

# Het bepalen van de levensduur van bouwdelen : prestaties, onderhoud en duurzaamheid

**Citation for published version (APA):**

Hermans, M. H. (1994). *Het bepalen van de levensduur van bouwdelen : prestaties, onderhoud en duurzaamheid*. conference; Themadag Onderhoud en Duurzaamheid methodieken; 1994-02-17; 1994-02-17.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1994

**Document Version:**

Het geaccepteerde manuscript inclusief aanpassingen uit het peer-review proces

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

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

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

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

# Het bepalen van de levensduur van bouwdelen; prestaties, onderhoud en duurzaamheid

*Ir. M. H. Hermans*  
*Technische Universiteit Eindhoven*  
*Januari 1994*

## **Inleiding**

In dit paper worden de theoretische achtergronden van het onderzoek "Het voorspellen van de duurzaamheid van bouwdelen" nader beschouwd, waarbij de nadruk zal liggen op prestaties van bouwdelen en de invloed van onderhoud daarop. Tijdens de voordracht op 17 februari zal de theorie nader toegelicht worden aan de hand van voorbeelden die betrekking hebben op gevels van gebouwen.

Het onderzoek "het voorspellen van de duurzaamheid van bouwdelen" is een promotieonderzoek dat past binnen het onderzoeksprogramma van de leerstoelgroep van Prof. ir. H.A.J. Henket, waar sinds een aantal jaren onderzoek verricht wordt naar de prestatiebeheersing van gebouwen. Het onderzoek naar het voorspellen van de duurzaamheid van bouwdelen is gestart in oktober 1990, de geplande einddatum is oktober 1994.

## **State of the Art**

1. Bij aanvang van het promotieonderzoek bevond ook het onderzoek "Materiaaltechnologie en duurzaamheid van bouwdelen", voorgesteld door de CUR, uitgevoerd onder auspiciën van de Programma Coördinatie Raad (PCR) en gecoördineerd door TNO-Bouw zich in het beginstadium. Hoofdpzets van het onderzoek "Materiaaltechnologie en levensduur van bouwdelen" was het in kaart brengen van bestaande kennis op het gebied van duurzaamheid en het tegelijkertijd aangeven van bestaande lacunes in de beschikbare kennis. Het eindresultaat was een rapport waarin aan de hand van de deelrapporten opgesteld door de deelnemende onderzoeksinstituten, een onderzoeksprogramma getiteld "DURANICA" beschreven werd. De belangrijkste conclusies van dit onderzoek waren:

- Het is van groot belang meer aandacht te besteden aan het verschil in duurzaamheid van materialen ten opzichte van de duurzaamheid van bouwdelen. De effecten van vormgeving, afwerking, aansluitingen en productie en transport blijken van zeer grote invloed. Meer onderzoek hiernaar is dringend gewenst.
- Het is aan de andere kant echter niet mogelijk de duurzaamheid van bouwdelen uitsluitend te bepalen aan de hand van de ontwerp-

en uitvoeringsgegevens. Materialenkennis blijft een noodzakelijke voorwaarde voor het verkrijgen van inzicht in degradatieprocessen. Juist de onderlinge koppeling van de disciplines materiaalkunde, civiele techniek en bouwkunde is van elementair belang.

- Kwantitatieve modellen om de degradatie van materialen te voorspellen bestaan nog nauwelijks. Beschrijvende modellen gevonden in laboratoriumomstandigheden blijken in de praktijk weinig toepassing te vinden, naar alle waarschijnlijkheid door een gebrek aan overeenkomst tussen praktijk en laboratoriumsituatie. Hierdoor berusten voorspellingen voornamelijk op de eigen ervaring van de betrokken onderzoekers.
- Gezien het aantal complicerende factoren bij het voorspellen van de duurzaamheid van bouwdelen, mag verondersteld worden dat de situatie daar nog meer dan bij het materiaalkundig onderzoek, berust op persoonlijk inzicht en ervaring. Gedegen en systematisch onderzoek naar het gedrag van bouwdelen en materialen in bestaande gebouwen lijkt van wezenlijk belang om voorspellingen meer te kunnen steunen op kennis. Alleen op die wijze kunnen ook betrouwbare gegevens, die overeenkomen met de praktijk, verkregen worden.

