NILU: OR 23/98

NILU : OR 23/98
REFERANSE : O-1959
DATO : MAI 1998
ISBN : 82-425-0974-3

Bestandighet og levetid for norske trehus

Kunnskap og erfaringer

Guri Krigsvoll, Svein Haagenrud

Innhold

Side

Sammendrag **3**

1. Bakgrunn og formål **5**

2. Bestandighet og metoder for levetidsbestemmelse **6**
2.1 Dose-respons og levetidsfunksjoner 6
2.2 ISO TC59/SC-standarden for levetidsplanlegging 7
2.2.1 Status for internasjonalt standardiseringsarbeid 7
2.2.2 Teknisk metode 7
2.2.3 Faktormetoden 9
2.2.4 Testing og sertifisering 10
2.2.5 Tilstandsanalyser 11
2.2.6 Ulike typer av levetid i Norsk Standard 11
2.3 Modell for nedbrytning av tre. Nedbrytningsfaktorer og -effekter 13
2.4 Karakterisering og kartlegging av nedbrytningsfaktorer og levetider 13
2.5 Betydningen av lokale eksponeringsforhold 14

3. PC/GIS baserte systemer for tilstandsanalyse og levetidsplanlegging av trehus **15**
3.1 Wood-Assess 15
3.1.1 Målsettinger 15
3.1.2 Resultater 15
3.2 GIS/FDV Trehus 18

4. Dose-respons og skadefunksjoner for tre og malt tre **18**
4.1 Sammenhengen mellom miljø og levetid for tre 18
4.1.1 Temperatur og fuktighet 18
4.1.2 UV-stråling 22
4.1.3 Nedbrytning p.g.a. forurensning 22
4.1.4 Trebeskyttelse 23
4.2 Sammenhengen mellom miljø og levetid for maling/overflatebehandling 23

5. Datatilgjengelighet for klima - og forurensningsparametere **24**
5.1 Miljø- og klimaparametere 24
5.1.1 Temperatur og fuktighet 24
5.1.2 UV-stråling 24
5.1.3 Annen forurensning 26
5.2 Forsknings- og utviklingsbehov 26

6. Levetidsdeklarasjon som verktøy **27**

7. Referanser **27**

Sammendrag

Trehusprodusenter har i større utstrekning begynt å eksportere norske trehus, hovedsakelig til nord-europeiske land, og har etter hvert større behov for å kunne dokumentere trehusets egenskaper, bestandighet og levetid. Det kan gjøres ved å utarbeide en "levetidsdeklarasjon" der blant annet vedlikehold av utvendig trevirke og krav til inspeksjon av tilstand ovenfor sopp og insektangrep er spesifisert.

Kvaliteten på bygninger eller bygningsdeler avtar over tid med bruk og slitasje. I tillegg endres kravene som settes til kvalitet. Levetiden vil da være perioden aktuelt material har en tilstand som er høyere enn kvalitetskravet.

For å bestemme nedbrytning av et bygningsmateriale på grunn av miljø- og klimaparametere, må en foreta en vurdering av hvilke faktorer som er viktigst og har størst betydning for det spesifikke materialet. Både for klima- og forurensningsparametere er det store forskjeller lokalt og regionalt. I tillegg kommer variasjoner over tid, som årstider og historikk/utvikling.

Biologisk nedbrytning er den viktigste nedbrytingsprosessen for tre. Forskjellige typer av bakterier, insekter og sopp setter alle krav til tilstrekkelig tilgjengelig fuktighet, temperatur og næringsstoffer. For både treverk og maling vil viktige påkjenningsfaktorer være temperatur/fuktighet, og luftforurensning. Alle disse faktorene har svært store lokale og regionale variasjoner.

Nedbrytningshastigheter uttrykkes ofte som dose-responsfunksjoner. Disse funksjonene er gjerne funnet eksperimentelt med flere målinger i ulike eksponeringsmiljø over lange perioder. Med utgangspunkt i dose-responsfunksjoner og krav til kvalitet kan man uttrykke skadefunksjoner. Skadefunksjoner kan også finnes ved metodiske tilstandsanalyser med et stort statistisk grunnlagsmateriell, hvor man har både ulike eksponeringsnivåer og ulike tilstander.

For å kartlegge eksponeringsmiljøet trengs informasjon om miljø og klima. Dette er informasjon som til en viss grad finnes, men det er nødvendig at denne informasjonen settes sammen i et system som gjør det enkelt å finne de aktuelle forholdene i et geografisk område. Det trengs også metoder for å transformere informasjon fra målestasjoner til lokalklima på det aktuelle stedet.

Begrepet levetid brukes ofte sammen med begrepet bestandighet, og det kan brukes om materialer, komponenter, bygningsdeler, installasjoner, konstruksjoner, bygninger og anlegg. Levetidsbegrepet knyttes også til funksjonelle og økonomiske aspekter. Det er viktig at de ulike levetidene blir vurdert i forhold til hverandre slik at en oppnår en optimal utnyttelse av ressursene som brukes. Dette gjelder i alle faser av livsløpet.

Det er de siste årene gjort mye for å standardisere begreper og metodikk for beregning eller estimering av levetid. Et langsiktig mål er å etablere material-

uavhengige metoder for å forutsi levetid på bygningsmaterialer og komponenter. Metodene vil lette kommunikasjonen mellom forskere, mellom forskere og praktikere, og generelt være en hjelp til å løfte levetidsundersøkelser innen bygningsteknologi til et akseptabelt, vitenskapelig nivå.

Internasjonal standardisering på området levetid for bygninger blir ivaretatt av standardiseringsgruppen ISO/TC59/SC14 "Service Life Planning". Gruppen ble etablert etter felles initiativ fra CIB/RILEM og EUROCARE rettet mot EU-Kommisjonen (CEC) og CEN i 1991. Gruppen ble etablert av ISO i 1992, etter henvendelse fra CEN/BTS-1.

Faktormetoden gir et estimat av levetiden for en bestemt komponent under bestemte forhold. Metoden tar utgangspunkt i kjente levetider, referanseverdier, og korrigerer systematisk til aktuell situasjon ved bruk av forskjellige korreksjons-faktorer. Metoden kobler sammen erfaring fra planleggere, observasjoner, forvalteres krav og konstruktørers garantier med data fra testhus.

Det europeiske byggevaredirektivet setter fokus på levetid for bygninger og bygningsprodukter, og gir 6 viktige krav som må tilfredsstilles for en bygning eller et produkt for hele produktets økonomiske levetid.

Bestandighet og levetid for norske trehus
Kunnskap og erfaringer

1. Bakgrunn og formål

De siste tiårene er det blitt mer oppmerksomhet på de store kostnadene forbundet med vedlikehold og utbedring/oppgradering av bygningsmassen. Nedbrytningen av bygningsmaterialene går raskere enn tidligere, og en av hovedårsakene til dette er økt miljøpåvirkning. Videre ble nye bygningsmaterialer introdusert uten at man hadde særlig opplysninger om bestandighet og levetid, eller visste særlig om kostnadene knyttet til vedlikehold.

En byggherre eller -forvalter ønsker en oversikt over sine framtidige kostnader, og krever oftere oversikt over vedlikeholdsbehov/intervaller og årlige utgifter til vedlikehold. For at konsulenter, entreprenører og leverandører skal kunne gi disse opplysningene må de ha kjennskap til materialenes bestandighet og levetid i avhengighet av blant annet miljøpåvirkninger. Også fra myndighetshold vil man vite hvilke kostnader og ressursforbruk som er knyttet til vedlikehold av bygningsmassen. Fokuset på en bærekraftig utvikling gjør også problemstillingene rundt levetid mer aktuelle.

Trehusprodusenter har i større utstrekning begynt å eksportere norske trehus, hovedsakelig til nord-europeiske land. For å kunne konkurrere med andre mer tradisjonelle byggematerialer må produsentene kunne dokumentere trehusets egenskaper og levetid. Dette prosjektets formål er å samle kunnskap og erfaringer som kan gjøre trehusprodusenter i stand til å dokumentere produktets holdbarhet overfor kunder i Norge og i land som ikke har tradisjon for å bygge bolighus i tre. Dette skal kunne gjøres gjennom å henvise til en "levetidsdeklarasjon" der blant annet vedlikehold av utvendig trevirke og krav til inspeksjon av tilstand ovenfor sopp og insektangrep er spesifisert.

Man er blitt mer og mer bevisst på at en bygningskomponents levetid vil avhenge av de lokale forhold, og man kan ikke uten videre overføre erfaringer fra et sted til et annet.

I tillegg til å se på forholdet mellom miljøpåvirkning og nedbrytning av trematerialer er det aktuelt å se på krav til og dokumentasjon av bestandighet og levetid sett i forhold til nye byggeforskrifter, byggevaredirektiv og standarder. Prosjektet bør munne ut i en levetidsdeklarasjon (2-4 siders brosjyre) som overleveres huskjøper og andre aktører som en del av et vedlikeholdsprogram. Hvilke funksjoner/indikatorer som skal tas med må defineres/diskuteres nærmere.

Prosjektet tar utgangspunkt i nye norske typehus og begrenses til utvendig eksponert kledning og vindusrammer av tre. Ser man videre framover bør sluttresultatet av prosjektet være et GIS-basert informasjonssystem som gir levetid for trehus ut fra beliggenhet. Klima- og forurensningsforhold er lagt inn i modellen. Prosjektdeltakerne skal på bakgrunn av modellene kunne angi anbefalte vedlikeholdsintervall og levetider for sine produkter ut fra geografisk plassering.

2. Bestandighet og metoder for levetidsbestemmelse

2.1 Dose-respons og levetidsfunksjoner

Beregning av levetid for bygningsmaterialer eller -komponenter krever kunnskap om materialene og kjennskap til sammenhengen mellom påkjenninger og nedbrytningsmekanismer. Det er delvis etablert standardiserte metoder for å forutsi levetider og vedlikeholdsintervaller for materialer og bygninger. Dette arbeidet er beskrevet senere. Metodene er under videreutvikling.

