



Kosten en Baten van Duurzaam Bouwen

Voorbeeldprojecten

15 mei 2002





Colofon

Uitgegeven door: Duurzaam Bouwen Advies en Kenniscentrum (DAK)

Informatie: L.J.E. Dujsens
Telefoon: 030- 285 78 39
Fax: 030- 285 81 95

Uitgevoerd door: D.S. Beerda (Bouwdienst), L.J. E. Dujsens (Bouwdienst), L. Gerritse (DWW), J.R.P. Nijland (DWW) en G.A. Schweitzer (Bouwdienst)

Opmaak: -

Datum: 15 mei 2002





Inhoudsopgave	5
1 Inleiding	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Doelstelling	7
1.3 Afbakening	7
1.4 Keuze projecten	8
2 Werkwijze	9
2.1 Inleiding	9
2.2 Economische kader	9
2.3 Weergave van kosten en baten in de tijd	12
2.4 Vergelijking van kosten en baten in de tijd	13
2.5 Tijdshorizon	14
2.6 Rendement van de milieumaatregelen	14
3 Renovatie Geewbruggen	15
3.1 Inleiding	15
3.1.1 Beschrijving project	15
3.1.2 Waarom LED-seinen	16
3.2 Investeringsanalyse	16
3.2.1 Stichtingskosten	16
3.2.2 Exploitatiekosten	17
3.2.3 Beoogd milieueffect	17
3.2.4 Resumerend	18
3.2.5 Kanttekeningen	19
3.2.6 Baten beoogde milieueffecten	19
4 De 2^e Beneluxtunnel	21
4.1 Inleiding	21
4.1.1 Beschrijving van het project	21
4.1.2 Waarom fijn zand in beton	21
4.1.3 Waarom geregelde verlichting	22
4.2 Investeringsanalyse	22
4.2.1 Investeringsanalyse fijn zand in beton	22
4.2.2 Investeringsanalyse energiebesparende maatregelen	23
4.2.3 Baten beoogde milieueffecten	23
5 Conclusies en aanbevelingen	25
Bronnen	27



1 Inleiding



1.1 Aanleiding

Om het Nationale Pakket Duurzaam Bouwen in de GWW en daarmee duurzame ontwikkeling binnen GWW-sector geïnitieerd en geïnternaliseerd te krijgen bij zowel Rijkswaterstaat als de lagere overheden is het van groot belang helder inzicht te verschaffen in de financiële consequenties van de toegepaste duurzaam bouwen maatregelen.

1.2 Doelstelling

Doel van deze verkennende kosten- en baten analyse is aan te geven wat de kosten en baten van duurzaam bouwen (DuBo) maatregelen werkelijk zijn. Hierbij is het achterliggende doel om aan te geven dat DuBo-maatregelen ook kostenneutraal kunnen zijn en in veel gevallen zelfs win-win-situaties kunnen creëren (milieu- en financieel voordeel).

Om het voorgestane beleid ten aanzien van duurzaam bouwen van de beleidsdirecties van het ministerie van Verkeer en Waterstaat te ondersteunen en kracht bij te zetten is het zinvol om, voor een aantal infrastructurele projecten waar duurzaam bouwen maatregelen in het recent verleden zijn voorgesteld en/of in de praktijk zijn gerealiseerd, een kosten/baten analyse uit te voeren.

Bij de start van het onderzoek werden besluitvormers en uitvoerenden met beslissingsbevoegdheid zoals projectleiders bij Regionale directies als doelgroep gezien. Gezien het theoretische karakter van het onderzoek en het beperkte succes bij het vinden van betrouwbare kosteninformatie omtrent aansprekende voorbeeldprojecten lijkt het echter beter om deze rapportage in beperkte kring te verspreiden. De reden voor beperkte verspreiding is gelegen in het feit dat in deze rapportage maar twee voorbeeldprojecten nader zijn uitgewerkt. Deze rapportage richt zich derhalve met name op Dubo-deskundigen binnen Rijkswaterstaat.

1.3 Afbakening

De analyses in dit rapport beperken zich tot de kosten en baten van DuBo-maatregelen die samenhangen met de initiële investering, de exploitatie en het beheer en onderhoud van het te realiseren object. Er zijn ook gevallen denkbaar waarin DuBo-maatregelen effect hebben op maatschappelijk relevante zaken als filevorming en omrijhinder. Bij de voorbeelden in deze rapportage is daar echter geen sprake van. In enkele gevallen is het mogelijk om milieuvoordelen van DuBo-maatregelen in geld uit te drukken¹. In deze rapportage zijn alleen de reducties van CO₂, SO_x en NO_x-emissies als gevolg van energiebesparing in geld gewaardeerd, omdat deze waardering op dit moment te onderbouwen valt op een wijze die enig draagvlak heeft.

¹ Zie CUR Rapportage D36 d en CUR COB rapportage N420

1.4 Voorbeeldprojecten



Binnen Rijkswaterstaat zijn de laatste jaren tal van aansprekende voorbeeldprojecten met betrekking tot duurzaam bouwen uitgevoerd². In deze studie was het oorspronkelijke doel zowel van natte natte als droge projecten een kosten baten analyse uit te voeren. Door gebrek aan betrouwbare kosteninformatie met betrekking tot de uitgevoerde duurzaam bouwen maatregelen zijn de analyses beperkt gebleven tot een tweetal projecten. De maatregelen die in deze projecten genomen zijn hebben betrekking op het (zuinig) gebruik van materialen en energiebesparing.

Voor de volgende projecten is een kosten-baten analyse uitgevoerd:

- Toepassing fijn zand en dimbare verlichting bij de 2^{de} Beneluxtunnel;
- Vervanging van de elektrische installatie van de Geeuwbruggen te Sneek.

Bij de keuze voor deze projecten is tevens de mate waarin kwantitatieve gegevens voorhanden waren mede bepalend geweest.

² Rijkswaterstaat (1999), "Bouwen met meerwaarde: Voorbeelden van duurzaam bouwen bij de Rijkswaterstat", Programmabureau Duurzaam bouwen in de GWW-sector.