2. Ondanks de belangstelling de laatste jaren voor de onderhoudsproblematiek (denk bijvoorbeeld aan de toename van het aantal onderhoudsbeheersingspakketten), is er vrijwel geen kwantitatieve kennis beschikbaar over de daadwerkelijke invloed van onderhoud op de prestatie van een bouwdeel.

Er zijn globaal twee stromingen te onderkennen;

- Onderhoudsadviesbureaus adviseren hun klanten op basis van ervaringsgetallen over bestaande gebouwen en door inventarisatie van de behoeften van de gehuisveste organisatie ten aanzien van een benodigd onderhoudsprogramma. De methode die daarbij gebruikt wordt kan beschreven worden als een sanctioneringsmethode: De gebruikte (ervarings-) gegevens worden als geldig beschouwd totdat iemand op basis van nieuwe informatie tot een bijstelling komt. Voordeel van deze methode is de snelle beschikbaarheid van het advies en de relatief geringe inspectieinspanning (visueel met gebruik van eenvoudige hulpmiddelen). De afhankelijkheid van de ervaring en het inzicht van een inspecteur is echter groot. Een vuistregel kan juist voor een specifiek gebouw niet opgaan.
- Materiaalkundigen proberen door zo veel mogelijk te weten te komen

over optredende degradatieprocessen kwantitatieve informatie te verkrijgen over de conditie van een materiaal gebruikt in een bouwdeel. Door deze degradatieprocessen te kwantificeren en te wegen ten aanzien van hun belang voor de duurzaamheid van de totale gevel, proberen zij tot een indicatie te komen over de levensduur van de totale gevel. De gebruikte inspectiemethoden zijn over het algemeen relatief duur (destructieve en niet-destructieve meetmethoden).

Binnen de lopende onderzoeken en publikaties op het gebied van inspectiemethoden (b.v. Brite Euram project uitgevoerd door Damen Consultants), materiaaltechnologie (b.v. CUR, TNO-Bouw), de ontwikkeling van levensduurcatalogi (b.v. NWR, SBR) en meerjarenonderhoudsplannen (b.v. Misset) wordt het feitelijke effect van onderhoud op de prestaties van een bouwdeel slechts zijdelings behandeld. De effectiviteit en efficiëntie van onderhoud is op dit moment dan ook nauwelijks controleerbaar.

3. De genoemde onderzoeksprojecten zijn over het algemeen gericht op traditionele woningbouw. Informatie over niet-traditionele bouwwijzen of bouwwijzen die specifiek voor utilitaire gebouwen gebruikt worden is nauwelijks beschikbaar.

### **Uitgangspunten onderzoek**

Binnen het onderzoeksprogramma "Prestatiebeheersing van gebouwen en bouwdelen" worden methoden ontwikkeld voor het verzamelen van empirische prestatie-gegevens van gebouwen. Hiervoor wordt in twee richtingen onderzoek verricht: Veranderbaarheid van gebouwen (de aanpassing van gebouwen op veranderende eisen) en duurzaamheid van gebouwen (het blijven voldoen van een gebouw aan gestelde eisen). Dit paper betreft het laatste onderwerp.

Een van de belangrijkste uitgangspunten van het promotieonderzoek is het onderscheid tussen materiaalgedrag en bouwdeelgedrag. In het bestaande materiaalkundige onderzoek is tot nu toe te weinig rekening gehouden met de effecten van het gebruiken van een materiaal in een bouwkundige context. Juist het vormgeven aan een materiaal en het toepassen van een materiaal in samenhang met andere materialen zorgen ervoor dat het gedrag van een bouwdeel afwijkt van het gedrag van de samenstellende materialen. Inzicht in de relatie tussen ontwerpbeslissingen en gedrag is er nog nauwelijks.

De te ontwikkelen methode gaat uit, zoals al opgemerkt, van te verzamelen empirische gegevens. Reden hiervoor is de betrouwbaarheid van gegevens van bestaande gebouwen. Duurzaamheidsgegevens uit laboratoriumopstellingen zijn in de praktijk vaak moeilijk te vertalen naar werkelijke situaties.



Probabilistische methoden gaan uit van de beschikbaarheid van empirische gegevens. Nadeel van het gebruik van empirische gegevens is het feit dat elk gebouw uniek is, ten minste wat de locatie betreft, maar vaak ook van samenstelling. Hiervoor dient een oplossing gevonden te worden.

In het onderzoek wordt gestreefd naar een methode waarmee gegevens verzameld kunnen worden die bruikbaar zijn om in een vroeg stadium van het (ontwerp)proces beslissingen te onderbouwen die van invloed zijn op het presteren van een bouwdeel tijdens het gebruik. Deze methode is in principe onafhankelijk van een bepaalde bouwwijze.