Den standardiserte metoden omfatter modeller som legger til grunn kunnskap om tilstand-over-tidfunksjoner, nedbrytningsmekanismer og dose-responsfunksjoner. Levetidsfunksjoner beskriver hvordan målte verdier for noen valgte karakteristiske egenskaper for et material avtar over tid.

Materialnedbrytning og tap av karakteristiske egenskaper, som beskrevet i et tid-tilstandsdiagram, Figur 1, skyldes i de fleste tilfeller kjemisk eller fysisk nedbrytning. Nedbrytningen kan ofte uttrykkes matematisk ved en eksponentsialfunksjon av nedbrytningsfaktor og medgått tid. En slik funksjon som viser sammenhengen mellom materialnedbrytning og nedbrytningsfaktorer i der eksponerte miljøet kalles dose-responsfunksjon.

$$M = a * t^b$$

hvor:

M = Nedbrytning etter tid t

a = hastighetskonstant som er en funksjon av miljøparametere som påvirker materialet.

b = eksponent avhengig av diffusjonsprosesser. For en helt ren overflate er b=1. Når overflaten har et belegg av reaksjonsprodukter som gir beskyttelse er b=1/2.

Etter å ha fått eksperimentelle data fra langtidstesting, inkludert tilstandsanalyse av den enkelte bygning, og/eller korttidstesting, kan dose-responsfunksjoner utarbeides ved regresjonsanalyse.

Hastighetskonstanten kan ha flere ledd og faktorer slik at synergieffekter tas med. Dose-responsfunksjonene beskriver da de fysikalske/kjemiske/biologiske sammenhengene mellom materialnedbrytningen og eksponeringsmiljøet. Ved å sette et kriterium for hvor langt korrosjonen kan gå innen vedlikehold eller utskifting av en bygningskomponent må foretas (performance requirement), gjøres dose-responsfunksjonen om til en skade- eller levetidsfunksjon. Bestemmelse av slike grenseverdier eller akseptnivåer er vanskelig, og flere typer kriterier kan bli benyttet, med tekniske og økonomiske som de dominerende.

Dose-responsfunksjoner er basert på feltmålinger. For å få et statistisk grunnlag kreves en mengde observasjoner/målinger i tid og rom. Det er de mest dominerende forurensningsparametrene som kommer fram i likningene.

For å kjenne sammenhengen mellom mange ulike kombinasjoner av miljøpåkjenninger og nedbrytningfunksjoner for alle materialer kreves et uendelig

antall målinger, og det vil i praksis være umulig å framskaffe disse. Det gjør at man foretar valg av hva man anser som viktige faktorer, og baserer funksjonene på disse.

Skade- og levetidsfunksjonene som funksjon av eksponeringsmiljøet kan også bestemmes direkte ved tilstandsanalyse av et statistisk utvalg av eksisterende bygg. Skadefunksjonene kan bestemmes direkte ved feltinspeksjon med visuell tilstandsbeskrivelse av slitasje og faktiske skader på bygninger, eller indirekte ved registrering av utførte vedlikeholdsintervaller.

Det vil for videreføring av målsetningen om levetidsdeklarasjon være nødvendig å finne dose-responsfunksjoner av henholdsvis tre og maling som funksjon av de utvalgte miljø- og klimaparametrene. Dose-responsfunksjoner kan inngå som faktorer i faktormetoden.

2.2 ISO TC59/SC-standarden for levetidsplanlegging

2.2.1 Status for internasjonalt standardiseringsarbeid

Det er de siste årene gjort mye for å standardisere begreper og metodikk for beregning eller estimering av levetid. CIB (*Conseil International du Bâtiment pour la Recherche l'Etude et la Documentation*) og RILEM (*Réunion Internationales des Laboratoires d'Essay et de Recherche sur le Matériaux et le Constructions*) startet i 1982 en felles aktivitet for å forutsi levetid på bygningsmaterialer og komponenter. Et langsiktig formål var å etablere materialuavhengige metoder. Metodene skulle lette kommunikasjonen mellom forskere, mellom forskere og praktikere, og generelt være en hjelp til å løfte levetidsundersøkelser innen bygningsteknologi til et akseptabelt, vitenskapelig nivå.

Det europeiske byggevaredirektivet setter fokus på levetid for bygninger og bygningsprodukter, og gir 6 viktige krav som må tilfredsstilles for en bygning eller et produkt for hele produktets økonomiske levetid.

Internasjonal standardisering på området levetid for bygninger blir ivaretatt av standardiseringsgruppen ISO/TC59/SC14 "Service Life Planning". Gruppen ble etablert i 1993 etter felles initiativ fra CIB/RILEM og EUROCARE rettet mot EU-kommisjonen (CEC) og CEN/BTS-1 (Caluwaerts, 1997).

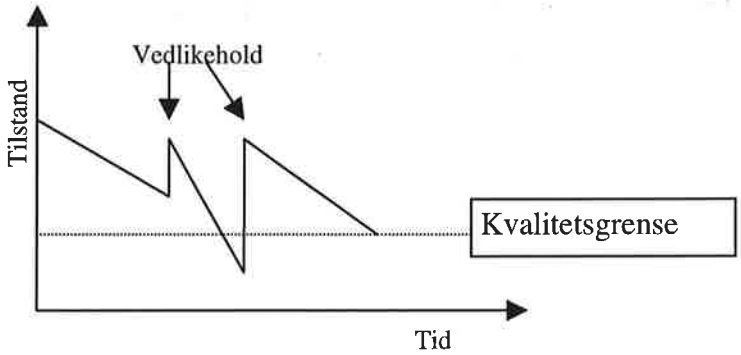
I noen land, som Japan (Japanese Principal Guide, 1989, 1993), Storbritannia (BS 7543:1992, 1992) og Canada (CSA S478-1995, 1995) var arbeidet med nasjonale standarder allerede satt ut i live. Disse standardene ligger til grunn for standardiseringsarbeidet som skjer i ISO. Utkastet til ISO-standard (ISO/CD 15686, 1996) er allerede godkjent av 22 land og vil bli sendt ut som ISO-draft høsten 1998.

2.2.2 Teknisk metode

Et utgangspunkt for bruk av levetidsplanleggingen er kravene som settes til kvalitet og levetid. Kvaliteten på bygninger eller bygningsdeler avtar over tid med bruk og slitasje. I tillegg endres kravene som settes til kvalitet. Sammenhengen

mellom tilstand, akseptnivåer og levetid er vist i Figur 1. Levetiden vil da være i perioden hvor aktuell tilstand er høyere enn kvalitetskravet.

Begrepet levetid brukes ofte sammen med begrepet bestandighet, og det kan brukes om materialer, komponenter, bygningsdeler, installasjoner, konstruksjoner, bygninger og anlegg. Levetidsbegrepet knyttes også til funksjonelle og økonomiske aspekter. Det er viktig at de ulike levetidene blir vurdert i forhold til hverandre slik at en oppnår en optimal utnyttelse av ressursene som brukes. Dette gjelder i alle faser av livsløpet.

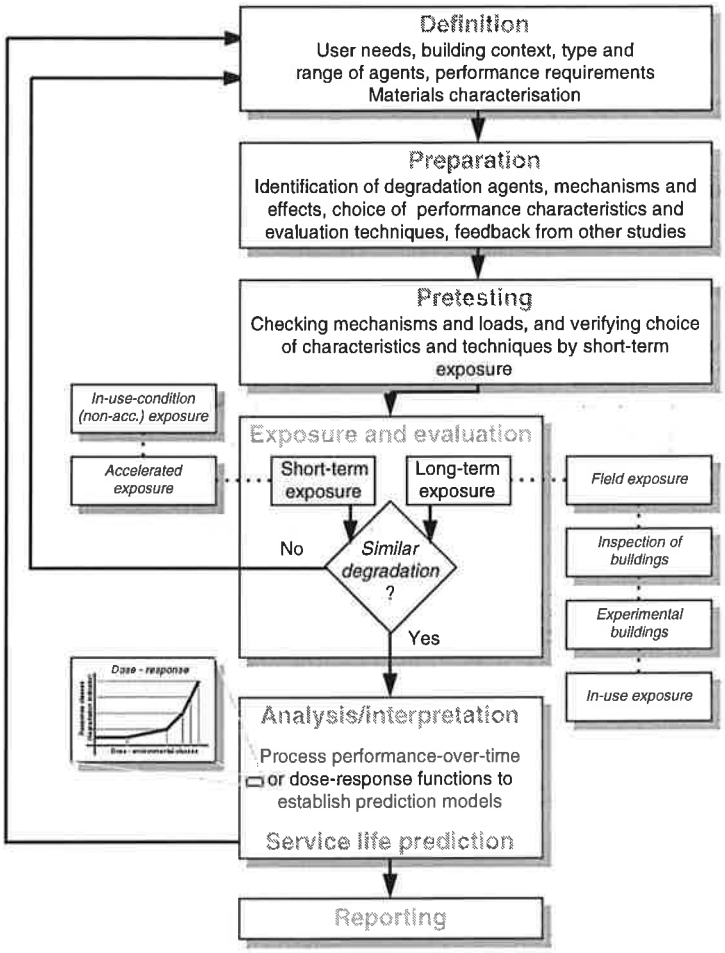


Figur 1: Levetids-syklus.

Det ligger mye arbeid i systematikk og metoder for å komme fram til nedbrytningshastigheter og levetider for en gitt situasjon. Figur 2 gir en oversikt over ulike faser i arbeidet med å bestemme levetiden. Figuren gir også informasjon om hvilke opplysninger som det kan være nødvendig å skaffe til veie.

Levetidsmetodikk kan benyttes til å beregne eller estimere levetiden for en bygning eller bygningsdel, eller for å finne nødvendig tykkelse eller styrke for at en komponent skal ha den forutsatte levetiden. Et eksempel på det siste er beregning av overdekning av armering i betongkonstruksjoner. Man må for begge tilfellene ta hensyn til hvilke usikkerheter man har, både i forhold til framtidige påkjenninger og effekter av påkjenningene.

