

Energiebesparing openbare verlichting door toepassing van het Eposs-systeem

2 augustus – versie 2.02 definitief



Inhoudsopgave

1	Conclusies en aanbevelingen.	3
1.1	Doel onderzoek.	3
1.2	Proefopstelling.	3
1.3	Resultaten van de proef.	4
1.4	Evaluatie rapport versie 1.0.	4
1.5	Advies.	5
2	Algemeen.	6
2.1	Informatie opdrachtgever.	6
2.2	Uitgangsdocumenten.	6
2.3	Betrokken derden.	6
2.4	Rapport.	6
2.5	Versie update 2.0.	6
3	Eposs.	7
3.1	Uitgangspunten Eposs-systeem.	7
3.2	Werking voorschakelapparatuur.	7
3.3	Werking Lec Con.	8
4	Uitvoering proef.	10
4.1	De proef.	10
4.2	Metingen onder werkplaatsomstandigheden.	11
4.3	Metingen op locatie aan een compleet voedingspunt.	14
4.4	Meetresultaten.	16
5	Maximale energiebesparing en terugverdientijd.	18
5.1	Besparing bij instelling Lec Con van 205VAC.	18
5.2	Kostenindicatie voor het aanbrengen van de Lec Con.	18
5.3	Lichttechnische haalbaarheid bij proefkast 058TA.	19
6	Conclusie.	21
	Bijlage 1: Tabellen 4, 5, 6 en 7	24
	Bijlage 2: Meetwaarden Lec-CON	26
	Bijlage 3: Lichttechnische berekening (standaard lamp)	27
	Bijlage 4: Lichttechnische berekening (verbeterde PIA lamp)	28
	Bijlage 5: Lichttechnische berekening (geoptimaliseerd op theoretische lamp)	29
	Bijlage 6: Documentatie Eposs	30
	Bijlage 7: Verklaring Philips	31

1 Conclusies en aanbevelingen.

1.1 Doel onderzoek.

De Dienstkring Autosnelwegen Eindhoven en de Elektrotechnische en Werktuigbouwkundige Dienst van Rijkswaterstaat directie Noord-Brabant hebben naast de speerpunten veiligheid en betrouwbaarheid van de door haar te beheren technische installaties ook verantwoord energieverbruik hoog in het vaandel staan. Voor de openbare verlichting is daarom een proef uitgevoerd met als doel energie te kunnen besparen tijdens het gebruik van de bestaande openbare verlichtingsinstallaties, zonder daarbij de veiligheid en de betrouwbaarheid aan te tasten. Deze proef is in samenwerking met Montad Adviesburo uitgevoerd.

De reden om dit onderzoek uit te voeren is een aanbod van de firma Eposs om een energiebesparingsysteem te testen op toepasbaarheid voor openbare verlichting langs rijkswegen. Na beoordeling van de technische documentatie door de EWD heeft de Dienstkring Eindhoven opdracht gegeven een "tijdelijke" installatie te bouwen en een onderzoek uit te voeren.

1.2 Proefopstelling.

Bij het kiezen van een installatie voor de proeven is gekozen voor ontsteekpunt 058TA langs RW58 ter hoogte van de carpoolplaats Moergestel. Op deze kast is zowel middenbermverlichting als verlichting langs de af- en toeritten aangesloten. De verlichting wordt bedreven door middel van conventionele voorschakelapparatuur in de mast.

Bij nieuwbouw en renovaties van bestaande openbare verlichting zal er gekozen worden voor elektronische voorschakelapparatuur, uit het oogpunt van betrouwbaarheid en energiebesparing. Het Eposs-systeem is niet onderzocht op elektronische voorschakelapparatuur omdat het toepassen van elektronische voorschakelapparatuur meer voordelen biedt dan alleen de energiebesparing. Zo kan bijvoorbeeld de mogelijkheid tot dynamisch regelen genoemd worden.

Tijdens de proef is er gemeten aan een twee-tal binnen Rijkswaterstaat veel gebruikte typen gasontladingslampsystemen: Lage Druk Natrium, verder genoemd SOX en Hoge druk Natrium, verder genoemd SON.

Tijdens de proef hebben we de beschikking gehad over een Lec Con 3x 30 ampère. Met deze Lec Con was het mogelijk de uitgangsspanning traploos te variëren (stappen van 1 Volt). Dit is overigens de meest luxe uitvoering die bij een eventuele toepassing langs onze rijkswegen te uitgebreid zou kunnen zijn. Verder is het eigen opgenomen vermogen van de Lec Con 2,5% hoger dan bijvoorbeeld de Lec A die in stappen van 2,5V regelt.
Lec Con = 3% opgenomen vermogen (opgave fabrikant)
Lec A = 0,5% opgenomen vermogen (opgaven fabrikant)

1.3 Resultaten van de proef.

Na het afronden van de metingen en het bestuderen van de feiten worden onderstaande conclusies getrokken:

1. Terugverdiëntijd:

De terugverdiëntijd voor deze oplossing met een Eposs-systeem Lec A bedraagt **minimaal 4,3 jaar**. Er is in de terugverdiëntijdberekening gekeken naar de investering, installatie en besparing op elektrische energie. De eventueel langere levensduur van lampen is niet meegenomen omdat deze aannahme niet onderbouwd is en de proefperiode te kort is om een reëel beeld te geven.

Investerings op het gebied van energiebesparing aan openbare verlichting, waarbij de terugverdiëntijden van de benodigde investeringen maximaal 10 jaar bedragen, worden zinvol geacht.