2 Werkwijze



2.1 Inleiding

De analyse van de kosten en baten van Duurzaam Bouwen maatregelen is in stappen uitgevoerd:

1. Ten eerste is op basis van een inventarisatie van uitgevoerde duurzaam bouwen projecten een keuze gemaakt voor een aantal voorbeeld projecten (zie paragraaf 1.4);
2. Daarna zijn de duurzaam bouwen maatregelen van de geselecteerde projecten in kaart gebracht;
3. Als derde stap zijn de relevante milieu- en economische gegevens verzameld op basis van interviews en literatuuronderzoek. Hiervoor is mede gebruik gemaakt van gegevens afkomstig uit bestekken en uit gesprekken met kostprijsdeskundigen van de Regionale Directies en Specialistische Diensten;
4. De milieuvoordelen per maatregel zijn inzichtelijk gemaakt op basis van de huidige kennis die onder andere is vastgelegd in het Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen voor de GWW-sector;
5. Vervolgens is een investeringsanalyse gemaakt;
6. Op basis van de gevonden uitkomsten zijn conclusies getrokken en aanbevelingen opgesteld voor toekomstige infrastructurele projecten.

2.2 Economische kader

Het is van belang om bij een economische analyse van Duurzaam Bouwen maatregelen niet alleen de initiële investeringskosten (ook wel stichtings- of aanlegkosten genoemd) mee te nemen, maar ook de beheer- en onderhoudskosten. Helaas is de scheiding tussen aanleg en beheer/onderhoud binnen de Waterstaat nog heel gebruikelijk als gevolg van het gehanteerde 'Kasstelsel' waarin jaarbudgetten voor aanleg en onderhoud apart worden gealloceerd. Deze partiële investeringsanalyse is van uit het gehanteerde kasstelsel begrijpelijk maar economisch gezien niet nationaal efficiënt. Om een juiste investeringsbeslissing te nemen zou dus in ieder geval een volledige investeringsanalyse³ gemaakt moeten worden. In een dergelijke investeringsanalyse worden zowel de kosten van de initiële investering als de exploitatiekosten waaronder beheer- en onderhoudskosten meegenomen.

Gezien de maatschappelijke rol die de Rijksoverheid heeft kan men eigenlijk niet volstaan met een investeringsanalyse maar zou men moeten kiezen voor een maatschappelijke kosten-baten analyse. Dit is een analyse waarin alle nadelen en voordelen van een project in kosten en baten uitgedrukt worden. Hierbij kan men denken aan filevorming, omrijhinder, geluidshinder, landschapsaantasting, invloed op de werkgelegenheid, etc. Een dergelijke integrale analyse is een academische krachttoer die alleen maar loont wanneer deze gebruikt wordt voor een nut- en noodzaakdiscussie ten aanzien van grote infrastructurele projecten.

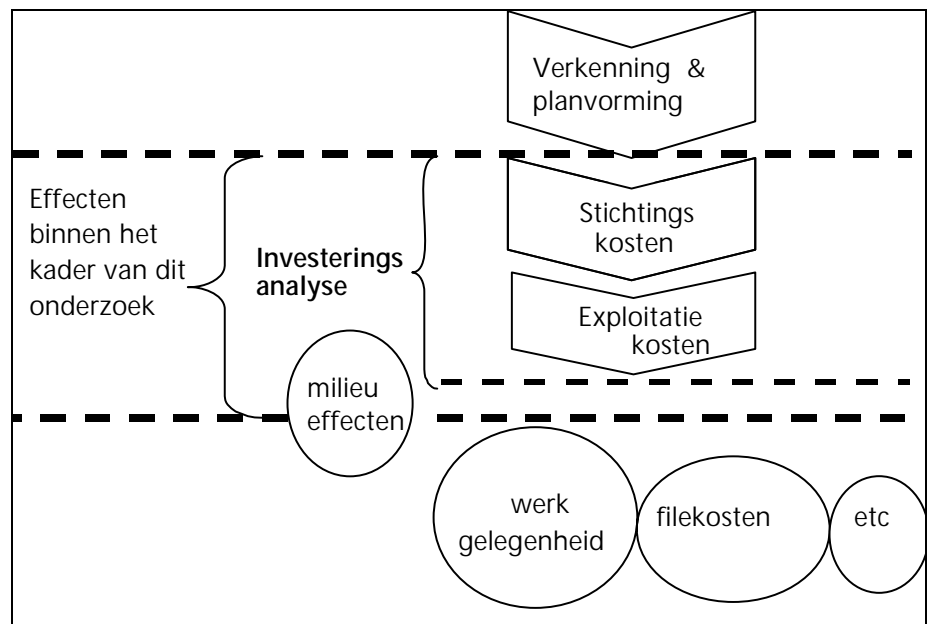
Als gevolg van de duurzaam bouwen maatregelen die in deze rapportage zijn opgenomen is geen significante invloed te verwachten op aspecten als

³ In correcte economische bewoordingen wordt de hier als investeringsanalyse aangeduide werkwijze aangeduid als volledige financiële projectevaluatie.

werkzaamheid en filevorming. Het ligt daarom voor de hand dergelijk effecten met in de beschouwing mee te nemen. Anders is dat voor de maatschappelijke kosten (en baten) van milieueffecten. Het voorkomen van nadelige milieueffecten is namelijk het doel van de te nemen Duurzaam Bouwen-maatregelen. Het ligt daarom in de rede om deze effecten naast de bedrijfseconomische gegevens mee te nemen in de analyse. Om een heldere kosten/baten afweging te kunnen maken zouden de milieuvordelen en nadelen in geld uitgedrukt moeten worden. In praktijk blijkt dit niet altijd mogelijk. De waardering van milieugevolgen stuit dan op gebrek aan gegevens of methodische gronden⁴. In deze rapportage is er voor gekozen dat alleen de reductie van CO₂ emissies als gevolg van energiebesparende maatregelen in geld worden gewaardeerd omdat hieromtrent enig wetenschappelijk draagvlak bestaat⁵. De overige milieueffecten worden kwalitatief en zo mogelijk kwantitatief aangegeven.

Tenslotte dient vermeld te worden dat in dit project niet getracht wordt een maatschappelijke kosten-baten-analyse te maken van de totale projecten doch alleen van de milieuinvestering (de DuBo-maatregel). Dat wil zeggen dat alleen kosten meegenomen worden die beïnvloed worden door de keuze voor een DuBo-maatregel (of te wel de meer- of minder kosten t.o.v. een traditionele oplossing).

Figuur 1 Systeemgrenzen van de analyse



Toelichting bij figuur 1

Binnen het kader van dit onderzoek vallen:

- Stichtingskosten bestaande uit:
 - Ontwerpkosten (ook wel aangeduid als engineering costs): De kosten die worden gemaakt voor het al dan niet in eigen beheer,

⁴ Zie CUR rapportage D36 den CUR COB rapportage N420. maar ook " sociaal economische waardering van natuurvriendelijke oevers: CVM-studie in het kader van het Beheerplan Nat".

⁵ CE, RIVM, etc



ontwerpen van (varianten) van het object. Ook het opstellen van sterkte berekeningen, kostenramingen e.d.. Deze kosten bestaan vaak uit DUU's (Directe Uitvoerings Uitgaven).