Levetidsmetodikken legger til grunn en statistisk fordeling av materialkvalitet, utførelse og påkjenninger, og sannsynligheten for at ulike situasjoner skal oppstå. Man må legge inn de sikkerhetsfaktorene som anses som nødvendige. Dette er sammenlignbart med dimensjonering av konstruksjoner, hvor det tas hensyn til materialkvalitet og påkjenninger og sannsynligheten for at flere ugunstige tilfeller skal inntre.



Figur 2: Systematisk metode for bestemmelse av levetid for bygningsmaterialer og -komponenter.

2.2.3 Faktormetoden

Faktormetoden gir et estimat av levetiden for en bestemt komponent under bestemte forhold. Metoden tar utgangspunkt i kjente levetider, referanseverdier, og korrigerer systematisk til aktuell situasjon ved bruk av forskjellige korreksjons-faktorer. Metoden kobler sammen erfaring fra planleggere, observasjoner, forvalteres krav og konstruktørers garantier med data fra testhus.

Planlagt levetid: Periode for bruk som er planlagt av konstruktøren, f.eks. som angitt fra konstruktøren til oppdragsgiveren for å underbygge de valg som er gjort med hensyn til spesifikasjoner.

Ulike typer levetid brukt i ISO/CD:

- reference service life
- predicted service life - testdata
- estimated service life - faktormetoden

Referanseverdier - RSLC (reference service life):
Målt eller beregnet levetid for et bestemt materiale eller bygning uten bestemte betingelser for påkjenninger, bruk og vedlikehold.

Estimert teknisk levetid - ESLC (estimated service life):
Teknisk levetid for et bestemt materiale eller bygning under de aktuelle betingelsene for påkjenninger, bruk og vedlikehold.

Faktormetoden gir planlagt levetid ved:

$$ESCL = RSCL \times A \times B \times C \times D \times F \times G \times H$$

hvor:

A = faktor for kvalitet av materialer og komponenter
B = faktor for design, prosjektering og utforming
C = faktor for kvalitet på arbeidsutførelse
D_1 = faktor for eksponeringsmiljø innendørs
D_2 = faktor for eksponeringsmiljø utendørs
D_3 = faktor for eksponeringsmiljø i grunnen
E = faktor for bruksforhold
F = faktor for vedlikeholdsnivå

De viktigste faktorene som påvirker levetiden for trefasader er:

- treslag
- impregnering
- overflatebehandling (type, farge, vedlikehold)
- treprofil
- orientering
- beliggenhet

Dersom man kjenner sammenhengen mellom levetiden og de ulike faktorene, kan metoden være et nyttig hjelpemiddel for å finne forventet levetid.

2.2.4 Testing og sertifisering

Byggevaredirektivet krever at de kravene som er satt til egenskapene skal tilfredsstilles gjennom hele byggets økonomiske levetid. Det er produsentene som er ansvarlig for å dokumentere at deres produkter tilfredsstiller kravene. Dette kravet medfører at produsenter må fremskaffe kunnskap og dokumentasjon på levetiden for sine produkter.

CE-merking
Et produkt kan merkes med CE-merket når det, forsvarlig benyttet, vil medvirke til at byggverk tilfredsstiller de grunnleggende krav til:

- mekanisk motstandsevne og stabilitet
- brannsikring
- hygiene, helse og miljø
- sikkerhet ved bruk
- støyvern
- energisparing og varmeisolering

som angitt i R dir 89/106/EØF (byggevaredirektivet) med endringer.

EOTA er ansvarlig for å utforme den tekniske godkjenningen. Et CE-merket produkt skal fritt kunne omsettes og brukes uten ytterligere vurdering. Sertifisering av produksjonsbedrift, ISO 9000, er delvis en garanti for at levert produkt holder den kvalitet som er beskrevet.

2.2.5 Tilstandsanalyser

For utarbeidelse av tilstandsanalyser vises i første rekke til NS 3424 "Tilstandsanalyse for byggverk. Innhold og gjennomføring." og "Veiledning til NS 3424 Tilstandsanalyse for byggverk. Innhold og gjennomføring."

Generelle arbeidsdokumenter for tilstandsanalyser kan være symptomlister med eller uten bildekatalog. Når slike symptomlister er utarbeidet for generelle områder kan de benyttes til forskjellige typer objekter. Slike symptomlister vil være viktige for å danne et felles referansenivå for tilstandsgrader. Symptomlistene bør inngå som felles standardiserte dokumenter for bransjen.

Standardisering av tilstandsgrad og konsekvensgrad gjør det enklere å sammenligne resultater, og gi mer entydig informasjon om tilstand og forventet levetid.

I et EU-prosjekt "Wood-Assess" har NILU arbeidet med både en videreføring av den norske standarden for trehus og å få denne inn i en IT-basert applikasjon.

2.2.6 Ulike typer av levetid i Norsk Standard

Det er flere forskjellige definisjoner på levetid. Levetiden er avhengig av det akseptkriterium som legges til grunn. De mest aktuelle levetidsbegrepene med grunnlag i slike akseptkriterier er funksjonell, teknisk, økonomisk eller estetisk levetid. Den levetiden som inntreffer først av disse bestemmer den reelle levetiden (NS 3424, Veiledning). Definisjonene i NS 3424 er sammenfallende med definisjonene i ISO-standard.

Levetid (for et bygningsmaterial eller en komponent, RILEM 1987): Den tidsperiode etter en installering hvor alle vesentlige egenskaper minst tilfredsstiller minimum akseptable verdier, ved rutinemessig vedlikehold.

For bygningsdeler vil det være en sammenheng mellom kravet til levetid og bygningsdelens tilgjengelighet i bygget. Man må i prosjekteringen ta hensyn til bygningsdeler og delprodukters levetid, og muligheten for å kontrollere, vedlikeholde og skifte ut disse.

ISO og NS 3424, Veiledning har forslag til levetidsbetegnelser for bygninger, bygningsdeler og delprodukter, hvor nye bolighus tilhører klasse FL60, hvor levetiden er minimum 60 år.

ISO og NS 3424, Veiledning har også forslag til kategorier av bygningsdeler eller delprodukter som konsekvens av levetid. Vinduer er eksempel på bygningsdel som er tilgjengelig for inspeksjon og utskifting. Disse kan ha kortere levetid enn bygningen og utskifting kan forutses ved prosjektering. Utvendige kledninger tilhører kategorien bygningsdel som er tilgjengelig for inspeksjon og vedlikehold, og skal med vedlikehold vare i bygningens levetid.

Teknisk levetid

Teknisk levetid er definert som den tid det tar før materialer og komponenter blir ubrukbare eller kan medføre skade. Planlagt levetid: Det antall år en påregner å vedlikeholde og nyttiggjøre konstruksjonen.

Den tekniske levetiden til materialer og delprodukter bestemmes av 5 hoved-parametere (NS 3424):

- materiale — Materialtekniske egenskaper
- design — Konstruksjonsløsning eller detaljutforming
- utførelse — Håndverksmessig standard
- påkjenninger — Klima/bruk: mekaniske, kjemiske, biologiske mv.
- vedlikehold — Vedlikehold den enkelte bygningsforvalter utfører, spesielt preventivt vedlikehold

Parametrene tilsvarer faktorene i faktormetoden. Parameteren påkjenning er den nedbrytningen som omgivelsene i utgangspunktet medfører, og som sammen med de 3 første bestemmer tilstandskurven vist i Figur 1. For bolighus vil oftest den tekniske levetiden være avgjørende for det man legger i begrepet levetid.

Økonomisk levetid

Økonomisk levetid er definert som tid fram til erstatning med ny teknologi gir lavere driftskostnader eller høyere ytelse. En mer aktuell definisjon er den tiden det er mer lønnsomt å beholde en bygning eller en komponent enn å erstatte den med noe annet, evt. den tiden det er mer lønnsomt å beholde eller fornye en leieavtale enn å si den opp.

Funksjonell levetid

Funksjonell levetid defineres som:

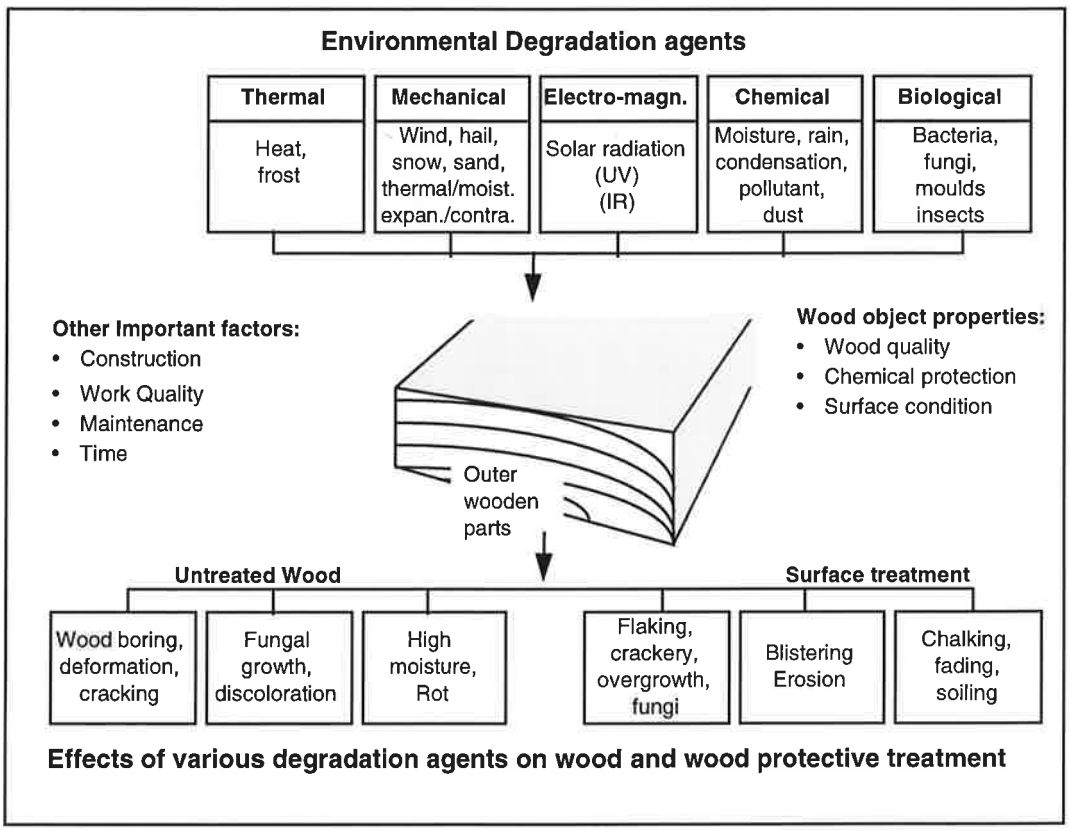
1. Den tiden arealer og rom er brukbare eller hensiktsmessige i forhold til de funksjonene eller aktivitetene de skal betjene.
2. Den tiden materialer og komponenter oppfyller de funksjonelle kravene som er definert.