2. Toepassingsgebied:

De investering is met name bedoeld om vroegtijdige ombouw van conventionele voorschakelapparatuur naar elektronische voorschakelapparatuur te voorkomen en dient terugverdiend te worden uit de energiebesparing, tijdens de restlevensduur van de conventionele voorschakelapparatuur.

Aangezien dat de technische levensduur van conventionele voorschakelapparatuur 15 tot 20 jaar bedraagt en veel conventioneel bedreven installaties enkele tot vele jaren in bedrijf zijn, is er alleen financieel voordeel van deze investering te verwachten als de restlevensduur langer is dan 4,3 jaar.

1.4 Evaluatie rapport versie 1.0.

Na het afronden van de metingen en het bestuderen van de feiten is rapport versie 1.0 opgesteld. In dit rapport wordt op basis van de gemeten besparing in relatie tot de investering een terugverdiëntijd berekend van meer dan 10 jaar. Op basis van deze berekening wordt de conclusie getrokken dat het Eposs systeem zeker toepasbaar is voor met name utiliteit en "continu" installaties voorzien van bijvoorbeeld TL- of PL verlichting.

Dit rapport is besproken met de heren Van der Steen en De Jong van de firma Eposs. Tijdens dit gesprek zijn diverse zaken verder uitgewerkt die geleid hebben tot een aanpassing van het rapport (versie 2.0).

De aanpassingen in hoofdzaak zijn:

- 1) Aanpassing berekening op basis van andere prijs per kWh.
- 2) Mogelijke toepassing van de Lec A in plaats van de Lec Con waardoor lagere investering mogelijk is en minder eigen vermogen opgenomen wordt.
- 3) Extra mogelijkheid om verlichting op lagere spanning te bedrijven zonder afbreuk te doen aan het gewenste lumenpakket (zie bijlage 7).

Verlichting volgens norm (NPR13210-1):
Energiebesparing voor openbare verlichting door het terugnemen van de aangelegde netspanning is alleen mogelijk op basis van de geïnstalleerde overwaarde van de verlichting ter plaatse ten opzichte van de gestelde verlichtingsnorm. Elke installatie moet individueel bekeken worden om een uitspraak te doen of energiebesparing financieel haalbaar is.

3. Dimmen:

Het geteste systeem is niet geschikt om te dimmen en mag ook niet als dimsysteem toegepast worden. Om energiebesparing te realiseren door dimmen wordt geadviseerd elektronische voorschakelapparatuur in combinatie met een intelligente sturing toe te passen.

De reden om niet te dimmen met het Eposs-systeem ligt met name in de voorwaarden voor het herontsteken van de diverse lampen na uitval en de beperkte mogelijkheid om zelfstandig het lampbedrijf te optimaliseren tijdens veroudering van de lamp.

1.5 Advies.

Vooraf na de aanpassing van rapport versie 1.0 naar versie 2.0 met daarin opgenomen correcties blijkt dat het toepassen van een Eposs systeem Lec A een serieuze bijdrage kan leveren aan het terugdringen van het energieverbruik in onze openbare verlichtingsinstallaties.

Dit geldt uiteraard alleen voor de installaties die bedreven worden door middel van conventionele voorschakelapparatuur.

Op het moment dat uit verder onderzoek blijkt dat de lampenfabrikanten de lichtstromen opgeven op de ondergrens van de ballastspecificatie kan zelfs gesteld worden dat de verlichting op de ondergrens bedreven kan worden zonder tekort te doen aan de verlichtingsniveau's op onze rijkswegen (zie bijlage 7). Tot aan die tijd verdient het de aanbeveling de systeemspanning niet verder terug te brengen dan de "veilige" ondergrens van 205V.

Het zal duidelijk zijn dat de lampfabrikanten niet het risico willen lopen om een claim te ontvangen dat de lampen te weinig licht (lumenstroom) geven bij normaal bedrijf en dat daarom de lumenstromen aan de voorzichtige kant gehouden zijn.

Tot slot kan gesteld worden dat elke plaatsing van een dergelijk systeem alleen kan geschieden op basis van een analyse van de situatie ter plaatse en dat de plaatsingskosten en terugverdientijd per locatie afwijkend kan zijn van de beschreven terugverdientijd. Verder zal duidelijk zijn dat spanningsvariaties in het voedend net ook direct van invloed zijn op de energiebesparing en de terugverdientijd. Bij een hogere netspanning meer energiebesparing en snellere terugverdientijd. Bij een lagere netspanning minder energiebesparing en een langere terugverdientijd. Het is overigens niet aannemelijk dat de terugverdientijd boven de 10 jaar zal komen.

2 Algemeen.

2.1 Informatie opdrachtgever.

Opdrachtgever : Rijkswaterstaat directie Noord-Brabant
Dienstkring Autosnelwegen Eindhoven
De Zegge 1
5664 EZ Geldrop
tel. : 040-2808808
fax : 040-2853974
Contactpersoon : Hendrik van den Boogaard

2.2 Uitgangsdocumenten.

- Documentatie Eposs (bijlage)
- Lichtberekeningen RW58
- Verklaring Philips

2.3 Betrokken derden.

Toine Adams : Productmanager Openbare Verlichting
Ron Keijsers : Energiecoördinator

2.4 Rapport.

Onderzoek : Erik Vos
: Bert van Esch
: Montad Adviesbureau
Rapport : Toine Adams

2.5 Versie update 2.0.

Rapport versie 1.0 is door Toine Adams geëvalueerd met een vertegenwoordiging van de firma Eposs. Tijdens deze evaluatie zijn diverse zaken besproken die behoorlijk ingrijpen op met name de terugverdientijd zoals beschreven in rapport versie 1.0.

