

DI 255921
INGEKOMEN 13 MEI 2002



SAT Engineering v.o.f.

6780-2002-0210

Binnen NIE verspreid aan:

C. Mulder T

A. de Jong O

Werkarchief NIE

RIJKSWEG 73 TUNNEL SWALMEN LCC BEREKENINGEN TUNNELVERLICHTING

MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT

DIRECTORAAT-GENERAAL RIJKS WATERSTAAT BOUWDIENST

RIJKS WATERSTAAT

8 mei 2002

140501.011-E12/03-021A02

Definitief

Opdrachtgever:



Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Bouwdienst Rijkswaterstaat

C10236

Colofon

LCC BEREKENINGEN TUNNELVERLICHTING

OPDRACHTGEVER

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Bouwdienst Rijkswaterstaat
Griffioenlaan 2, Postbus 20000, 3502 LA Utrecht
Telefoon: 030-285 7600 Fax: 030-615 7777

CONTRACT

Raamcontract:	Tunnelbouw BDD-3466
Projectspecificatie:	BDD-3466-20
Product:	140501.11-E12/03-021

ADVISEUR

SAT Engineering v.o.f.
Lichtenauerlaan 100, 3062 ME Rotterdam
Postbus 4205, 3006 AE Rotterdam
Telefoon: 010-253 2222 Fax: 010-212 4585

PROJECT

Rijksweg 73 Tunnel Swalmen
Onderdeel: LCC-berekening Tunnelverlichting

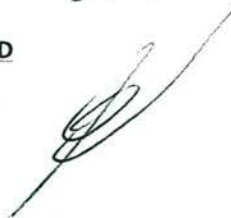
OPGESTELD

Ing. C.L. Kamp



GECONTROLEERD

Ir. H.G. de Haan



STATUS

Definitief 8 mei 2002

VRIJGEGEVEN DOOR

Ir. H.G. de Haan



Inhoud

Colofon	2
1 Inleiding	4
1.1 Algemeen	4
1.2 Doel van dit onderzoek	4
2 Uitgangspunten	5
2.1 Uitgangspunten	5
2.2 Verlichtingsberekening	6
3 Varianten	7
3.1 Symmetrische basisverlichting	7
3.1.1 Inleiding	7
3.1.2 Omschrijving variant 1, armaturen per groep continue dimbaar	8
3.1.3 Omschrijving variant 2, armaturen individueel continue dimbaar	8
3.1.4 Technische vergelijking varianten	8
3.1.5 Kostenvergelijking varianten:	9
3.2 A-symmetrische tegenstraalverlichting	11
3.2.1 Inleiding	11
3.2.2 Omschrijving variant 1, Individueel schakelbare armaturen	12
3.2.3 Omschrijving variant 2, Geoptimaliseerde schakelgroepen	13
3.2.4 Technische vergelijking varianten	15
3.2.5 Kostenvergelijking varianten:	16
3.2.6 Haalbaarheid omschakelbaar maken voeding net en no-break	18
3.2.7 Alternatieve varianten a-symmetrische tegenstraalverlichting	20
4 Conclusies	21
4.1 Symmetrische basisverlichting:	21
4.2 A-symmetrische tegenstraalverlichting:	22
5 Aanbevelingen	23
Bijlage 1 LCC-berekening symmetrische armaturen	24
Bijlage 2 LCC-berekening a-symmetrische armaturen	25
Bijlage 3 Verlichtingsberekeningen Industria	26
Bijlage 4 Polynoombenadering kansverdeling L20, (berekening verliespercentage bij schakelen in 10 stappen)	27
Bijlage 5 Documentatie TSS, leverancier Industria	28
Bijlage 6 Documentatie JBP, leverancier Poort	29

HOOFDSTUK 1

Inleiding

1.1 ALGEMEEN

Ten behoeve van de aanleg van rijksweg 73 –zuid tussen Venlo en Maasbracht is er een tunnel gepland in de gemeente Swalmen. In het kader van het te maken referentie-ontwerp worden een aantal LCC-berekeningen uitgevoerd. Over het algemeen wordt gesteld dat de variant met de laagste LCC kosten de voorkeur zal hebben. Vanwege de complexiteit van het onderwerp en de hoeveelheid benodigde gegevens is deze berekening wat verder uitgewerkt dan een standaard LCC-berekening.

1.2 DOEL VAN DIT ONDERZOEK

Doel van dit rapport is het bepalen van de meest optimale keuze voor het referentieontwerp van de tunnelverlichtingsinstallatie van tunnel A73 Swalmen.

Uit het rapport 'Optimalisatie geschakelde tunnelverlichting' van Arcadis, dd 6 december 1999 is gebleken dat een geoptimaliseerd geschakeld ontwerp qua totale kosten vergelijkbaar kan zijn met een continu dimbare ontwerp. Door slim schakelen kunnen de vervangingscyclussen van lampen verder worden geoptimaliseerd en is bovendien een besparing mogelijk

In dit rapport worden enkele varianten van een geoptimaliseerd schakelontwerp verder uitgewerkt en onderling technisch en financieel vergeleken. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen symmetrische verlichting en a-symmetrische tegenstraalverlichting.

Aan de hand van deze gegevens zijn LCC (Life Cycle Costs) berekeningen uitgevoerd welke als bijlage van dit rapport zijn opgenomen.

HOOFDSTUK

2

Uitgangspunten

2.1

UITGANGSPUNTEN

Uitgangspunten voor de LCC- en verlichtingsberekeningen:

- Lengte tunnelbuis: 407m
- Tunnelhoogte: 5,0m
- Tunnelbreedte: 13,5m
- Wegdekbreedte: 10,5m, twee rijstroken en een vluchtstrook
- Afstand eerste rasterpunt vanaf linkerzijde weg: 0,6m
- Totale breedte rekenraster: 9,3m
- Type wegdek: R2
- Reflectiefactor wanden: 0,30
- Reflectiefactor plafond en wegdek: 0,10
- Lichtpunthoogte 4,8m
- Absolute gelijkmatigheid: $U_0: \geq 0,40$
- Langsgelijkmatigheid: $U_L: > \geq 0,60$
- Verlichtingsniveaus 1e drempelzone: Lweg oostbuis: $\geq 160 \text{ cd/m}^2$, Lweg westbuis $\geq 220 \text{ cd/m}^2$ (aannames, conform Beneluxtunnel)
- Verlichtingsniveau centrale zone in stand 3: Lweg $> 12 \text{ Cd/m}^2$ *in illuminatie*
- Verlichtingsniveau vluchtstrook: $> 50\%$ van rijstrook
- Snelheid verkeer: 100 km/u: stopafstand 125m (Ongeveer conform Beneluxtunnel)
- Voeding in secties van ca 70m
- Rekenrente (effectief): 2,3% = rente op de kapitaalmarkt minus inflatie (gemiddeld over laatste 9 jaar)

2.2

VERLICHTINGSBEREKENING

Op basis van deze uitgangspunten zijn voorlopige lichtberekeningen gemaakt voor tunnel A73 Swalmen. (Zie bijlage 3) Hieruit volgt dat twee lichtlijnen nodig zijn om op de vluchtstrook een wegdek-luminantie-verhouding van 50% te behalen t.o.v. de rijstroken. De symmetrische armaturen hebben dan een maximale h.o.h. afstand van 18m, de a-symmetrische armaturen een maximale h.o.h. afstand van 9m. Deze uitkomsten zijn verwerkt in onderstaande tabel:

BEREKENING A73 SWALMEN
LICHTNIVEAUS EN ZONE-LENGTES (ONGEVEER) CONFORM BENELUXTUNNEL

WESTBUIS, 2 LICHTLIJNEN

zone	gevraagd %	gevraagd cd/m2	berekend cd/m2	aantal per stralmen		lengte zone	totale lengte	opmerkingen
type				400 SYM	400 CBL			
Drempelzone 1	100	220	227.4	2	12	72	72	stamienlengte voor CBL is 9 m
Drempelzone 2	72	158	161.1	2	8.5	54	126	stamienlengte voor SYM is 18 m
Overgangszone 1	46	102	113.7	2	6	54	180	
Overgangszone 2	19	42	47.4	2	2.5	72	252	
Centrale zone	7	15	17.0	2		144	144	
totaal			203	44	203	396		totale lengte is 407m

OOSTBUIS, 2 LICHTLIJNEN

zone	gevraagd %	gevraagd cd/m2	berekend cd/m2	aantal per stralmen		lengte zone	totale lengte	opmerkingen
type				400 SYM	400 CBL			
Drempelzone 1	100	160	161.1	2	8.5	72	72	stamienlengte voor CBL is 9 m
Drempelzone 2	72	115	123.2	2	6.5	54	126	stamienlengte voor SYM is 18 m
Overgangszone 1	46	74	75.8	2	4	54	180	
Overgangszone 2	19	31	37.9	2	2	72	252	
Centrale zone	7	11	17.0	2		144	144	
totaal			147	44	147	396		totale lengte is 407m

totaal tunnel		88	350
---------------	--	----	-----

Tabel 1.1 Uitkomsten
verlichtingsberekeningen
Tunnel Swalmen

HOOFDSTUK 3 Varianten

3.1 SYMMETRISCHE BASISVERLICHTING

3.1.1 INLEIDING

Om de drie benodigde standen (ca 3, 6 en 12 Cd/m²) met symmetrische verlichtingsarmaturen te realiseren zijn diverse oplossingen mogelijk. In het recente verleden werd dit opgelost door per stramien twee armaturen toe te passen, waarvan er één dimbaar was. Tegelijk was het hiermee mogelijk slechts een deel van de verlichting via een no-break installatie te voeden. In recentere tunnelinstallaties worden de verschillende standen gemaakt met behulp van één continue dimbaar 400W armatuur per stramien. De behaalde besparingen door lagere onderhoudskosten en één armatuur per stramien bleek op te wegen tegen de extra kosten van een diminstallatie en het verzwaren van de no-breaks. In deze LCC berekening worden twee varianten met continu dimbare armaturen met elkaar en met het standaard geschakelde ontwerp vergeleken.

1. Armaturen, 400W, per groep continue dimbaar (bv. Intelux regelaars)
2. Armaturen, 400W, individueel continue of stapsgewijs dimbaar m.b.v. hoogfrequente voorschakelapparatuur (bijvoorbeeld fabrikaat JBP/Powerline, leverbaar via Poort)

NB. Een derde mogelijke variant zijn tweelamps-armaturen, bijvoorbeeld een 150W en 250W lamp in één behuizing, beide elektromechanisch dimbaar. Met deze variant zijn door cyclisch wisselen de lampremplacekosten eveneens verder te beperken. Op dit moment zijn armaturen met twee lampen conform RWS-eisen echter nog niet leverbaar(*). Deze variant wordt op dit moment dan ook buiten beschouwing gelaten. (*) Fabrikant Schreder is momenteel bezig met de ontwikkeling van een dergelijk armatuur

In onderstaande paragrafen 3.1.2 en 3.2.2 worden als eerste de twee varianten besproken. Vervolgens wordt in paragraaf 3.2.3 een technische vergelijking gemaakt tussen de twee varianten. Tot slot wordt in paragraaf 3.2.4 een inschatting gemaakt van de investeringskosten en zijn de life-cycle kosten van de installatie over 15 jaar gegeven. De LCC-berekening zelf is te vinden in de bijlage 1. In deze LCC-berekening worden de twee varianten vergeleken met het standaard geschakelde ontwerp.

3.1.2 OMSCHRIJVING VARIANT 1, ARMATUREN PER GROEP CONTINUE DIMBAAR

Dit is de variant die momenteel bij tunnelverlichtingsinstallaties van RWS wordt toegepast. Per groep van maximaal 5 of 9 armaturen van 400W wordt in een decentrale voedings- en besturingskast een dimmer gemonteerd. (Fabrikaat Intelux, in Nederland vertegenwoordigd door Poort Handels- en Ingenieursbureau BV). In deze kast is tevens de cosinus ϕ compensatie apparatuur ondergebracht. De installatie wordt rechtstreeks aangestuurd via het tunnelbesturingssysteem.

3.1.3 OMSCHRIJVING VARIANT 2, ARMATUREN INDIVIDUEEL CONTINUE DIMBAAR

Variant 2 voor de LCC-berekeningen is het dimmen m.b.v. een elektronisch hoogfrequent voorschakelapparaat (VSA). Voor de berekening is een 400W dimbaar VSA aangehouden, fabrikaat JBP Technologies Ltd, in Nederland vertegenwoordigd door Poort Handels- en Ingenieursbureau BV. Zie ook documentatie in bijlage

Het VSA is in principe ontwikkeld voor toepassingen in openbare verlichtingsinstallaties waarin één dimstand voldoende is. Deze dimstand wordt aangestuurd met een schakeldraad en is middels dipswitsches instelbaar van 40 tot 100%. Het VSA is standaard ook op afstand digitaal (serieel) te besturen maar is helaas niet individueel adresseerbaar. Dit betekent voor digitale aansturing er per armatuur een aparte seriële verbinding benodigd zou zijn. Voor aansturing en signalering van meerdere VSA's via één seriële busverbinding zijn dus aparte adresseerbare stuurunits nodig welke via een standaard protocol aangestuurd kunnen worden.

Een praktische oplossing hiervoor, welke ook uit de openbare verlichtingsmarkt komt, is een adresseerbare unit (bv fabrikaat Powerline) dat met behulp van een 150kHz/2400Baud datasignaal op de netspanning via de voedingskabel wordt aangestuurd. Voor de aansturing is uiteraard een centrale benodigd. Een centrale zoals standaard leverbaar (Powerline) kan maximaal 255 armaturen aansturen. Deze oplossing wordt dan ook meegenomen in de LCC berekeningen.

3.1.4 TECHNISCHE VERGELIJKING VARIANTEN

Technische voordelen van variant 2 individueel dimmen m.b.v. HF VSA t.o.v. groepsgewijs dimmen met regelaar:

- Levensduur wordt langer door HF starten, onbekend is hoeveel;
- Lichtopbrengst onafhankelijk van voedingsspanning (180-230VAC) ;
- Geen inschakelverschijnselen;
- Armaturen kunnen na uitschakeling direct herstarten (voor symmetrische verlichting geen direct voordeel omdat deze voor 100% via een no-break installatie worden gevoed);
- Lokaal en eventueel op afstand statusinformatie beschikbaar van lamp en VSA;
- Besparing energieverbruik zowel door verbruik t.o.v. standaard VSA en vanwege hoger rendement t.o.v. Intelux regelaar;
- VSA en starter in armatuur kunnen vervallen;
- Cosinus ϕ compensatie apparatuur in onderverdelers kan vervallen

Technische nadelen van variant 2, individueel dimmen m.b.v. HF VSA t.o.v. groepsgewijs dimmen met regelaar:

- Maximum toegestane omgevingstemperatuur (80°C) Inbouw in kunststof Industria-armatuur is in principe niet mogelijk vanwege te hoge temperatuur in het armatuur. Dit is echter nog niet onderzocht. Hierdoor is het noodzakelijk (voordeel t.b.v. service en onderhoud) het VSA in de aansluitkast in het middentunnelkanaal te monteren. Voorwaarde is dat de kabel tot de lamp niet langer dan 30 meter wordt (afhankelijk van capaciteit aansluitkabel).
- Onbekend fabrikaat en product in Nederland waarmee in tunnels nog geen ervaring is opgedaan. Met name de betrouwbaarheid en de levensduur zijn onzekere factoren;
- Ook is nog onduidelijk of de dit soort VSA's voor lange duur geschikt zijn voor SONT lampen van alle fabrikaten. Lampen-fabrikant Philips is momenteel nog bezig met het ontwikkelen van een elektronisch VSA voor dit vermogen (400W). Aangenomen mag worden dat dit tegen de tijd dat de installatie in Swalmen geïnstalleerd gaat worden beschikbaar zal zijn. Feit is dat de ontwikkeling van elektronische VSA's doorgaat en dat aangenomen mag worden dat op langere termijn deze de huidige elektromagnetische VSA's vervangen zullen gaan worden door elektronische VSA's vanwege de vele voordelen.
- Een, op dit moment, nog onzekere factor is het benodigde systeem t.b.v. aansturing van de elektronische VSA's via de voedingskabel. Hiervan zijn nog geen praktijkvoorbeelden en onduidelijk is nog wat de technische mogelijkheden, beperkingen en betrouwbaarheid van een dergelijk systeem is. Een mogelijk probleem zijn de no-break-installaties die de stuursignalen zullen blokkeren.
- Onduidelijk is nog wat de kosten zullen zijn om een software-interface te realiseren met het tunnelbesturingssysteem

3.1.5

KOSTENVERGELIJKING VARIANTEN:

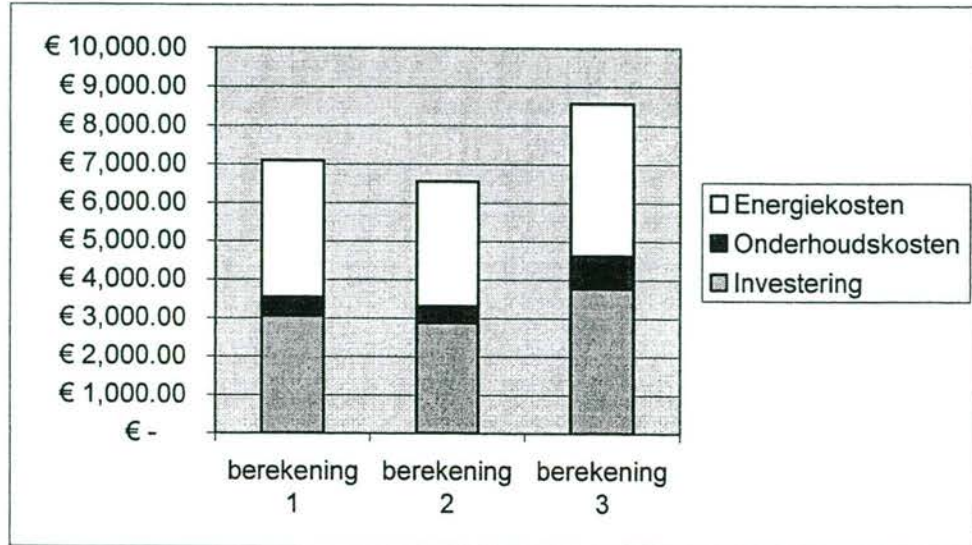
Als eerste is een inschatting gemaakt van de benodigde extra investeringskosten van de twee varianten t.o.v. het standaard geschakelde ontwerp. In onderstaande tabel zijn de geraamde extra investeringskosten weergegeven die als basis hebben gediend voor de LCC berekeningen:

Meerkostenraming varianten symmetrische tunnelverlichting t.o.v. standaard geschakeld

Meerprijzen omgerekend per armatuur in € t.o.v. geschakeld ontwerp	Centraal regelen armaturen om en om gevoed uit andere groep		Decentraal regelen, HF-VSA in aansluitkast in MTK, lichtnetsturing	
Kast+bedraden+monteren+inbedrijfstellen etc	1750,-/2 dimmers	125	Vergroten aansluitkast	30
Dimmer	900,-/7 lampen	130		
Cos phi compensatie incl spann.relais en contactor	210,-/7lampen	30		
Kastventilatie	140/kast	10		
Engineering/programmeren PLC (niet meegerekend)				
Analoge I/O-kaarten incl terminal base	740/4 outputs tbv 2 regela	55		
Verzwaren no breaks	300VA	100	300VA	100
HF VSA			in kast, max 30m	115
ACN+Controlnet, T-stuk, etc.		50		
Powerline unit			in kast	100
Powerline master incl software (€1500 per buis)			1 master/buis	10
Extra voedingskabels incl trekken en aansluiten			Aansluitkabel armatuur	20
Voedingskabels/centrale contactors/			en 3-fase ipv 1 fase	-15
Beveiliging per lamp				
Armatuur	condensator	-10	VSA, starter,condens	-60
Totaal/armatuur		€ 490		€ 300
Aantal symmetrische armaturen, totaal Swalmen	88	€ 43,120	88	€ 26,400

Tabel 3.1 Meerkostenraming symmetrische tunnelverlichting

Met bovenstaande calculatie is een LCC berekening gemaakt van de twee varianten en het standaard geschakelde ontwerp (zie ook bijlage 1). Uitgesplitst in investerings-, onderhouds- en energiekosten zien de kosten per armatuur er als volgt uit:



Tabel 3.2 Kosten per armatuur

Omgerekend naar 88 armaturen voor tunnel Swalmen volgen hieruit de totale netto kosten (afgerond) voor de totale symmetrische tunnelverlichtingsinstallatie, gerekend over 15 jaar met contante waarde:

Variant 1	: €624,000
Variant 2	: €577,000
Standaard geschakeld	: €755,000

Voor tunnel Swalmen is over een periode van 15 jaar een besparing mogelijk van ca. €180.000 t.o.v. standaard geschakeld. Deze besparing zit voornamelijk in de halvering van het aantal benodigde armaturen. Ten opzichte van een continue gedimde installatie is over een periode van 15 jaar een besparing mogelijk van ca. €47.000

3.2 A-SYMMETRISCHE TEGENSTRAALVERLICHTING

3.2.1 INLEIDING

Om het verlichtingsniveau van de a-symmetrische tegenstraalverlichting aan te passen zijn vele varianten denkbaar. In het recente verleden werd dit opgelost de alle armaturen te verdelen in een aantal schakelgroepen. Door eenvoudig een groep in of uit te schakelen werd het niveau stapsgewijs geregeld. In latere tunnels werden de lagere schakelstanden vervangen door twee continu dimbare groepen (ieder ca 25% van de armaturen) die tevens functioneel verwisselbaar waren. Alleen de hoogste stand (ca 50% van de armaturen) werd stapsgewijs ingeschakeld. Het nadeel van het standaard geschakelde ontwerp van grotere aantallen armaturen en bijbehorende replacementskosten woog op tegen de extra investeringskosten voor de diminstallaties. De laatste ontwikkeling gaat weer terug naar het geschakelde ontwerp, echter verder geoptimaliseerd. Het geoptimaliseerde geschakelde ontwerp zoals omschreven in het rapport 'Optimalisatie geschakelde tunnelverlichting' van Arcadis, d.d. 6 december 1999 is qua totale kosten vergelijkbaar met het continu dimbare ontwerp. Deze afweging wordt dan ook niet herhaald in dit rapport.

is
milt
20

In het geoptimaliseerd geschakelde ontwerp zijn door het cyclisch wisselen van alle a-symmetrische armaturen, inclusief de armaturen welke in eerdere ontwerpen alleen werden gebruikt voor de hoogste schakelstand, lagere replacekosten haalbaar. Dit impliceert dat alle a-symmetrische armaturen dezelfde lichttechnische eigenschappen moeten hebben en allemaal schakelbaar of dimbaar moeten zijn.