Estetisk levetid

Estetisk levetid: Den tid det tar før materialer eller komponenter blir estetisk eller visuelt uakseptable, i forhold til bruker eller andres smak og preferanser. Vedlikeholdsintervallene for maling kan være satt utfra estetisk levetid.

2.3 Modell for nedbrytning av tre. Nedbrytningsfaktorer og -effekter

Nedbrytning av utvendig treverk er påvirket av flere faktorer, som miljøpåvirkning, kvalitet på treverket og type og kvalitet på trebeskyttende behandling. Videre, når man ser på bygningselementer og hele bygninger, blir faktorer som konstruksjonsløsninger, mikromiljø ved bygningen, håndverk og tidsaspekt viktige. Figur 3 viser nedbrytningsfaktorer og en modell for nedbrytning av treverk.



Figur 3: Nedbrytning av treverk. Modell som viser nedbrytningsfaktorer og den observerte effekt.

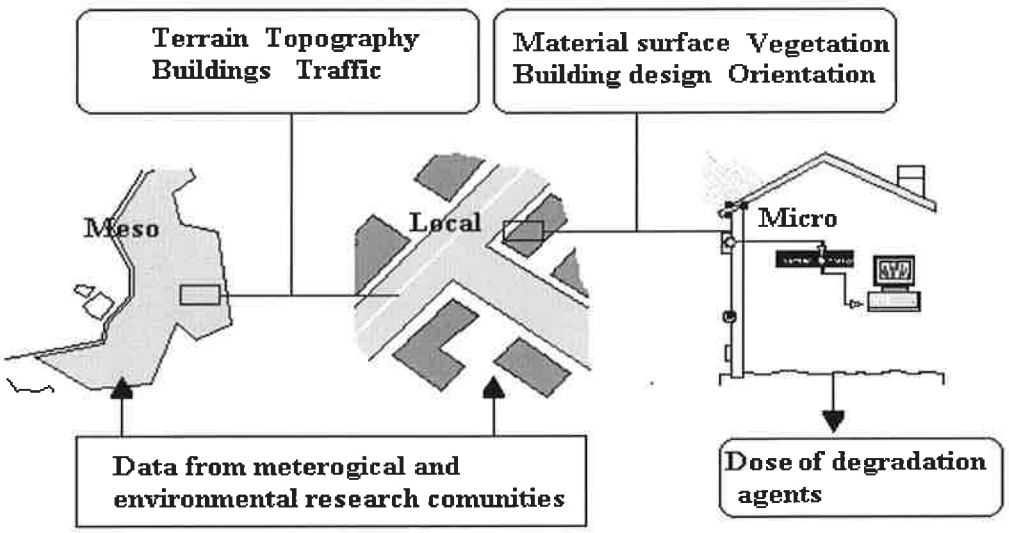
Årsakene til at det finnes få kvantitative dose-responsfunksjoner er de kompliserte egenskapene til nedbrytningssystemet for treobjekter og en mangel på systematisk vitenskapelig forskning. Scheffers Climatic Risk Index (CRI) som beskriver råterisikoen for tre som funksjon av klimaparametrene temperatur og fuktighet, er et eksempel på en grov ikke-kvantitativ dose-responsfunksjon. Denne indeksen er utarbeidet for amerikanske forhold, men tilsvarende indekser kan utarbeides for ethvert geografisk område.

2.4 Karakterisering og kartlegging av nedbrytningsfaktorer og levetider

Scheffers indeks kan gi et grunnlag for en "beskrivelse" eller kartlegging av miljømessige risikofaktorer for treverk. Store forskjeller i temperatur og nedbør gir tilsvarende store forskjeller i potensiell nedbrytning av tre. Andre miljøforhold har også betydning for nedbrytningshastigheter. Disse er beskrevet nærmere i kap. 5.1.

En systematisk oversikt og klassifisering av nedbrytningsfaktorer er gitt i ISO 6241-1984 og CIB W80/RILEM 140-PSL Subgroup 2 report. Nedbrytningsfaktorene blir beskrevet utfra sin natur som mekaniske, elektromagnetiske, termiske, kjemiske og biologiske, og ikke utfra deres effekt på bygning eller komponent. Som eksempel kan et kjemisk middel som vann ha en fysisk virkning, som svelling, eller en kjemisk virkning.

Ved kartlegging av miljøfaktorer er det viktig å definere den geografiske skala. Vanligvis deles en geografisk skala for klima og miljø inn i makro-, meso- (eller regional-), lokal- og mikroklima, se Figur 4. Det er ingen standardisert oppdeling av skalaene.



Figur 4: Eksponert miljø på forskjellige geografiske skalaer, og faktorer som må tas hensyn til ved transformering av miljødata fra en skala til en annen.

2.5 Betydningen av lokale eksponeringsforhold

I hvilken grad en bygning vil være eksponert for forhold som vil medføre materialnedbrytning vil variere både regionalt og lokalt. Man ønsker derfor å kunne uttrykke lokale klima- og miljøparametere utfra kjente forhold og foreliggende observasjoner på meteorologiske stasjoner. Tilgjengelig regional eksponeringsdata kan ofte etter en passende korreksjon brukes til karakterisering av lokal og mikromiljø for en bygning.

Komiteen CEN/TC89 "Thermal performance for building and building components", WG9 "Climatic data", har utarbeidet et forslag til standard som beskriver slagregn ut fra timeverdier for vind og regn, prEN13013-3. Standarden gir en prosedyre for å bruke meteorologiske observasjoner til å få et anslag på mengde slagregn og betydning av denne. Man tar hensyn til topografi, lokal skjerming og bygnings- og veggtype.

3. PC/GIS baserte systemer for tilstandsanalyse og levetidsplanlegging av trehus

3.1 Wood-Assess

EU-prosjektet WOOD-ASSESS ("System and methods for assessing conservation state and environmental risks for outer wooden parts of cultural buildings", norsk tittel: Tilstandsvurdering av gamle trebygninger)

3.1.1 Målsettinger

EU-prosjektet WOOD-ASSESS ledes av NILU, og øvrige norske deltakere er NORGIT, Interconsult og Mycoteam. Fra Sverige deltar KTH, Gävle og Stockholm, og ellers partnere fra Tyskland og Polen. Hovedformålet for prosjektet er å utvikle metoder og teknologier som kan brukes til en riktig tilstandsanalyse av eldre trebygninger og systemer for vurdering og kartlegging av miljønedbrytningsfaktorene på forskjellige steder i Europa. Systemene er evaluert og validert ved feltinspeksjon av et representativt utvalg av bygninger i de valgte lokalitetene i Tyskland, Polen, Norge og Sverige.

Prosjektet startet 1. februar 1996 og avsluttes 30. april 1998. Det har følgende tre målsettinger og delprosjekter:

Utvikle og utprøve:

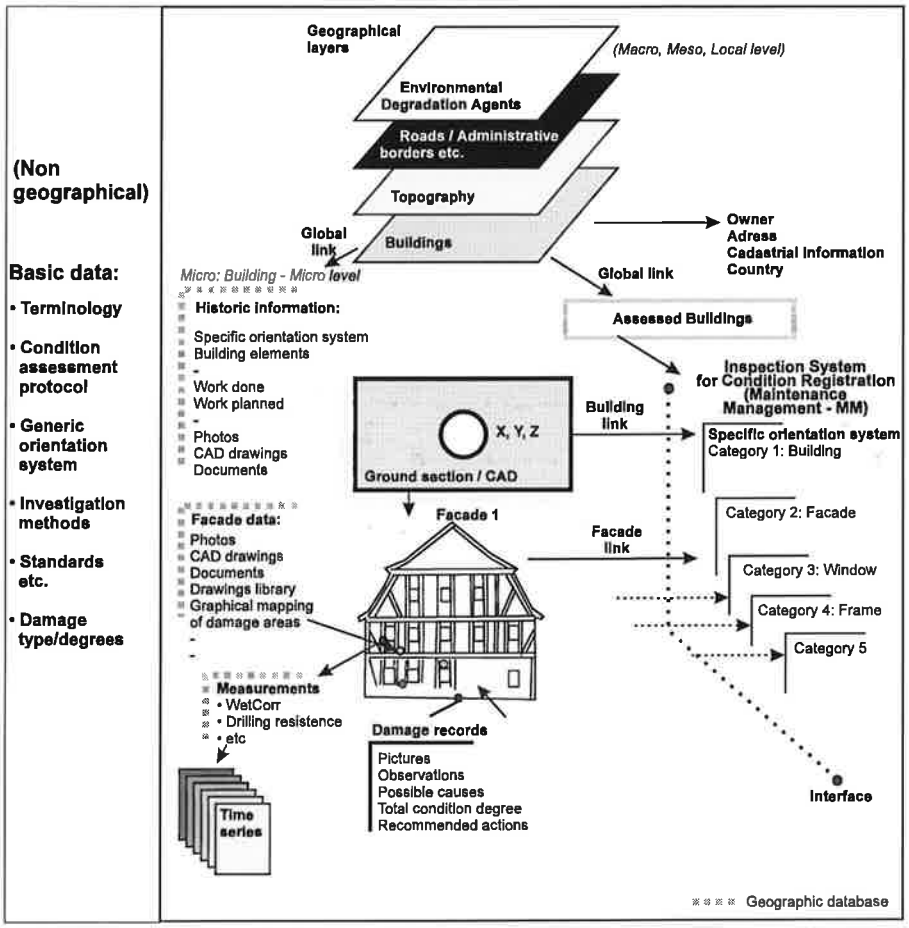
1. Systemer og metoder for tilstandsanalyse av ytterdelene av eldre trehus, herunder PC/GIS-basert tilstandsprotokoll og inspeksjonssystem.
2. Målemetoder for 1) overflatefukt og resulterende fukt i treverket 2) skader i tre.
3. Metoder for å beskrive og kartlegge miljømessige risikofaktorer og -områder for tre på makro-, meso- og mikronivå på utvalgte lokaliteter i Europa.