3 Eposs.

3.1 Uitgangspunten Eposs-systeem.

Het uitgangspunt van de proef is het plaatsen van een energiebesparingsmodule van Eposs, de zogeheten Lec Con (continuous), verder genoemd Lec Con. Deze module maakt deel uit van een serie energiebesparingsmodules waarbij het model Lec Con het meest uitgebreid is en de regeling uitvoerbaar is in stappen van 1 Volt. De module wordt tussen de voeding en de verdeelinrichting geplaatst in een voedingspunt voor de openbare verlichting. In de overige delen van de installatie wordt verder niets gewijzigd. De Lec Con is volgens de fabrikant toepasbaar bij nagenoeg alle typen gasontladingslampen, waaronder ook de SOX en SON. Deze laatste typen worden binnen Rijkswaterstaat veelvuldig toegepast.

Volgens de fabrikant van de Lec Con, kan er op deze wijze ongeveer evenveel energie bespaard worden als wanneer de gehele installatie wordt voorzien van elektronische voorschakelapparatuur, tegen een aanzienlijk lagere investering. Of deze stelling van de fabrikant klopt, wordt tijdens deze proef verder nagegaan. Voor die installaties, die nog niet aan renovatie toe zijn en nog uitgevoerd zijn met conventionele voorschakelapparatuur, kan deze oplossing interessant zijn voor het besparen van energie.

Indien de Lec Con die energiebesparing realiseert, wat de fabrikant beweert, kan deze optie veel voordelen opleveren, indien de investering van de Lec Con terug verdiend kan worden gedurende de restlevensduur van de conventionele voorschakelapparatuur in de betreffende installatie.

Uiteraard dient er met de proef ook gekeken te worden naar de veiligheid door en betrouwbaarheid van de openbare verlichting (voor zover er gedurende de duur van de proef hierover iets te constateren valt).

3.2 Werking voorschakelapparatuur.

Alle conventionele voorschakelapparatuur is zodanig ontworpen dat bij toleranties in het voedende net, de lichtpunten betrouwbaar zullen blijven werken. Bij rijkswaterstaat is momenteel zowel voorschakelapparatuur met een ontwerpspanning van 220 tot 240 VAC als voorschakelapparatuur voor 230 VAC in gebruik. Binnen de variaties van de fasespanningen 230VAC tussen 211,6 VAC (230VAC – 8%) en 243,8 VAC (230VAC +6%), volgens IEC60923 (ballast), IEC60192 (SOX) en IEC60662 (SON), minimale testspanningen), zullen de lichtpunten (voorschakelapparatuur en gasontladingslamp) zonder problemen moeten kunnen ontsteken en blijven branden. Aangezien dat de bovenstaande normen voorschrijven dat de voorschakelapparatuur getest dient te worden bij een testspanning van 198 VAC, is deze spanning als minimum spanning op elk lampsysteem aangehouden waarbij de lichtpunten gewaarborgd blijven functioneren.

Verder ontstaat het vermoeden dat de opgegeven lichtstromen in de documentatie van de lampenfabrikanten de minimale waarde opgeven gemeten bij de ondergrens van de aangeboden systeemspanning. Met andere woorden. Als een ballast ontworpen is voor een nominaal spanning van 230V en bedreven wordt op 230V zal de lampstroom hoger zijn dan de in de documentatie beschreven waarde. Op verzoek van Eposs heeft Philips Duitsland een verklaring afgegeven waarin dit vermoeden bevestigd wordt (zie bijlage 7).

Verder is in de loop der jaren de in de documentatie beschreven lichtstroom verhoogd door een verbeterd productieproces. Deze oude waarden zijn bij de bestaande installaties aangehouden voor het uitvoeren van de lichttechnische berekeningen. Als de systeemspanning verlaagd wordt door toepassing van het Eposs systeem zal het lumenpakket verlaagd worden waarbij het vermoeden bestaat dat de lichtterugval niet zal leiden tot een onderschrijding van de "geëiste" lichtstroom. Dit vermoeden zal verder onderzocht moeten worden.

In de loop der jaren hebben zowel de gasontladingslampen als de voorschakelapparatuur een evolutie ondergaan. De voorschakelapparatuur is gewijzigd van passieve elektronica (veelal spoelen en condensatoren), naar volledige elektronica. De benodigde ontsteek- en houdspanningen worden nu volledig langs elektronische weg gegenereerd. Dit houdt in dat de moderne elektronische voorschakelapparatuur in staat is, altijd de juiste voeding voor de lampen te genereren. De elektronische voorschakelapparatuur is ook minder afhankelijk van variaties in de voedingsspanning. De efficiency van elektronische voorschakelapparatuur ligt, door het zelfregulerend karakter van de elektronica, hoger als die van conventionele voorschakelapparatuur bij nominale spanning.