Voor het geoptimaliseerd schakelen van de a-symmetrische armaturen zijn twee varianten onderzocht:

1. Individueel schakelbare armaturen m.b.v. serieel gestuurde triac's (halfgeleider contactors, fabrikaat TSS, leverancier Industria)
2. Geoptimaliseerde schakelgroepen.

In onderstaande paragrafen 3.2.2 en 3.2.3 worden beide varianten omschreven en wordt een technische vergelijking gemaakt tussen de twee varianten in paragraaf 3.2.4. Tot slot wordt in paragraaf 3.2.5 een inschatting gemaakt van de investeringskosten en zijn de life-cycle kosten van de installatie over 15 jaar gegeven. De LCC-berekening zelf is te vinden in bijlage 2. In deze LCC-berekening worden de twee varianten vergeleken met het standaard geschakelde ontwerp.

Voor beide varianten geldt dat het omschakelbaar maken van de voeding (net - no-break) voordelen biedt t.a.v. het gelijk verdelen van het aantal bedrijfsuren per lamp. De haalbaarheid hiervan wordt in paragraaf 3.2.6 aangetoond.

Tot slot worden in de paragraaf 3.2.7 nog twee subvarianten van variant 1 en 2 besproken waarbij de dim/schakelapparatuur in het armatuur is gemonteerd. Deze varianten vielen buiten de opdracht van deze LCC-berekening maar zijn gezien de mogelijke besparingen in de toekomst toch toegevoegd.

3.2.2

OMSCHRIJVING VARIANT 1, INDIVIDUEEL SCHAKELBARE ARMATUREN

Voor het individueel schakelbaar maken is voor de LCC berekening het 'BSCOUT Lighting Control System' van TSS aangehouden. (Technical Support & Supplies Ltd, in Nederland vertegenwoordigd door Industria) Dit systeem bestaat uit een centrale besturingskast, een redundant RS485 bussysteem en schakelunits in of nabij alle te schakelen armaturen. Voor documentatie wordt verwezen naar bijlage 5.

Dit systeem is ontwikkeld voor verlichtingssystemen op openbare wegen, gebouwen en tunnels maar is ook geschikt voor het schakelen en besturen van andere belastingen (bijvoorbeeld waarschuwborden) Verder kunnen op het bussysteem andere detectoren worden ingekoppeld zoals lichtmeetsensoren en verkeerstellers.

Door het individueel schakelen is er een volledige vrijheid in het schakelen van verlichtingspatronen en zijn aanpassingen na installatie relatief eenvoudig te verwezenlijken. Door bewaking van de bedrijfsuren van iedere lamp kan een gelijk aantal bedrijfsuren voor alle lampen gerealiseerd worden. Verder biedt het systeem de mogelijkheid uitgevallen lampen te detecteren zodat andere lampen automatisch ingeschakeld kunnen worden. Op de centrale kunnen 1 tot 8 bussen worden aangesloten met ieder 250 SCOUT-units over maximaal 1200meter. Met behulp van repeaters kunnen zelfs 1000 units per bus over maximaal 3600 meter worden aangestuurd.

3.2.3

OMSCHRIJVING VARIANT 2, GEOPTIMALISEERDE SCHAKELGROEPEN

Deze variant, conform het rapport 'Optimalisatie geschakelde tunnelverlichting' is verder uitgewerkt. Hiertoel zijn de volgende uitgangspunten aangenomen:

- In de laagste schakelstand mag de onderlinge afstand tussen de ingeschakelde armaturen niet meer dan 8 meter bedragen. De a-symmetrische armaturen zullen over het algemeen ingedeeld worden in stramienen van maximaal 16 meter. Dit betekent dat in de laagste stand, stand 4, minimaal 2 armaturen per stramien branden.
- In de drempelzones is een verdeling over 8 armaturen optimaal omdat dan zonder dimbare armaturen een redelijke verdeling over 5 standen mogelijk is. Indien (alle) armaturen dimbaar worden uitgevoerd is ook een goede verdeling mogelijk met groepen van 4 armaturen. Een dimoptie met optimalisatie naar bedrijfsuren betekent wel dat alle armaturen moeten zijn voorzien van deze optie. Met dimoptie/dimbaar zijn wordt hier bedoeld het dimmen m.b.v. een elektromagnetische dimspoel welke via een relais en een schakeldraad wordt geactiveerd. Hierbij wordt de lichtstroom gereduceerd tot ca 55% terwijl het opgenomen vermogen van het armatuur tot ca 65% wordt gereduceerd.
- Het aantal armaturen dat binnen een stramien van 8 meter past is afhankelijk van de zone en het benodigde verlichtingsniveau. Via de berekeningsmethode uit het rapport "Optimalisatie geschakelde verlichting" zijn de verliespercentages in de eerste drempelzone t.o.v. een ideale regeling bepaald voor een aantal subvarianten. In onderstaande tabel zijn deze weergegeven. Het gaat om het verlies door een te hoog geschakeld verlichtingsniveau omdat nooit te laag geschakeld mag worden. Het maximale niveau is hier 191 Cd/m² conform het standaard niveau in het rapport gehanteerde niveau (Sijtwende).

Variant	2a	2b	2c	2d	2e
Aantal armaturen	4 armaturen	4 armaturen	6 armaturen	6 armaturen	8 armaturen
Dimoptie	Alleen schakelen	Alleen 55% dimbaar	Deels 55% dimbaar	Alleen schakelen	Alleen schakelen
	<8m	>8m	>8m	<8m	<8m
Stand					
1	9 uur/dag	9 uur/dag	9 uur/dag	9 uur/dag	9 uur/dag
2	3 uur/dag	3 uur/dag	3 uur/dag	3 uur/dag	3 uur/dag
3	14	14	14	14	14
4	57	34	42	42	42
5	102	57	72	72	80
6	128	80	102	102	102
7	191	102	132	132	132
8		125	191	191	191
9		147			
10		191			
Verlies	42%	23%	30%	30%	36%

Tabel 3.3 Lichtniveaus per stand per variant

Uit de twee gunstigste varianten 2b (laagste verliespercentage) en 2d (laagste verlies zonder dimmen) wordt een keuze gemaakt. Het verschil in meerkosten van de dimoptie moet

opwegen tegen het verminderde energieverlies. Voor de armaturen in de overgangszones zal een dimoptie altijd gewenst zijn i.v.m. de onderlinge afstanden.

NB. De symmetrische verlichting moet in de drempelzones zoveel mogelijk gedimd worden bij ingeschakelde tegenstraalverlichting. Dit om de gewenste contrastkwaliteit zo hoog mogelijk te houden. Met deze uitschakeling is hier geen rekening gehouden.

Een dimoptie op alle armaturen is nodig indien gekozen wordt voor variant 2b waarbij de kans op een te hoog verlichtingsniveau het kleinst is. Dit omdat dat alle armaturen functioneel uitwisselbaar moeten zijn (omschakelbaar tussen net- en no-break-voeding, zie par. 3.2.6) en er gelijktijdig te weinig armaturen per stramien aanwezig zijn om gelijkmatig te kunnen regelen. Onderstaand is schematisch het schakelprincipe weergegeven:

Schakelstanden, verdeling net/nobreak geoptimaliseerd geschakeld ontwerp.																				
STAND	DAG 1					DAG 2					DAG 3					DAG 4				
	s	1	2	3	4	s	1	2	3	4	s	1	2	3	4	s	1	2	3	4
1,2 Nacht, Schemer																				
3, Laagste dagstand																				
4, 12,5%																				
5, 25%																				
6, 37,5%																				
7, 50%																				
8, 62,5%																				
9, 75%																				
10, 100%																				
Symmetrisch:		No Break 25/50% gedimd					No Break					No Break					No Break			
A-symmetrisch:		No Break 50% gedimd					No Break					No Break					No Break			
A-symmetrisch:		Net 50% gedimd					Net					Net					Net			

Tabel 3.4 Schakelstanden
geoptimaliseerd geschakeld
ontwerp

Het verschil in meerkosten van de dimoptie zou bij voorkeur moeten opwegen tegen het verminderde energieverlies ten opzichte van het schakelen (variant 2d)

Met het rekenmodel (Polynoombenadering kansverdeling L20) uit het onderzoek "optimalisatie" is met een regeling in 10 i.p.v. 8 stappen een verbetering van het verliespercentage t.g.v. het nooit te laag geschakeld staan van 30% naar 23% mogelijk. (zie bijlage 5). Concreet houdt dit in dat een verbetering van 320666 naar 303574 Cd/m² x uren per jaar mogelijk is. Dit verschil van 5,3% (17092/320666 Cd/m² x uren per jaar) is vrijwel recht evenredig met de haalbare energiebesparing in de drempel- en overgangszones.

Uitgaande van de gegevens uit het rapport is over stand 4 t/m 8 een besparing van 5% van €2200 = €110 haalbaar. Dit is berekend met een dag kWh prijs van €0,0545. Per armatuur betekent dit €110/67 = €1,64 per jaar.

Met de extra investering voor het dimbaar maken van alle armaturen, de benodigde extra ader in de bekabeling en componenten t.b.v. aansturing van ca. €70 per armatuur komt dit neer op een terugverdientijd van ca. 42 jaar zonder rekening te houden met stijgende energiekosten.

De voordelen wegen echter op tegen de extra investeringskosten vanwege een hoger comfort voor de weggebruiker en een volledige uitwisselbaarheid van alle armaturen in alle zones. Ook omdat voor de armaturen in de laatste overgangszones een dimoptie altijd wenselijk is wordt in de LCC berekening uitgegaan van variant 2b

Bij toenemende energiekosten zal de terugverdientijd aanzienlijk korter worden. Indien in de toekomst elektronische hoogfrequent VSA's in armaturen ingebouwd kunnen worden zijn de extra investeringskosten nihil aangezien deze VSA's standaard kunnen worden voorzien van een dimstand.

3.2.4

TECHNISCHE VERGELIJKING VARIANTEN

Technische voordelen variant 1, TSS systeem t.o.v. groepsgewijs schakelen

- Individueel in- en uitschakelen mogelijk, volledige vrijheid in schakelprogramma's;
- 'Softstarting' m.b.v. triac schakelaar, vrijwel geen inschakelpieken waardoor voorliggende beveiligingen en dus kabeldoorsneden niet overgedimensioneerd behoeven te worden;
- Minder bekabeling nodig, met één driefase-voedingskabel achter een 25A automaat kunnen bijvoorbeeld 30 stuks a-symmetrische armaturen gevoed worden;
- Lampbewaking ingebouwd.

Technische nadelen variant 1, TSS systeem t.o.v. groepsgewijs schakelen:

- Schakeling in armatuur of aansluitkast in tunnel, daardoor niet bereikbaar bij storingen;
- Niet standaard geschikt voor tweetraps-dimmen. Hierdoor is er minder schakelvrijheid in standen/zones wanneer/waar een relatief laag verlichtingsniveau benodigd is. Om dit op te lossen is een (duurdere) 2-kanaals uitvoering noodzakelijk;
- Eigen besturingssysteem dat niet zonder meer met de tunnel-besturings installatie kan communiceren.

3.2.5

KOSTENVERGELIJKING VARIANTEN:

Als eerste is een inschatting gemaakt van de benodigde extra investeringskosten van de twee varianten t.o.v. het standaard geschakelde ontwerp. In onderstaande tabel zijn de geraamde extra investeringskosten weergegeven die als basis hebben gediend voor de LCC berekeningen:

Meerkostenraming varianten a-symmetrische tunnelverlichting t.o.v. standaard geschakeld

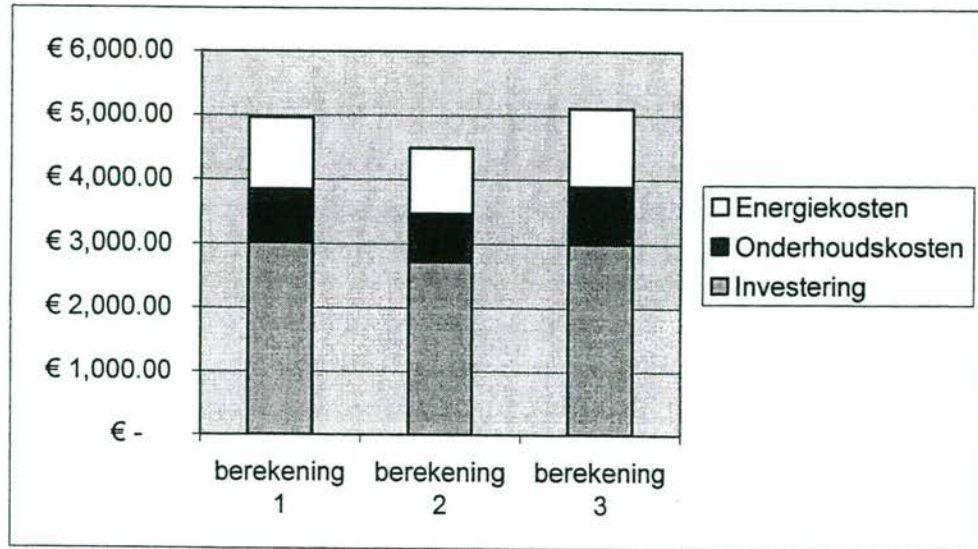
Meerprijzen omgerekend per armatuur in € t.o.v. geschakeld ontwerp	Decentraal schakelen, TSS-sturing, triac schakel-unit in aparte kast MTK	Geoptimaliseerd centraal schakelen in 4x2 stappen m.b.v. dimballast
Kast+bedraden+monteren+inbedrijfstellen etc	800,-/8 Scouts	100 Grotere aansluitkast
Dimmer		20
Cos phi compensatie incl spann.relais en contactor		
Kastventilatie		
Engineering/programmeren PLC (niet meegerekend)		
Analoge I/O-kaarten incl terminal base		
Omschakelbaar maken no break/net-voeding		40
HF VSA / Scoutunit	Scout	160
ACN+Controlnet, T-stuk, etc.		
Powerline unit		
Scout master incl software (€50000/tunnel, incl symm))	1 Scout master/tunnel	110
Extra voedingskabels incl trekken en aansluiten	Aansluitkabel	20 extra schakelader (4mm2
Voedingskabels/centrale contactors/diversen	en 3-fase ipv 1 fase	-15 hulprelais
Beveiliging per lamp		15
Armatuur		25 dimspoel + schak
		60
Totaal/armatuur	€ 440	€ 145
Aantal armaturen a-symmetrische, totaal Swalmen	350 € 154,000	350 € 50,750

Tabel 3.5 Meerkostenraming
a-symmetrische
tunnelverlichting

Toelichting:

- De kosten voor het omschakelbaar maken van de no-break/netvoeding wordt in paragraaf 3.2.6 nader toegelicht.
- Bij de TSS variant is gerekend met een extra aansluitkabel 3X2,5mm² in buis van 20 meter. Verder is gerekend met 60m extra voedingskabel YmvK 4x6mm² per 24 armaturen i.p.v. 10 meter YmvK 3x4mm² per armatuur

Met bovenstaande bedragen is een LCC berekening gemaakt van deze twee varianten t.o.v. het standaard geschakelde ontwerp (zie bijlage 2). Uitgesplitst in investerings-, onderhouds- en energiekosten zien de kosten per armatuur er als volgt uit:



Tabel 3.6 Kosten per armatuur

Omgerekend naar 350 armaturen voor tunnel Swalmen volgen hieruit de totale netto kosten (afgerond) voor de totale a-symmetrische tunnelverlichtingsinstallatie, gerekend over 15 jaar met contante waarde:

Variant 1	: €1,737,000
Variant 2	: €1,571,000
Standaard geschakeld	: €1,788,000

Voor tunnel Swalmen bedraagt blijkt variant 2 over 15 jaar ca. €166.000 goedkoper uit te vallen dan variant 1. Dit is voornamelijk te verklaren door de relatief hoge investeringskosten voor het systeem met serieel gestuurde triac's. T.o.v. het standaard ontwerp is zelfs een besparing van ca. €215.000 mogelijk. Dit verschil is te verklaren uit het kleinere aantal benodigde armaturen en de bijbehorende onderhoudskosten. Het energieverbruik is voor alle varianten vrijwel gelijk.

3.2.6

HAALBAARHEID OMSCHAKELBAAR MAKEN VOEDING NET EN NO-BREAK

In het rapport 'Optimalisatie geschakelde tunnelverlichting' wordt uitgegaan van verschillende remplace-intervallen voor de verschillende groepen armaturen. Dit is nodig omdat de installatie deels via de no-break en deels rechtstreeks uit het net wordt gevoed. Hierdoor is volledig cyclisch wisselen van alle armaturen niet mogelijk.