3.1.2 Resultater

Prosjektet er nå inne i sluttrapporteringsfasen og her gis kun følgende korte oppsummering av resultatene:
Delprosjekt 1 - Utvikling av PC-basert tilstandsprotokoll og inspeksjonssystem
Plan: Det er utviklet en felles tilstandsprotokoll basert på de nasjonale standarder/ retningslinjer i de 3 landene. Protokollen bygger på NS 3424 "Tilstandsanalyse for byggverk" og den tilgrensende Anvisning 35 "Tilstandsanalyse av utvendig treverk".

Protokollen definerer og beskriver nivåer for undersøkelser med tilhørende undersøkelsesmetoder, typer og grader av skader, billedatlas for ulike typer av skader, system for grafisk kartlegging av skadene på bygg, erfaringsdatabase for å bedømme årsaker og konsekvenser av skader, samt forslag til utbedringstiltak, m.m.

Protokollen er PC/GIS basert og utviklet i ArcView. Applikasjonen GISWood er skjematisk vist i Figur 5.



Figur 5: Skjematisk oversikt over informasjonselementer i GISWood.

GISWood gir brukeren et verktøy til å behandle og systematisere data, fra nødvendig grunnleggende bakgrunnsdata som terminologi til detaljerte målingsdata. GISWood er basert på standard ArcView 2.1. ArcView er Windows-basert.

Systemet har både geografiske- og ikke-geografiske informasjonselementer. Grunnleggende informasjon som ikke er geografisk definert, lagres og bearbeides som MS-Office-filer. Kartdata for å finne bygningene må legges inn, disse behandles ved standard ArcView funksjoner. Miljø- og klimadata kan også legges inn som temalag i systemet.

Bygninger registreres med adresse og geografiske koordinater, og deretter kan man legge inn den informasjon man ønsker om bygningen, både som tegninger, bilder og data, så som utførte målinger, og alle måledata. Et registrert hus markeres i GIS med en annen farge på kartet.

Interconsult har utviklet et PC basert inspeksjonssystem for tilstandsanalyse i felt, MM. Hjelpemidlene er en bok med strekkoder for de opplysningene som skal registreres, håndterminal med avleserpenn for strekkoder, spesialkamera, og standard PC. I Wood-Assess-prosjektet er det foretatt en tilpasning av samme system til trehus MMWood1. Det er utviklet eget bibliotek for tilstandsanalyse av

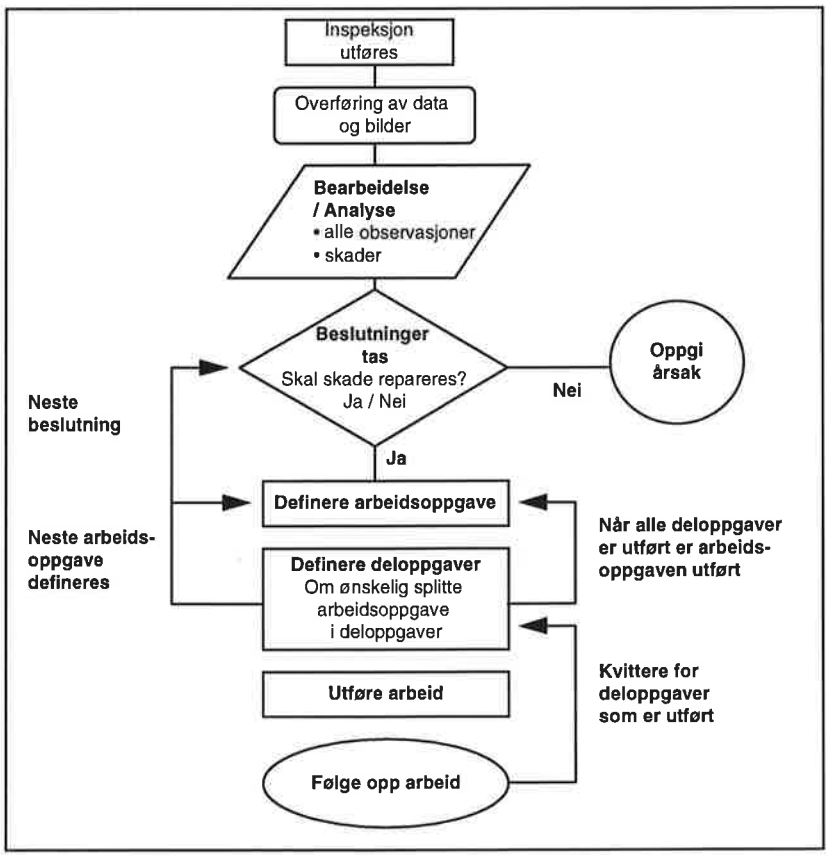
skader på utvendige trebygninger. Registreringen og analysen er bygget opp etter NS 3424

MMWood er et EDB-basert system utviklet for å strukturere arbeidet med inspeksjoner, samt være et hjelpeverktøy i planlegging og oppfølging av vedlikeholdsarbeider. MMWood strukturerer og bearbeider informasjon fra tilstandskontroll og gir et godt grunnlag for å ta riktige beslutninger.

Figur 6 viser en prinsippskisse av MMWood med sammenhenger mellom de enkelte aktivitetene.

Tilstandsanalysen i MMWood kan deles inn i følgende hovedaktiviteter:

- Tilstandsregistrering og innlegging av inspeksjonsdata til håndterminal
- Digitale bilder av observasjoner
- Innlesing av inspeksjonsdata og bilder til PC
- EDB-behandling av inspeksjonsdata og analyse
- Utarbeidelse av arbeidsordre og utskrift av arbeidskort
- Gjennomføring og oppfølging av vedlikeholdsarbeider
- Registrering og tilbakemelding til EDB-system på utførte arbeider
- Rapportering og statistikk over skader, utførte/ikke utførte arbeider.



Figur 6: Prinsippskisse for tilstandsanalysen i MMWood.

Wood-Assess var et EU-finansiert prosjekt med formål å utvikle og dokumentere metoder og teknologi til bruk for å vurdere/analysere tilstanden til ytre del av historiske trebygninger. Det ble utviklet metoder og utstyr for:

- måling av overflatevann og resulterende fuktighet i treet.
- kartlegging av miljørisikofaktorer og -områder for tre og trebygninger på meso- og mikroskalanivå. Et mål var å transformere eller utvikle en ny klimaindeks for mikromiljø på forskjellige steder av bygget og ikke bare på regional basis. Metodene tar utgangspunkt i levetidsmetodikken.

Prosjektet vil bli videreført i et nytt EU-prosjekt. Det vil i videreføringen bli lagt vekt på videreutvikling av tilstandsanalysesystemene. Det vil i tillegg til Norge være deltakere i prosjektet fra Italia, Tyskland, Latvia og Sverige.

3.2 GIS/FDV Trehus

Miljømyndigheter og offentlige/private forvaltere av bygningsmasse har et behov for å kjenne omfanget av og kostnadene forbundet med skader og slitasje, samt mulige tiltak og vedlikeholdsbehov, og de kostnader som er forbundet med dette. Det er også behov for et verktøy til bruk til datainnsamling, tilstandsanalyse og vedlikeholdsplanlegging.

I SFTs LEVE-prosjekt og i EU-prosjektet "Wood-Assess" ble det utviklet slike verktøy, og hovedformålet med prosjektet "PC/GIS-basert verktøy for korrosjonskostnader, tilstandsanalyse og vedlikeholdsplan for utvendige bygninger" var en videreføring av dette arbeidet i samarbeidd med kommunene Oslo, Lillehammer og Voss. Prosjektet er utført av NILU i samarbeid med NORGIT-Senteret, Interconsult og Mycoteam på oppdrag av Norges forskningsråd og KOMTEK-programmet.

Videre kan systemet brukes til å undersøke effekter av ulike utslippsscenarier på levetider og vedlikeholdskostnader for eksponert bygningsmasse.

MMWood ble benyttet til tilstandsanalyse av tre eldre trebygninger, en i hver by.

4. Dose-respons og skadefunksjoner for tre og malt tre

4.1 Sammenhengen mellom miljø og levetid for tre

4.1.1 Temperatur og fuktighet

Biologisk nedbrytning er den viktigste nedbrytningsprosessen for tre. Forskjellige typer av bakterier, insekter og sopp setter alle krav til tilstrekkelig tilgjengelig fuktighet, temperatur og næringsstoffer.

Soppsporer finnes i alt trevirke. For at soppsporene skal spire og soppen skal fortsette å vokse på eller i trevirket, må bestemte betingelser være oppfylt:

- Temperatur mellom 0°C og 40°C, optimal temperatur for flere arter er 20°C-22°C, letal temperatur 35-40°C. En mer detaljert oversikt er vist i Tabell 1.