3.3 Werking Lec Con.

Het principe van de Lec Con is dat, de voedingsspanning van de gehele installatie langs elektronische weg gereduceerd wordt naar het minimale niveau waarbij de werking en de betrouwbaarheid van de conventionele lichtpunten nog gewaarborgd is. Doordat de voedingsspanning van de lichtpunten teruggebracht wordt tot de minimaal benodigde spanning (voor conventionele voorschakelapparatuur), zal ook de bijbehorende stroom gereduceerd worden en wordt er niet meer energie in het lichtpunt opgenomen als er nodig is om de lamp betrouwbaar te laten branden. Als stelregel wordt door de fabrikant van de Lec Con gehanteerd dat elke procent reductie op de voedingsspanning ook een procent op de energie bespaard kan worden. Gedurende deze proef is dit een van de aspecten die onderzocht dient te worden. Verder wordt door de fabrikant aangegeven dat bij bestaande installaties met conventionele voorschakelapparatuur, door de installatie van een Lec Con, ook de cosinus Phi verbeterd wordt.

Indien, volgens zeggen van de fabrikant, de Lec Con wordt toegepast, zal de energiebesparing van de installatie aanzienlijk zijn, zonder dat we de gehele installatie voorzien van elektronische voorschakelapparatuur. Als vuistregel wordt aangehouden dat elke Volt spanningsreductie zal leiden tot ongeveer 1% energiebesparing. Men hoeft dan de conventionele voorschakelapparatuur ook niet vroegtijdig te vervangen, maar men kan volstaan met het plaatsen van een Lec Con. De investering is dan haalbaar, indien de kosten voor aanschaf en plaatsing van de Lec Con, uit de energiebesparing terugverdiend worden, gedurende de restlevensduur van de conventionele voorschakelapparatuur.

Tijdens de proef hebben we de beschikking gehad over een Lec Con 3x 30 ampère. Met deze Lec Con was het mogelijk de uitgangsspanning traploos te variëren.

4 Uitvoering proef.

4.1 De proef.

Om de proef op een juiste wijze uit te kunnen voeren is de proef opgesplitst in een tweetal delen:

- Metingen aan lampsystemen (voorbereiding binnen)
In de werkplaats zijn er metingen verricht aan een lichtpunt SON, te weten SON-T150W en een lichtpunt SOX, te weten SOX-90W.
Gemeten zijn stroom, relatieve lichtopbrengst, cos Phi en vermogen als functie van de aangelegde voedingsspanning op het voorschakelapparaat.
- Metingen aan schakel- en verdeelinrichting 058TA (bevestiging buiten)
De praktijkproef buiten is uitgevoerd aan een bestaand voedingpunt, met daarop aangesloten zowel verlichting met SON als SOX.
Ook hierbij is gekeken naar stroom, relatieve lichtopbrengst, cos Phi en vermogen als functie van de aangelegde spanning.

Doordat we in de praktijksituatie te maken hebben met lange bekabeling en het daarbij behorende spanningsverlies, is er ook gekeken naar de spanning op het laatste lichtpunt. Ook dit laatste lichtpunt zal betrouwbaar moeten blijven branden als de voedingsspanning aan de kast verlaagd wordt.

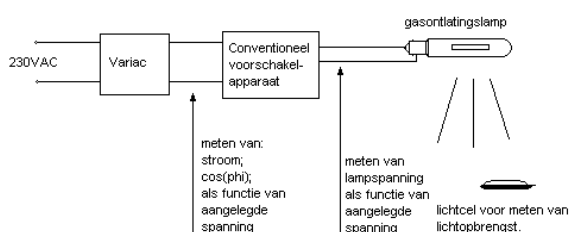
Tijdens het uitvoeren van de proef trachten we op de volgende vragen een antwoord te kunnen vinden:

- 1) Wat zijn de maximale te halen besparingen voor de openbare verlichting per gemeten lichtbron, in de ideale (binnen)omgeving?
- 2) Wat is de invloed op het rendement van de lichtbron bij het terugdringen van de aangeboden voedingsspanning?
- 3) Wat is er in de praktijk haalbaar op straatniveau, bij toepassing van de Eposs Lec Con in een willekeurig voedingpunt?
- 4) Wat zijn de terugverdiertijden van de investering benodigd voor toepassing van de Lec Con, toegepast in een willekeurig voedingpunt, in relatie tot de besparingen van elektrische energie?
- 5) Wordt er bij toepassing van de Lec Con risico gelopen op het gebied van de aansprakelijkheid door het terugvallen van het lichtniveau, op de rijbaan?

4.2 Metingen onder werkplaatsomstandigheden.

Tijdens de metingen in de werkplaats op 19 januari 2004, is er gemeten aan een tweetal lichtpunten (conventionele voorschakelapparatuur en lamp), te weten een combinatie met SON: SON-T 150W en een combinatie met SOX: SOX-E66W. Er is gemeten volgens de onderstaande meetopstelling: zie figuur 1.

Het lag oorspronkelijk in de bedoeling om de Lec Con in de meetopstelling op te nemen en zowel de metingen met de geactiveerde Lec Con als zonder de Lec Con uit te voeren. Doordat echter de beschikbaar gestelde Lec Con een nominaal vermogen had van 3 x 30 ampère, was de invloed van de eigen vermogensopname van de Lec Con zo groot dat de meting aan het individuele lichtpunt niet meer uit te voeren was. Aangezien dat deze Lec Con bedoeld was voor een geheel voedingspunt is besloten om gedurende deze metingen de Lec Con NIET in de meetschakeling op te nemen.



Figuur 1: meetopstelling aan individuele VSA-lamp-combinaties.

Om de ingangsspanning op de lampsystemen te kunnen variëren, is voor de voorschakelapparatuur een regeltransformator met variabele uitgangsspanning (Variac) geplaatst.