- **Bouwkosten:** Onder bouwkosten worden alle kosten verstaan die worden gemaakt op en buiten het tracé/ bouwterrein ten behoeve van de realisatie van het werk. Het betreft zowel de kosten voor materialen, materieel en personeel als overige benodigdheden.
- **Exploitatiekosten en baten** bestaande uit:
- **Beheerkosten:** Onder beheerkosten vallen de kosten die worden veroorzaakt door het dagelijkse gebruik van het object zoals: verlichting, energiegebruik van installaties en de kosten van bedienend personeel.
- **Inspectiekosten:** Alle kosten die voortvloeien uit het nauwgezet schouwen, controleren en keuren van objecten.
- **Onderhoudskosten:** De onderhoudskosten omvatten alle kosten die moeten worden gemaakt om een object in een goede staat te houden of te brengen (bijvoorbeeld vervangingskosten).
- **Aanpassingskosten:** Kosten die gepaard gaan met het upgraden van het object, dat wil zeggen het object aanpassen aan veranderende maatschappelijke eisen en/of geschikt maken voor toekomstige functievervulling
- **Sloopkosten** (ook toe te rekenen aan de sloopfase): De kosten die gepaard gaan met de demontage, de afvoer van materialen, maar ook het maken van het sloopbestek, materieel, personeel, etc.
- **Beoogde milieueffecten⁶:** Hiermee wordt geduid op de beoogde effecten van duurzaam bouwen maatregelen, zoals:
- **Besparingen op het gebruik van primaire grondstoffen** (in M³ materiaal)
- **Energiebesparing** (in MJ) en de daar uit voortvloeiende reducties van emissies van CO₂, SO_x en NO_x.

Bovengenoemde kosten worden meegenomen indien er significante verschillen zijn tussen de DuBo-maatregel en de traditionele oplossing. Indien mogelijk is er een specificatie van de kosten gegeven.

Buiten het kader van dit onderzoek vallen:

In de verkenningfase wordt de verkenning opgesteld. De kosten van de verkenningsfase zijn gelet op de totale kosten van een project verwaarloosbaar. In de planstudiefase worden kosten gemaakt die samenhangen met de planstudie (Tracénota/mer). Deze kosten betreffen met name DUU's (Directe Uitvoerings Uitgaven)

In dit onderzoek worden de bovengenoemde kosten buiten beschouwing gelaten. Ook de maatschappelijke kosten en baten anders dan het beoogde milieueffect van DuBo-maatregelen worden in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten. Deze maatschappelijke kosten en baten⁷ hebben betrekking op:

- niet beoogde milieueffecten;
- interne en externe onveiligheid;
- filevorming;

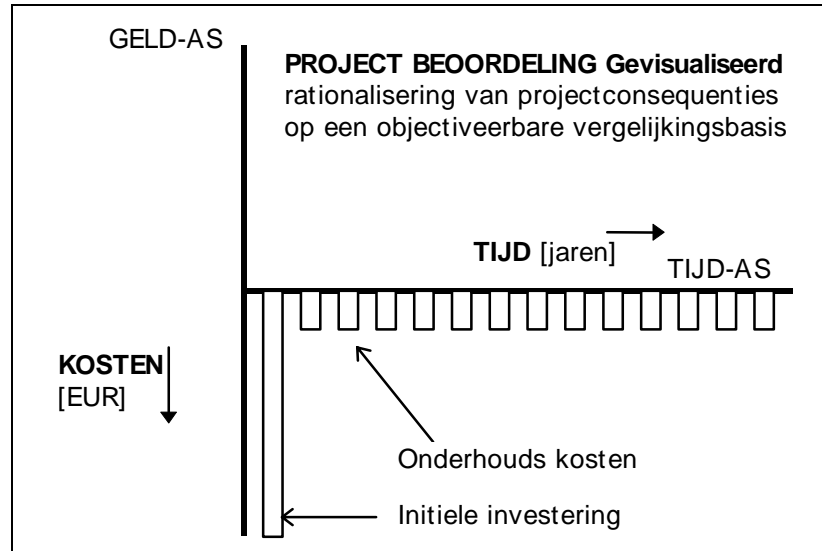
⁶ Uiteraard dienen beoogde milieueffecten ook gezien te worden als baten van het project.

⁷ Voor een uitgebreid overzicht van alle van belang zijnde maatschappelijke kosten en baten wordt verwezen naar de OEEI-systematiek weergegeven in "Evaluatie van infrastructuurprojecten; Leidraad voor kosten-batenanalyse", CPB/NEI: SDU 2000.

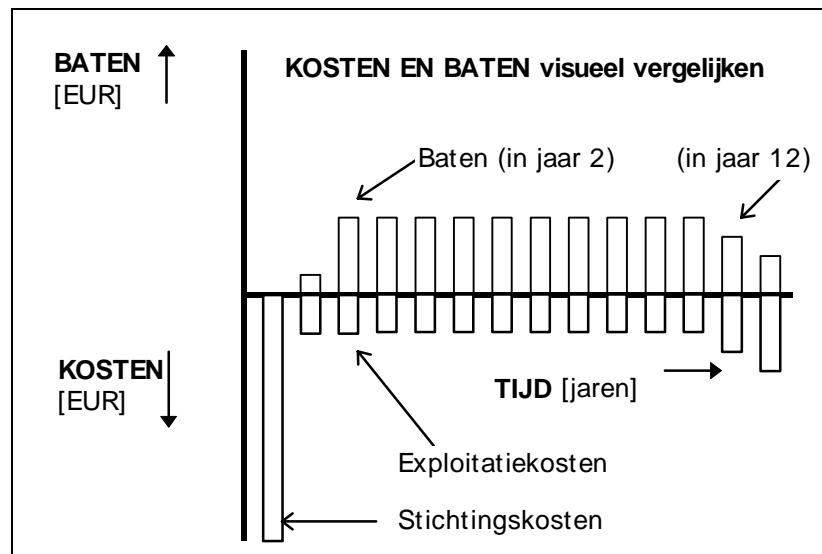
- overlast en verkeersshinder;
- werkkoningsheidseffecten.

2.3 Weergave van kosten en baten in de tijd


De gebruikelijke grafische weergave van kosten is in een grafiek met de tijd-as naar rechts, en kosten naar beneden uitgezet.