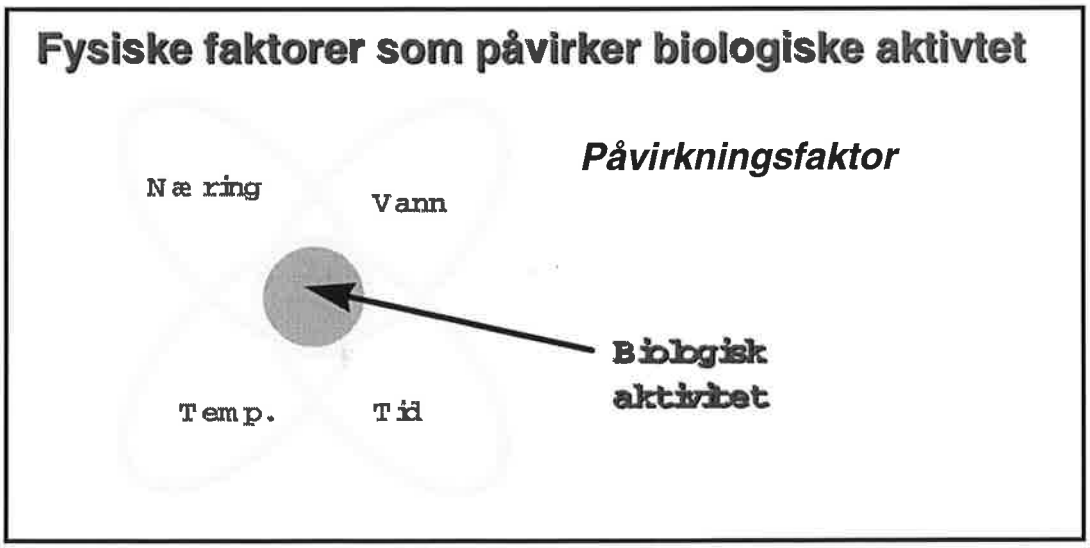
- Trevirket skal inneholde minst 20% vann målt i forhold til treets tørrvekt. For at soppsporene skal spire må fuktinnholdet være over 28%
- Næringsstoffer finner soppene i trevirket
- Tilstrekkelig tilgang på oksygen

Det er et stort sprang fra grensebetingelser for soppens vekst til det punkt der soppen dør.

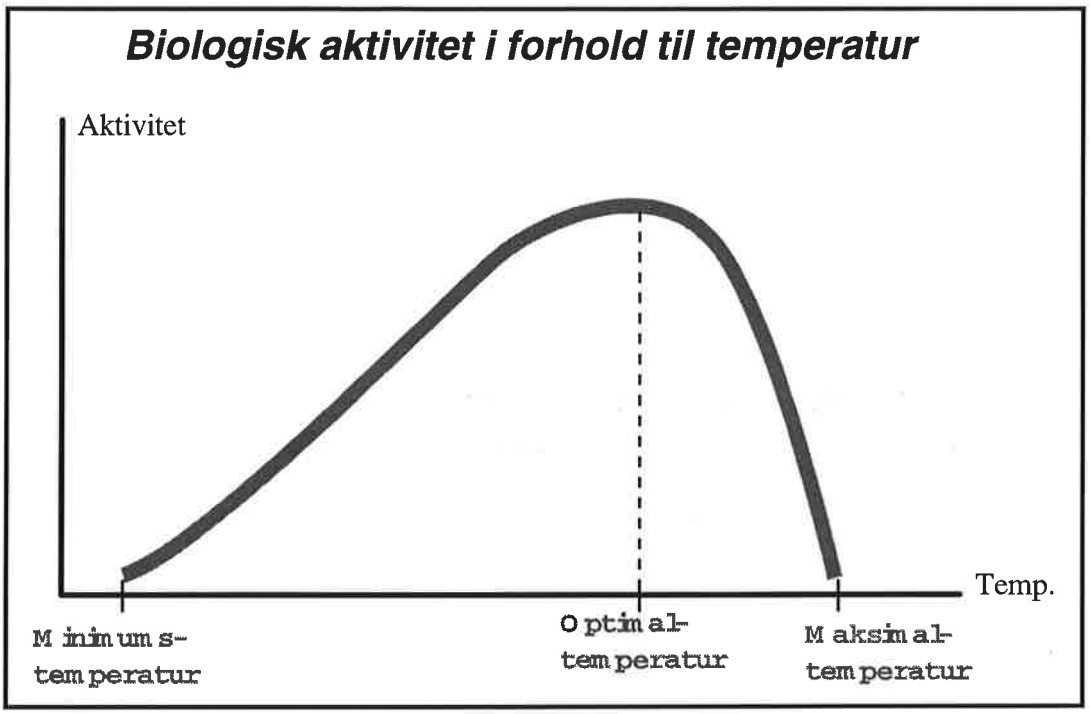
Tabell 1: Temperatur- og fuktighetskrav for vanlige skadesopper i bygninger (etter Mattson & Jenssen, 1991)

	Trefuktighet	Temperatur	
		Optimal	Letal
Barksopp	50-70 %	ca 30°C	ca 50°C
Blåvedsopp	30 %	ca 25°C	ca 45°C
Ekte hussopp	20-55 %	ca 23°C	ca 35°C
Hvit tømmersopp	35-55 %	ca 28°C	ca 45°C
Kjellersopp	30-50 %	ca 23°C	ca 40 °C
Muggsopp	20-150 %	ca 20-45°C	ca 55°C
Vanlig tåresopp	20-150 %	ca 23°C	ca 35°C
Vedmusling	30-50 %	ca 35	ca 75°C

Figur 7 viser de krav til omgivelsene som stilles for mikrobiologisk angrep på tre. Figur 8 viser en typisk temperaturavhengig aktivitetskurve for soppvekst på tre.



Figur 7: Krav til omgivelser for soppvekst på tre



Figur 8: Temperaturkrav for soppvekst

Andre steder i Europa kan insekter være et større problem enn i Norge. Man må derfor gjøre seg kjent med de lokale forholdene når man sammenligner levetider. Selv samme arter kan ha litt andre krav til livsbetingelser/optimum *(genetisk diversitet).*

Fysisk nedbrytning av tre går under normale forhold svært langsomt. Hovedårsakene til nedbrytning er temperatursvingninger og svinn og svelling på grunn av endring i fuktinnhold.

Varierende fuktinnhold vil føre til at trevirket kan sprekke og vri seg. Dette vil sjelden bety noe vesentlig for styrken, men kan ha avgjørende betydning for trekonstruksjonens estetiske og funksjonelle egenskaper.

Temperatur er i seg selv av mindre betydning som nedbrytningsfaktor, men har stor betydning satt i sammenheng med andre faktorer. Ved bruk av temperatur som en faktor må en bestemme hvilken form for temperatur som er viktig, f.eks:

- maksimum- eller minimumstemperatur
- årsmiddeltemperatur, gjennomsnitt for en periode
- temperaturer over eller under en grenseverdi, $t > t_{grense}$
- frost, frostsykler

Dette krever kjennskap til nedbrytningsmekanismen. På samme måte gjelder for fuktighet:

- nedbør og slagregn, antall dager/timer, mengde, vindretning
- relativ fuktighet
- fuktighet i treverket
- overflatefukt
- sykler med fukt/tørke
- tid med høy fuktighet

Wood-Assessprosjektet har kartlagt temperatur og fuktforholdenes påvirkning på bygninger fra makro til mikromiljø.

Time of wetness, TOW, er mye brukt for å kvantifisere antall timer med tilstrekkelig fuktighet, vannhinne, for materialnedbrytning. Ulempen med parameteren er at den er vanskelig tilgjengelig, da den må måles særskilt, istedenfor bruk av meteorologiske data.

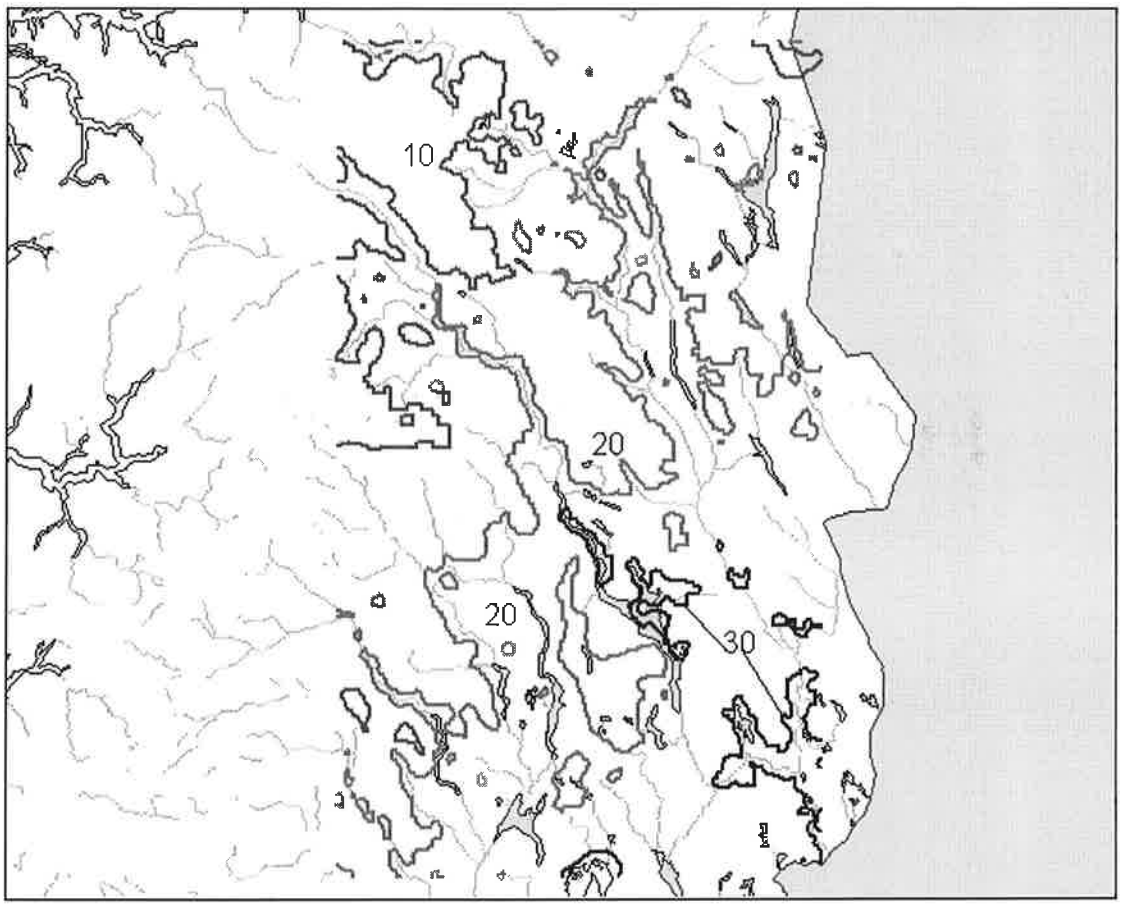
I USA finnes Scheffer's indeks (CRI) som angir råterisiko. Den uttrykt ved nedbørvarighet og temperatur. Scheffer's indeks sammenfatter virkninger av temperatur og fuktighet med tanke på sopp og råte.