Bij het bestuderen van beschikbare literatuur ten aanzien van duurzaamheid kunnen, mede op basis van het bovenstaande, de volgende problemen worden geconstateerd:

1. Alhoewel uit bestaande literatuur ten aanzien van gebouwgebreken blijkt dat aansluitingen voor een groot deel verantwoordelijk zijn voor het falen van een bouwdeel, is naar het presteren van aansluitingen nauwelijks onderzoek verricht. Ook het systematisch beschrijven van bouwdelen op basis van te leveren prestaties komt vrijwel niet aan bod.
2. Geldende prestatie-eisen zijn slechts zelden vertaald in bouwdeel- en/of materiaaleigenschappen. Dit bemoeilijkt de meetbaarheid van "duurzaamheid".
3. Het feitelijke verloop van de prestatie van een bouwdeel is niet voldoende in kaart gebracht. Over het algemeen wordt aangenomen dat voor de meeste prestaties geldt dat in de loop van de tijd een vermindering optreedt, aanvankelijk langzaam, vervolgens steeds sneller.

Het onderzoek naar duurzaamheid aan de TUE richt zich dan ook op het beschrijven van bouwdelen op basis van prestaties en het verloop van die prestaties ten gevolge van degradatie. De factoren van invloed op prestaties worden beschreven op basis van hypothesen die aan de hand van praktijkinformatie getoetst (=gekwantificeerd) en verbeterd kunnen worden.

## **Inhoud van het onderzoek**

### Prestaties van gebouwen en bouwdelen

Binnen het onderzoek "duurzaamheid van bouwdelen" wordt uitgegaan van een "vraag-aanbod" model: De vraag bestaat uit een set van gestelde prestatie-eisen. Deze eisen zijn minimaal gelijk aan de eisen zoals vastgelegd in het Bouwbesluit. Het aanbod uit een "materialisatie": het gebouw met de samenstellende bouwdelen.

Via een aantal vertaalslagen worden eisen toegewezen aan (combinaties

van) bouwdelen; Bouwdelen voldoen aan eisen door het leveren van prestaties. Deze prestaties dienen dus getoetst te worden aan de eisen. Bij voorkeur dient deze toetsing in een zo vroeg mogelijk stadium uitgevoerd worden, zodat aanpassing tegen zo gering mogelijke inspanningen mogelijk is. De prestaties van bouwdelen worden bepaald door eigenschappen van bouwdelen met betrekking tot materialen, vorm en aansluitingen.

Voor een aantal prestaties zijn op dit moment rekenmethoden beschikbaar die materiaaleigenschappen en vormeigenschappen combineren tot prestaties binnen een set van rekenformules. (b.v. sterkteleer, bepalingsmethoden voor thermische isolatie en daglichttoetreding), voor andere zijn de in de normen gegeven methoden destructief van aard: zij kunnen past getoetst worden nadat er een proefmodel gemaakt is (brandwerendheid). Bestaande kennis wordt binnen het onderzoek in kaart gebracht.

De levensduur van een bouwdeel ten aanzien van een bepaalde prestatie-categorie wordt bepaald door het moment waarop het bouwdeel juist niet meer kan voldoen aan de gestelde eisen (fig. 1). "De" levensduur van een bouwdeel wordt bepaald door de kortste levensduur ten aanzien van elk van de te leveren prestatienivo's. Het bereiken van deze levensduur betekent overigens niet dat het bouwdeel rijp is voor sloop: In veel gevallen zal het rendabel zijn om via een herinvestering het bouwdeel weer te laten voldoen aan de eisen.

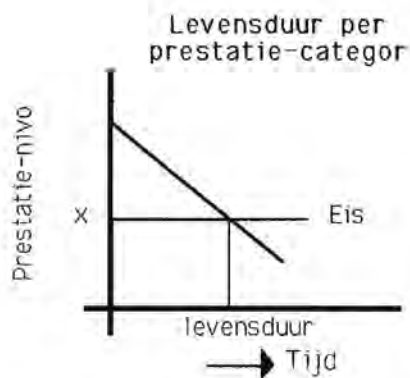


Fig. 1. De levensduur van bouwdelen

### Degradatie van bouwdelen

Eigenschappen van bouwdelen veranderen in de loop van de tijd ten gevolge van de inwerking van externe invloeden. Deze verandering van eigenschappen wordt degradatie genoemd als de invloed ervan op prestaties negatief is. De mate van verandering hangt af van de hoeveelheid degradatiefactoren in de directe omgeving van een bouwdeel en de gevoeligheid van een bouwdeel voor een bepaalde degradatiefactor. De hoeveelheid degradatie is soms aan een

maximum gebonden, bijvoorbeeld als de degradatie het laagdikteverlies betreft (fig. 2).