Als we ook de baten toevoegen aan de grafische vergelijking ziet de grafiek er als volgt uit:



In deze figuur zijn meteen enkele nuanceringen aangebracht, door aan te geven dat de kosten en baten zelden over de tijd constant blijven. De batenstroom, het voordeel van het benutten van de investering, begint pas als het project haar functie kan gaan vervullen. Dit is meestal één of enkele jaren nadat de eerste kosten gemaakt zijn. Aan het eind van de economische levensduur dalen de baten in veel gevallen. Soms zijn de baten weer op het oude niveau te krijgen door extra onderhoudskosten te maken. In veel gevallen wordt besloten dat dit het moment is om een nieuwe investering te gaan plegen. Bij het bepalen van een gemiddelde voor kosten en baten gedurende de levensduur wordt soms met deze effecten geen rekening gehouden. Dit



leidt tot een onnauwkeurigheid van enkele procenten. Dat is juist het verschil tussen een attractief project en een niet attractief project. Als er ook een grafische weergave van de kosten- en batenstromen is opgenomen is onmiddellijk duidelijk welke aannamen voor aanloopkosten en afrondingskosten en baten gemaakt zijn.

Een ander tijdelement dat altijd aandacht vraagt wordt in onderstaande paragraaf besproken.

2.4 Vergelijking van kosten en baten in de tijd

Voor een goed begrip van de in deze rapportage gepresenteerde analyse is het nodig om duidelijk te maken hoe economisten omgaan met kosten en baten die op verschillende momenten optreden. Bedragen die op verschillende momenten in de tijd worden uitgegeven of worden ontvangen zijn namelijk in principe niet als zodanig vergelijkbaar. Om de toekomstige geldstromen vergelijkbaar te maken is het noodzakelijk deze uit te drukken in de huidige waarde.

De methode die daarvoor wordt gebruikt, wordt de netto-contante-waardemethode of ook wel disconteren of kapitaliseren genoemd.

De contantewaarde-formule luidt als volgt:

$$V(i) = \frac{1}{(1+i)^t} * P_t$$

Waarin :

$V(i)$: waarde van geld teruggerekend naar waarde van nu

P_t : waarde van het product

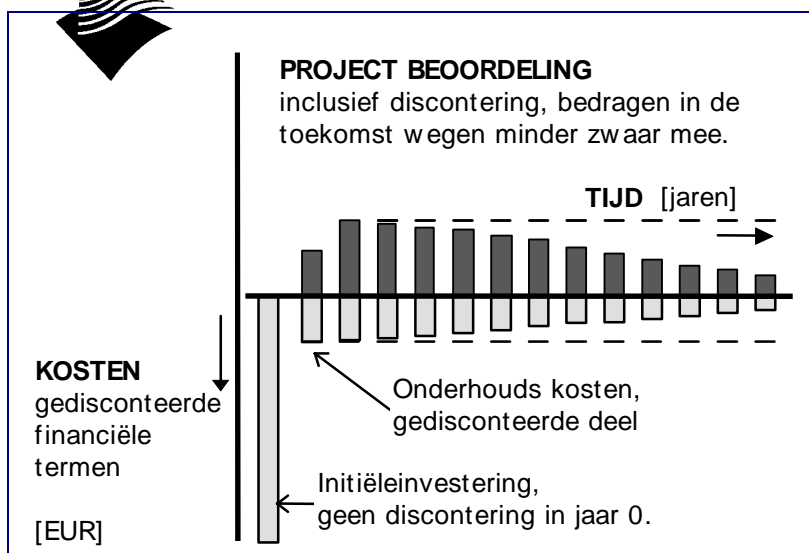
$\frac{1}{(1+i)^t}$: contante waarde waarin i : discontovoet (4%)

In feite wordt rekening gehouden met rente die men uitspaart als men een bedrag niet nu, maar pas in de toekomst moet betalen en rente die men derft als men een bedrag niet nu maar pas in de toekomst ontvangt.

Voor de Rijksoverheid wordt de rente- of discontovoet vastgesteld door middel van een besluit door de ministerraad vastgesteld. Momenteel is deze vier procent. Met deze discontovoet kan vervolgens de contante waarde worden uitgerekend van het te verwachten onderhoud.

Met behulp van de bovenstaande formule wordt geld dat nodig is voor het onderhoud en de exploitatie in deze rapportage omgerekend in geld van nu.

In onderstaande grafiek is het effect van disconteren schematisch weergegeven. De som van de kosten (gedisconteerd) is gelijk aan de som van alle grijze vlakjes.



2.5 Tijdshorizon

Het is gebruikelijk om financiële analyses te beperken in de tijd. Redenen hiervoor zijn:

- onzekerheden over geldstromen in de verre toekomst;
- de significantie van geldstromen in de toekomst (hoe verder in de tijd de geldstroom gerealiseerd wordt hoe minder deze bijdraagt aan de netto contante waarde als gevolg van het disconteren);
- de overzichtelijkheid van de analyse.

Bovendien is deze beperking te zien als een aanvullende eis. Namelijk: de eis dat gedane investeringen ook binnen een bepaalde tijd worden terugverdiend. In deze rapportage wordt per analyse aangegeven welke tijdshorizon is gehanteerd.

2.6 Rendement van de milieumaatregelen

Naast de in paragraaf 2.3 beschreven werkwijze is het onder economen gebruikelijk om een interne rentevoet van projecten te berekenen⁸. De interne rentevoet kan beschouwd worden als het rendement van de investering. In deze rapportage wordt het rendement van de dubo-investeringen uitgedrukt in de interne rentevoet van de investering.

⁸ De interne rentevoet van een project is die rentevoet waarbij de netto contante waarde gelijk is aan nul.

3 Renovatie Geeuwbruggen



Energiebesparen met LED-seinen

3.1 Inleiding

3.1.1 Beschrijving project

Het project betreft de renovatie van de elektrische installatie van de Geeuwbruggen in Sneek. De Geeuwbruggen bestaan uit twee hydraulisch bediende bruggen, die in het begin van de jaren zeventig opengesteld zijn voor het verkeer. De aanleiding voor de renovatie van de elektrische installatie van de Geeuwbruggen was dat deze verouderd was en reserveonderdelen moeilijk te verkrijgen waren. Bovendien had de oude elektrische installatie geen voorziening waarop een afstandsbediening kan worden aangesloten. Dit terwijl een afstandsbediening op termijn wel noodzakelijk werd verwacht.

Omdat het hier gaat om de vervanging van de elektrische installatie is eerst een energiescan gemaakt van de oude installatie. De energiescan geeft inzicht in het energieverbruik van de verschillende onderdelen van de Geeuwbruggen. Tevens kan nagegaan worden op welke onderdelen qua energieverbruik kan worden bezuinigd. Met name het energieverbruik voor de verwarming en het constante energieniveau (onderdelen die altijd energie vragen, zoals scheepvaartseinen en het stand-by staan van installaties) zouden fors omlaag kunnen.