Opmerking:

Gedurende het schrijven van dit rapport is geconstateerd dat de metingen gedaan op 19 januari 2004 niet correct zijn uitgevoerd: het product van de gemeten grootheden van voedingsspanning, opgenomen stroom en cos Phi komt niet overeen met het gemeten opgenomen vermogen. Doordat we tijdens het produceren van dit rapport de betrouwbaarheid van de meetgegevens in twijfel hebben getrokken, zijn de metingen aan de individuele lichtpunten in de werkplaats op 13 april opnieuw uitgevoerd. De meetresultaten van 13 april zijn in dit rapport opgenomen en verder verwerkt. In tegenstelling tot de eerdere metingen aan de SOX, zijn deze metingen uitgevoerd aan een SOX-90W lichtpunt.

In tabel 1 en 2 zijn de resultaten van beide lampcombinaties weergegeven zoals deze zijn gemeten op 13 april 2004.

Type lamp:				SOX-90					Metingen werkplaats dd:		13-apr-04
voedings- spanning V	lamp- spanning V	belasting- stroom mA	cos(phi)	gemeten vermogen W	lichtstroom lux	rendement %	vermogen t.o.v. 230V-situatie %	lichtstroom t.o.v. 230V-situatie %			
223	124,6	380	0,97	82,4	1750	100	100	100			
217	127,7	380	0,98	80,4	1680	98	98	96			
213	128,6	380	0,98	78,6	1650	98	97	94			
209	129,9	382	0,98	78,3	1650	99	95	94			
204	132,8	384	0,98	76,6	1650	101	93	94			
197	136,4	385	0,98	74,5	1650	104	90	94			
191	142,3	387	0,99	73,0	1650	106	89	94			
226	124,5	381	0,96	83,2	1750	99	101	100			

Tabel 1: meetgegevens aan individuele VSA-lamp-combinatie SOX-90W

Type lamp:				SON-150					Metingen werkplaats dd:		13-apr-04
voedings- spanning V	lamp- spanning V	belasting- stroom mA	cos(phi)	gemeten vermogen W	lichtstroom lux	rendement %	vermogen t.o.v. 230V-situatie %	lichtstroom t.o.v. 230V-situatie %			
223	110	781	0,91	159	2350	100	100	100			
217	105,6	740	0,93	149	2200	99	94	94			
212	102,8	722	0,92	141	2050	98	89	87			
208	100,1	712	0,91	135	1950	98	85	83			
203	96,8	687	0,91	127	1850	98	80	79			
198	91,5	662	0,91	119	1750	99	75	74			
192	87,5	653	0,87	110	1600	99	69	68			
184	84,1	629	0,87	101	1450	97	64	62			
228	113,4	791	0,92	165	2400	98	105	102			

Tabel 2: meetgegevens aan individuele VSA-lamp-combinatie SON-150W.

Opmerkingen:

- Tijdens het meten van de elektrische grootheden, zoals voedingsspanning, opgenomen stroom, cos Phi, opgenomen vermogen, is ook de lichtopbrengst van beiden lichtsystemen gemeten. Doordat de lichtopbrengst gemeten is met een analoge lichtmeter, was het moeilijk de kleine gemeten variaties in de lichtopbrengst goed af te lezen. In de tabel komt dit tot uitdrukking in de kolom rendement. In de praktijk was het niet mogelijk op 25 lux nauwkeurig de lichtopbrengst op te meten. Deze meting wordt dan ook als indicatief beschouwd en geeft bij benadering het rendement op van het lichtpunt t.o.v. de nominale situatie: 223 VAC. Omdat het in de werkplaats niet mogelijk was aan een hogere spanning te meten als 223 VAC (géén hogere spanning beschikbaar), is deze waarde als de nominale voedingsspanning aangehouden.
- De metingen aan beide systemen zijn uitgevoerd in stappen van ca. 5 volt tot een laagste waarde van ca. 190 VAC, ondanks dat onder de 198 VAC het lichtpunt niet meer functioneert binnen de productspecificatie, volgens de geldende normen. Dit om het gedrag van de lichtpunten ook buiten de toleranties te kunnen bekijken.
- Tijdens het verrichten van de metingen, is er tussen de metingen gewacht om er voor te zorgen dat het lampsysteem steeds stabiel was voordat de volgende meting verricht werd. Een maat voor de stabiliteit van het lichtstelsel is de rust die na het wijzigen van de voedingsspanning in de lampspanning moest komen. Pas als deze stabiel was, is de volgende meting opgenomen.
- Er is een verschil geconstateerd tussen de te verwachten eenheden en de gemeten eenheden. Deze verschillen zijn te wijten aan met name afrondingen en meetafwijkingen.

Tijdens het verlagen van de voedingsspanning van 223 VAC naar 191 VAC op het lichtpunt SOX, is het opgenomen vermogen gereduceerd van 82,4 W tot 73,0 W en is de lichtstroom afgenomen van 1750 naar 1650 lux. Dit resulteert in een (indicatieve) rendementsverbetering van het lichtpunt bij 191 VAC, t.o.v. 223 VAC:

rendement wordt met $\frac{(1650/1750 * 100\%) - 100}{74.5/82,4} = \text{ca. } 4 \text{ \% verbeterd}$

Dezelfde reductie van de voedingsspanning van 223 VA tot 192 VAC op het lichtpunt SON, heeft een vermogensreductie van 159 W tot 110 W en een lichtreductie van 2350 lux naar 1600 lux tot gevolg. Dit resulteert in een (indicatieve) rendementsverslechtering van het lichtpunt bij 192 VAC, t.o.v. 223 VAC:

rendement wordt met: $\frac{(1750/2350 * 100\%) - 100}{119/159} = \text{ca. } 1 \text{ \% verminderd}$

De resultaten van de metingen gebaseerd op een netspanning lager dan 198 VAC zijn voor de verdere beoordelingen niet meegenomen omdat de systeemspanning hierdoor onder de minimaal vereiste systeemspanning daalt. Tijdens het meten is er weliswaar niet geconstateerd dat het systeem instabiel is geworden, maar voor een betrouwbare werking van het lampsysteem, zullen deze metingen buiten beschouwing blijven.