Met name in de vervangingscyclus zijn verdere besparingen mogelijk. In de huidige praktijk waarin alle lampen gelijktijdig worden vervangen, bepalen de lampen met de meeste bedrijfsuren de vervangingscyclus. Dit zijn de symmetrische armaturen. Door deze te voorzien van lampen (Twin Arc) met een langere levensduur is de vervangingscyclus te verlengen tot ca 3 jaar (27000 uur). De meeste a-symmetrische lampen zijn dan echter nog lang niet aan vervanging toe. Het loont dus om de vervangingscyclussen van verschillende soorten lampen te scheiden. Vergissing is bijna onmogelijk vanwege het verschil in uitvoering van de armaturen (schuin, recht) en het type lamp (normaal, twin-arc).

Om het aantal branduren van de a-symmetrische armaturen volledig gelijk te trekken zijn twee mogelijke varianten onderzocht:

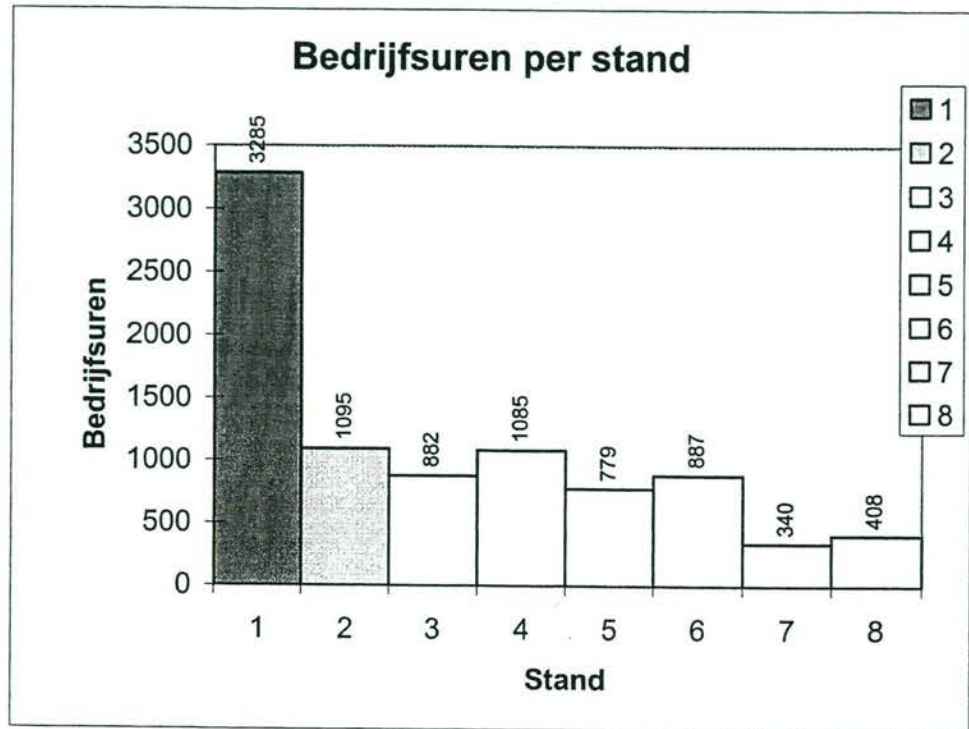
1. Het verzwaren van de no-breaks zodat alle armaturen op de no-breaks aangesloten kunnen worden. Dit kost omgerekend per armatuur (500VA) ca €100 extra.
2. Het aantal armaturen achter de no-break gelijk te maken aan het aantal armaturen achter het net (tevens normale eis voor overgangszones) en de voeding in twee groepen omschakelbaar te maken. Dit omschakelen kan 's-nachts gebeuren. Door de omschakeling fail-safe uit te voeren is een toename van storingen in de verlichtingsinstallatie vrijwel verwaarloosbaar. De kosten van het omschakelbare maken bedragen per groep van 24 armaturen ca €1000 (vergrendelde omschakelcontactor 25kW €250, aansturing €150, beveiliging €200, extra kastruimte + bedrading + ontwerp €400). Per armatuur komt dit neer op ca €40,00.

Onderzocht moet worden of de meerkosten van deze varianten opwegen tegen de verminderde remplacekosten. Als eerste wordt met behulp van onderstaande bedrijfsurenverdeling de normale vervangingscyclus berekend, vervolgens de haalbare vervangingscyclus indien alle a-symmetrische armaturen (stand 4 t/m 8) evenveel bedrijfsuren hebben. Stand 7 en 8 worden voor de berekening samengevoegd tot één schakelstand (747 uren/jaar).

Indien de groepen niet omschakelbaar zijn zal de vervangingscyclus per groep variëren omdat de armaturen gevoed vanaf de no-break naar verhouding meer bedrijfsuren maken. Deze armaturen zullen de remplace-cyclus bepalen van alle armaturen. Er vanuit gaande dat stand 4 en 5 gevormd worden door twee cyclisch wisselbare armaturen beide gevoed uit de no-break zullen deze per jaar in totaal $(1085+2*779+2*887+2*747) = 5911$ uur branden. Per lamp komt dit neer op $5911/2 = 2956$ uur/jaar. Uitgaande van een levensduur van 14000 uur komt dit neer op een veilige vervangingscyclus van 4 jaar.

Het totaal aantal bedrijfsuren van stand 4 t/m 8 bedraagt in de ingangszones $(1085+2*779+3*887+4*747) = 8292$ uur. Bij een 100% gelijkmatige verdeling van de bedrijfsuren over de vier schakelgroepen volgens het geoptimaliseerde schakelconcept betekent dit $8292/4 = 2073$ uur branduren per jaar. In de drempelzones zal dit zelfs iets

minder zijn. Uitgaande van een levensduur van 14000 uur betekent dit een veilige vervangingscyclus van 6 jaar.



Tabel 3.7 Bedrijfsuren per stand

Uitgaande van een vervangingsprijs van ca. €60,00 per armatuur wordt door de gewijzigde vervangingscyclus van vier maal naar zes maal per jaar, per armatuur, €5,00 bespaard.

De terugverdientijd van variant 1 bedraagt dus $\text{€}100/\text{€}5 = \text{ca. } 20$ jaar, die van variant 2 bedraagt $\text{€}40/\text{€}5 = \text{ca. } 8$ jaar.

Conclusie:

Het voeden van alle armaturen via de no break is gezien de lange terugverdientijd van 20 jaar in deze LCC berekening niet meegenomen. Het omschakelbaar maken van de net- en no-breakgroepen is daarentegen wel een haalbare oplossing. De extra kosten van de schakeling en de minderkosten t.g.v. de replacekosten zijn daarom meegenomen in de LCC-berekeningen van de a-symmetrische verlichting.

3.2.7

ALTERNATIEVE VARIANTEN A-SYMMETRISCHE TEGENSTRAALVERLICHTING

Tot slot zijn van twee alternatieve varianten beknopte meerkostenramingen gemaakt waarbij de dim/schakelapparatuur in het armatuur is gemonteerd:

- Armaturen individueel schakelbaar maken m.b.v. serieel gestuurde triac's in het armatuur (halfgeleider contactors, fabrikaat TSS, leverancier Industria)
- Armaturen individueel tweetraps dimbaar m.b.v. hoogfrequente voorschakelapparatuur in het armatuur (bijvoorbeeld fabrikaat JBP/Powerline, leverbaar via Poort).

Meerkostenraming alternatieve varianten a-symmetrische tunnelverlichting t.o.v. standaard ges

Meerprijzen omgerekend per armatuur in € t.o.v. geschakeld ontwerp	Decentraal schakelen TSS-sturing, triac schakel-unit in armatuur	Decentraal regelen/schakelen , HF- VSA in armatuur, lichtnetsturing
Kast+bedraden+monteren	Grotere aansluitkast (bus	20
Dimmer		
Cos phi compensatie incl spann.relais en contactor		
Kastventilatie		
Engineering/programmeren PLC (niet meegerekend)		
Analoge I/O-kaarten incl terminal base		
Verzwaren no breaks		
HF VSA / Scoutunit	Scout	160 HF VSA
ACN+Controlnet, T-stuk, etc.		
Powerline unit		In armatuur
Powerline master/ Scout master incl software	1 scoutmaster/tunnel	115 1 powerlinemaster/buis
Extra voedingskabels incl trekken en aansluiten	signaalkabel	5
Voedingskabels/centrale contactors/	en 3-fase ipv 1 fase	-15 en 3-fase ipv 1 fase
Beveiliging per lamp		
Armatuur	inbouw scout	25 inbouw VSA+unit
		VSA, starter,condens
Totaal/armatuur	€ 310	€ 175
Aantal armaturen, totaal Swalmen	350 € 108,500	350 € 61,250

Tabel 3.8 Meerkostenraming
alternatieve varianten a-
symmetrische
tunnelverlichting

Opmerkingen:

- Indien de TSS-schakelunit in het armatuur mag worden ingebouwd komt het bedrag neer op €310 in plaats van €440 per armatuur extra t.o.v. standaard geschakeld. Verdere nadelen zijn de onbereikbaarheid van de unit en de benodigde buskabels (redundant) in de tunnel. Bovendien moet de buskabel tot in het armatuur gebracht worden.
- Behalve de nadelen die al genoemd zijn bij de symmetrische basisverlichting zorgt de inbouw van het HF VSA en de adresseerunit voor onbereikbaarheid van de apparatuur.
- Indien inbouw in het armatuur niet gewenst of onmogelijk is bestaat de mogelijkheid voor beide varianten om de dim/schakelapparatuur in de aansluitkast in de tunnel onder te brengen. De kosten van het vergroten van de aansluitkast (incl. montageplaat, extra klemmen, wartels en bevestigingsmateriaal, ca €25) moeten er dan bij worden opgeteld.

Conclusies op basis van kostenvergelijking:

- De oplossing met de TSS-schakelunit blijft een dure oplossing.
- De meerprijs voor het inbouwen van een continue dimbaar HF VSA in het armatuur (€175) wordt bijna vergelijkbaar met de meerprijs voor een standaard elektromechanische tweetraps dimballast aangestuurd met schakelader (€145).
- Indien tweetraps gedimd wordt met een schakelader zal een HF VSA zelfs goedkoper zijn dan een standaard VSA met elektromechanische dimballast.

Aanbevelingen:

- Om vast te stellen of deze conclusie ook technisch haalbaar is zal eerst onderzocht moeten worden in hoeverre de HF VSA apparatuur bestand is tegen de heersende interne temperatuur in kunststof armaturen.

HOOFDSTUK

4 Conclusies

4.1

SYMMETRISCHE BASISVERLICHTING:

De volgende varianten zijn onderzocht en vergeleken met het standaard geschakelde ontwerp:

1. Armaturen per groep continue dimbaar m.b.v. (Intelux) regelaars in het middentunnelkanaal;
2. Armaturen individueel continu dimbaar (stuursignaal via de voedingskabel) m.b.v. (JBP) elektronisch hoogfrequent voorschakelapparaat in het middentunnelkanaal;

Uit de gemaakte LCC berekening (zie bijlage 1) blijkt een installatie met dimbare elektronische hoogfrequent voorschakelapparaten (VSA) zowel qua investering als exploitatie het gunstigst uit te vallen.

Probleem is echter dat het gaat om een nieuw product waarmee in tunnels nog geen ervaring is opgedaan. Met name de betrouwbaarheid en de levensduur zijn nog onzekere factoren. Feit is dat de ontwikkeling van elektronische VSA's doorgaat en dat aangenomen mag worden dat vanwege de vele voordelen op langere termijn de huidige elektromagnetische VSA's vervangen zullen gaan worden door elektronische hoogfrequent VSA's.

Gezien de momenteel nog onzekere factoren t.a.v. dimbare hoogfrequent voorschakelapparatuur wordt voor het referentieontwerp van tunnel Swalmen voor de symmetrische basisverlichting een continu dimbare installatie aangehouden.

A-SYMMETRISCHE TEGENSTRAALVERLICHTING:

De volgende varianten zijn onderzocht en vergeleken t.o.v. het standaard geschakelde ontwerp:

1. Armaturen individueel schakelbaar m.b.v. (TSS) serieel gestuurde triac's (halfgeleiderschakelaar) in het middentunnelkanaal;
2. Geoptimaliseerde schakelgroepen, alle armaturen voorzien van voorzien van standaard elektromagnetische dimvoorschakelapparatuur;

Uit de gemaakte LCC berekening (zie bijlage 2) blijkt een installatie met geoptimaliseerde schakelgroepen en elektromagnetische dimspoelen zowel qua investering als exploitatie het gunstigst uit te vallen.

Ter aanvulling zijn vervolgens nog twee subvarianten onderzocht die verdere besparingen opleveren in de investeringskosten:

1. Armaturen individueel schakelbaar m.b.v. (TSS) serieel gestuurde triac's in het armatuur;
2. Armaturen individueel continu dimbaar (stuursignaal via de voedingskabel) m.b.v. (JBP) elektronisch hoogfrequent voorschakelapparaat in het armatuur;

Hieruit volgde dat plaatsing van HF VSA's in het armatuur, gebruikt als tweetraps dimmer zelfs goedkoper zal uitvallen dan een standaard elektromechanische tweetraps dimballast. Nadelen met betrekking tot de betrouwbaarheid en de levensduur zijn bij de symmetrische verlichting reeds genoemd.

Gezien de hoge investeringskosten van het TSS systeem en de onzekere factoren t.a.v. HF VSA's wordt voor het referentieontwerp van tunnel Swalmen voor de a-symmetrische tegenstraalverlichting een geoptimaliseerd geschakelde installatie aangehouden.

HOOFDSTUK

5

Aanbevelingen

De conclusies voor het referentieontwerp zijn gebaseerd op een afweging tussen bewezen technieken en zo gunstig mogelijke life-cycle kosten. Gebleken is dat verdere besparingen en technische verbeteringen mogelijk lijken te zijn door het toepassen van hoogfrequente voorschakelapparatuur. Probleem is echter dat op dit moment de technische haalbaarheid een te onzekere factor is om dit aan te bevelen voor het referentie-ontwerp van tunnel Swalmen.

Om de toepasbaarheid en berekende besparingen van HF VSA's voor de symmetrische en mogelijk ook de a-symmetrische verlichting aan te tonen zouden in de toekomst de volgende onderzoeken gedaan kunnen worden:

1. Praktijktest hoogfrequent VSA (o.a. fabrikaat JBP) t.b.v 400W SONT armatuur in combinatie met digitale aansturing via voedingskabel;
2. Mogelijkheid inbouw hoogfrequent VSA (o.a. fabrikaat JBP) in 400W armatuur (Industria/Schreder) i.v.m. optredende interne temperaturen;
3. Vergelijking o.a. rendement, betrouwbaarheid en levensduur HF t.o.v. elektromagnetisch VSA;
4. Onderzoeken mogelijke bijzondere eisen en/of beperkingen van de aansturing via de voedingskabel, eventuele alternatieve adresseringssystemen en de interface met het tunnelbesturingssysteem.

BILAGE

1

LCC-berekening symmetrische armaturen

Life Cycle Costing

Alle prijzen exclusief B.T.W.

A73 Tunnel Swalmen

21 Tunnelverlichting

Datum : 8/5/02
Opgesteld : C.L. Kamp

SAT Engineering v.o.f.

Varianten



Prijsniveau 2002, armatuur- en
installatiekosten op basis van calculatie
Calandtunnel uit 1998

Variant 1

Symmetrische basisverlichting
Groepsgeleids dimmen m.b.v. Intelux regelaars (conform Beneluxtunnel)

Variant 2

Symmetrische basisverlichting
Individueel dimmen m.b.v. HF VSA's in middentunnelkanaal

Variant 3

Symmetrische basisverlichting
Referentieoplossing (Wijkertunnel): Standaard geschakeld in twee stappen m.b.v. twee armaturen (150 en 250W, h.o.h.-15%)

Indien niet nader aangegeven:

In dit rapport worden alleen de genoemde varianten met elkaar vergeleken,
consequenties op andere installaties zijn in de berekening niet meegenomen
Consequenties op andere installaties worden vermeld, indien dit van toepassing is.

Omdat in de praktijk de bedrijfsomstandigheden vrijwel altijd zullen verschillen van de voor de berekeningen gekozen
uitgangspunten zijn afwijkingen in de opgegeven vermogens, besparingen en kostenberekeningen niet uitgesloten.



A73 Tunnel Swalmen

21 Tunnelverlichting

Datum : 8/5/02

Opgesteld : C.L. Kamp

Levensduurkosten (LCC) analyse

Levensduurkosten (LCC) analyse

Met een Life Cycle Cost Analyse, oftewel een levensduurkostenanalyse, is een goede schatting te maken van de totale kosten van een installatie-onderdeel. Dus niet alleen de aanschafkosten, maar ook alle andere kosten zoals energie en onderhoudskosten, die tijdens de levensduur van de installatie benodigd zijn, om deze goed werkend te houden.

Het energie- en materiaalverbruik, dat komt kijken bij het uitvoeren van deze taak, hangt af van het ontwerp van de installatie en de manier waarop het systeem wordt gebruikt. Deze factoren zijn van invloed op elkaar. Sterker, ze moeten zorgvuldig op elkaar worden afgestemd, en op elkaar afgestemd blijven gedurende de hele levensduur van de installatie om het laagste energieverbruik en de laagste kosten te garanderen. De oorspronkelijke aanschafprijs is een klein onderdeel van de LCC (Life Cycle Cost) voor installaties met een hoog energieverbruik. De eisen die aan de installatie worden gesteld kunnen soms belangrijker zijn dan de energiekosten, maar er is altijd een optimale oplossing te vinden.

Een beter begrip van alle componenten die de totale kosten bepalen zal het mogelijk maken om de energie-, bedrijfs- en onderhoudskosten te verlagen. Opbouw van onderhoudskosten en energieverbruik zijn belangrijke factoren. Het reduceren van energie- en materiaalverbruik levert kostenvermindering op.

Levensduurkosten (LCC) analyse is een management instrument dat kan helpen de onderhoudskosten te minimaliseren en de efficiëntie van het energieverbruik te maximaliseren voor allerlei soorten installaties.

Factoren

LCC analyse wordt toegepast om de levensduurkosten van verschillende installatieoplossingen met elkaar te vergelijken. Toekomstige energiekosten en verscheidene jaarlijkse kosten worden omgerekend tot een gekapitaliseerde dagwaarde, gebaseerd op de rekenrente (zie Toelichting LCC-rekenmethode). De berekening gaat uit van de som van alle kosten die de LCC bepalen.

$$LCC = (C_{in} + C_e + C_o + C_m + C_s + C_d + C_{env})$$

C = kostenelement

in = aanschafprijs- installatie- en inbedrijfsstellingskosten (inclusief opleiding medewerkers)

e = energiekosten (verwachte kosten voor bedrijf, inclusief besturing)

o = bedrijfskosten (arbeidskosten voor normale systeemsupervisie)

m = onderhouds- en reparatiekosten (routine- en verwachte reparaties)

s = kosten van stilstand (verlies van productie)

d = kosten van buiten bedrijf stellen/ verwijderen (inclusief herstel en bijkomende diensten).

env = milieukosten (verwijdering van milieubelastende materialen, vloeistof en apparatuur)

C_{in}

Installatie- en inbedrijfsstellingskosten

Installatie- en inbedrijfsstellingskosten omvatten:

- Aanschaf installatie
- Aansluiting van leidingen
- Aansluiting van elektrische bedrading en instrumenten
- Aansluiting van overige apparatuur en voorzieningen
- Testen en inspectie
- Prestatie evaluatie bij het opstarten
- Opleiding van gebruikers en eigenaren
- Onderdelenvoorraad



A73 Tunnel Swalmen

21 Tunnelverlichting

Datum : 8/5/02

Opgesteld : C.L. Kamp

C_e

Energiekosten

Energieverbruik is vaak één van de grootste kostenaspecten. Energieverbruik wordt berekend door het verbruikspatroon vast te stellen aan de hand van gegevens over een zekere periode. Als het verbruik (over het algemeen) constant is, is deze berekening eenvoudig. Als het verbruik na verloop van tijd verandert, moet een gecorrigeerd verbruikspatroon worden vastgesteld.

