: Temperatur 7-20 °C, relativ luftfugtighed 45-55% RF
Energiforbrug: Ikke oplyst

Bemærkninger: Bygningen er oprindelig opført af bilimportøren Interdan A/S til undervognsbehandling mm. af biler og senere opdelt i flere lejemål. Magasinet er derfor del af en større bygning med andre lejere. Desuden støder magasinrummet op til kontorlokaler, som er den el af lejemålet. Skillevægge mod nabolejemål er varmeisolerede i forbindelse med indretning af magasinet. Der er etableret sluse mellem magasinrummet og den eksisterende port.

Indblæsning fra affugter

Det oprindelige tag havde adskillige ovenlys,
som blev blændet ved indvendig efterisolering af loftet



Magasinrum med reolopstilling

Magasinrum med reolopstilling

7.0 REFERENCER

Beskæftigelsesministeriet, *Bekendtgørelse om Bygherrens pligter*, BEK nr 117 af 05/02/2013. Online www.retsinformation.dk/ eli/lta/2013/117

Erhvervsministeriet*, Tilbudsloven, Bekendtgørelse af lov om indhentning af tilbud på visse offentlige og offentligt støttede kontrakter*, LBK nr 1410 af 07/12/2007. https://www.retsinformation.dk/eli/ lta/2007/1410

Lescard,M.*, A sustainable storage solution for the Science Museum Group*, 2015, https:// dx.doi.org/10.15180/150405

Mortensen, Lars R., *Transformation af efterkrigstidens industrilandskaber, Phd-afhandling, København: Det Kongelige Danske Kunstakademis skoler for Arkitektur, Design og Konservering*, 2016, 424 s. ISBN 978-87- 7830-387-5

Museernes Grønne Akademi, *Lavenergimagasiner – koncept og bæredygtighed* (red. Ryhl-Svendsen, M., Ræder Knudsen, L., Rasmussen, P. & Johnsen, J.S). København: Organisationen Danske Museer, 2025, 54 s Online: https://mga.danskemuseer. dk/viden-og-vaerktoejer/lavenergimagasiner/

Nishimura, D.W.*, Understanding Preservation Metrics*. Rochester: Image Permanence Institute, 2007, 11 s. Online: https://rit.edu/ipi/ publications

Padfield, T. & Jensen L. Aa., *Humidity buffering of building interiors by absorbent materials*.
Proceedings of the 9th Nordic Symposium on Buildings Physics, Tampere University Press, 2011, s 475-482

Realdania, *Transformations kapacitet i eksisterende erhvervsejendomme* (rapport), april 2026, 59 s

Realdania, *Veje til biobaseret byggeri* (rapport), januar 2025, 142 s

Realdania*, Roadmap for cirkulær økonomi i byggeriet i et 2030 perspektiv* (rapport), ISBN: 978-87-7756-380-5, 2023, 99 s

Ryhl-Svendsen, M., Jensen, L.Aa., Bøhm, B., Larsen, P.K., *Low-energy Museum Storage Buildings: Climate, Energy Consumption, and Air Quality*. UMTS Research Project 2007-2011: Final Data Report. Kgs. Lyngby: National Museum of Denmark, 2012, 122 s. Online: https://doi.org/10.5281/zenodo.8403981

Ryhl-Svendsen, M., Jensen, L. Aa., Larsen, P.K.*, Bæredygtige Museumsmagasiner* (Rapport). København: Det Kongelige Akademi, 2025, 61 s. Online: https://doi.org/10.5281/ zenodo.18144708

Ryhl-Svendsen, M., Jensen, L. Aa., M., Larsen, P.K., *From Climate Control to Carbon Footprint:* The Long-Term Impact of Low-Energy Museum Storage. ICOM-CC 21th Triennial Conference Preprints: Oslo, 14-18 September 2026, 2026, 9 s. Online: https://www.icom-cc.org/en/ publications

Ryhl-Svendsen, M., Smedemark, S., *Environmental Conditions for Danish Storage Buildings: A Summary of 20 Years of Air Quality Surveys*, Studies in Conservation 70, 2025, s. 148-169. Online: https://doi.org/10.1080/00393630.2024.2351761

Rådet for Bæredygtigt Byggeri, *Vejledning til bygningsscreening for renovering og transformation - en guide til bygherre og rådgiver* (rapport), 2026, 50 s. Online: https://rfbb.dk/publikation/vejledning-til-bygningsscreening-for-renovering-og-transformation

SBi-anvisning 213 *Bygningers Energibehov – Beregningsvejledning 6. Udgave*. BUILD (Statens Byggeforskningsinstitut) 2018, 168 s. ISBN: 9788756318945

SBi-anvisning 270: *Måling af Radon i Bygninger*. København: BUILD (Statens Byggeforskningsinstitut) 2018, 66 s ISBN: 9788756318662

Social- og Boligstyrelsen, *Almindelige betingelser for rådgivning og bistand i bygge- og anlægsvirksomhed* (ABR 18). Online: https:// www.sbst.dk/byggeri/byggeriets-regler/ byggeriets-aftalevilkaar-ab-systemet

Social- og Boligstyrelsen, *Bygningsreglementet 2018*. Herlev: Molio, 2018 (samt med de til en hver tid gældende ændringer), 240 s. Online: https://bygningsreglementet.dk

Social- og Boligstyrelsen, *Præ-accepterede løsninger for brandsikring af industri- og lagerbygninger i én etage*, Bilag 10 til Bygningsreglementets vejledning til kap. 5 – Brand. Version 31.01.2019. 68 s. Online: https://www.bygningsreglementet.dk/tekniske-bestemmelser/05/ vejledninger/generel_brand/industri-og-lagerbygninger/industri-og-lagerbygninger

Strætkvern, K. & Lillebæk, S. *BEV*ARV, Status på opbevaringsforholdene i de statslige og statsanerkendte museers magasiner, og en vej mod en national bevarings-og handlingsplan for kultur- og naturarven i Danmark.* København: Organisationen Danske Museer, 2024, 84 s. ISBN 978-87-7602-386-7. Online: https://www.danskemuseer.dk/wp-content/uploads/2024/01/BEV.ARV-rapport_Webudgave.pdf

Tétreault, J., Airborne pollutants in museums, galleries, and archives: risk assessment, control strategies and preservation management. Ottawa: Canadian Conservation Institute, 2003, 168 s., ISBN 9780662889076 Transformation

KOLOFON

MAGASINER I EKSISTERENDE BYGNINGER
– en vejledning

HOVEDFORFATTER
Poul Klenz Larsen, phd, Bedre Bygningsfysik

ØVRIGE BIDRAGSYDERE
Morten Ryhl-Svendsen, Det Kongelige Akademi, og Lars Aasbjerg Jensen, Bevaringsfaglig Rådgivning

REDAKTION
Museernes Grønne Akademi

FOTOS
Poul Klenz Larsen og Morten Ryhl-Svendsen

FIGURER
Poul Klenz Larsen

LAYOUT OG GRAFIK
Emma Svare

2026
DANSKE MUSEER
Vartov, Farvergade 27D,
2. sal 1463 København K

danskemuseer.dk

MUSEERNES
GRØNNE AKADEMI