Voor het energiezuiniger uitvoeren van de installatie is gebruik gemaakt van de Leidraad Energiezuinig Ontwerpen.

Het energieverbruik van het bedieningsgebouw bleek fors omlaag te kunnen, door het regelen van de klimaatbeheersing met een Programmable Logic Controller (PLC). Hiervoor zijn in het bedieningsgebouw sensoren geplaatst. Tevens registreert de PLC hoe lang de verwarming in het bedieningsgebouw aan is geweest. Daarnaast is er een voorziening getroffen om de trap naar het bedieningsgebouw af te sluiten om tocht te voorkomen.

Ook de scheepvaartseinen konden energiezuiniger worden uitgevoerd. Tijdens de besteksfase was nog niet duidelijk welke seinen er in het project toegepast zouden gaan worden. Uiteindelijk is gekozen voor Light Emitting Diodes (LED's) gekozen. Deze LED's hebben een aanmerkelijk lager energieverbruik dan de "traditionele gloeilamp".

Bijkomend voordeel is dat de LED's een zeer lange levensduur hebben. De fabrikant geeft er een garantie van tien jaar op, maar de verwachting is dat ze 20 tot 25 jaar mee gaan. De gewone gloeilamp daarentegen moet 2 à 3 keer per jaar worden vervangen.

Er zijn tevens LED's in de slagbomen geplaatst. Dit levert niet zoveel energiewinst op, maar de LED's hoeven slechts eens in de vijftien jaar te worden vervangen, wat de veiligheid ten goede komt. Voor de scheepvaartseinen zijn speciale lenzen geplaatst om vandalisme tegen te gaan en om een betere verspreiding van het licht te krijgen.



3.1.2 Waarom LED-seinen

Een van de taakstellingen van Rijkswaterstaat is het realiseren van 20% energie-efficiency in 2010 t.o.v. het referentiejaar 2000. LED's kunnen aan het behalen van deze taakstelling bijdragen. Bovendien tracht Rijkswaterstaat de variabele maatregelen uit het Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen toe te passen. In het Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen in de GWW is de maatregel 'gebruik van LED's voor signaalgevers' als variabele maatregel opgenomen.

3.2 Investeringsanalyse

3.2.1

3.2.2 Stichtingskosten

In deze paragraaf wordt ingegaan op het verschil in stichtingskosten tussen LED-seinen en traditionele seinen met gloeilampen.

(1) Wat zijn de aanschafkosten van de LED's geweest?

In totaal zijn er in het project 37 LED-seinen toegepast. Deze zijn toegepast in de scheepvaartseinen, de signaleringsverlichting op de slagbomen en in de verkeerslichten voor autoverkeer en tweewielers.

In onderstaande tabel zijn de toegepaste seinen (exclusief armaturen) weergegeven met kostprijs.

Aantal	Beschrijving	Kostprijs per stuk 1997	Totaalprijs 1997	Kostprijs per stuk eind 2000	Totaalprijs eind 2000
10	groen LED-sein (excl. armatuur)	€ 2.042,--	€ 20.420,--	€ 545,--	€ 5.450,--
17	rood LED-sein (excl. armatuur)	€ 681,--	€ 11.577,--	€ 408,--	€ 6.936,--
10	oranje LED-sein (excl. armatuur)	€ 545,--	€ 5.450,--	€ 363,--	€ 3.630,--
37	Armaturen (na 8 jaar afgeschreven incl. montage)	€ 265,-- X 2	€ 19.610,--	RVS armaturen : € 436,-- X 1	RVS armaturen € 16.132,--
	Totaal		€ 57.057,--		€ 32.148,--

In bovenstaande tabel is eveneens aangegeven dat sinds de plaatsing van de LED seinen in 1997 de prijs van LED-seinen aanzienlijk is gedaald.

(2) Wat zouden de aanschafkosten zijn geweest van gloeilampen in plaats van LED's?

De seinen uitvoeren met gloeilampen zou ongeveer € 182,-- per sein gekost hebben. In totaal komt dit neer op $37 * € 272,-- = € 10.064,--$ (inclusief montage). De armaturen gaan echter maar 8 jaar mee dus worden de kosten € 20.148,--.



a) Onderhoudskosten

- (1) Wat zijn de onderhoudskosten van de LED's?

De fabrikant van de LED-seinen geeft een garantie over een periode van 15 tot 20 jaar. In deze periode hoeven de LED-seinen niet vervangen te worden. Door diverse redenen kan er altijd een storing optreden in het systeem om die reden wordt er hiervoor een kostenpost opgenomen van € 1.815,-. In de periode van 15 jaar zijn geen kosten verbonden aan het vervangen van de LED-seinen.

- (2) Wat zouden de onderhoudskosten van gloeilampen zijn?

De onderhoudskosten van gloeilampen zouden € 22.916,- zijn geweest.

b) Beheerskosten: Energiegebruik

- (1) Wat zijn de energiekosten die verbonden zijn aan het gebruik van LED's over een periode van 15 jaar?

Er vindt op dit moment een monitoring plaats bij de dienstkring Friesland over het energieverbruik van de brug. Er zijn echter geen gegevens bekend over het energieverbruik en energiekosten van de seinen. Aan de hand van de fabrieksspecificaties kunnen de energiekosten echter wel berekend worden. Uitgaande van het vermogen van de Led-seinen (18 Watt overdag en 5 watt 's nachts), het aantal seinen (37), de kilowattuurprijs (€ 0,1134 prijspeil 1997) en de aanname dat de nacht 12 uur duurt en de dag ook, kunnen over een periode van 15 jaar de energiekosten worden uitgerekend. De energiekosten komen dan in totaal op circa € 1.883,-.

(uitgaande van het feit dat er 11 seinen continu branden geeft dat $11 * 4380 \text{ uur} * 18 \text{ watt} * 15 \text{ jaar} + 11 * 4380 \text{ uur} * 5 \text{ watt} * 15 \text{ jaar} = 16.620 \text{ kWh}$ à € 0,1134 = € 1.883,-).

- (2) Wat zouden de energiekosten die verbonden zijn aan het gebruik van gloeilampen over een periode van 15 jaar zijn?

De energiekosten van gloeilampen zouden in 15 jaar € 9.529,- zijn geweest.

3.2.4 Beoogd milieueffect

Als gevolg van een energiebesparing van 5606,75 kWh of te wel 1557,43 MJ. Zou de uitstaat van CO₂ met 313,04 kg per jaar beperkt worden en de uitstoot van SO_x en NO_x zouden beiden met 0,47 kg per jaar beperkt worden De uitstoot van CO₂, SO_x en NO_x zijn uit te drukken in schaduwkosten van emissie beperkende maatregelen (CUR 1998) (zie §3.2.6).