$C_o + C_m + C_s + C_d + C_{env}$

Operationele kosten

Dit zijn alle kosten benodigd om de installatie gedurende de levensduur operationeel te houden en aan het eind van de levensduur af te voeren.

C_o

Bedrijfskosten

Bedrijfskosten zijn arbeidskosten die samenhangen met het bedrijf van de installatie. De complexiteit en de belasting van de installatie bepalen hoe hoog deze kosten uitvallen. Regelmatige controles van het installatie kunnen operateurs vroegtijdig op het spoor zetten van prestatieverliezen van de installatie. Aanwijzingen hiervoor zijn veranderingen in trillingen, temperatuur, geluid, stroomverbruik, verlies in lichtopbrengst e.d.

C_m

Onderhouds- en reparatiekosten

Om de uitvaltijd als gevolg van storing aan een installatie te beperken is het nodig regelmatig onderhoud te plegen. De fabrikant zal de gebruiker op de hoogte stellen van de optimale frequentie en omvang van dit geplande onderhoud. De kosten hiervan hangen af van de benodigde tijd, de frequentie en de materiaalkosten. In de ontwerp-fase kan hier rekening mee worden gehouden door de keuze van materialen en componenten, en door de toegang tot de te onderhouden onderdelen te vergemakkelijken.

C_s

Kosten van stilliggen /verlies van productie

De kosten van onverwacht stilliggen en het niet beschikbaar zijn van een installatie kan van groot belang zijn in de LCC en kunnen een minstens even grote impact hebben als de energiekosten en de kosten voor het vervangen van onderdelen. Vergeleken met de kosten van het niet beschikbaar zijn van de installatie kunnen andere elementen in het niet vallen. Hoe goed het ontwerp ook, er kunnen onvoorziene storingen optreden. Zijn de kosten voor het niet beschikbaar zijn van de installatie onaanvaardbaar hoog, dan moet de installatie redundant uitgevoerd zijn om het uitvallen van de installatie tot een minimum te beperken. Eventueel kan reserve installatieonderdelen in parallelle opstelling worden geïnstalleerd om het risico te verkleinen. De opstartkosten zijn dan hoger, maar de kosten voor onverwacht onderhoud blijven beperkt tot de reparatiekosten.

C_d

Kosten voor buiten bedrijf stellen /verwijderen

Deze kosten omvatten het in de oorspronkelijke toestand terugbrengen van de locatie en het verwijderen van de onderdelen, leidingen en randapparatuur. Deze kosten zullen bij veruit de meeste installaties ongeveer even hoog zijn.

C_{env}

Milieukosten, inclusief verwijdering van onderdelen en vrijgekomen vervuiling.

De kosten voor verwijdering van vervuilende stoffen is per installatie verschillend. Voorbeelden van milieuvervuiling zijn koelvloeistof, pakkingenlekkage, het verwijderen van gebruikte smeermiddelen en vervuilde gebruikte onderdelen, maar ook het verwijderen van TL-buizen. De kosten voor milieu-inspectie moeten ook worden meegeteld.



A73 Tunnel Swalmen

21 Tunnelverlichting

Datum : 8/5/02
Opgesteld : C.L. Kamp

Toelichting berekening Levensduurkosten (LCC) analyse

Investeringsselectiemethode

Voor bepaling van de levensduurkosten wordt **de Contante waarde-investeringsselectiemethode** gehanteerd. Bij de Contante waarde-investeringsselectiemethode worden de investeringskosten en exploitatiekosten van de installatie gedurende de levensduur uitgedrukt in een waarde die de kosten en lasten op het tijdstip 0 hebben. Het tijdstip 0 is het tijdstip waarop de installatie wordt aangeschaft. De contante waarde methode wordt gebruikt om installatie met dezelfde levensduur met elkaar te vergelijken, of installaties welke gedurende een gelijke periode moeten functioneren. Het alternatief met de laagste contante waarde heeft de voorkeur.

Levensduur (LCC)

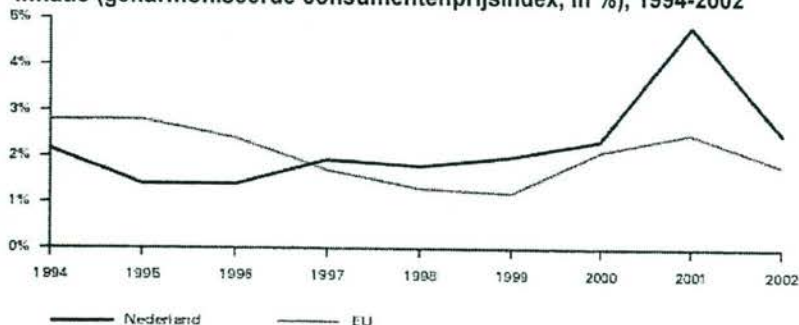
De levensduur van de installatie voor de LCC-berekening wordt gesteld op 15 jaar (tenzij anders vermeld), oftewel de installatie wordt gedurende deze periode afgescheven. Alle kosten zoals energie en onderhoudskosten die tijdens deze periode van de installatie benodigd zijn om deze goed werkend te houden, moeten worden meegenomen in de berekening.

Rekenrente

De rekenrente waarmee in de LCC-berekening gerekend wordt, is de effectieve rente. Dit is de rente van de kapitaalmarkt waarop de meerjarige gemiddelde inflatiecorrectie is toegepast. De economische kernvariabelen zijn:

1. Inflatie;

Inflatie (geharmoniseerde consumentenprijsindex, in %), 1994-2002



jaar	Inflatie, in %
1994	2.2
1995	1.5
1996	1.5
1997	2.0
1998	1.8
1999	2.0
2000	2.4
2001	4.75
2002	2.5
gemiddeld	2.3

Bron: CPB, MEV 2002

Huidige inflatie = 2,5%
Meer jaren gemiddelde = 2,3%

2. Rente ;

Rente (in %)	1994/98	1999	2000	2001	1 kw	2 kw	3 kw	4 kw
Depositorente ECB	-	1.71	3.08	3.75	3.58	3.17	2.75	
Daggeldrente	3.7	2.7	4.1	4.8	4.8	4.3	4.0	
Rendement op staatsobligaties (langlopend)	5.7	4.4	5.3	5.2	4.8	5.0	4.5	
Hypotheekrente	6.4	5.1	5.9	6.2	6.0	5.9	5.7	

Bron: CBS, NOV 2001

Huidige rente op de kapitaalmarkt = 4,5% dit is het rendement op staatsobligaties (langlopend)

De rekenrente waarmee in de LCC-berekening gerekend wordt is: $4,5\% - 2,3\% = 2,2\%$

Life Cycle Costing

Alle prijzen exclusief B.T.W.

SAT Engineering v.o.f.

LCC-berekening

Variant 1

Symmetrische basisverlichting



A73 Tunnel Swalmen

21 Tunnelverlichting

Datum : 8/5/02

Opgesteld : C.L. Kamp

Algemene gegevens

Rekenrente 2.0%

Afschrijvingsperiode 15 jaar

Investering Cin

Contante Waarde

Armatuur	€	691.00
Installatiekosten (ca 275%)	€	1,887.00
Extra kosten dimregeling, zie tekst	€	490.00

€	691.00
€	1,887.00
€	490.00

Subtotaal € 3,068.00

€ 3,068.00

Operationele kosten Co+Cm+Cs+Cd+Cenv

niet vermelde kosten (Co+Cm+Cs+Cd+Cenv) zijn niet van toepassing

per x jaar

Cm	Reiniging (2x per jaar)	€	20.00	1	jaar
Cm	Lampremplace (Twin Arc 400W)	€	30.00	3	jaar
Cm	Extra onderhoud dimregeling	€	7.00	1	jaar

€	256.99
€	128.49
€	89.94

Subtotaal € 475.42

Energiekosten per jaar Ce

Branduren per jaar	8760	
Gem. 65% gedimd, verbruik kWh per uur	0.35	
Prijs kWh (excl. vastrecht)	0.09	
kWh kosten per jaar		€ 275.94

Subtotaal € 275.94

€ 3,545.63

Totaal Contante waarde

€ 7,089.05

Life Cycle Costing

Alle prijzen exclusief B.T.W.

SAT Engineering v.o.f.

LCC-berekening
Variant 2

Symmetrische basisverlichting



A73 Tunnel Swalmen

21 Tunnelverlichting

Datum : 8/5/02
Opgesteld : C.L. Kamp

Algemene gegevens

Rekenrente : 2.0%
Afschrijvingsperiode : 15 jaar

Investering Cin

Contante Waarde

Armatuur	€	691.00
Installatiekosten (ca 275%)	€	1,887.00
Extra kosten dimregeling, zie tekst	€	300.00

€	691.00
€	1,887.00
€	300.00

Subtotaal € 2,878.00

€ 2,878.00

Operationele kosten Co+Cm+Cs+Cd+Cenv

niet vermelde kosten (Co+Cm+Cs+Cd+Cenv) zijn niet van toepassing

per x jaar

Cm	Reiniging (2x per jaar)	€	20.00	1	jaar
Cm	Lampreplace (Twin Arc 400W)	€	30.00	3	jaar
Cm	Extra onderhoud dimregeling	€	4.00	1	jaar

€	256.99
€	128.49
€	51.40

Subtotaal € 436.87

Energiekosten per jaar Ce

Branduren per jaar	8760	
Gem. 65% gedimd, verbruik kWh per uur	0.32	
Prijs kWh (excl. vastrecht)	0.09	
kWh kosten per jaar	€	252.29

Subtotaal € 252.29

€ 3,241.71

Totaal Contante waarde

€ 6,556.59

Life Cycle Costing

Alle prijzen exclusief B.T.W.

SAT Engineering v.o.f.

A73 Tunnel Swalmen

21 Tunnelverlichting

Datum : 8/5/02
Opgesteld : C.L. Kamp

LCC-berekening
Variant 3

Symmetrische basisverlichting



Algemene gegevens

Rekenrente : 2.0%
Afschrijvingsperiode : 15 jaar

Investing Cin

Contante Waarde

Armaturen (+15%, i.v.m. lagere lichtopbrengst)	€	1,589.00
Installatiekosten (ca 275%)	€	1,887.00
Extra installatiekosten t.b.v. extra armatuur per stramien	€	300.00

€	1,589.00
€	1,887.00
€	300.00

Subtotaal € 3,776.00

€ 3,776.00

Operationele kosten Co+Cm+Cs+Cd+Cenv
niet vermelde kosten (Co+Cm+Cs+Cd+Cenv) zijn niet van toepassing

per x jaar

Cm	Reiniging (2x per jaar)	€	46.00	1	jaar
Cm	Lamprepl. (Twin Arc 150/250W)	€	60.00	3	jaar

€	591.07
€	256.99

Subtotaal € 848.05

Energiekosten per jaar Ce

Branduren per jaar	8760	
st 1:24u, st 2:15u, verbruik kWh per uur	0.39	
Prijs kWh (excl. vastrecht)	0.09	
kWh kosten per jaar	€	307.48

Subtotaal € 307.48

€ 3,950.84

Totaal Contante waarde € 8,574.89

Life Cycle Costing

Alle prijzen exclusief B.T.W.

SAT Engineering v.o.f.



A73 Tunnel Swalmen

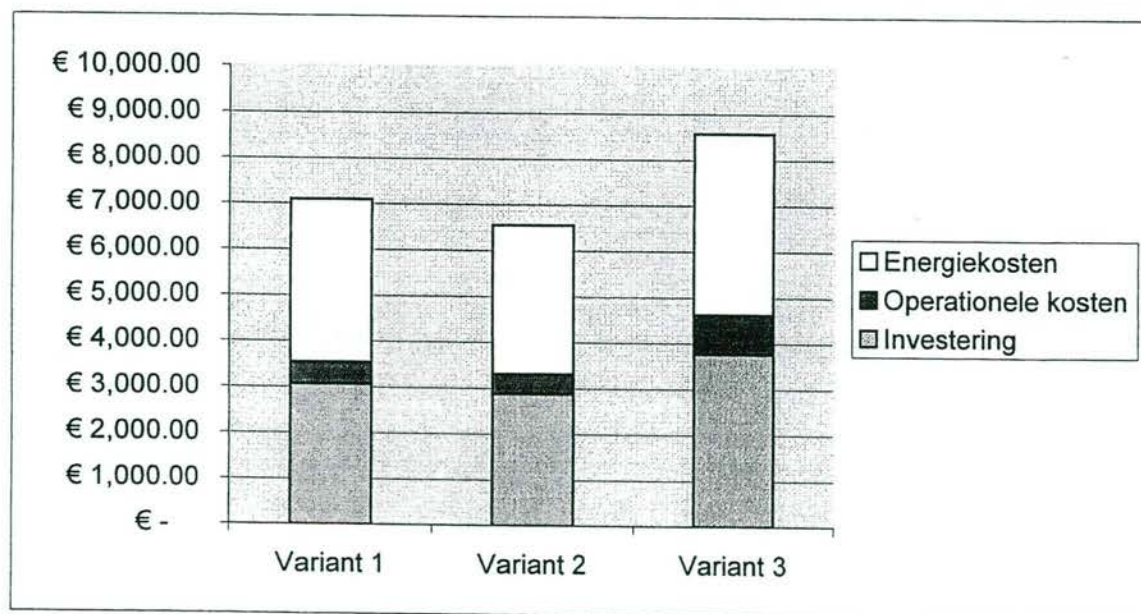
21 Tunnelverlichting

Financieel overzicht
totale investering

Datum : 8/5/02
Opgesteld : C.L. Kamp

Financieel overzicht

	Variant 1	Variant 2	Variant 3
Investering	€ 3,068.00	€ 2,878.00	€ 3,776.00
Exploitatiekosten (contante waarde)			
Operationele kosten	€ 475.42	€ 436.87	€ 848.05
Energiekosten	€ 3,545.63	€ 3,241.71	€ 3,950.84
Totale exploitatiekosten (contante waarde)	€ 4,021.05	€ 3,678.59	€ 4,798.89
Afschrijffperiode	15 jaar	15 jaar	15 jaar
Jaarlijkse exploitatiekosten (LCC/afschrijffperiode)			
Operationele kosten	€ 31.69	€ 29.12	€ 56.54
Energiekosten	€ 236.38	€ 216.11	€ 263.39
Totaal jaarlijkse exploitatiekosten (constante waarde)	€ 268.07	€ 245.24	€ 319.93





A73 Tunnel Swalmen

Exploitatiekosten overzicht

21 Tunnelverlichting

Datum : 8/5/02

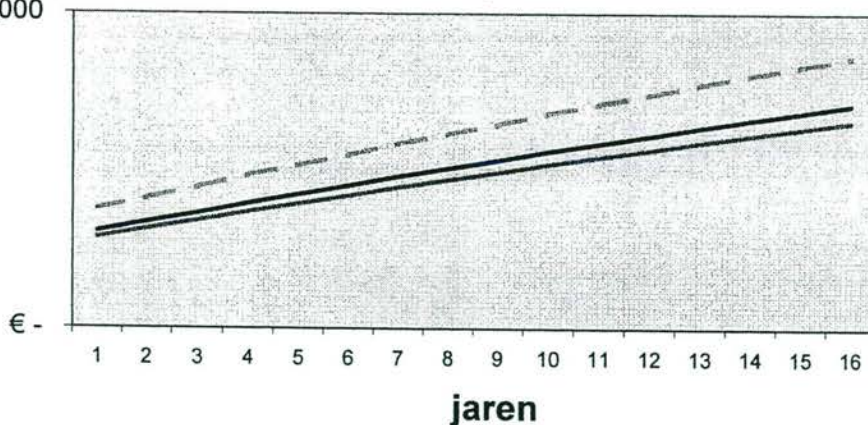
Opgesteld : C.L. Kamp

Jaarlijkse exploitatiekosten overzicht (contante waarde)

Totale exploitatiekosten	Variant 1	Variant 2	Variant 3
1e jaar	€ 297.00	€ 270.87	€ 346.55
2e jaar	€ 291.18	€ 265.56	€ 339.75
3e jaar	€ 314.31	€ 289.19	€ 390.77
4e jaar	€ 279.87	€ 255.25	€ 326.56
5e jaar	€ 274.38	€ 250.24	€ 320.15
6e jaar	€ 296.18	€ 272.51	€ 368.23
7e jaar	€ 263.73	€ 240.53	€ 307.72
8e jaar	€ 258.56	€ 235.81	€ 301.69
9e jaar	€ 279.09	€ 256.79	€ 346.99
10e jaar	€ 248.52	€ 226.65	€ 289.97
11e jaar	€ 243.64	€ 222.21	€ 284.29
12e jaar	€ 263.00	€ 241.98	€ 326.98
13e jaar	€ 241.91	€ 221.31	€ 288.71
14e jaar	€ 237.17	€ 216.97	€ 283.05
15e jaar	€ 232.52	€ 212.72	€ 277.50

Overzicht investering + variabele kosten

€ 10,000



Overzicht jaarlijkse variabele kosten

€ 500

€ 400

€ 300

€ 200

€ 100

€ -



BIJLAGE 2 LCC-berekening a-symmetrische armaturen

Life Cycle Costing

Alle prijzen exclusief B.T.W.

SAT Engineering v.o.f.

Varianten



Prijsniveau 2002, armatuur- en
installatiekosten op basis van calculatie
Calandtunnel uit 1998

A73 Tunnel Swalmen

21 Tunnelverlichting

Datum : 8/5/02
Opgesteld : C.L. Kamp

Variant 1

A-symmetrische tegenstraalverlichting

A-symmetrische verlichting, individueel schakelbaar in 5 stappen, BSCOUT's in aparte kast in MTK, niet dimbaar

Variant 2

A-symmetrische tegenstraalverlichting

A-symmetrische verlichting, geoptimaliseerd centraal schakelen in 4x2 stappen m.b.v. electromechanische dimballast

Variant 3

A-symmetrische tegenstraalverlichting

Referentieoplossing (Wijkertunnel), standaard schakelbaar in 5 stappen, 150W en 400W armaturen

Indien niet nader aangegeven:

In dit rapport worden alleen de genoemde varianten met elkaar vergeleken,
consequenties op andere installaties zijn in de berekening niet meegenomen
Consequenties op andere installaties worden vermeld, indien dit van toepassing is.

Omdat in de praktijk de bedrijfsomstandigheden vrijwel altijd zullen verschillen van de voor de berekeningen gekozen
uitgangspunten zijn afwijkingen in de opgegeven vermogens, besparingen en kostenberekeningen niet uitgesloten.

**A73 Tunnel Swalmen****21 Tunnelverlichting**

Datum : 8/5/02

Opgesteld : C.L. Kamp

Levensduurkosten (LCC) analyse**Levensduurkosten (LCC) analyse**

Met een Life Cycle Cost Analyse, oftewel een levensduurkostenanalyse, is een goede schatting te maken van de totale kosten van een installatie-onderdeel. Dus niet alleen de aanschafkosten, maar ook alle andere kosten zoals energie en onderhoudskosten, die tijdens de levensduur van de installatie benodigd zijn, om deze goed werkend te houden.

Het energie- en materiaalverbruik, dat komt kijken bij het uitvoeren van deze taak, hangt af van het ontwerp van de installatie en de manier waarop het systeem wordt gebruikt. Deze factoren zijn van invloed op elkaar. Sterker, ze moeten zorgvuldig op elkaar worden afgestemd, en op elkaar afgestemd blijven gedurende de hele levensduur van de installatie om het laagste energieverbruik en de laagste kosten te garanderen. De oorspronkelijke aanschafprijs is een klein onderdeel van de LCC (Life Cycle Cost) voor installaties met een hoog energieverbruik. De eisen die aan de installatie worden gesteld kunnen soms belangrijker zijn dan de energiekosten, maar er is altijd een optimale oplossing te vinden.