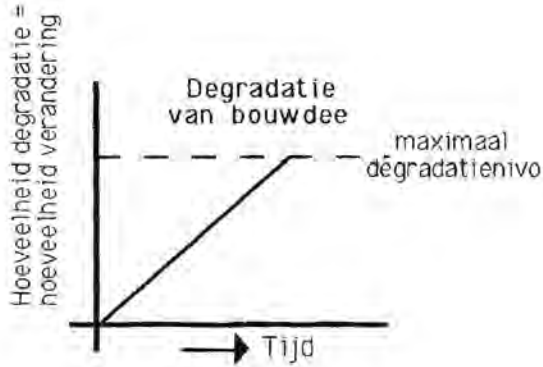


Fig. 2. Degradatie

De hoeveelheid degradatiefactor hangt natuurlijk af van klimatologische omstandigheden en luchtverontreiniging, maar wordt ook beïnvloed door gebouwgebonden invloeden zoals de detaillering, de aanwezigheid van overstekken, de gekozen oriëntatie e.d. Ook factoren van invloed op de degradatie worden in het onderzoek nader uitgewerkt.

De gevoeligheid van bouwdeelen hangt af van de gevoeligheid van de gebruikte materialen, maar ook van de gevoeligheid van de gebruikte aansluitingen. De relatie tussen degradatie en prestatie is over het algemeen niet 1 op 1 vertaalbaar: De toename van degradatie is vaak niet (recht)evenredig met de afname van de prestatie (fig.3). Deze relaties dienen inzichtelijk gemaakt te worden.

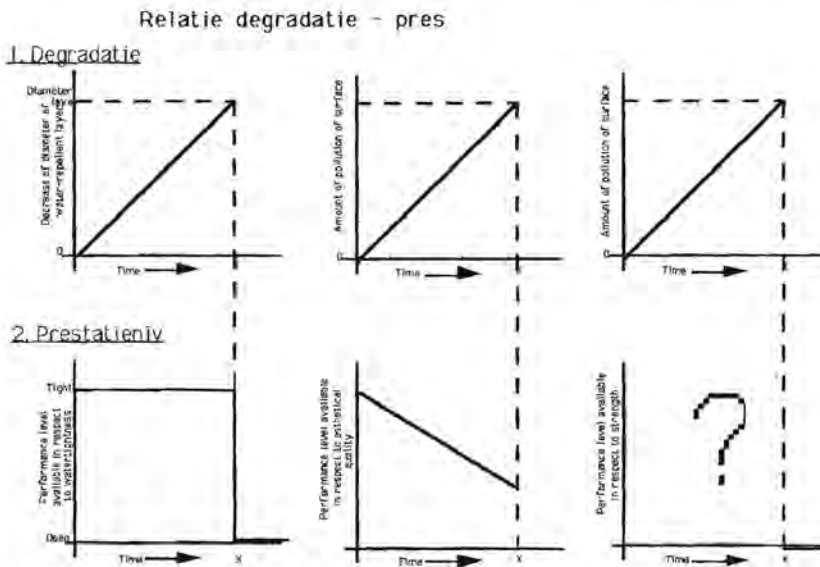


Fig. 3. De relatie tussen degradatie en prestatie

De invloed van onderhoud op de degradatie van bouwdelen

Onderhoud kan van invloed zijn op de hoeveelheid degradatiefactor (reiniging) of op het effect van degradatie (reparatie) (Fig. 4).