3.2.5 ...rend



De onderstaande tabel geeft een vergelijking van de kosten van LED-seinen t.o.v. seinen met gloeilampen over een periode van 15 jaar.

Vergelijking van de kosten van LED-seinen t.o.v. seinen met gloeilampen over een periode van 15 jaar.

	LED-seinen Prijspeil 1997	LED-seinen prijspeil 2000	Seinen met gloeilampen
Aanschafkosten (excl. armatuur)	€ 57.057,--	€ 32.148,--	€ 20.148,--
Vervang- en onderhoudskosten	€ 1.815,--	€ 1.815,--	€ 22.916,--
Verkeermaatregelen en zwaar materieel voor vervangen lampen	Pm	Pm	Pm
Energiekosten ⁹	€ 1.883,--	€ 1.883,--	€ 9.529,--
Totaal	€ 60.755,--	€ 35.846,--	€ 52.593,--

Investeringsanalyse LED verlichting t.o.v. gloeilampen bij Geeuwbruggen (prijspeil 1997)¹⁰:

	Meerkosten	Vermeden kosten (Baten)
<i>Stichtingskosten:</i>		
• Ontwerp/engineering-kosten:	Pm	
• Bouwkosten		
• Materialen	€ 36.909,--	
<i>Exploitatiebaten:</i>		
• Beheerkosten: verlichting		€ 7.646,--
• Onderhoudskosten		€ 21.101,--
Saldo (Negatief)		€ 8.162,--

Investeringsanalyse LED verlichting t.o.v. gloeilampen bij Geeuwbruggen (Prijspeil 2000)¹¹:

	Meerkosten	Vermeden kosten (Baten)
<i>Stichtingskosten:</i>		
• Ontwerp/engineering-kosten:	Pm	
• Bouwkosten		
• Materialen	€ 12.000,--	
<i>Exploitatiebaten:</i>		
• Beheerkosten: verlichting		€ 7.646,--
• Onderhoudskosten		€ 21.101,--
Saldo (Positief)	€ 16.747,--	

⁹ De kosten voor energiegebruik zijn gebaseerd op gebruiksgegevens die zijn gebaseerd op technische specificaties en niet op daadwerkelijk gemeten energiegebruik. Het prijspeil van 1997 van € 0,1134 per KWh is verondersteld constant te zijn.

¹⁰ De kosten en baten zijn gekapitaliseerd voor een periode van 15 jaar.

¹¹ De kosten en baten zijn gekapitaliseerd voor een periode van 15 jaar.

3.2.6 Kostenverminderingen

De kosten van LED-seinen zijn in drie jaar behoorlijk gedaald. De verwachting is dat wanneer de seinen geen maatwerk meer zijn, maar standaard koopproducten, de kosten de komende jaren met nog zeker 30%- 50% gaan dalen.

Het rendement van de investering

In 1997 ten tijde van de investeringsbeslissing was de interne rentevoet van de investering -3,0% en de terugverdientijd 20 jaar. Een dergelijk project is niet rendabel.

Bij een prijspeil voor LED's van 2000 bedraagt de interne rentevoet van de investering 13,7% en de terugverdientijd is 7 jaar. Bij het prijspeil van 2000 is de investering in LED's derhalve wel rendabel.

3.2.7 Baten beoogde milieueffecten

De baten van energiebesparing als beoogd milieueffect zijn reeds behandeld. Daarnaast is er emissiereductie als gevolg van deze energiebesparing (door de reductie van het gebruik fossiele brandstoffen).

Beoogde milieubaten preventie emissies gekapitaliseerd¹²

Beoogde milieueffecten	Vermeden milieukosten (Baten)
Reducties van emissies van:	
CO ₂ ¹³	€ 474,--
SO _x ¹⁴	€ 10,--
NO _x ¹⁵	€ 25,--
Totale beoogde milieubaten preventie	€ 509,--

Het rendement van de investering

In 1997 was de interne rentevoet (inclusief emissie reductie) 0%. Ook met inbegrip van de berekende maatschappelijke baten was het project toen niet rendabel. Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat Geeuwbruggen een voorbeeldproject betreft om het gebruik van LED's te stimuleren.

De interne rentevoet van de investering bij het prijspeil van 2000 bedraagt 14,1% en de terugverdientijd is 7 jaar.

¹² De beoogde milieubaten zijn gekapitaliseerd over een periode van 15 jaar met een disconteringsvoet van 4%.

¹³ De CO₂ emissie bedraagt 0,201 kg per MJ. De externe kosten van CO₂ emissie bedragen tussen de € 0,05 per kg en € 0,22 per kg.

¹⁴ De NO_x emissie bedraagt 0,0003 kg per MJ. De externe kosten van de NO_x emissie bedragen tussen de € 0,91 per kg en € 3,13 per kg.

¹⁵ De SO_x emissie bedraagt 0,0003 kg per MJ. De externe kosten van SO_x emissie bedragen tussen de € 4,27 per kg en € 5,45 per kg.





Experiment met besparen op schaarse grondstoffen door middel van fijn zand in beton & energiebesparen door middel van dimbare verlichting

4.1 Inleiding

4.1.1 Beschrijving van het project

De Beneluxtunnel is een onderdeel van de A4 bij Rotterdam. Vanwege de toename van verkeer met als gevolg bijna dagelijkse files is besloten een 2^e Beneluxtunnel aan te leggen. Bij gereed komen hiervan liggen er samen vier tunnelbuizen waaronder een tunnelbuis voor speciale doelgroepen, een metrolijn en een fietstunnel.

De tunnelementen voor de 2^e Beneluxtunnel worden in het Bouwdok Barendrecht gebouwd. Ze worden vervolgens over het water vervoerd, om tenslotte op de bestemming in de Nieuwe Maas in de rivierbodem te worden afgezonken. Naar verwachting komt het project 2^e Beneluxtunnel in 2002 gereed, dan is de tunnel gebouwd en zijn alle benodigde aansluitingen en aanpassing aan de weg voltooid.