Een beter begrip van alle componenten die de totale kosten bepalen zal het mogelijk maken om de energie-, bedrijfs- en onderhoudskosten te verlagen. Opbouw van onderhoudskosten en energieverbruik zijn belangrijke factoren. Het reduceren van energie- en materiaalverbruik levert kostenvermindering op.

Levensduurkosten (LCC) analyse is een management instrument dat kan helpen de onderhoudskosten te minimaliseren en de efficiëntie van het energieverbruik te maximaliseren voor allerlei soorten installaties.

Factoren

LCC analyse wordt toegepast om de levensduurkosten van verschillende installatieoplossingen met elkaar te vergelijken. Toekomstige energiekosten en verscheidene jaarlijkse kosten worden omgerekend tot een gekapitaliseerde dagwaarde, gebaseerd op de rekenrente (zie Toelichting LCC-rekenmethode). De berekening gaat uit van de som van alle kosten die de LCC bepalen.

$$LCC = (C_{in} + C_e + C_o + C_m + C_s + C_d + C_{env})$$

C = kostenelement

in = aanschafprijs- installatie- en inbedrijfsstellingskosten (inclusief opleiding medewerkers)

e = energiekosten (verwachte kosten voor bedrijf, inclusief besturing)

o = bedrijfskosten (arbeidskosten voor normale systeemsupervisie)

m = onderhouds- en reparatiekosten (routine- en verwachte reparaties)

s = kosten van stilstand (verlies van productie)

d = kosten van buiten bedrijf stellen/ verwijderen (inclusief herstel en bijkomende diensten).

env = milieukosten (verwijdering van milieubelastende materialen, vloeistof en apparatuur)

C_{in}**Installatie- en inbedrijfsstellingskosten**

Installatie- en inbedrijfsstellingskosten omvatten:

- Aanschaf installatie
- Aansluiting van leidingen
- Aansluiting van elektrische bedrading en instrumenten
- Aansluiting van overige apparatuur en voorzieningen
- Testen en inspectie
- Prestatie evaluatie bij het opstarten
- Opleiding van gebruikers en eigenaren
- Onderdelenvoorraad

**A73 Tunnel Swalmen****21 Tunnelverlichting**

Datum : 8/5/02
Opgesteld : C.L. Kamp

 C_e **Energiekosten**

Energieverbruik is vaak één van de grootste kostenaspecten. Energieverbruik wordt berekend door het verbruikspatroon vast te stellen aan de hand van gegevens over een zekere periode. Als het verbruik (over het algemeen) constant is, is deze berekening eenvoudig. Als het verbruik na verloop van tijd verandert, moet een gecorrigeerd verbruikspatroon worden vastgesteld.

 $C_o + C_m + C_s + C_d + C_{env}$ **Operationele kosten**

Dit zijn alle kosten benodigd om de installatie gedurende de levensduur operationeel te houden en aan het eind van de levensduur af te voeren.

 C_o **Bedrijfskosten**

Bedrijfskosten zijn arbeidskosten die samenhangen met het bedrijf van de installatie. De complexiteit en de belasting van de installatie bepalen hoe hoog deze kosten uitvallen. Regelmatige controles van het installatie kunnen operateurs vroegtijdig op het spoor zetten van prestatieverliezen van de installatie. Aanwijzingen hiervoor zijn veranderingen in trillingen, temperatuur, geluid, stroomverbruik, verlies in lichtopbrengst e.d.

 C_m **Onderhouds- en reparatiekosten**

Om de uitvaltijd als gevolg van storing aan een installatie te beperken is het nodig regelmatig onderhoud te plegen. De fabrikant zal de gebruiker op de hoogte stellen van de optimale frequentie en omvang van dit geplande onderhoud. De kosten hiervan hangen af van de benodigde tijd, de frequentie en de materiaalkosten. In de ontwerp-fase kan hier rekening mee worden gehouden door de keuze van materialen en componenten, en door de toegang tot de te onderhouden onderdelen te vergemakkelijken.

 C_s **Kosten van stilliggen /verlies van productie**

De kosten van onverwacht stilliggen en het niet beschikbaar zijn van een installatie kan van groot belang zijn in de LCC en kunnen een minstens even grote impact hebben als de energiekosten en de kosten voor het vervangen van onderdelen. Vergeleken met de kosten van het niet beschikbaar zijn van de installatie kunnen andere elementen in het niet vallen. Hoe goed het ontwerp ook, er kunnen onvoorziene storingen optreden. Zijn de kosten voor het niet beschikbaar zijn van de installatie onaanvaardbaar hoog, dan moet de installatie redundant uitgevoerd zijn om het uitvallen van de installatie tot een minimum te beperken. Eventueel kan reserve installatieonderdelen in parallelle opstelling worden geïnstalleerd om het risico te verkleinen. De opstartkosten zijn dan hoger, maar de kosten voor onverwacht onderhoud blijven beperkt tot de reparatiekosten.

 C_d **Kosten voor buiten bedrijf stellen /verwijderen**

Deze kosten omvatten het in de oorspronkelijke toestand terugbrengen van de locatie en het verwijderen van de onderdelen, leidingen en randapparatuur. Deze kosten zullen bij veruit de meeste installaties ongeveer even hoog zijn.

 C_{env} **Milieukosten, inclusief verwijdering van onderdelen en vrijgekomen vervuiling.**

De kosten voor verwijdering van vervuilende stoffen is per installatie verschillend. Voorbeelden van milieuvervuiling zijn koelvloeistof, pakkingenlekkage, het verwijderen van gebruikte smeermiddelen en vervuilde gebruikte onderdelen, maar ook het verwijderen van TL-buizen. De kosten voor milieu-inspectie moeten ook worden meegerekend.



A73 Tunnel Swalmen

21 Tunnelverlichting

Datum : 8/5/02
Opgesteld : C.L. Kamp

Toelichting berekening Levensduurkosten (LCC) analyse

Investeringsselectiemethode

Voor bepaling van de levensduurkosten wordt **de Contante waarde-investeringsselectiemethode** gehanteerd. Bij de Contante waarde-investeringsselectiemethode worden de investeringskosten en exploitatiekosten van de installatie gedurende de levensduur uitgedrukt in een waarde die de kosten en lasten op het tijdstip 0 hebben. Het tijdstip 0 is het tijdstip waarop de installatie wordt aangeschaft. De contante waarde methode wordt gebruikt om installatie met dezelfde levensduur met elkaar te vergelijken, of installaties welke gedurende een gelijke periode moeten functioneren. Het alternatief met de laagste contante waarde heeft de voorkeur.

Levensduur (LCC)

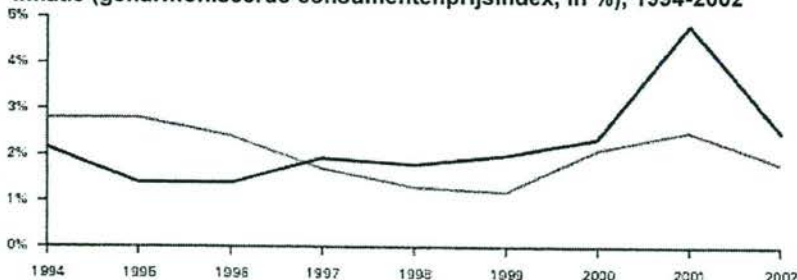
De levensduur van de installatie voor de LCC-berekening wordt gesteld op 15 jaar (tenzij anders vermeld), oftewel de installatie wordt gedurende deze periode afgescheven. Alle kosten zoals energie en onderhoudskosten die tijdens deze periode van de installatie benodigd zijn om deze goed werkend te houden, moeten worden meegenomen in de berekening.

Rekenrente

De rekenrente waarmee in de LCC-berekening gerekend wordt, is de effectieve rente. Dit is de rente van de kapitaalmarkt waarop de meerjarige gemiddelde inflatiecorrectie is toegepast. De economische kernvariabelen zijn:

1. Inflatie;

Inflatie (geharmoniseerde consumentenprijsindex, in %), 1994-2002



jaar	Inflatie, in %
1994	2.2
1995	1.5
1996	1.5
1997	2.0
1998	1.8
1999	2.0
2000	2.4
2001	4.75
2002	2.5
gemiddeld	2.3

Bron: CPB, MEV 2002

Huidige inflatie = 2,5%
Meer jaren gemiddelde = 2,3%

2. Rente ;

Rente (in %)	1994/98	1999	2000	2001	1 kw	2 kw	3 kw	4 kw
Depositorente ECB	-	1.71	3.08	3.75	3.58	3.17	2.75	
Daggeldrente	3.7	2.7	4.1	4.8	4.8	4.3	4.0	
Rendement op staatsobligaties (langlopend)	5.7	4.4	5.3	5.2	4.8	5.0	4.5	
Hypotheekrente	6.4	5.1	5.9	6.2	6.0	5.9	5.7	

Bron: CBS, NOV 2001

Huidige rente op de kapitaalmarkt = 4,5% dit is het rendement op staatsobligaties (langlopend)

De rekenrente waarmee in de LCC-berekening gerekend wordt is: $4,5\% - 2,3\% = 2,2\%$

Life Cycle Costing

Alle prijzen exclusief B.T.W.

SAT Engineering v.o.f.

LCC-berekening
Variant 1

A-symmetrische tegenstraalverlichting



A73 Tunnel Swalmen

21 Tunnelverlichting

Datum : 8/5/02
Opgesteld : C.L. Kamp

Algemene gegevens

Rekenrente 2.0%
Afschrijvingsperiode 15 jaar

Investering Cin

Contante Waarde

Armatuur	€	691.00
Installatiekosten (ca 275%)	€	1,887.00
Extra investering regeling, zie tekst	€	440.00

€	691.00
€	1,887.00
€	440.00

Subtotaal € 3,018.00

€ 3,018.00

Operationele kosten Co+Cm+Cs+Cd+Cenv

per x jaar

niet vermelde kosten (Co+Cm+Cs+Cd+Cenv) zijn niet van toepassing

Cm	Reiniging (2x per jaar)	€	20.00	1	jaar
Cm	Lampreplace (SONT400W)	€	25.00	6	jaar
Cm	Onderhoud (1,5%)	€	30.00	1	jaar
	Extra onderhoud dimregeling	€	10.00	1	jaar

€	256.99
€	53.54
€	385.48
€	128.49

Subtotaal € 824.49

Energiekosten per jaar Ce

Branduren per jaar	2200	
Verbruik kwh per uur	0.44	
Prijs kWh (excl. vastrecht)	0.09	
kWh kosten per jaar	€	87.12

Subtotaal € 87.12

€ 1,119.43

Totaal Contante waarde

€ 4,961.92

Life Cycle Costing

Alle prijzen exclusief B.T.W.

SAT Engineering v.o.f.

LCC-berekening
Variant 2

A-symmetrische tegenstraalverlichting



A73 Tunnel Swalmen

21 Tunnelverlichting

Datum : 8/5/02
Opgesteld : C.L. Kamp

Algemene gegevens

Rekenrente : 2.0%
Afschrijvingsperiode : 15 jaar

Investering Cin

Contante Waarde

Armatuur	€	691.00
Installatiekosten (ca 275%)	€	1,887.00
Extra investering regeling, zie tekst	€	145.00

€	691.00
€	1,887.00
€	145.00

Subtotaal € 2,723.00

€ 2,723.00

Operationele kosten Co+Cm+Cs+Cd+Cenv

per x jaar

niet vermelde kosten (Co+Cm+Cs+Cd+Cenv) zijn niet van toepassing

Cm	Reiniging (2x per jaar)	€	20.00	1	jaar
Cm	Lampreplace (SONT400W)	€	25.00	6	jaar
Cm	Onderhoud (1,5%)	€	30.00	1	jaar
	Extra onderhoud dimregeling	€	4.00	1	jaar

€	256.99
€	53.54
€	385.48
€	51.40

Subtotaal € 747.40

Energiekosten per jaar Ce

Branduren per jaar	2000	
Verbruik kwh per uur	0.44	
Prijs kWh (excl. vastrecht)	0.09	
kWh kosten per jaar		€ 79.20

Subtotaal € 79.20

€ 1,017.66

Totaal Contante waarde

€ 4,488.06

Life Cycle Costing

Alle prijzen exclusief B.T.W.

SAT Engineering v.o.f.

LCC-berekening
Variant 3

A-symmetrische tegenstraalverlichting



A73 Tunnel Swalmen

21 Tunnelverlichting

Datum : 8/5/02
Opgesteld : C.L. Kamp

Algemene gegevens

Rekenrente : 2.0%
Afschrijvingsperiode : 15 jaar

Investering Cin

Contante Waarde

Armatuur (inclusief ca 25% extra armaturen)	€	864.00
Installatiekosten (ca 275%)	€	1,887.00
Extra installatiekosten (ca 12,5%) t.b.v. extra armaturen	€	250.00

€	864.00
€	1,887.00
€	250.00

Subtotaal € 3,001.00

€ 3,001.00

Operationele kosten Co+Cm+Cs+Cd+Cenv

per x jaar

niet vermelde kosten (Co+Cm+Cs+Cd+Cenv) zijn niet van toepassing

Cm	Reiniging (2x per jaar)	€	25.00	1	jaar
Cm	Lampremplace (SONT400W)	€	31.00	3	jaar
	Onderhoud (1,5%)	€	33.75	1	jaar

€	321.23
€	132.78
€	433.66

Subtotaal € 887.67

Energiekosten per jaar Ce

Branduren per jaar	2200	
Verbruik kwh per uur	0.48	
Prijs kWh (excl. vastrecht)	0.09	
kWh kosten per jaar		€ 95.04

Subtotaal € 95.04

€ 1,221.19

Totaal Contante waarde

€ 5,109.86

Life Cycle Costing

Alle prijzen exclusief B.T.W.

SAT Engineering v.o.f.

Financieel overzicht
totale investering



A73 Tunnel Swalmen

21 Tunnelverlichting

Datum : 8/5/02
Opgesteld : C.L. Kamp

Financieel overzicht

	Variant 1	Variant 2	Variant 3
Investering	€ 3,018.00	€ 2,723.00	€ 3,001.00

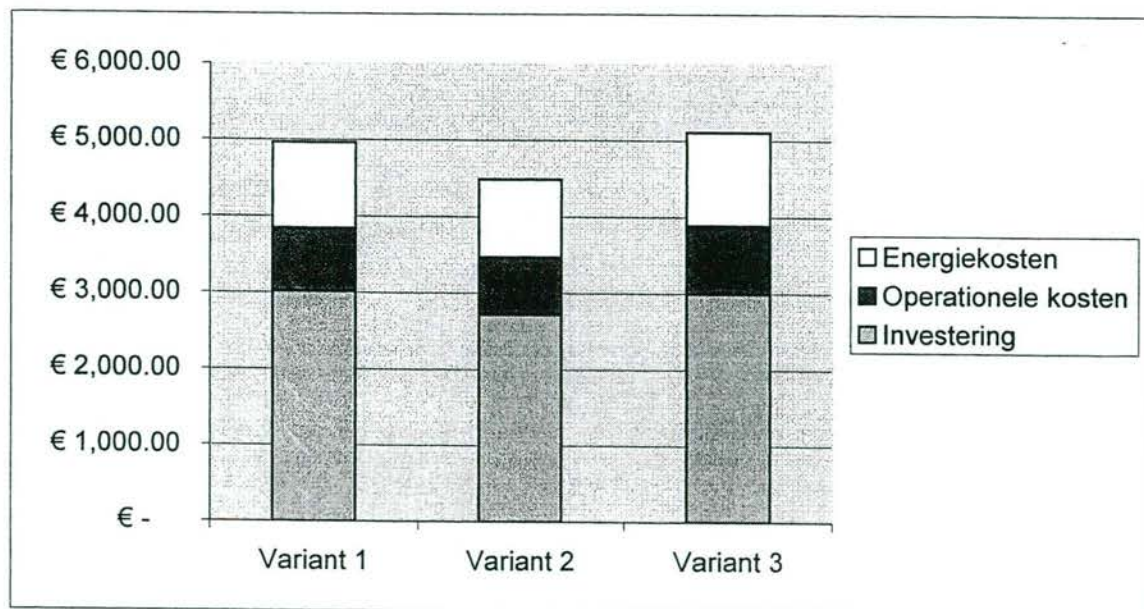
Exploitatiekosten (contante waarde)

Operationele kosten	€ 824.49	€ 747.40	€ 887.67
Energiekosten	€ 1,119.43	€ 1,017.66	€ 1,221.19
Totale exploitatiekosten (contante waarde)	€ 1,943.92	€ 1,765.06	€ 2,108.86

Afschrijfperiode	15 jaar	15 jaar	15 jaar
------------------	---------	---------	---------

Jaarlijkse exploitatiekosten (LCC/afschrijfperiode)

Operationele kosten	€ 54.97	€ 49.83	€ 59.18
Energiekosten	€ 74.63	€ 67.84	€ 81.41
Totaal jaarlijkse exploitatiekosten (constante waarde)	€ 129.59	€ 117.67	€ 140.59





A73 Tunnel Swalmen

Exploitatiekosten overzicht

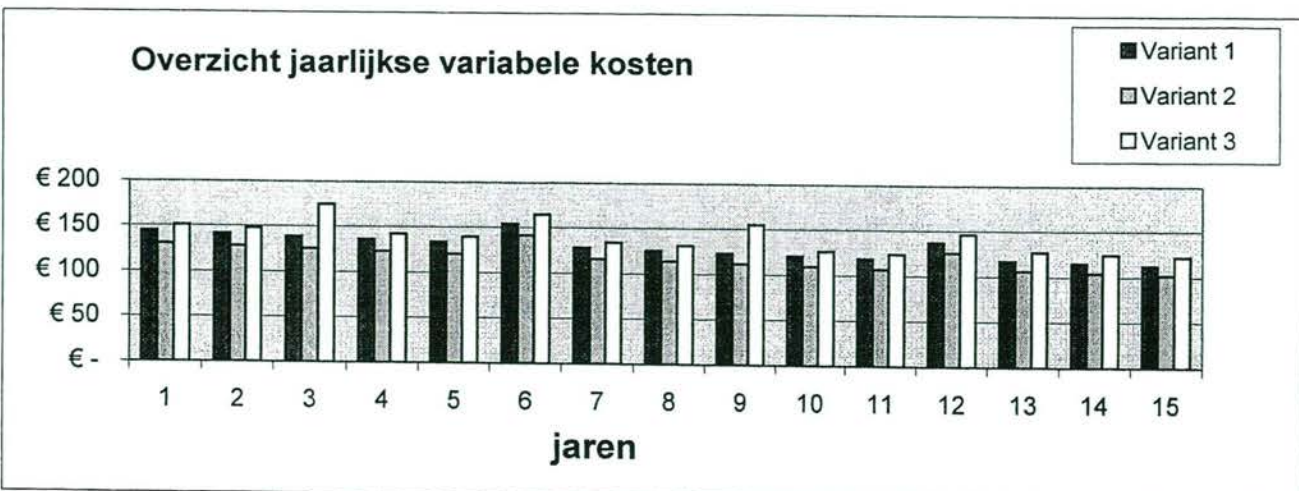
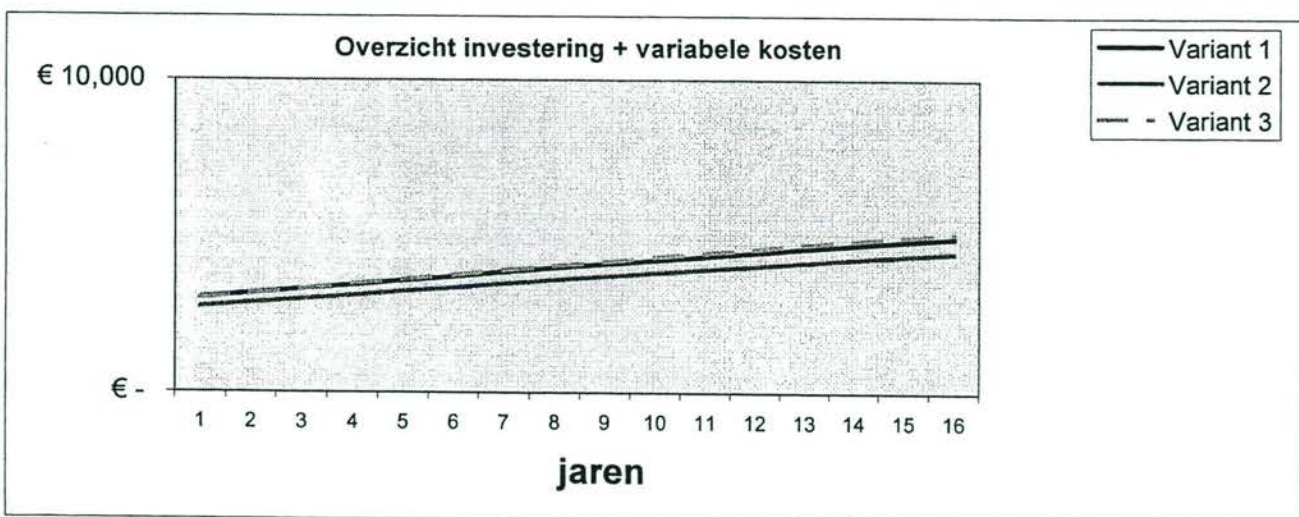
21 Tunnelverlichting