De mogelijkheden voor onderhoud hangen af van een aantal factoren:

1. de "reinigbaarheid" van het bouwdeel
2. de "repareerbaarheid" van het bouwdeel
3. de bereikbaarheid van het bouwdeel
4. de "verwijderbaarheid" van de degradatiefactor
5. de "repareerbaarheid" van de degradatie

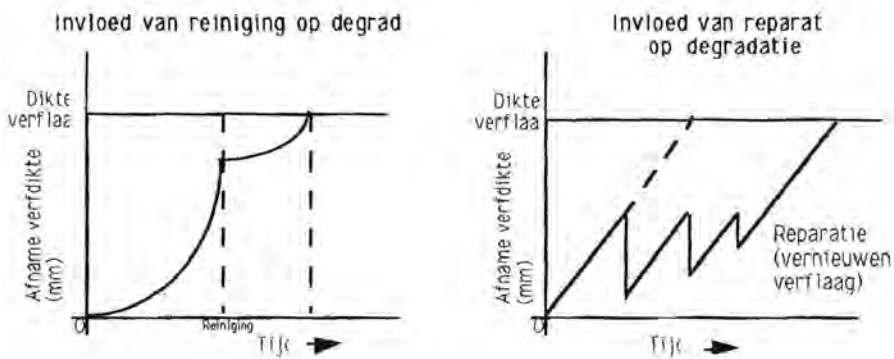


Fig. 4. Invloed van onderhoud

Keuze uit alternatieven

Tijdens het ontwerpproces dienen verschillende alternatieven voor bouwdelen die dezelfde prestaties kunnen leveren afgewogen te worden tegen de kosten voor investeringen en onderhoud. Hierbij dient uitgegaan te worden van de totale levenscycluskosten tijdens de bij een bepaald



onderhoudsprogramma bereikte levensduur. Het goedkoopste alternatief kan dan gekozen worden.

**Voorbeeld: Gevels**

Aan gevels worden eisen gesteld met betrekking tot prestaties ten aanzien van veiligheid, comfort, ergonomie en perceptie. De geleverde prestaties zijn voor een deel constant, terwijl een ander deel zal degraderen in de tijd (fig. 5).

Prestati Groep	Prestatie categc (ISO 624
	<b>Groep 1: Degraderende prestat</b>
Veiligheid	Sterkte, stijfheid en stabiliteit Brandwerendheid Bescherming tegen schadelijk gedierte Bescherming tegen schadelijke stoffen
Comfort	Dichtheid Thermische isolatie Akoestische isolatie
Ergonomie	Daglichttoetreding Hanteerbaarheid
Perceptie	Esthetische kwaliteit
	<b>Groep 2: Niet veranderende presta</b>
Veiligheid	Vluchtmogelijkheden Ongehinderde doorgang
Ergonomie	Toegankelijkheid Mogelijkheden voor uitzicht Bruikbaarheid van ruimten

*Fig.5 Prestaties van gevels*

Het geleverde prestatienivo hangt af van gekozen materialen, afmetingen en de samenstelling van materialen tot pakketten en in aansluitingen. Om de prestatie van de gevel te beoordelen is het nodig de onderdelen van de gevel elk op hun functie te beoordelen (b.v. drager, scheider, voorziening).

Degradatie wordt veroorzaakt door chemische, biologische, fysische en mechanische factoren:

Chemische degradatie ten gevolge van aantasters aanwezig in luchtverontreiniging kan vertraagd worden door het regelmatig reinigen van de gevel.(Dit reinigen op zich kan echter ook weer aanleiding zijn tot degradatie,

b.v. doordat het reinigingsmiddel het te reinigen bouwdeel aantast) Chemische aantasting ten gevolge van materiaal incompatibiliteit tussen verschillende delen van een bouwdeel is niet met onderhoud te bestrijden. Hier zal het bouwdeel aangepast moeten worden.

Onder mechanische degradatie is vaak schade ten gevolge van gebruik te rekenen. Speciaal de hoekpunten van een gebouw op straatniveau staan aan dit soort beschadiging bloot. De bron van degradatie is hier alleen door toevoeging van hulpmiddelen die de gebruiker op afstand houden te verminderen.

Biologische schade (algae, schimmels, mossen) is in veel gevallen gerelateerd aan de heersende temperatuur en relatieve vochtigheid. Behalve gebruiksomstandigheden, is hier ook een goed ontwerp (b.v. ventilatiemogelijkheden) van belang. Onderhoud zal wel de gevolgen in meer of mindere mate kunnen wegnemen, maar slechts zelden de oorzaak, terwijl in een aantal gevallen m.n. het schilderen van bouwdeelen aanleiding kan zijn voor vochtproblemen.