Deze energiebesparingen bij circa 198 VAC, ten opzichte van nominaal vermogen (223VAC):

- SOX-90W: 7.9 W, met een lichtterugval van 6% en
 - SON-150W: 40 W, met een lichtterugval van 26%.
- zijn alleen haalbaar als ook de bijbehorende lichtterugval op het wegdek acceptabel is ten opzichte van de lichttechnische eisen op de weg.

Als de lichtterugval op het wegdek niet beneden de gestelde lichttechnische eisen valt, is er op deze wijze een energiebesparing te realiseren. In de praktijk zal er dan kritisch gekeken dienen te worden met welk percentage de verlichting boven de norm zit, om vervolgens te kijken welke besparing er maximaal gerealiseerd kan worden voor deze specifieke installatie.

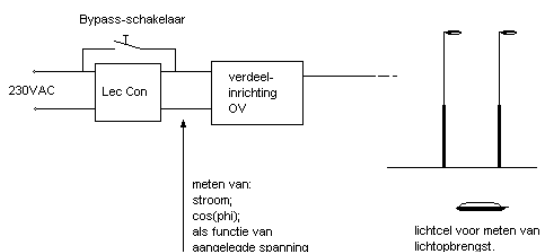
Verder moet gemeld worden dat de hoogte van de netspanning varieert over het verloop van de dag/nacht en niet "constant" te noemen is. Ook zal de theoretische waarde van 230VAC niet in alle gevallen gehaald worden. Vanwege reden dat onze buitenopstellingskasten voor openbare verlichting vaak ver van de verdeelstations van Essent verwijderd zijn treedt wordt eerder een te laag niveau verwacht dan een te hoog niveau. Ook is geconstateerd dat gedurende de avond/nacht de netspanning varieert door waarschijnlijk het uitschakelen van een energiecentrale.

4.3 Metingen op locatie aan een compleet voedingspunt.

Na de metingen in de werkplaats zijn er op de locatie A58, afrit Moergestel, voedingspunt met kastcode 058TA, in de gemeente Oisterwijk, metingen verricht aan een compleet voedingspunt. Voor het uitvoeren van de metingen is een tijdelijke meetopstelling geplaatst bestaande uit:

- Eposs Lec Con 3x30A;
- Een Power Quality Analyser, de Skylab 9032, voor het meten van alle elektrische grootheden;
- Benodigde grondkabel voor het aansluiten op de bestaande voedingskast, en
- Een losse lux meter voor indicatiemetingen, zoals weergegeven in figuur 2.

De verbinding tussen de hoofdvoeding van inkooppunt Essent en de hoofdverdeelinrichting is voor de proef tijdelijk onderbroken en respectievelijk verbonden met de ingaande en respectievelijk de uitgang van de Lec Con. Via een bypass-schakelaar op de Lec Con kan deze elektrisch in werking gesteld worden (bypass open) of buiten werking gesteld worden (bypass dicht). Op deze wijze kan de invloed van de Lec Con op de gehele installatie goed onderzocht worden. Wel dient er gelet te worden dat er gemeten wordt vanuit de stabiele situatie, dat wil zeggen dat er gemeten moet worden nadat het evenwicht in de lichtpunten weer hersteld is na de wijzigingen van de uitgangsspanning (aangelegde spanning in figuur 2) op de Lec Con.



Figuur 2: meetopstelling aan compleet voedingspunt op locatie A58TA.

Omdat we in de praktijk op locatie te maken hebben met lange voedingskabels tussen voedingspunt en laatste mast op die streng, waarbij op het tussenliggende kabelnet een behoorlijk spanningsverlies bestaat, is eerst het spanningsverlies op de langste streng gemeten in relatie tot de uitgaande spanning van het voedingspunt. Op deze wijze kunnen we voorkomen dat de spanning, afgegeven door de Lec Con, zo laag wordt ingesteld, dat de voedingsspanning op de laatste mast te laag wordt. Hierdoor zou de situatie kunnen ontstaan dat de laatste masten, door een te lage spanning niet meer opstarten of zelfs gedurende de nachtelijke uren doven. De resultaten van de meting van de voedingsspanning op de laatste mast: 78TA, nabij parkeerplaats "Kerkeind", aan de noordzijde van de A58 zijn weergegeven in tabel 3.

lamptype SON-T150W	datum	Voedings- spanning in voedingspunt (V)	Voedings- spanning in mast (V)	Spannings- verlies in kabel (V)
Instelling 1	17-2-2004	213	205	8
Instelling 2	17-2-2004	208	200	8
Instelling 3	17-2-2004	205	195	10

Tabel 3: meetgegevens aan individuele lichtmast 78TA, als functie van de uitgaande spanning van voedingspunt A58TA.

Door de voedingsspanning bij meerdere instellingen van de Lec Con te meten op de uitgang van de Lec Con (uitgaande spanning in voedingspunt) en de binnenkomende voeding op de laatste lichtmast, is het spanningsverlies op de gehele kabel te bepalen. Dit verlies zal onder alle condities en instellingen op de Lec Con gecompenseerd dienen te worden om de minimaal vereiste voedingsspanning op het laatste lichtpunt van een streng te kunnen waarborgen.