De Directie Zuid-Holland van RWS is opdrachtgever van het project 2^e Beneluxtunnel. De Bouwdienst heeft binnen het project de taak de tunnel te ontwerpen en de bouw te begeleiden. In het ontwerp van de tunnel is aan de volgende duurzaam bouwen maatregelen gewerkt::

- Toepassing van fijn zand in beton
- Energiebesparing middels toepassing van geregelde verlichting

4.1.2 Waarom fijn zand in beton

Beton bestaat uit een aantal materialen waaronder een groot deel betonzand. In beton wordt vanwege de korrelopbouw van het beton betonzand (0-4 mm) gebruikt. Zand met een dergelijke korrelopbouw is in Nederland echter moeilijk winbaar omdat het met name rond de grote rivieren aanwezig is. In feite zijn daar voldoende voorraden aanwezig. Echter de effecten van winning, grote zandputten bij de rivieren is maatschappelijk gezien steeds minder acceptabel. Het streven is dan ook alternatieven voor grind en beton- en metselzand aan te dragen.

Uit verschillende proeven in opdracht van de Bouwdienst is gebleken dat een percentage van het betonzand in beton tot B25 te vervangen is door fijn zand (0-2 mm)¹⁶. Mede op basis van deze resultaten heeft het hoofdkantoor van RWS reeds in 1995 de verschillende diensten verzocht waar mogelijk proefnemingen uit te voeren met een dergelijk samengesteld beton (8-11-1995, J.R. Hoogland hoofddirecteur Water).

Op basis van nader onderzoek bleek ook fijn zand in een hogere sterkte klasse beton (B35) toepasbaar te zijn. Voor het project 2^e Benelux is door de aannemer aangetoond middels verschillende proeven dat het vervangen van 50% van het betonzand door fijn zand mogelijk is zonder dat dit nadelige gevolgen heeft voor de verlangde kwaliteit van het beton.

In het kader van duurzaam bouwen is in het project fijn zand (0-2 mm) in beton toegepast ter vervanging van 50% van het betonzand (0-4 mm) in de

¹⁶ Betontechnologische aspecten bij het gebruik van fijn zand in beton. Publicatiereeks Grondstoffen, nr. 1996/01, DWW-Bouwdienst.



rook- en afscheidingswand) van de toerit. Om dit mogelijk te maken is het contract opgebroken en is een onderzoekstraject gestart om de haalbaarheid van de voorgestelde toepassing te bepalen. Inzet was het verkrijgen van een kwalitatief gelijkwaardig mengsel met zoveel mogelijk fijn zand. Om 50% vervanging mogelijk te maken en toch het mengsel verwerkbaar te houden is het toepassen van (super)plastificeerders noodzakelijk gebleken. Omdat het mengsel stijver blijft dan een normaal mengsel was extra aandacht nodig bij het verwerken: beter trillen en iets meer aandacht bij het afstrijken van het beton om het vlak te krijgen. De toepassing van fijn zand in beton was overigens een experiment. Derhalve is het beton met fijner zand maar in een beperkte omvang 60 M³ van de 210.000 M³ toegepast.

4.1.3 Waarom geregelde verlichting

In de tunnel is geregelde verlichting toegepast. Geregelde verlichting past zich automatisch aan bij het lichtniveau buiten de tunnel. Hoe lichter het buiten de tunnel is hoe hoger het verlichtingsniveau in de tunnel. Als het echter donker wordt neemt het verlichtingsniveau af wat de gewenste energiebesparing realiseert. Een conventionele tunnel kent slechts twee standen: dag en nacht. Ondank het onderschrijven van het belang door de principaal van energiebesparing bleek het, vanwege het taakstellende budget niet mogelijk te zijn om de meerkosten door de opdrachtgever betaald te krijgen. De extra kosten zijn gefinancierd door gebruik te maken van de energiesubsidie regeling van Rijkswaterstaat.

4.2 Investeringsanalyse

4.2.1 Investeringsanalyse fijn zand in beton

In deze paragraaf gaan we in op de meer-/minderkosten van fijn zand ten opzichte van betonzand per M³.

Betonzand is goedkoper dan fijn zand. Het gebruik hiervan bij betoncentrales is echter niet gebruikelijk en daarom duurder vanwege aparte opslag en extra aandacht bij verwerking. Voor het toepassen van fijn zand in beton was bovendien extra onderzoek nodig door de aannemer om aan te tonen dat het mengsel aan de eisen zou voldoen. De meerkosten van uitvoering inclusief een klein deel onderzoek bedroeg € 6.353,--. In totaal is 60 M³ beton met fijn zand (50% vervanging van betonzand) toegepast. De meerprijs per M³ was € 6,69 (totaal € 390,--). De meerkosten van arbeid waren € 368,--.

Investeringsanalyse fijn zand in beton

	Meerkosten	Vermeden kosten (baten)
<i>Stichtingskosten</i>		
Ontwerp/engineering-kosten:	€ 5.582,--	
Bouwkosten		
• materialen	€ 408,--	
• materieel		
• personeel	€ 363,--	
• overige benodigdheden		
Totale extra investering	€ 6.353,--	
Beoogde milieubaten		Pm

Met name door het gebrek aan ervaring met het gebruik van beton met fijner zand is het gebruik van dergelijk beton momenteel nog duurder. De kostenconsequenties van de vervanging van grof betonzand door fijn(er) zand

zijn e... beperkt. Dit is in lijn met eerder onderzoek dat deze verwachting heeft uitgesproken¹⁷.

4.2.2 Investeringsanalyse energiebesparende maatregelen

In de tunnel is dimbare verlichting toegepast. Ondanks het onderschrijven van het belang door de principaal van energiebesparing bleek het niet mogelijk te zijn om de meerkosten door de opdrachtgever betaald te krijgen vanwege het taakstellende budget. De extra kosten zijn gefinancierd uit de regeling voor energiesubsidie van Rijkswaterstaat.

De extra kosten bestonden uit:

- Hogere stichtingskosten bestaande uit ontwerp en engineeringkosten en bouwkosten (installatiewerkzaamheden materialen).

De baten betreffen met name exploitatiebaten bestaande uit:

- Energiebesparing 234.673 kWh per jaar = 65187 MJ per jaar;
- Besparing op het vervangen van verlichting.

Investeringsanalyse energiebesparende maatregelen Tweede Benelux¹⁸

	<i>Meerkosten</i>	<i>Vermeden Kosten</i>
<i>Stichtingskosten:</i>		
• Ontwerp/engineeringkosten	€ 135.907,--	
• Bouwkosten ¹⁹	€ 273.947,--	
<i>Exploitatiekosten/baten</i>		
• Beheerkosten:		€ 213.119,--
• Verlichting ²⁰		
• Onderhoudskosten		€ 248.088,--
<i>Positief Saldo</i>		€ 51.353,--

Het rendement van de investering

De interne rentevoet van de investering bedraagt 5,7% en de terugverdientijd is 10 jaar.