$$CRI = \sum_{jan}^{des} \frac{(T-2)(D-3)}{17}$$

hvor: T = månedlig middeltemperatur
D er antall dager med nedbør over 0,25 mm.

Fare for råte er definert som stor når Scheffer's indeks er større 65, moderat mellom 35 og 65, og liten under 35. Scheffer's indeks er utviklet for amerikanske forhold, og amerikanske treslag, og det er nødvendig å definere tilsvarende for norske og europeiske forhold og treslag.

Det er i prosjektet Wood-Assess utarbeidet et GIS-basert system (kart) for deler av Norge som, basert på Scheffer's indeks, viser hvor utsatt et område er/forventet levetid med hensyn på nedbrytning. Et slikt kart er vist i Figur 9. Kartet viser at dette området har liten risiko for råte, CRI er mindre enn 35.



Figur 9: Råterisiko ut fra Scheffers indeks for Hedmark og Oppland

4.1.2 UV-stråling

UV-stråling er en viktig årsak til nedbrytning. Ubehandlet treverk vil nedbrytes i overflaten ved UV-stråler og en sitter igjen med en porøs overflate. Overflaten gir da dårlig underlag for maling eller beis uten grundig forbehandling. Males et slikt underlag direkte, resulterer det i kort holdbarhet, rask oppsprekking og senere avflaking. Man kan da se løse trefibrer på baksiden av malingsflakene. Nytt treverk bør behandles umiddelbart etter montering.

Forholdet mellom nedbrytningshastighet eller mengde som funksjon av UV-stråling er i dag lite kjent. Det er derfor nødvendig med mer forskning på dette området.

4.1.3 Nedbrytning p.g.a. forurensning

Treverket nedbrytes kjemisk ved at vann, oksygen og luftforurensninger som SO_2 reagerer kjemisk med cellulose og lignin og gjør trevirkets overflate sprø. I forhold til andre materialer er imidlertid trevirkets evne til å motstå kjemisk nedbrytning meget stor.

4.1.4 Trebeskyttelse

Det er vanlig å dele opp i konstruktiv og kjemisk trebeskyttelse. Kjemisk trebeskyttelse omfatter alle former for behandling av trevirke med kjemiske stoffer for å redusere faren for ødeleggelse ved biologisk nedbrytning, under brann eller som følge av oppsprekking og vridning.

4.2 Sammenhengen mellom miljø og levetid for maling/overflatebehandling

For vurdering av levetid for maling må man se på både krakkelering/sprekkdannelser, avflaking/avskalling og på nedbrytning av selve malingsfilmen. Nedbrytning av malingsfilmen skjer ved krakkelering og utvikling av sopp.

Fukt og temperatursvingninger gir bevegelse og svinn/svelling i treverket, som igjen kan føre til oppsprekking av malingsfilmen.

Avflaking er når malingsfilmen løsner helt inn til underlaget. Flakingen skyldes fukt i treverket. Når selve malingen er vanntett må fukten komme innenfra eller gjennom sprekker og utettheter i treverk/maling. Avskalling er når siste strøk løsner fra det underliggende. Det skyldes stort sett dårlig grunnarbeid.

Sol og UV-stråling har ulik nedbrytende effekt på forskjellige typer maling og overflatebehandling. Når malingen er eksponert for klimapåkjenninger vil bindemiddelet, og etterhvert pigmentene brytes ned av sol og vaskes ut.

De erfaringene man har i dag tyder på at ulike malinger påvirkes forskjellig av parametere som SO_2, NO_x og O_3. Stoffene virker synergistisk, slik at den samlede nedbrytningen er større enn summen av nedbrytningen stoffene hadde gitt hver for seg.

Klorider viser seg ofte å ha en positiv effekt på levetiden fordi de har en fungicid virkning. Andre forurensningsprodukter har en negativ effekt eller ingen påviselig effekt.

I to store internasjonale prosjekter er det utviklet ulike levetidsfunksjoner for maling og malt/beiset tre.

Fra MOBAK-undersøkelsen:

Malt/beiset tre: $L=1000/(1{,}03(SO_2) + 87{,}5 + 37{,}3(H^+)(regn))$

Fra ECE-prosjektet:

Akrylat på tre:	$L=24{,}84 - 10{,}62*TOW - 0{,}002*SUN$	Krakkelering
Alkyd på tre:	$L=10{,}41 - 0{,}001*TOW*SUN - 0{,}02*(H^+)$	Krakkelering
Akrylat på tre:	$L=28{,}02 - 19{,}22*TOW - 0{,}003*SUN + 1{,}53*(Cl)$	Fungus
Alkyd på tre:	$L=12{,}08 - 13{,}04*TOW + 0{,}65*(Cl)$	Fungus

SO_2 = µg/m³
regn = m/år
SUN = MJ/m²

H^+ = ekvivalenter/liter
TOW = del av året med våttid
Cl = mg/l

5. Datatilgjengelighet for klima - og forurensningsparametere

5.1 Miljø- og klimaparametere

Både for klima- og forurensningsparametere er det store forskjeller lokalt og regionalt. I tillegg kommer variasjoner over tid, som årstider og historikk/ utvikling. Dette gjør at man ikke uten videre kan overføre erfaringer til andre steder eller fram i tid.

5.1.1 Temperatur og fuktighet

For Norge er det store forskjeller i nedbør, fra ca 300 mm i indre deler av Finnmark og Oppland til flere tusen mm på enkelte steder på Vestlandet. Det finnes for de fleste land kart som viser hvordan årsmiddelnedbør variere i landet. Figur 10 viser eksempel på slikt kart.

Årsmiddeltemperaturen for Norge under ett er ca 4°C, med variasjoner fra kyst (7-8°C) til innland, sør til nord, og den avtar med høyden over havet. Denne informasjonen finnes i form av kart.

Det eksisterer også data over dominerende vindretninger. Kartene viser på en oversiktlig måte forskjellen mellom regioner. I tillegg er det nødvendig å ha kjennskap til lokale forhold. Kart utarbeides ut fra eksisterende data blant annet av Statens kartverk.