Dit houdt concreet in dat door dit spanningsverlies op de kabel, de minimale instellingen (maximale besparingen via de Lec Con) bepaald worden door het laatste lichtpunt op een kabel, verhoogt met het spanningsverlies op de kabel. Uit tabel 3 kunnen we aflezen dat het spanningverlies ca 8 volt bedraagt voor de instellingen 1 en 2, resp. 213 en 208 VAC voor de Lec Con.

In de 3^e meting, Instelling 3: Lec Con 205VAC zien we dat het spanningsverlies niet, zoals we zouden verwachten, afneemt, maar juist toeneemt. Na overleg blijkt dat het voornoemde te verklaren zou zijn doordat de spanning wel afneemt maar de "Wattstroom" afneemt en de "Blinstroom" toeneemt. Verder kan het zijn dat de ballasten proberen de lagere spanning te compenseren en zich op een ander punt in de ballastcurve instellen met een ander bijbehorend vermogen. Deze aannames zijn niet onderzocht en zouden verder onderzocht moeten worden om een meer onderbouwde conclusie te kunnen trekken.

Bij het dimensioneren van kabelnetten voor openbare verlichting, volgens de NEN1010, waarbij naast spanningsverlies ook het minimaal vereist kortsluitvermogen van de kabel vereist is, zal het spanningsverlies van de gehele kabel liggen tussen de circa 3 V en de 8V. Bij toepassing van conventionele beveiligingen in het voedingspunt zal het spanningsverlies in de buurt van de 3V liggen, terwijl bij toepassing van aanvullende kabelbeveiliging, PRO-TEC-2000 of PRO-TEC-3000, het spanningsverlies circa 7 a 8 V zal bedragen. Dit zijn echter ervaringscijfers uit het ontwerpen van OV-kabelnetten en worden hier echter niet verder onderbouwd. Aangezien dat het voedingspunt 058TA uitgerust is met het aanvullende kabelbeveiligingssysteem PRO-TEC-2000, is het in tabel 3 gemeten spanningsverlies van 8 V een betrouwbaar uitgangspunt voor het maximale spanningsverlies op de kabels van dit voedingspunt

Om de garantie te hebben dat alle aangesloten lichtmasten minimaal de vereiste voedingsspanning van 198VAC krijgen, hanteren we de gemeten waarde van 7 V tot 8 V spanningsverlies. De Lec Con mag dan voor deze proef niet lager ingesteld worden als 205 VAC. Dit resulteert dan in een minimale spanning van 198 VAC op de verst gelegen lichtpunten op een voedingskabel. Uit de tabel is te halen dat de minimale voedingsspanning bij het voedingspunt (uitgang Lec Con) circa 205 VAC moet bedragen om een betrouwbare installatie te kunnen waarborgen.

Na de vaststelling van de minimale uitgangsspanning van de Lec Con zijn de metingen verricht aan het verbruik van het gehele voedingspunt:

- de besparing op elektrische energie
- het gedrag van de cos Phi
- de lichtterugval, als functie van de uitgangsspanning op de Lec Con.

4.4 Meetresultaten.

Meetresultaten zijn in de tabellen 4, 5 en 6 (bijlage 1) opgenomen en betreffen de stroom, cos Phi, het werkelijk en schijnbaar vermogen. Deze waarden zijn geregistreerd bij een bepaalde instelling van de Lec Con en voor elke fase afzonderlijk. De instellingen van de uitgangsspanning van de Lec Con bedroegen respectievelijk de volle voedingsspanning, 213 VAC en 205 VAC. In tabel 7 zijn de resultaten voor de verschillende instellingen van de Lec Con, voor de drie fasen gemiddeld opgenomen, zodat we de relatie van de gemeten grootheden als functie van de uitgangsspanning kunnen bepalen.

Naast de metingen (buiten) op 17 februari 2004, is er met behulp van een Power Quality analyser, de Skylab 9032, gedurende enkele etmalen aan de installatie gemeten met de Lec Con in de stand "bypass": periode 5 februari 15:06 uur – 9 februari 08:01 uur, en de instelling 205 VAC: periode 9 februari 9:05 uur – 13 februari 20:42.

Gedurende deze meting zijn een aantal parameters elke 5 minuten gemeten en opgeslagen. Een gedeelte van deze meetresultaten is weergegeven in de bijlagen 2 en 3 van dit document. Uit deze gegevens is het gemiddeld vermogen bepaald voor de twee situaties "bypass" (bijlage 2) en "instelling 205 VAC" (bijlage 3). Het resultaat van deze metingen over een grotere tijdsperiode is als volgt:

- Opgenomen vermogen met de Lec Con in "bypass": 18.234,47 kW.
- Opgenomen vermogen met de Lec Con in "instelling 205 VAC": 15.192,50 kW.

Uit diverse tabellen (meetstaten) is te halen dat de gemiddelde cos Phi verbeterd is van 0,93 (uitgeschakelde Lec Con) naar 0,95 in de energiebesparingsstand 205 VAC van de Lec Con. De meetgegevens opgenomen in bijlage 2 laten deze verbetering niet zien. De reden hiervoor is niet bekend.