4.2.3 Baten beoogde milieueffecten

De beoogde milieueffecten betreffen met name:

- energiebesparing;
- en de daar bij behorende beperking van emissies van CO₂²¹, SO_x²² en NO_x²³.

De emissiebeperking is in de onderstaande tabel uitgedrukt in schaduwpreizen die zijn berekend op basis van de kosten die in Nederland gemaakt worden om deze emissies te beperken.

¹⁷ Bron: DWW (1995), "Toepassen van fijn(er) zand in beton", Delft: DWW, Publicatiereeks Grondstoffen Nr. 1995/13.

¹⁸ De vermeden kosten (baten) zijn gekapitaliseerd voor een periode van 15 jaar met een disconteringsvoet van 4 %.

¹⁹ De onderhoudskosten (remplacement kosten) bedroegen € 22.313,-- per jaar.

²⁰ De energiebesparing per jaar betreft 234.673 kWh. Destijds is gerekend met een energieprijis voor elektra van € 0,079 per kWh.. De besparing op energiekosten is € 19.168,-- per jaar.

²¹ De reductie van CO2 bedraagt 13103 kg.

²² De reductie van SOx bedraagt 20 kg.

²³ De reductie van NOx bedraagt 20 kg.



Beoogde milieubaten preventie emissies gekapitaliseerd²⁴

Beoogde milieueffecten	Vermeden milieukosten (Baten)
Reducties van emissies van:	
CO ₂	€ 19.833,--
SO _x	€ 439,--
NO _x	€ 1.055,--
Totale beoogde milieubaten preventie	€ 21.327,--

Het rendement van de investering

De interne rentevoet van de investering bedraagt 6,4% en de terugverdien tijd blijft 10 jaar.

²⁴ De beoogde milieubaten zijn gekapitaliseerd over een periode van 15 jaar met een disconteringsvoet van 4 %.

5 Conclusies en aanbevelingen



Conclusie 1: Onderzochte duurzaam bouwen maatregelen hebben een reducerend effect op de exploitatiekosten.

In de onderzochte cases leiden Dubo-maatregelen tot een reductie van exploitatiekosten, zoals: energiekosten, onderhoudskosten en vervangingskosten.

Conclusie 2: De baten van emissiereductie zijn laag i.r.t. de baten van energiebesparing als zodanig. De baten van emissiereductie kunnen echter wel het (maatschappelijk)rendement van een duboproject significant beïnvloeden.

Conclusie 3: De meerkosten van Duurzaam bouwen betreffen naast kosten van materiaal veelal ook ontwerp/engineeringkosten en soms ook extra inspectiekosten. Deze kosten beïnvloeden het rendement nadelig en zijn in alle gevallen significant. De kosten hangen met name samen met het soms experimentele karakter van de onderzochte maatregelen. De kosten kunnen gezien worden als 'first mover costs'.

Conclusie 4: Dubo-maatregelen die in het verleden nog niet rendabel waren kunnen in het heden of toekomst wel rendabel zijn als gevolg van marktontwikkelingen. Deze marktontwikkelingen worden in sommige gevallen beïnvloed door de 'customer power' van Rijkswaterstaat. Een duidelijk voorbeeld van een dergelijke ontwikkeling is de ontwikkeling van LED's. Dubo-innovatie loont in deze gevallen.

Conclusie 5: Een goede analyse van de kosten en baten van Duurzaam Bouwen maatregelen komt moeizaam tot stand. Een van de oorzaken hiervan is veel ruis in de informatie en verschillen in interpretaties van de referentiesituatie .

Aanbeveling 1: Beschouw Duurzaam bouwen maatregelen als een investering waarvan de baten in de toekomst liggen. Beoordeel Dubo maatregelen op basis van Life Cycle Costs.

Aanbeveling 2: Schep ruimte voor first mover costs
Daar innovatie uiteindelijk loont moet financiële ruimte worden geschapen binnen Rijkswaterstaat om in bepaalde projecten dubomaatregelen, waaraan 'first mover costs' verbonden zijn, mee te laten nemen.

Aanbeveling 3: Voer een gedegen analyse uit van de kosten en baten van maatregelen uit het nationaal pakket Duurzaam Bouwen in de GWW op basis van duidelijk aangegeven referenties.

Aanbeveling 4: Als gevolg van het gehanteerde " Kasstelsel" binnen de Waterstaat worden bij investeringsanalyses alleen de initiële investeringskosten beschouwd. Aanbevolen wordt om bij investeringsanalyses zowel de kosten van initiële investering als de exploitatiekosten waaronder beheer- en onderhoudskosten mee te nemen.





Geraadpleegde literatuur:

- Wilt u er misschien langs, Project 2e Beneluxtunnel
- Sociaal economische waardering van natuurvriendelijke oevers: een CVM-studie in het kader van het Beheer Plan Nat.
- Programmabureau Duurzaam Bouwen in de GWW-sector (1999), 'Bouwen met meerwaarde; Voorbeelden van duurzaam bouwen bij Rijkswaterstaat', Utrecht: Programma Bureau Duurzaam Bouwen in de GWW-sector
- Mante, B.R. e.a. Kostenaspecten bij duurzaam bouwen van infrastructuur',
- Interne Notitie Rijkswaterstaat, onderzoek fijn zand rookwand, 8 februari 2000
- Evaluatie van infrastructuurprojecten; Leidraad voor kosten-batenanalyse', CPB/NEI: SDU 2000
- DWW (1995), 'Toepassen van fijn(er) zand in beton', Delft: DWW, Publikatiereeks grondstoffen Nr 1995/13.
- Duurzaam Bouwen deelinstallatie 21 tunnelverlichting (overzicht van kosten en baten)
- CUR COB (1998), 'Monetariseringsmethoden milieu- en leefbaarheidseffecten lijninfrastructuur: een leidraad', J.R.P. Nijland, J. v.d. Klooster, N420, Gouda: CUR COB
- CUR CROW (1998), 'Naar een methode voor milieuwaardering in de GWW-sector', CUR D36D, Gouda: CUR
- Bouwdienst Rijkswaterstaat (1998), 'Renovatie elektrische installatie Geeuwbruggen Sneek', Factsheet van het programma bureau dubo in de GWW
- Betontechnologische aspecten bij het gebruik van fijnzand in beton, Publicatiereeks Grondstoffen, nr 1996/01, DWW- Bouwdienst
- 2e Beneluxtunnel, verslag onderzoek beton met fijn zand
- 'Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen in de GWW', CROW/CUR/ Nationaal Dubo Centrum

Interviews

- J. P. M. de Wildt (Bouwdienst), i.z. Geeuwbruggen
- M. Wilschut (Bouwdienst), i.z.. 2^e Beneluxtunnel