Datum : 8/5/02

Opgesteld : C.L. Kamp

Jaarlijkse exploitatiekosten overzicht (contante waarde)

Totale exploitatiekosten	Variant 1	Variant 2	Variant 3
1e jaar	€ 144.24	€ 130.59	€ 150.77
2e jaar	€ 141.41	€ 128.03	€ 147.82
3e jaar	€ 138.63	€ 125.52	€ 174.72
4e jaar	€ 135.92	€ 123.06	€ 142.08
5e jaar	€ 133.25	€ 120.64	€ 139.29
6e jaar	€ 153.98	€ 141.62	€ 164.64
7e jaar	€ 128.08	€ 115.96	€ 133.88
8e jaar	€ 125.57	€ 113.68	€ 131.26
9e jaar	€ 123.10	€ 111.46	€ 155.15
10e jaar	€ 120.69	€ 109.27	€ 126.16
11e jaar	€ 118.32	€ 107.13	€ 123.69
12e jaar	€ 136.73	€ 125.75	€ 146.20
13e jaar	€ 116.95	€ 106.19	€ 126.87
14e jaar	€ 114.66	€ 104.11	€ 124.38
15e jaar	€ 112.41	€ 102.07	€ 121.95



BIJLAGE 3 Verlichtingsberekeningen Industria

INDUSTRIA TECHNISCHE VERLICHTING BV

TUNNEL 1.1 FOR WINDOWS

Industria Technische Verlichting BV

Postbus 8768 * 3009 AT Rotterdam

Rietbaan 10 * 2908 LP Rotterdam

Tel ++31(0)10-2640164 * Fax ++31(0)10-2640166

Projekt naam : Swalmen tunnel

Projekt nummer : 5019/03

Behandeld door : jdv

Swalmen tunnel

Projekt lokatie : A73

Client : Arcadis

3/1/10

INDUSTRIA TECHNISCHE VERLICHTING BV

TUNNEL 1.1 FOR WINDOWS

Project naam	: Swalmen tunnel
Project nummer	: 5019/03
Behandeld door	: jdv

Basisgegevens :

Tunnel lengte in m	: 407.0
Tunnel hoogte in m	: 5.0
Tunnel breedte in m	: 13.0
Wegbreedte in m	: 10.5
Afstand tot linkermuur	: 1.3 m
Aantal rijstroken	: 3
Type wegdek	: R2
Q0	: 0.0700

Reflektie faktor Wanden	: 0.30
Reflektie faktor Plafond	: 0.10
Reflektie faktor Wegdek	: 0.10

Rasterpunten in dwarsrichting:

Afstand eerste rasterpunt vanaf linkerzijde weg in m:	0.58
Afstand tussen rasterpunten in m	: 1.17
Totaal aantal rasterpunten	: 9

Rasterpunten in lengterichting

Afstand eerste rasterpunt vanaf tunnel portaal in m :	0.00
Afstand tussen rasterpunten in m	: 1.00
Totaal aantal rasterpunten	: 407

Algemene opmerking:

De berekende waarden kunnen in de praktijk zowel naar boven als naar beneden afwijken vanwege toleranties op armaturen, lampen, voorschakelapparatuur en spanning, alsmede omgevingstemperatuur en montage armatur

NB:

Voorbeeldberekeningen voor 2880 (1e 200m) en 2881 (2e 200m) voor totale breedte rijbaan.
beide voor SONT+400W (single arc)

3/2/10

Projekt naam : Swalmen tunnel
 Projekt nummer : 5019/03
 Behandeld door : idv

Armatuur groepen:

Groep nummer 1

Armatuur type	: 2880 ANN	Afstand tot linkermuur	: 4.00 m
Lamp(en) type	: 1SONT+400	Lichtpunthoogte	: 4.80 m
Lichtstroom	: 55.00 klm	Afst. 1e vanaf ingang	: 5.00 m
Lichtmeetcode	: LM950206	Lpa in lengterichting	: 9.00 m
Armatuur lengte	: 0.40 m	Aantal in de groep	: 22
Armatuur breedte	: 0.80 m	Hor. rotatie hoek	: 0.00 deg.
Armatuur hoogte	: 0.25 m	Vert. rotatie hoek	: 0.00 deg.
Depreciatie faktor	: 0.80		
Schakelstanden	: Stand 1 met 55.00 klumens	en met 400.00 Lamp-Watt per armatuur	
	: Stand 0 met 0.00 klumens	en met 0.00 Lamp-Watt per armatuur	
	: Stand 0 met 0.00 klumens	en met 0.00 Lamp-Watt per armatuur	

Groep nummer 2

Armatuur type	: 2881 SNN	Afstand tot linkermuur	: 4.00 m
Lamp(en) type	: 1SONT+400	Lichtpunthoogte	: 4.80 m
Lichtstroom	: 55.00 klm	Afst. 1e vanaf ingang	: 197.00 m
Lichtmeetcode	: LM950421	Lpa in lengterichting	: 18.00 m
Armatuur lengte	: 0.40 m	Aantal in de groep	: 12
Armatuur breedte	: 0.80 m	Hor. rotatie hoek	: 0.00 deg.
Armatuur hoogte	: 0.20 m	Vert. rotatie hoek	: 0.00 deg.
Depreciatie faktor	: 0.80		
Schakelstanden	: Stand 1 met 55.00 klumens	en met 400.00 Lamp-Watt per armatuur	
	: Stand 0 met 0.00 klumens	en met 0.00 Lamp-Watt per armatuur	
	: Stand 0 met 0.00 klumens	en met 0.00 Lamp-Watt per armatuur	

Groep nummer 3

Armatuur type	: 2880 ANN	Afstand tot linkermuur	: 9.00 m
Lamp(en) type	: 1SONT+400	Lichtpunthoogte	: 4.80 m
Lichtstroom	: 55.00 klm	Afst. 1e vanaf ingang	: 5.00 m
Lichtmeetcode	: LM950206	Lpa in lengterichting	: 9.00 m
Armatuur lengte	: 0.40 m	Aantal in de groep	: 22
Armatuur breedte	: 0.80 m	Hor. rotatie hoek	: 0.00 deg.
Armatuur hoogte	: 0.25 m	Vert. rotatie hoek	: 0.00 deg.
Depreciatie faktor	: 0.80		
Schakelstanden	: Stand 1 met 55.00 klumens	en met 400.00 Lamp-Watt per armatuur	
	: Stand 0 met 0.00 klumens	en met 0.00 Lamp-Watt per armatuur	
	: Stand 0 met 0.00 klumens	en met 0.00 Lamp-Watt per armatuur	

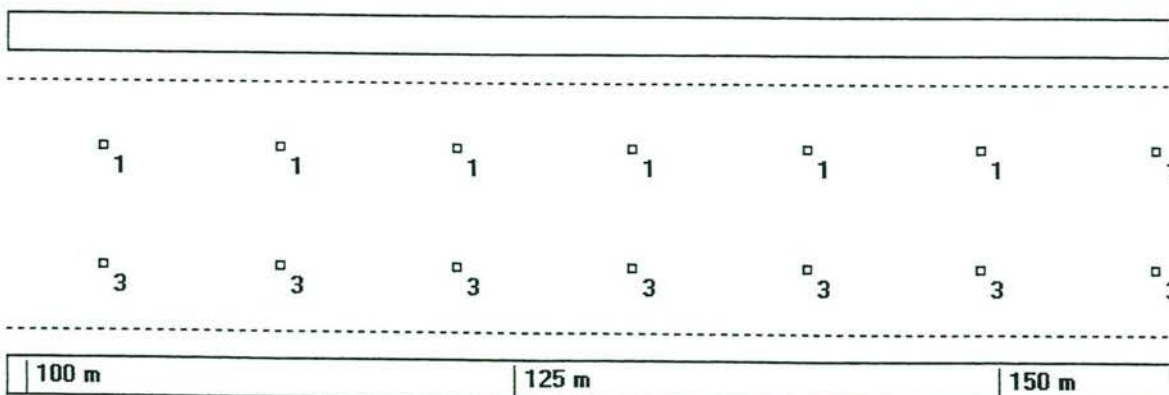
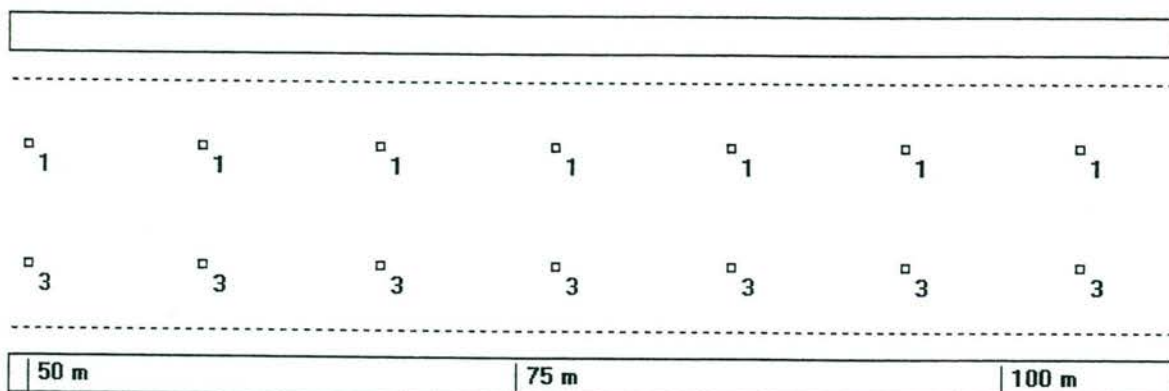
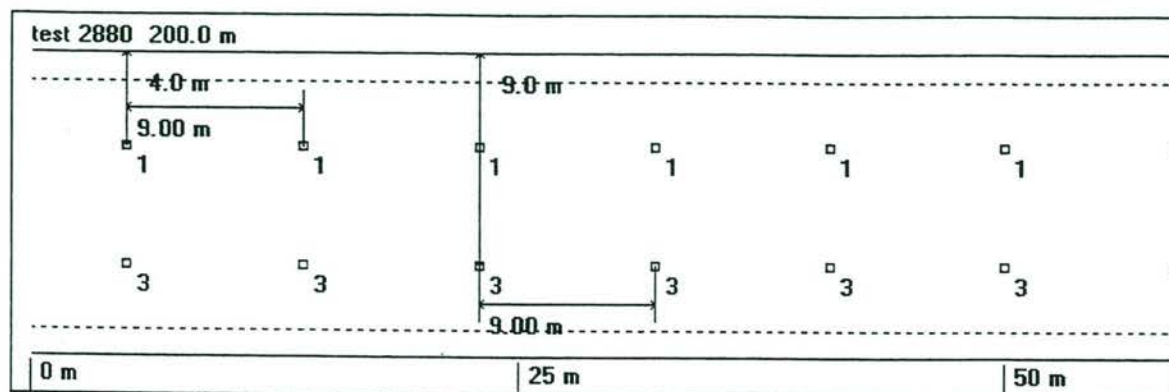
Groep nummer 4

Armatuur type	: 2881 SNN	Afstand tot linkermuur	: 9.00 m
Lamp(en) type	: 1SONT+400	Lichtpunthoogte	: 4.80 m
Lichtstroom	: 55.00 klm	Afst. 1e vanaf ingang	: 197.00 m
Lichtmeetcode	: LM950421	Lpa in lengterichting	: 18.00 m
Armatuur lengte	: 0.40 m	Aantal in de groep	: 12
Armatuur breedte	: 0.80 m	Hor. rotatie hoek	: 0.00 deg.
Armatuur hoogte	: 0.20 m	Vert. rotatie hoek	: 0.00 deg.
Depreciatie faktor	: 0.80		
Schakelstanden	: Stand 1 met 55.00 klumens	en met 400.00 Lamp-Watt per armatuur	
	: Stand 0 met 0.00 klumens	en met 0.00 Lamp-Watt per armatuur	
	: Stand 0 met 0.00 klumens	en met 0.00 Lamp-Watt per armatuur	

3/3/10

Projekt naam : Swalmen tunnel
 Projekt nummer : 5019/03
 Behandeld door : jdv

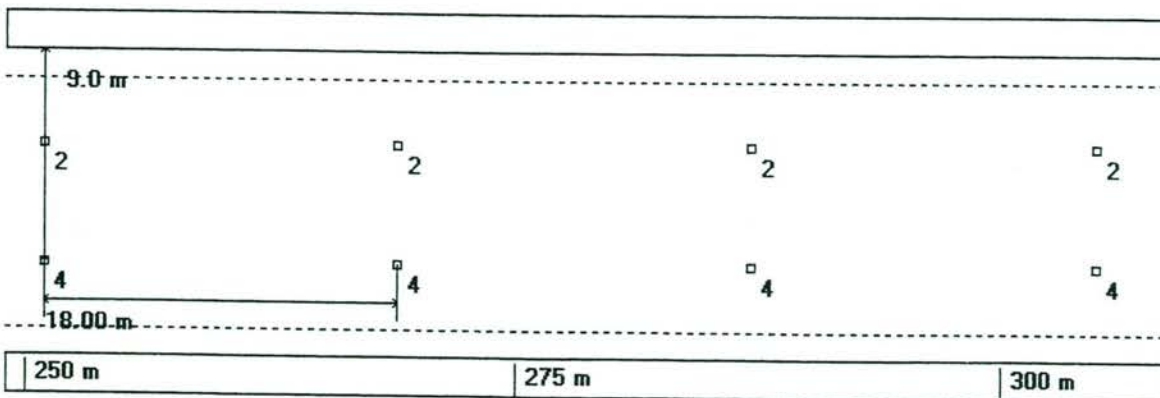
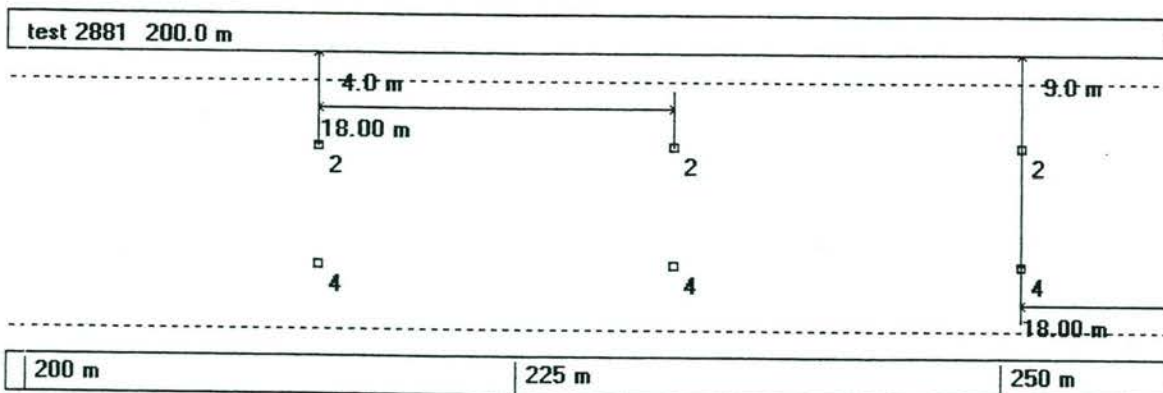
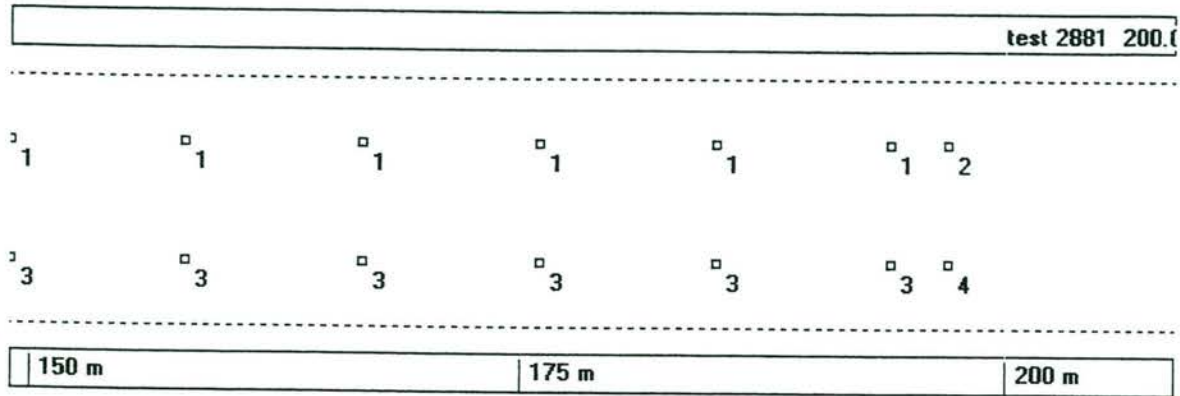
Armaturen layout