Fysische schade is schade gerelateerd aan de inwerking van het klimaat op een gebouw. Ontwerpfactoren zijn hier vaak bepalend; door weloverwogen kwetsbare bouwdeelen te beschermen tegen (overmatige) blootstelling aan zon en regen is de prestatie van het bouwdeel te verlengen. Reparatie zal in een aantal gevallen mogelijk zijn, reiniging heeft meestal weinig zin.

De hoeveelheid degradatie zal behalve van de locatie van het gebouw (aan zee, langs 't spoor, in het binnenland) met name afhangen van de hoeveelheid degradatiefactor op micronivo. Aansluitingen blijken gevoelige plaatsen, waarbij horizontale aansluitingen meer vuil en vocht verzamelen dan verticale aansluitingen. Is een overstek voor sommige geveltypen een "must", voor andere gevels kan juist het schoonspoelen door regen een voorwaarde zijn voor lang gebruik. Terwijl een overstek bovendien nadelig is voor bijvoorbeeld de daglichttoetreding.

De "onderhoudbaarheid" van gevels is een belangrijk punt van aandacht:

- De "repareerbaarheid" is bij alle typen gevels van belang. Zo bleek in het verleden dat kunststof gevels, vaak gewaarmerkt als "onderhoudsvrij", bij toch optredende schade slechts tegen hoge kosten te repareren waren.
- De "bereikbaarheid" van de gevel is met name van belang voor gevels die regelmatig gereinigd dienen te worden (b.v. aluminium (vlies-)gevels aan zee). Behalve "klimtijden" dient hier echter ook rekening gehouden te worden met de feitelijke bereikbaarheid van het bouwdeel ter plaatse: onderdelen van de gevel binnen in de gevel of gelegen achter andere bouwdeelen zijn slecht bereikbaar, tenzij voorliggende delen eenvoudig verwijderd kunnen worden.

- De beschikbaarheid van reinigingstechnieken dient afgewogen te worden tijdens het ontwerp.

Tenslotte: Zoals gezegd hangt de levensduur van gevels af van zowel de geleverde prestaties als de eisen. Een degradatie die van invloed is op een prestatie die niet gevraagd wordt, hoeft (in principe) niet tegengegaan te worden. Al kan het in sommige gevallen wenselijk zijn het gebouw niet zozeer op het eisenniveau van de eigen organisatie in stand te houden, maar het meer marktconform in conditie te houden.

De effectiviteit van het onderhoud is afhankelijk van de mate waarin het gestelde doel (verbetering of verlenging van geleverde (en gespecificeerde) prestatie) bereikt is. De efficiëntie van het onderhoud is afhankelijk van de kosten waartegen deze verbetering of verlenging gerealiseerd is in relatie tot de kosten van alternatieven.

Als een groot deel van de activiteiten in een meerjarenonderhoudsplanung gericht zijn op het esthetisch instandhouden van bouwdelen, terwijl aan het gebouw geen specifieke esthetische eisen gesteld worden, dan verdient het overweging het onderhoud te beperken tot technisch noodzakelijk onderhoud.

#### Algemene conclusies op basis van beschreven theorie

In plaats van te streven naar "minder onderhoud", zou beter gestreefd kunnen worden naar een beter prestatie-nivo bij aanvang van het gebruik. Een aantal prestaties staat vast vanaf het begin, ze degraderen niet. Ligt het aanvangsnivo onder het gewenste nivo, dan helpt onderhoud zeker niet. Een herinvestering is de enige oplossing, als aanpassen van de eisen niet mogelijk is. Voor andere prestaties dient afgewogen te worden of onderhoud überhaupt mogelijk is en wat dan het effect van het onderhoud is. Dit effect hoeft niet gelegen te zijn in een daadwerkelijke verbetering van de prestatie, maar kan ook een verlenging van een gelijk prestatienivo zijn.

Vanuit prestatie-oogpunt is er geen aanleiding om bij voorbaat te streven naar "onderhoudsvrije" of "onderhoudsarme" gebouwen. Afgezien van economische en budgettaire perikelen die ervoor kunnen zorgen dat het "handiger" is om uitgaven op een bepaald moment in de tijd te concentreren, is er weliswaar een sterke behoefte om de onderhoudsbehoefte van een gebouw te controleren, maar kan niet per definitie gesteld worden dat een gebouw dat weinig onderhoud vraagt een "goed" gebouw is.

Het ontwerpen van "onderhoudsvrije" bouwdelen kan nastrevenswaardig zijn, indien bij onvoorziene schade het "onderhoudsvrije" bouwdeel onderhoudbaar blijkt te zijn.