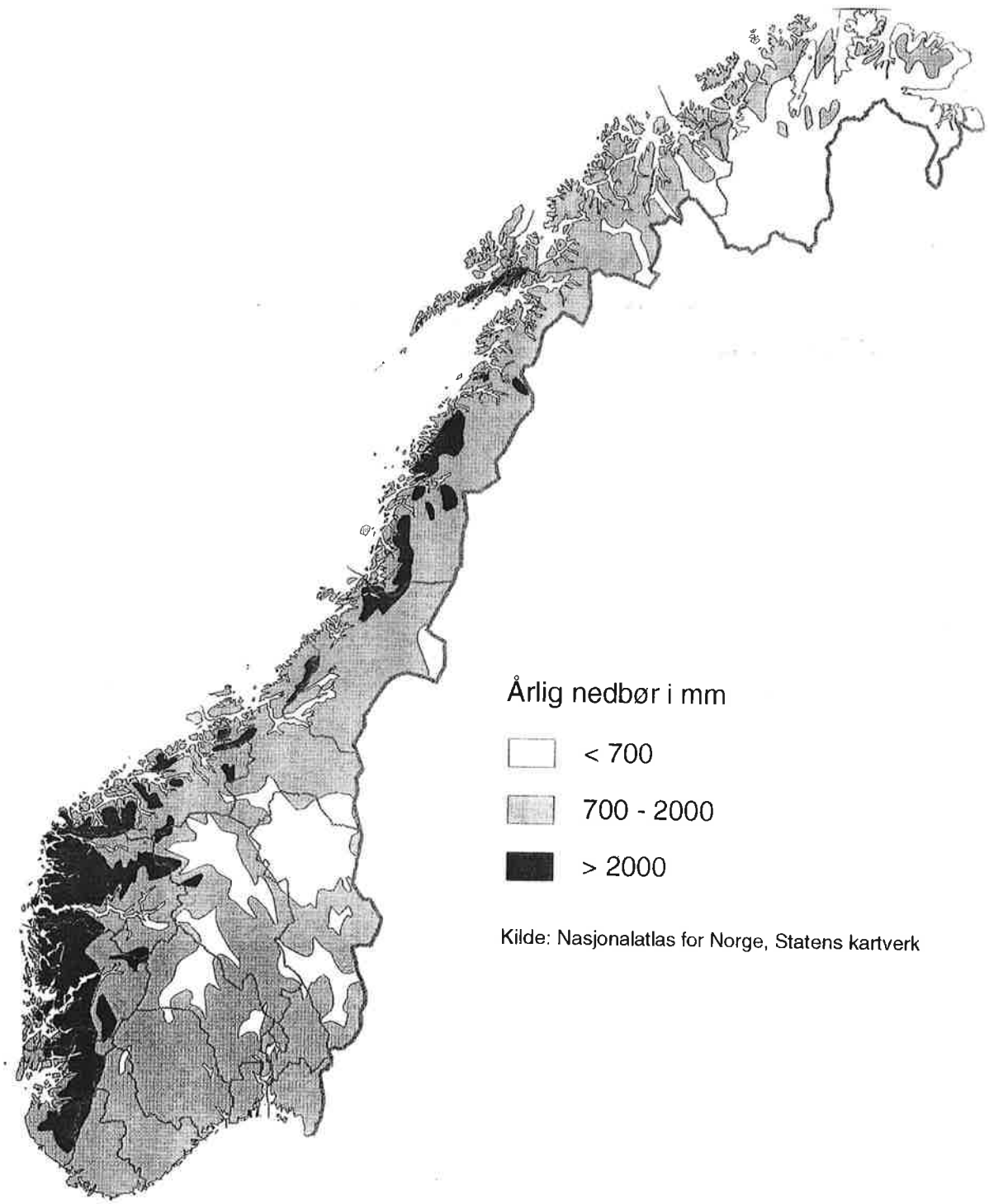
5.1.2 UV-stråling

UV-stråling er en viktig årsak til nedbrytning. For å kunne estimere levetiden for et gitt tilfelle må man ha kjennskap til de lokale forholdene. Faktorer for beregning av UV-stråling er:

- ozonmengde. 1% tynnere ozonlag gir 1-2% økning i UV-stråling.
- solhøyde. Høyere sol gir sterkere UV-stråling.
- høyde over havet, tillegg på 10% pr. 100 meter
- bakkerefleksjoner (snø/ikke snø). Tillegg på opptil 90% utfra snøens hvithet. Man har også et tillegg på 5-10% for beliggenhet ved sjøen.
- skyer, reduksjon med opptil 90%
- aerosoler

Det er utarbeidet kart over Europa som viser UV-mengden for årstiden, blant annet av GRID. Disse gjelder for klarvær og havhøyde, og mengden må justeres for lokale forhold som høyde over havet, helning og retning. Skydekket reduserer UV-verdien med opptil 90%, og er klart den største faktoren. Korreksjonen kan foretas utfra statistiske opplysninger for det aktuelle sted.

Det finnes også forskjellig type utstyr til måling av aktuell UV-mengde. NILU har utviklet UV-måleutstyr som kan kartlegge aktuell skadelig UV-belastning på fasader og tak.



Figur 10: Kart over Norge som viser årlig nedbør i mm.

5.1.3 Annen forurensning

Det finnes flere målestasjoner i Europa for måling av ulike forurensnings-parametere. EMEP-prosjektet har framskaffet måledata for luftforurensning. Det er utarbeidet kart som viser variasjoner i bakgrunnsnivåer for luftforurensning og ozon. Kart finnes på regional skala for store deler av Europa.

Det finnes også lokale kart som viser forurensningsnivå, hvor det også er tatt hensyn til lokale kilder og lokale forhold. AirQUIS er en modell som modellerer lokale forurensningsnivåer ut fra emisjonsdata.

5.2 Forsknings- og utviklingsbehov

Til tross for at det finnes mye tilgjengelig informasjon om miljø- og klimaforhold, nedbrytningsmekanismer og -hastigheter, materialkvalitet mm er det behov for ytterligere forskning og utviklingsarbeid. Av utviklingsbehovene kan følgende nevnes:

1. Metoder for overføring av meteorologiske data fra målestasjoner til GIS-system må utarbeides. Videre utvikles metoder for å transformere opplysningene til lokalklima. Av meteorologiske data kan nevnes:

    - temperatur
    - nedbør
    - vindhastighet og retning

2. Det er nødvendig å utarbeide et kart som viser døgnlige, månedlige og årlige UV-doser for Norge/andre aktuelle områder. Topografi (høyde over havet), refleksjoner (snø, sjø) legges inn. Det som finnes i dag er klarværskart, og man må undersøke mulighetene for å legge inn verdier for skydekke, f.eks ut fra statistikk og meteorologiske data.

3. Det er nødvendig å finne uttrykk for dose-responsfunksjoner for nedbrytning av tre og maling. Funksjonene kan finnes ved målinger/forsøk og sammenkobling av opplysninger fra tilstandsanalyse hvor klima- og forurensnings-eksponeringen er kjent. Det finnes idag mye informasjon, og det pågår arbeid for å skaffe tilveie bedre funksjoner og funksjoner for flere materialer.

4. Oversikt over de viktigste biologiske skadegjørerne i aktuelle land eller regioner.

5. All nødvendig informasjon knyttes sammen i et informasjonssystem.

6. Levetidsdeklarasjon som verktøy

Eksportbedrifter som konkurrerer på det europeiske marked har behov for på en enkel måte å "bevise" kvaliteten og levetiden for sine produkter. Man blir ellers møtt med skepsis, både fra kunder og finansieringsinstitusjoner. Situasjonen vil bli langt enklere dersom man ved hjelp av en levetidsdeklarasjon kunne fortelle om egenskaper. Ofte kan det også være aktuelt å sammenligne med mer tradisjonelle byggematerialer.

Levetidsdeklarasjonen må på en enkel måte vise forventet levetid for hele bygningen og enkelte komponenter. Det må komme fram hvilke forutsetninger som ligger til grunn, både mekaniske og klimatiske påkjenninger, og hva som skal til av vedlikehold.

Deklarasjonen må være en del av et vedlikeholdsprogram, hvor huseier har all nødvendig informasjon om intervaller, materialbruk, utsatte deler som må kontrolleres etc.

7. Referanser

Architectural Institute of Japan (1993) Principal guide for service life planning of buildings. Tokyo, Japan.

British Standards Institution (1992) Guide to Durability of buildings and building elements, products and components (BS 7543:1992).

Caluwaerts, P., Sjöström, Ch. og Haagenrud, S.E. (1996) Service life standards: Background and relation to the European construction products directive. I: *Durability of Building Material and Components, 7.* Ed. by Ch. Sjöström. London, E & FN Spon.

Canadian Standards Association (1994) Guideline to durability in buildings - Draft 9. (CSA-S478-1994)

European Committee for Standardization (1997) Hydrothermal performance of buildings - Climatic data - Part 3: Calculation of a driving rain index for vertical surfaces from hourly wind and rain data. Draft prEN 13013-3. Brussel.

Haagenrud, S.E. (1997) Environmental Characterisation including Equipment for Monitoring. CIB W80/RILEM 140-PSL, SubGroup 2 Report. Kjeller (NILU OR 27/97).

International Organisation for Standardisation (1984) Performance standards in buildings – Principles for their preparation and factors to be considered. Geneve (ISO 6241-1984).

International Organisation for Standardisation (1997) Service Life Planning – Part 2: Service Life prediction Methods. Geneva, (ISO/WD 15686-2.2).

International Organisation for Standardisation (1997) Service Life Planning – Part 1: General principles. Geneva (ISO/WD 15686-1).

Mattson, J. (1995) Råte- og insektskader. Tilstandsanalyse og utbedringstiltak. Oslo, Norges forskningsråd. (Fuktprogrammets skriftserie nr.23).

Norges Byggstandardiseringsråd (1995) Tilstandsanalyse for byggverk. Innhold og gjennomføring. Oslo, Norsk standardiseringsforbund (NS 3424).

Norges Byggstandardiseringsråd (1995) Veiledning til NS 3424 Tilstandsanalyse for byggverk. Innhold og gjennomføring. Oslo, Norsk Standardiseringsforbund (P 378).

Scheffer, T.C. (1970) A climate index for estimating potential for decay in wood structures above ground. *Forest products journal, 21*, 10-25.

European Organisation for Technical Approvals (1997) Assessment of working life products. PT3 Durability. (TB97/24/9.3.1.)

Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE OR	RAPPORT NR. OR 23/98	ISBN 82-425-0974-3 ISSN 0807-7207	
DATO MAI 1998	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 28	PRIS NOK 45,-
TITTEL Bestandighet og levetid for norske trehus Kunnskap og erfaringer		PROSJEKTLEDER Guri Krigsvoll NILU PROSJEKT NR. O-1959	
FORFATTER(E) Guri Krigsvoll, Svein Haagenrud		TILGJENGELIGHET * A OPPDRAGSGIVERS REF. John Vigrestad	
OPPDRAGSGIVER Norsk Treteknisk Institutt Postboks 1213 Blindern 0314 OSLO			
STIKKORD Tre	Levetid	Bestandighet	

REFERAT:
Eksportører av ferdighus har etterhvert fått behov for å dokumentere trehusets egenskaper, bestandighet og levetid. For å bestemme nedbrytning av et bygningsmateriale, må en kartlegge de viktigste faktorene. Nedbrytningshastigheter uttrykkes ofte som dose-responsfunksjoner. Disse er funnet eksperimentelt, og kombinert med krav til kvalitet, overføre til skadefunksjoner. Skadefunksjon kan også finnes ved metodiske tilstandsanalyser. For treverk vil kombinasjonen av fuktighet og temperatur være de viktigste nedbrytningsfaktorene.
Det er de siste årene gjort mye for å standardisere begreper og metodikk for beregning eller estimering av levetid. Faktormetoden er en standardisert metode for å estimere levetiden for en bestemt komponent under bestemte forhold. Metoden tar utgangspunkt i en referanseverdi.

TITLE

Durability and service life for Norwegian wooden houses. Knowledge and experiences.

ABSTRACT
In the recent years a lot of work has been done to standardise the methodology for estimates of service life. The factor-method is a standardised method to estimate service life for a component or material under certain conditions. The method uses a referance value.

** Kategorier:*
A Åpen - kan bestilles fra NILU
B Begrenset distribusjon
C Kan ikke utleveres