3/4/10

Projekt naam : Swalmen tunnel
 Projekt nummer : 5019/03
 Behandeld door : jdv

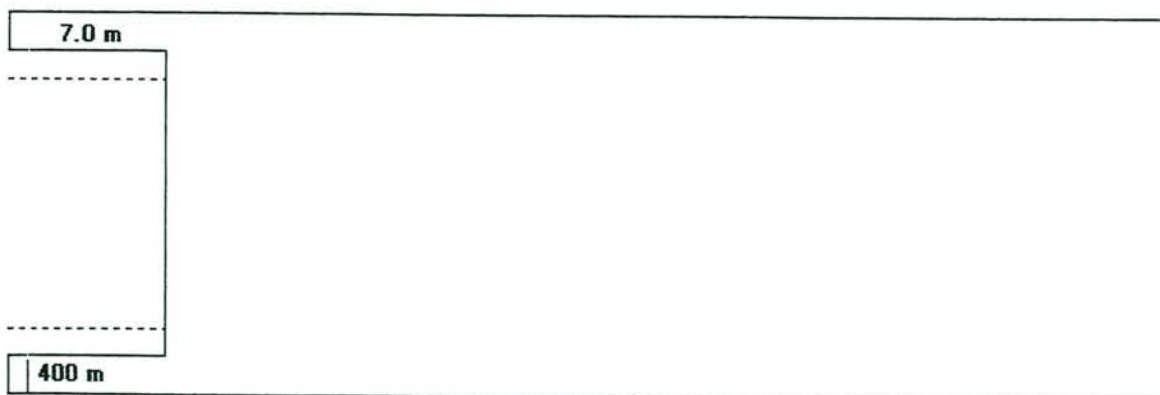
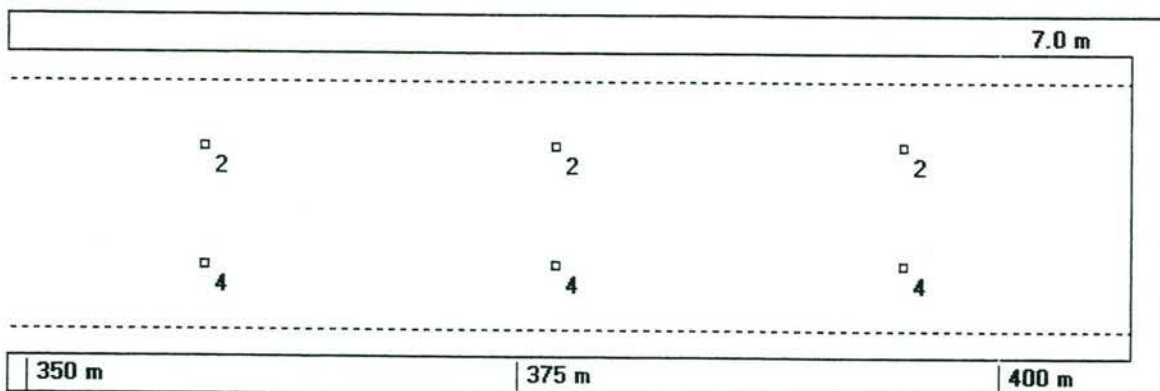
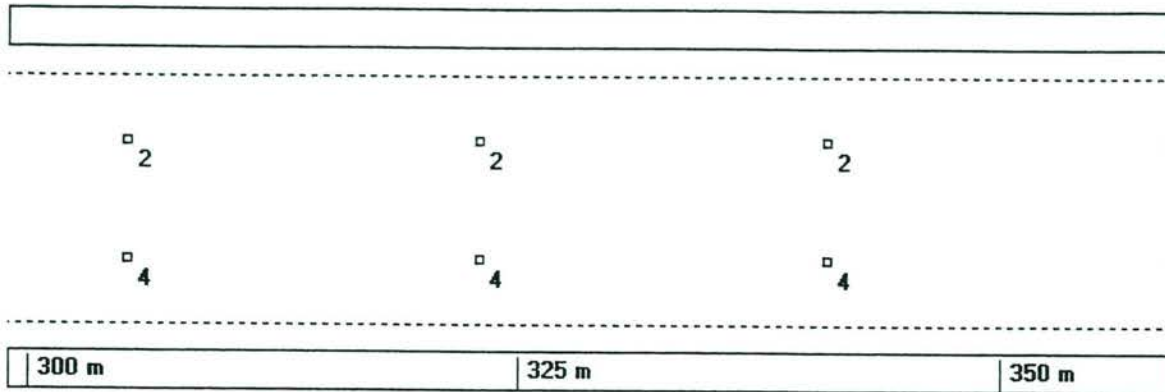
Armaturen layout



3/5/10

Projekt naam : Swalmen tunnel
 Projekt nummer : 5019/03
 Behandeld door : jdv

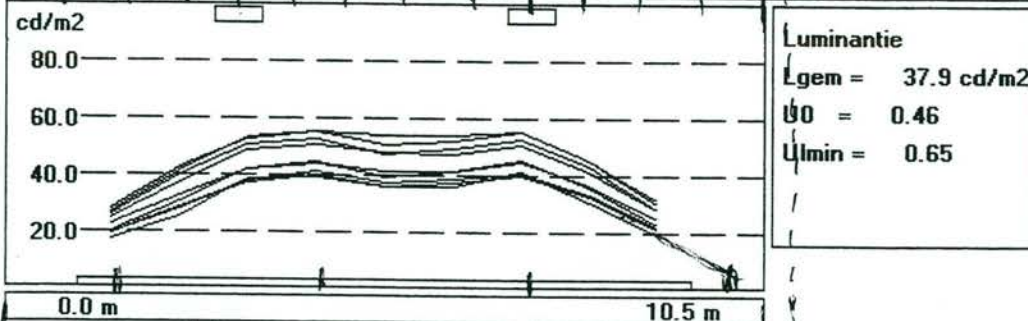
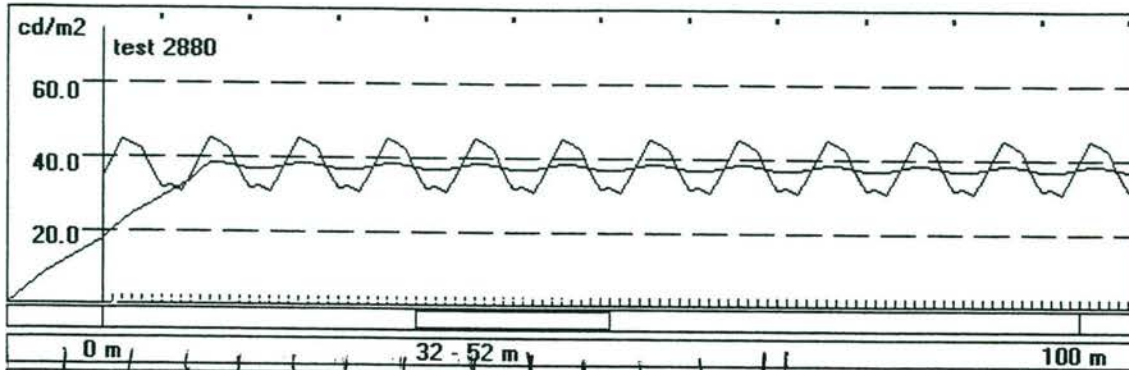
Armaturen layout



3/6/10

Projekt naam : Swalmen tunnel
 Projekt nummer : 5019/03
 Behandeld door : jdv

test 2880, luminantie in stand 1



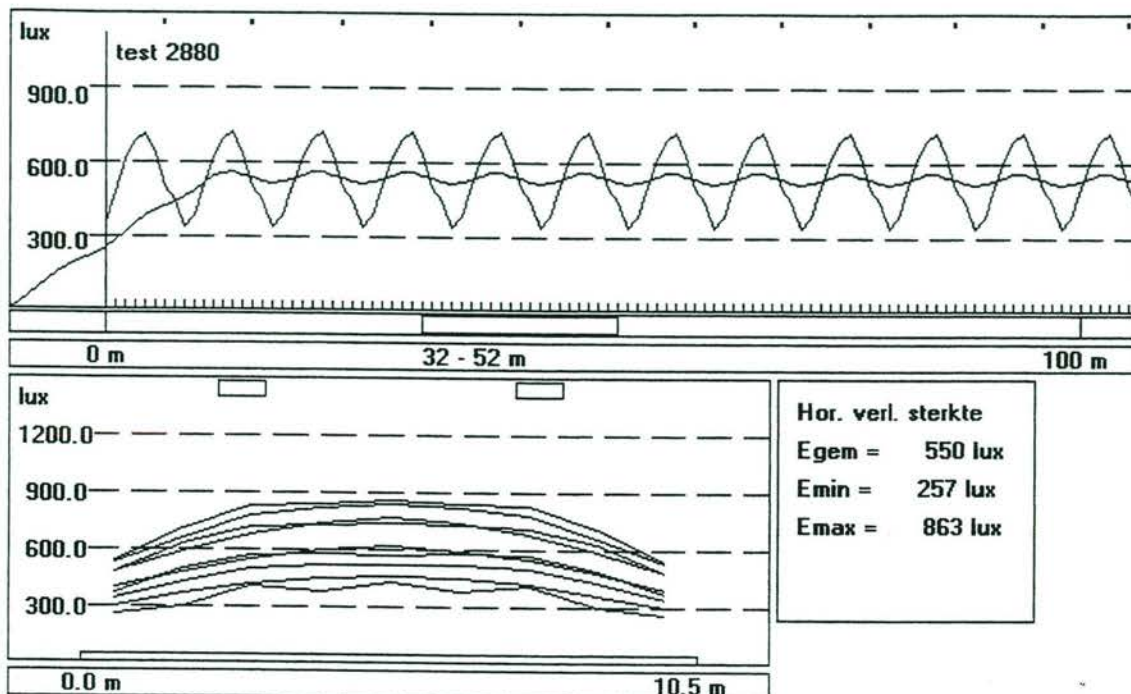
Puntwaarden op het berekenings-gebied in cd/m²:

X/Y	32.0	33.0	34.0	35.0	36.0	37.0	38.0	39.0	40.0	41.0	42.0	43.0	44.0	45.0	46.0	47.0	48.0	49.0	50.0	51.0	52.0
0.6	19.4	19.4	17.4	20.1	24.4	28.1	26.9	26.3	22.7	19.4	19.4	17.4	20.1	24.4	28.1	26.9	26.3	22.7	19.4	19.4	17.4
1.7	28.5	28.3	25.1	30.8	37.4	42.6	41.5	40.3	32.9	28.5	28.3	25.1	30.8	37.4	42.6	41.5	40.3	32.9	28.5	28.3	25.1
2.9	37.3	38.2	38.6	42.1	48.6	52.9	53.0	50.4	42.3	37.3	38.2	38.6	42.1	48.6	52.9	53.0	50.4	42.3	37.3	38.2	38.6
4.1	39.9	41.6	39.6	44.6	50.7	55.1	55.4	52.4	43.9	39.9	41.6	39.6	44.6	50.7	55.1	55.4	52.4	43.9	39.9	41.6	39.6
5.3	36.3	37.5	35.7	39.5	48.0	53.8	50.5	47.2	41.4	36.3	37.5	35.7	39.5	48.0	53.8	50.5	47.2	41.4	36.3	37.5	35.7
6.4	37.2	38.9	36.2	41.1	47.2	53.7	51.9	49.6	41.1	37.2	38.9	36.2	41.1	47.2	53.7	51.9	49.6	41.1	37.2	38.9	36.2
7.6	39.9	40.7	41.4	45.0	50.7	55.1	55.4	52.9	44.8	39.9	40.7	41.4	45.0	50.7	55.1	55.4	52.9	44.8	39.9	40.7	41.4
8.8	32.5	33.2	30.8	35.9	41.6	45.2	45.3	43.4	36.4	32.5	33.2	30.8	35.9	41.6	45.2	45.3	43.4	36.4	32.5	33.2	30.8
9.9	21.5	21.8	19.4	22.9	28.0	31.2	29.9	28.1	24.7	21.5	21.8	19.4	22.9	28.0	31.2	29.9	28.1	24.7	21.5	21.8	19.4

3/7/10

Projekt naam : Swalmen tunnel
 Projekt nummer : 5019/03
 Behandeld door : jdv

test 2880, horizontale verlichtingssterkte in stand 1



Puntwaarden op het berekenings-gebied in lux:

X / Y	32.0	33.0	34.0	35.0	36.0	37.0	38.0	39.0	40.0	41.0	42.0	43.0	44.0	45.0	46.0	47.0	48.0	49.0	50.0	51.0	52.0
0.6	375	338	257	304	395	481	528	544	479	375	338	257	304	395	481	528	544	479	375	338	257
1.7	496	432	300	366	476	592	662	712	632	496	432	300	366	476	592	662	712	632	496	432	300
2.9	568	502	408	417	549	685	776	826	715	568	502	408	417	549	685	776	826	715	568	502	408
4.1	575	519	383	450	595	743	816	837	726	575	519	383	450	595	743	816	837	726	575	519	383
5.3	570	519	426	456	622	768	844	863	745	570	519	426	456	622	768	844	863	745	570	519	426
6.4	575	519	382	450	595	743	815	837	726	575	519	382	450	595	743	815	837	726	575	519	382
7.6	567	501	408	416	549	683	775	826	713	567	501	408	416	549	683	775	826	713	567	501	408
8.8	495	431	299	365	475	590	660	709	630	495	431	299	365	475	590	660	709	630	495	431	299
9.9	373	337	258	303	394	479	526	541	476	373	337	258	303	394	479	526	541	476	373	337	258

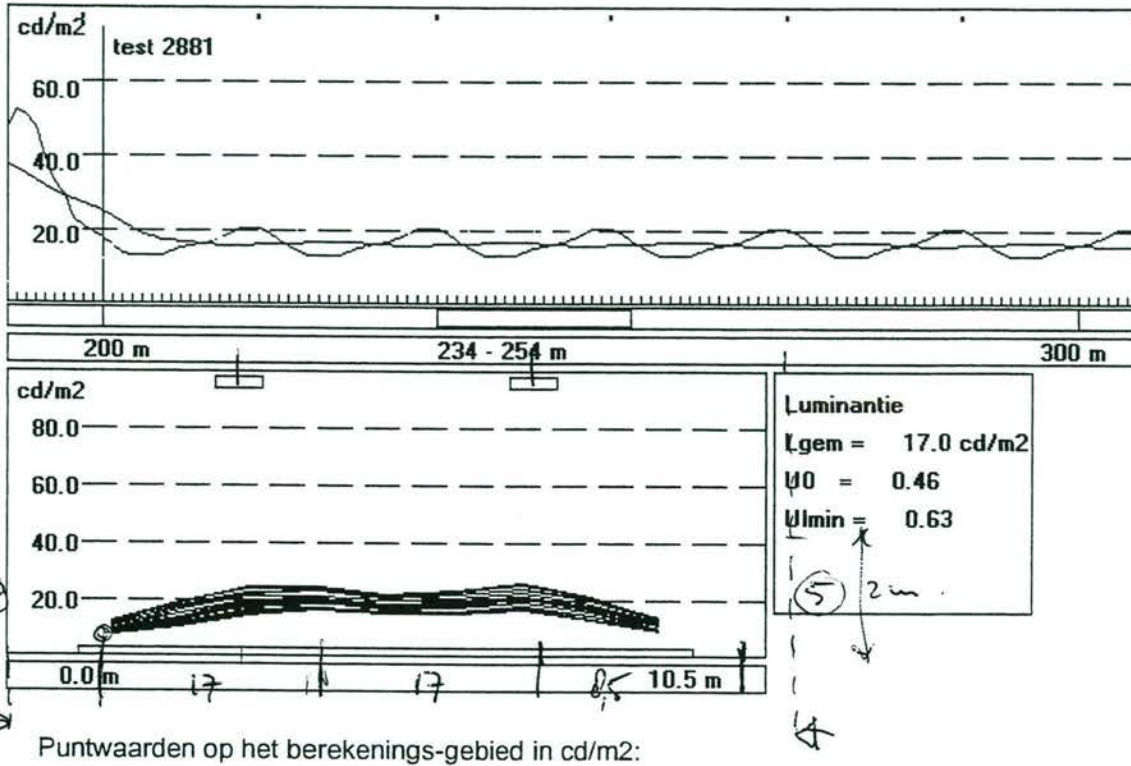
3/8/10

Projekt naam : Swalmen tunnel

Projekt nummer : 5019/03

Behandeld door : jdv

test 2881, luminantie in stand 1



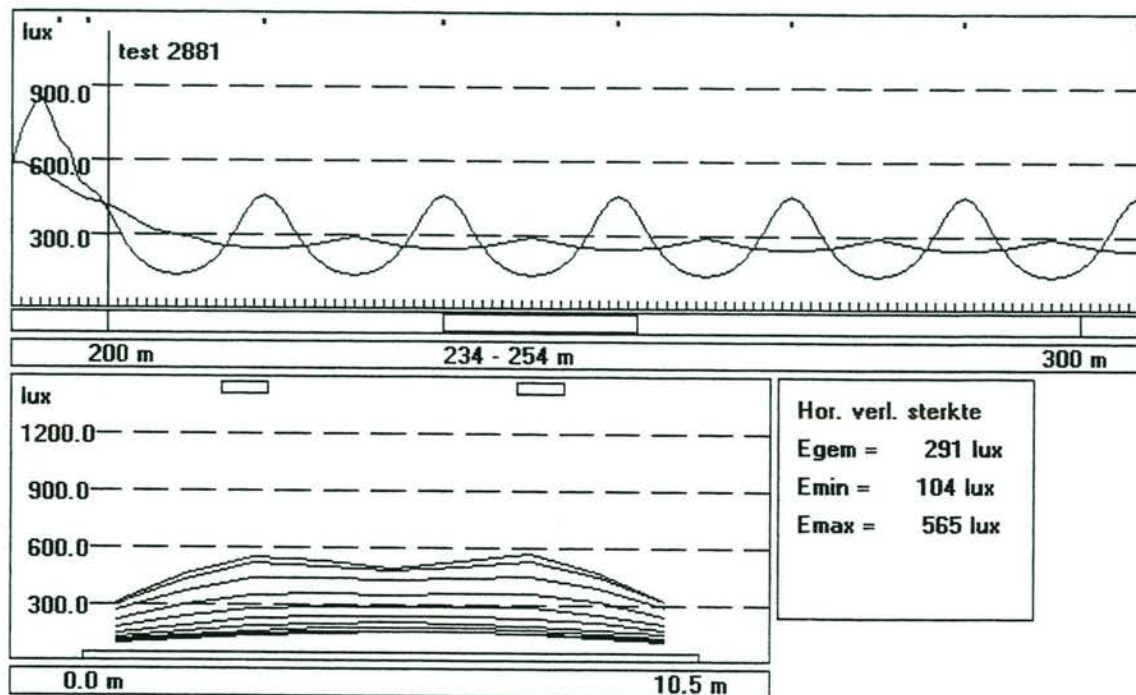
X / Y 234.0235.0236.0237.0238.0239.0240.0241.0242.0243.0244.0245.0246.0247.0248.0249.0250.0251.0252.0253.0254.0

0.6	12.1	11.3	10.0	8.6	8.2	8.1	7.9	7.9	8.0	8.5	8.8	9.3	9.8	10.7	11.1	12.2	12.5	12.5	12.1	11.3	10.0
1.7	17.5	15.3	13.8	12.1	11.1	11.1	10.9	11.1	11.7	12.7	13.1	14.2	15.5	16.9	18.1	19.3	18.7	19.1	17.5	15.3	13.8
2.9	22.3	19.6	17.5	15.8	14.7	14.7	14.8	15.2	16.4	17.9	18.9	19.4	20.1	21.0	22.6	24.0	24.5	24.2	22.3	19.6	17.5
4.1	23.3	21.2	18.9	17.3	16.4	16.5	16.5	16.9	17.6	19.1	19.7	20.1	20.4	21.4	23.3	24.8	24.2	24.4	23.3	21.2	18.9
5.3	21.2	20.1	17.8	15.5	15.1	15.2	15.2	15.4	15.7	16.7	17.0	17.9	18.8	20.1	20.4	21.3	21.8	21.7	21.2	20.1	17.8
6.4	22.0	19.9	18.0	16.1	15.1	15.1	15.1	15.4	16.2	17.6	18.0	18.6	19.1	20.9	22.0	23.5	22.8	23.4	22.0	19.9	18.0
7.6	24.0	21.5	19.3	17.6	16.6	16.7	16.7	17.1	18.3	19.5	20.5	21.1	21.5	22.4	24.2	25.6	26.1	26.0	24.0	21.5	19.3
8.8	19.9	17.5	16.0	14.4	13.3	13.3	13.3	13.6	14.5	15.8	16.4	17.1	17.8	18.7	20.4	21.4	20.9	21.0	19.9	17.5	16.0
9.9	13.3	12.6	11.4	10.2	9.8	9.7	9.5	9.5	9.6	10.3	10.3	11.2	12.0	12.7	13.0	13.5	13.8	13.6	13.3	12.6	11.4

3/9/10

Projekt naam : Swalmen tunnel
 Projekt nummer : 5019/03
 Behandeld door : jdv

test 2881, horizontale verlichtingssterkte in stand 1



Puntwaarden op het berekenings-gebied in lux:

X / Y 234.0235.0236.0237.0238.0239.0240.0241.0242.0243.0244.0245.0246.0247.0248.0249.0250.0251.0252.0253.0254.0

0.6	298	267	222	181	154	133	117	108	104	109	118	134	155	183	223	268	298	307	298	267	222
1.7	425	368	301	237	194	163	141	129	123	129	141	163	195	237	301	368	425	461	425	368	301
2.9	517	439	350	276	225	188	164	148	143	148	164	188	225	276	350	439	517	555	517	439	350
4.1	504	439	358	288	236	200	175	161	154	161	175	200	236	288	358	439	504	530	504	439	358
5.3	478	429	353	289	241	206	180	164	157	164	180	206	241	289	353	429	478	488	478	429	353
6.4	498	440	364	293	241	203	177	161	155	161	177	203	241	293	364	440	498	531	498	440	364
7.6	526	449	362	285	233	194	169	153	149	153	169	195	233	286	362	449	526	565	526	449	362
8.8	449	388	316	252	207	174	150	137	131	137	151	175	208	252	316	388	449	475	449	388	316
9.9	315	286	241	201	170	146	128	117	112	118	129	148	171	203	243	287	316	320	315	286	241

3/10/10

BIJLAGE **4** Polynoombenadering kansverdeling L20, (berekening verliespercentage bij schakelen in 10 stappen)

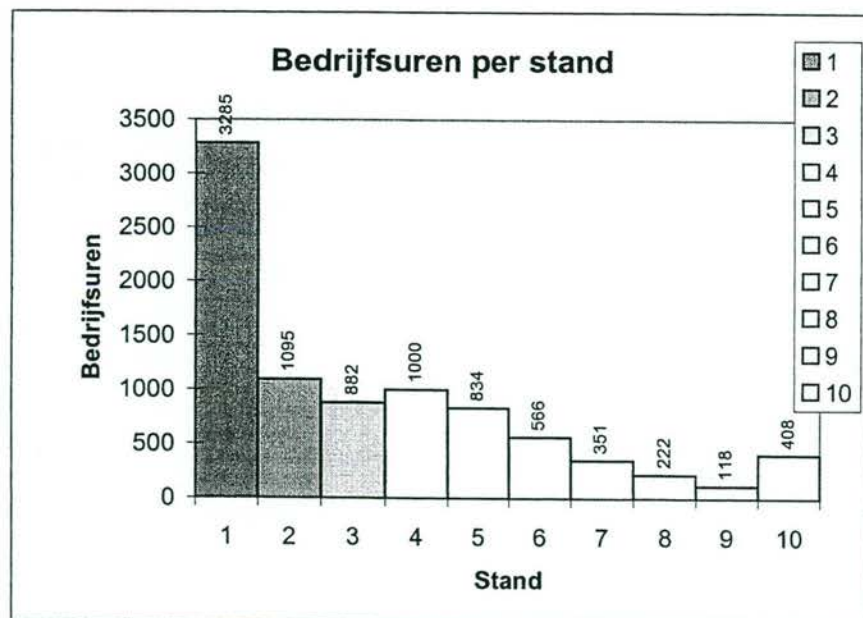
Polynoombenadering kansverdeling L₂₀

Project : LCC Swalmen Optimalisatie van geschakelde tunnelverlichting
 Opgesteld : C.L. Kamp
 Datum : 18-Feb-02

Bepaling bedrijfsuren

k-factor 4%
 Uren overdag 12 uur
 Hysteresis -100% (Dus verlichting staat nooit te laag geschakeld)
 Verdeling standen **GEOPTIMALISEERD MET 10 STANDEN**

stand	L ₂ (van)	L ₂ (tot)	L ₂₀	O.S.-kans	uren	lichtarbeid	verlies 1° drempel	Uren cum.
	cd/m ²	cd/m ²	cd/m ²	%	uren	cd/m ² x uren	%	
1	klok:	9 uur/dag	2.5		3285	10676		
2	klok:	3 uur/dag	5	0.31	1095	6296		
3	0	14	350	20.13	882	14196		
4	14	34	850	42.96	1000	37392		3498
5	34	57	1425	62.00	834	47534		2498
6	57	80	2000	74.92	566	45282		1665
7	80	102	2550	82.93	351	35772		1099
8	102	125	3125	87.99	222	27746		748
9	125	147	3675	90.69	118	17342		526
10	147	192	4800	100.00	408	78310		408
Totaal					8760	303574	23%	



BIJLAGE 5 Documentatie TSS, leverancier Industria

BSCOUT LIGHTING CONTROL SYSTEM



system details



description

The BScout lighting control system has been specifically designed for the purpose of automatically controlling and monitoring multiple points, typically lights as part of an integrated system via our B-ScoutMaster PC, RS485 communication system and B-Scout Units.

The BScout system is most suited to tunnel lighting, building and private public network lighting schemes.

Because of the versatility of the B-Scout system, it can be tailored specifically to your exact needs.

TSS offer a full turnkey project management, including Bespoke design capabilities in house for hardware and software control options, supervision, installation and commissioning service eliminating the need for third party intervention.

Technical and customer support, documentation, maintenance and product training is available either on site or at our manufacturing headquarters giving ease of mind to your control solutions.

typical applications

- New build or ducted installations to allow for bus cable to be installed
- Tunnel, car park, and building lighting schemes.
- Emergency lighting control with periodic testing.
- Building management schemes.
- Display and sign lighting.



THE NATIONAL
LIGHTING DESIGN
AWARDS 2000
WINNERS
Specification

SCOUT SYSTEM

technical specification

B-ScoutMaster Unit MkII

- Fast Pentium III 750Mhz Industrial panel PC
- MSWindows 98+OS
- Bespoke design capabilities in house for control software options
- 10GB hard disk drive (IDE) 2 ½ format
- CD ROM drive (IDE)
- 1.44MB 3 ½ floppy disk drive
- Integral RS232 & RS485 communication ports
- Uninterrupted Power Supply
- Integral Peripheral Logic Controller unit to allow direct hardware i/p of photocells, photometers, Level / Temperature meters etc.
- System printer and parallel port
- Integral keyboard & mouse
- 15" colour TFT LCD display with touch screen option
- Integral 56k modem & dedicated RS232 serial port interface for direct link to external laptop via communications software package.

RS 485 Communication BUS

- BUS number per B-ScoutMaster = 1 - 8
- Maximum single bus length without repeater = 1200m
- Maximum number of repeaters per single BUS = 3 extending maximum distance of each single BUS to 3600m
- Maximum number of Scouts units per single BUS without repeater is 250, but with 3 repeaters extending maximum number of Scouts to 1000 per single BUS
- 2 pair twisted communication cable with transient voltage drain wire
- 120ohm EOL termination

BScout Unit

- BScout units are available in 1, 2 and 6 way models
- 10-bit addressing system enabling addressing from 1 - 999
- 600W triac controlled 'soft switching' extending life of Scout and load
- Voltage and Current monitoring
- Load 'ON' time recorded (burn hours)
- Digital voltage monitoring for fuse and lid status
- Transceiver failsafe biasing with 15kV ESD protection
- Global and individual commands accepted for varying degrees of control
- Status and RX / TX display LED's
- Bespoke design capabilities in house for control software options
- Simple wiring and installation
- Compact size and low weight
- Low power consumption

Technical Support & Supplies LTD
Falcon House
Royal Welch Avenue
Kinmel Park
Bodelwyddan LL18 5TY. UK



F M 3 5 8 0 1

Tel: 01745 582918
Fax: 01745 585317
e-mail: technical@ts-s.com www.ts-s.com

Created on 10/08/01 17:11
BScout System

BSCOUT LIGHTING CONTROL SYSTEM

system details

SCOUT SYSTEM

what is the TSS BScout monitor and control system ?

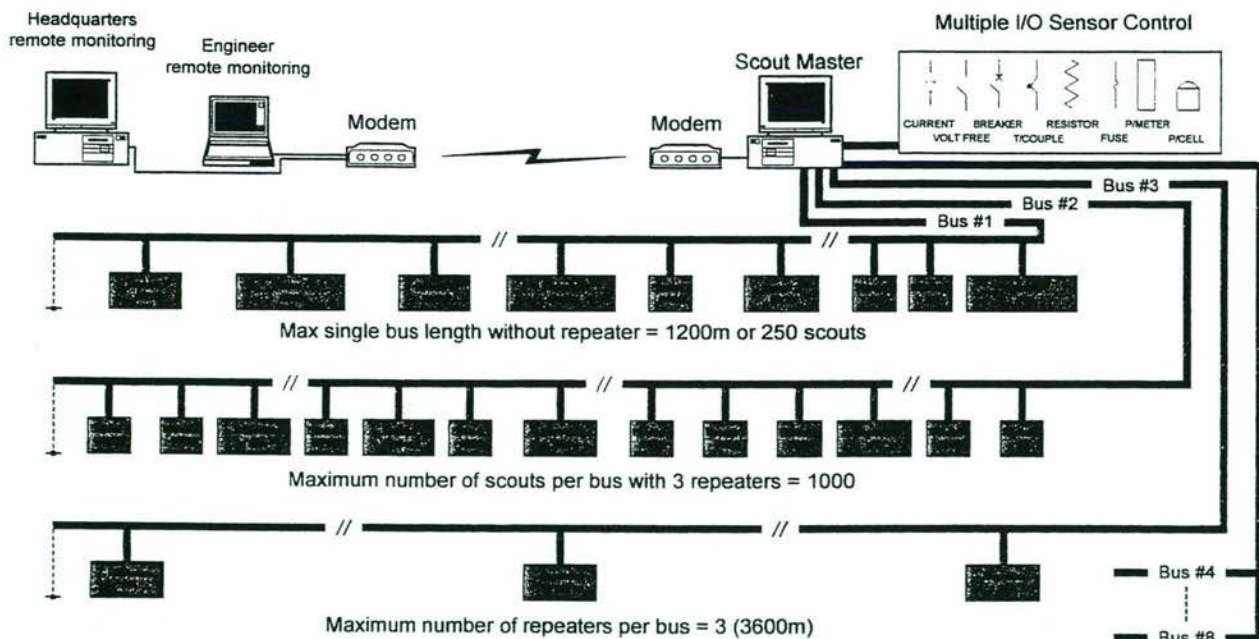
The TSS BScout monitor and control system is specifically designed for the purpose of automatically controlling and monitoring multiple points, typically lights, as part of an integrated system via our B-ScoutMaster PC control unit, and is most suited to building and tunnel lighting control applications. The flexibility of the system means that lights of virtually any type (HPS, fluorescent, tungsten, MH etc) or loads such as fans, warning signs, conveyer belts and other machinery can be controlled and monitored.

The B-ScoutMaster is simple to use and is designed to operate in the extremely popular MSWindows environment. The software is event driven, capable of using outputs from photometers, photocells, pressure sensors, etc. to select different stages of load control / operation. An internal MSAccess database engine allows quick and easy adjustments to any of the stages or features via multiple configuration options.

Designed specifically to interface directly with our established multi-bus BScout RS485 communication system, the software also has the ability to request the stored data from a network of BScout units in the field and to control individual or complete lighting circuits from a remote location.

Because of the versatility of the BScout system, it can be tailored specifically to your exact needs and requirements. These can be easily established through discussions with qualified TSS engineers.

bus system topology



BSCOUT1

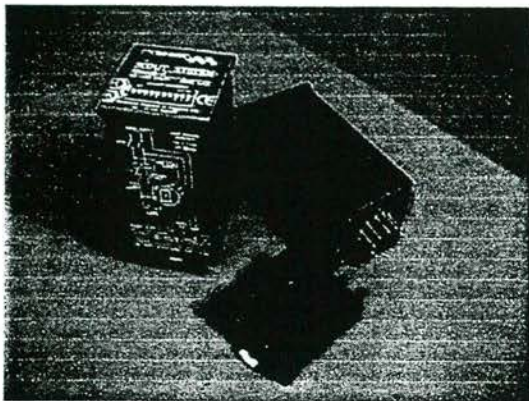
Single Channel RS-485 Scout unit



TECHNICAL SUPPORT & SUPPLIES LTD

product details

SCOUT SYSTEM



description

The BScout1 is a remote, single channel monitoring and control unit. With a switching capacity of 600W and various voltage, current and light monitoring options, the unit can be used to control and monitor a variety of loads. The switching circuit employs optically isolated triac 'soft switching' to extend relay and load life. The unit incorporates an international standard 11pin plug that mates with a base (also available) and can be replaced by a shorting plug if required. The unit relies on RS-485 bus communications to receive commands and to transmit selected data. The BScout1 can be addressed between 1 and 999 using the 10-bit switch and is automatically controlled by a BScoutMaster control unit. The host software can be designed bespoke in-house to suit individual requirements.

ordering information

- **BScout1-sc** : switching unit with current monitoring.
- **BScout1-sp** : switching unit with photodiode light monitoring.

technical specification

- Dimensions – see reverse
- Power requirements: 216 – 254VAC @ 50Hz
- Power consumption: 2.2W max.
- Analogue mains failure recorded: <216VAC
- Digital mains failure recorded: <30VAC
- Switching capacity: 600W inductive
- Termination: 11pin plug-in base (sold separately).
- Address: 1 – 999 user configurable.
- Communications: RS485 standard with 15kV ESD protection.
- Transmission speed: 19200 baud.
- Comms. cable: Single twisted pair + common, shielded Beldon cable – see spec. sheet.
- Operating temperature: -10°C to 85°C.
- Storage temperature: -20°C to 90°C.
- Weight: 160 grams max.

features

- 16Mhz onboard CPU with auto reboot and watchdog routines.
- Reliable RS-485 Communications.
- Global and individual commands accepted for varying degrees of control.
- 10-bit addressing system.
- International standard 11pin plug-in base.
- 11pin shorting plugs available.
- 600W triac-controlled 'soft switching'; extends life of BScout and the load (particularly if inductive).
- Load 'ON' time recorded (Burn Hours).
- Boots to load 'ON' after start up.
- Current monitoring with 'learn' feature detects faulty load.
- Photodiode monitoring with 'learn' feature detects faulty load.
- Analogue voltage monitoring for mains voltage readings.
- Digital voltage monitoring for fuse and lid status.
- Transmission test switch for commissioning.
- Status and RX/TX display LEDs.
- Bespoke design capabilities in-house for control software options.
- Simple wiring and installation.
- Compact size and low weight.

typical applications

- New build or ducted installations to allow for bus cable to be installed.
- Tunnel, car park, and building lighting schemes.
- Emergency lighting control with periodic testing.
- Building management schemes.
- Display and sign lighting.



THE NATIONAL
LIGHTING DESIGN
AWARDS 2000
WINNERS

Technical Support & Supplies LTD
Falcon House
Royal Welch Avenue
Kinnel Park
Bodelwyddan LL18 5TY. UK



FM 35801

Tel: 01745 582918

Fax: 01745 585317

e-mail: technical@ts-s.com www.ts-s.com BScout1 product brochure

Created on 06/15/01 16:47

BIJLAGE **6** Documentatie JBP, leverancier Poort



ELEKTRONISCHE VSA'S



JBP Technologies Ltd. in Israël heeft in 1999 een efficiënt **hoog frequent elektronisch voorschakelapparaat voor hogedruk natrium lampen** ontwikkeld, waarvan de eerste series voor 400W, 250W en 150W in 2000 op de markt verkrijgbaar zijn.

Medio 2001 worden VSA's voor hogedruk metaalhalogeen lampen en voor de lagere vermogens hogedruk natrium lampen verwacht.



Doordat het JBP-vsa dimbaar is, kan tot ca. 40% totaal bespaard worden.

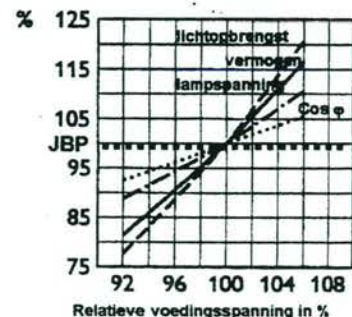
Het rustige inschakelen van de lamp veroorzaakt geen inschakelpieken, geluid of knippen.

De $\cos\phi$ blijft over het gehele regelgebied $\sim 1,0$.

De verwachte levensduur van de lamp wordt verlengd.

Het vsa is voorzien van een volledige diagnose van status van lamp en vsa met lokale uitleesfunctie en/of weergave op afstand

De lichtopbrengst van de hogedruk gasontladinglamp, vermogen en $\cos\phi$ zijn onafhankelijk van de voedingsspanning. (180-250VAC) Bij conventionele vsa's veranderen deze parameters met de voedingsspanning. De lichtopbrengst blijft met een JBP E-vsa gedurende de levensduur gelijk.



Het toepassingsgebied van het JBP-vsa voor hogedruk natriumlampen is vanzelfsprekend openbare verlichting maar ook in industriële omgevingen. Het VSA kan ingezet worden ter vervanging van het conventionele vsa met als voordeel energiebesparing en efficiënter gebruik van voedingsnetten. Het spreekt voor zich dat de dimbaarheid van het vsa ook energetische besparingen leveren.

De dimactie kan worden geactiveerd door:

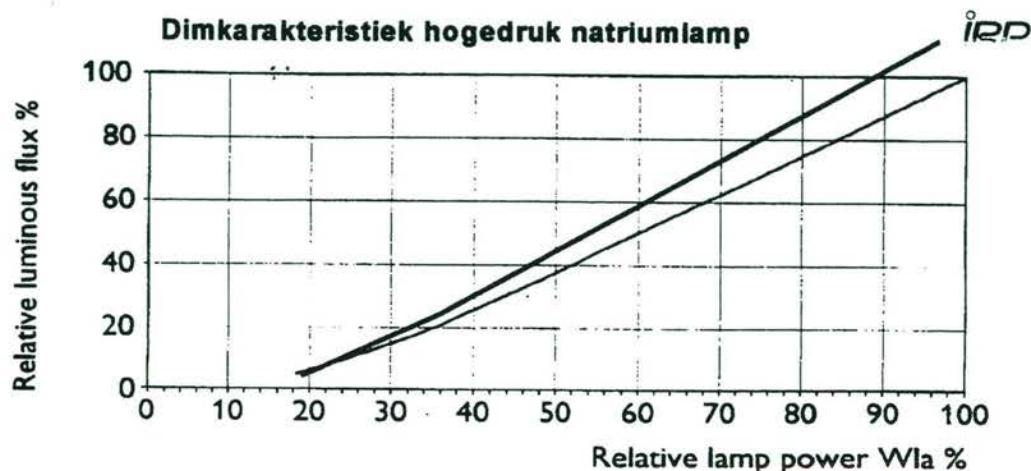
- Eigen timers (3 of 6 uur na inschakelen)
- Externe 230V schakeling (b.v. met avond- en nachtbranderschakeling)
- Digitale besturing b.v. met powerline

Lokale dimactie is gebonden aan presettings met dipswitches in het vsa, op afstand kan digitaal elke dimstand worden gestuurd.

Lokaal kan een volledige statusinformatie worden afgelezen dmv LED's.

Op afstand wordt de status in een PC-programma weergegeven.

Het hoogfrequente besturingssysteem heeft als bijzondere eigenschap dat de lamp bij gelijke lichtopbrengst als in de conventionele opstelling ca. **12,5% minder energie** vraagt.



VOORDELEN VAN HET *iRP* VSA zijn:

1. Bij gelijke lichtopbrengst als in de conventionele opstelling echter met ca. **12,5% minder energie**
2. **Dimmen tot ca. 30%** van het nominale vermogen (ca. 10% lichtopbrengst)
3. **10% tot 20% minder warmteverlies**
4. **constant lichtniveau** bij variatie van voedingspanning tussen 180V tot 250V
5. **Verlengt levensverwachting van lamp**
6. De $\cos\phi$ blijft over het gehele regelgebied $\sim 1,0$.
7. **beveiligd tegen kortsluitingen** van uitgaande kabels
8. **Geen inschakelpieken**, geluid of knipperen.
9. **volledige statusmelding** van lamp en vsa
10. kan zowel **lokaal als op afstand** worden **bestuurd**
11. De lichtopbrengst blijft gelijk gedurende de levensduur en is onafhankelijk van de voedingspanning (180-250VAC).

Indien u geïnteresseerd bent en/of meer informatie wenst gelieve met POORT HIB contact op te nemen.