De meetgegevens voor de tabellen 4, 5 en 6 (bijlage 1) zijn actueel gemeten met de Skylab 9032 Power Quality Analyser, terwijl de lichtmetingen uit tabel 7 (bijlage 1) nabij het voedingspunt op de hoofdbaan voor de SON en op de afrit nabij het voedingspunt voor de SOX gemeten zijn met een eenvoudige luxmeter. Aangezien dat de te meten lichtstromen zich in de buurt van de ondergrens van het meetbereik bevinden van de luxmeter, mogen er geen nauwkeurige metingen verwacht worden van de lichtmeting, maar mogen deze slechts ter indicatie gebruikt worden. De meetresultaten lichttechnisch, zoals deze uitgevoerd zijn onder werkplaatsomstandigheden hebben een grotere nauwkeurigheid, omdat deze direct onder de lamp uitgevoerd zijn en daardoor de lichtstromen niet meer in de ondermarge van de gevoeligheid van de luxmeter vielen.

Uit tabel 7 (bijlage 1) kunnen we in één oogopslag halen dat de lichtterugval, ten opzichte van de spanningsterugval voor SON groter, en voor SOX lager is. Dit is in overeenstemming met het geconstateerde tijdens de binnenmetingen uit hoofdstuk 4.1. Uit de tabellen 1 en 2 valt te constateren dat er voor SON een verslechtering van het systeemrendement ontstaat bij spanningsreductie, terwijl er voor de SOX een rendementsverbetering geconstateerd wordt bij lagere spanningen.

Verder is tijdens de metingen geconstateerd dat de voedingsspanning van Essent een behoorlijke vervorming op spanning aanwezig was. Dat dit ook van invloed is geweest op de stromen is ook geconstateerd. Hoeveel deze spanningsvervorming van direct invloed is geweest op de metingen is niet te bepalen. De oorzaak bleek, bij navraag (T. Adams) bij Essent en verdere klachtenanalyse door Essent, dat een van de drie fasen kampte met slecht contact in de hoofdzekeringkast van het voedingspunt 058TA (gedeelte Essent). Deze invloed is tijdens de metingen wel geconstateerd, maar in de analyse en conclusies niet verder meegenomen.

5 Maximale energiebesparing en terugverdientijd.

5.1 Besparing bij instelling Lec Con van 205VAC.

Uitgaande van een maximale energiebesparing op dit voedingspunt, waarbij de lichttechnische uitgangspunten buiten beschouwing gelaten worden, bedraagt de minimale uitgangsspanning voor de Lec Con 205VAC. Ook de verst gelegen masten op dit voedingspunt hebben dan voldoende spanning voor een betrouwbaar functioneren (zie hiervoor tabel 2). De maximale besparing bedraagt dan voor een compleet voedingspunt conform voedingspunt A58TA, gebaseerd op de tabellen van bijlage 2 en 3:

Conventioneel	18,243 kW
Lec Con	15,193 kW
Besparing	3,050 kW

$4.140 \text{ uur} * 3,050 \text{ kW} * \text{€ } 0,065/\text{kWh} = \text{€ } 820,76 \text{ op jaarbasis}$

Bij toepassing van een Lec A systeem zal het eigen opgenomen vermogen minder hoog zijn dan bij toepassing van een Lec con (2,5% minder). Op basis van dit uitgangspunt zal de energiebesparings berekening uitkomen op:

Conventioneel	18,243 kW
Lec A	14,737 kW
Besparing	3,506 kW

Bij het inschakelen van de verlichting elke avond zal de Lec Con of Lec A eerst op de nominale voedingsspanning inschakelen om vervolgens na circa 10 minuten (instelbaar) in de spaarstand te schakelen. Het aantal bedrijfsuren op jaarbasis zal dan niet de volle 4200 branduren bedragen maar circa $4200 - (365 * 10 \text{ minuten/per dag}) = 4200 - 60 = 4.140$ besparingsuren.

Op jaarbasis wordt er dan **maximaal** bespaard, gebaseerd op een kilowattuurprijs van € 0,04398 (prijsspeil 2004 Delta) aangevuld met transportkosten en energiebelasting tot € 0,065:

$4.140 \text{ uur} * 3,506 \text{ kW} * \text{€ } 0,065/\text{kWh} = \text{€ } 935,26 \text{ op jaarbasis}$

5.2 Kostenindicatie voor het aanbrengen van de Lec Con.

Alle metingen voor deze proef zijn uitgevoerd met een Lec Con 3x30A. Deze Lec Con is ter beschikking gesteld, om tijdens de meting de uitgangsspanning traploos in te kunnen regelen. Voor de toepassing bij voedingspunten, conform het voedingspunt A58TA, wordt ook deze Lec Con geadviseerd voor het realiseren van de energiebesparing. Naast de kosten voor aanschaf van de Lec Con dient er ook een separate buitenkast geplaatst worden omdat er in de huidige voedingspunten géén plaats is voor het onderbrengen van de Lec Con. De kosten voor levering en plaatsing van de Lec Con zullen geraamd bedragen:

Levering en afstelling Lec Con:		€ 3.957,-
Levering en plaatsing Buitenkast Din1:		€ 1.500,-
Onderbreken bekabeling en tussenvoegen Lec Con:	+	€ 500,-
Totaal geraamd:	circa	€ 6.000,-

De terugverdientijd bedraagt bij de maximaal haalbare energiebesparingen:

Lec Con 205 VAC: € 6.000,-/ € **820,76** x 12 mnd = **circa 88 maanden**.

Gelet op de praktijk zal een Lec A ook voldoen aan de energiebesparingseis en minder eigen opgenomen vermogen opnemen. Bijkomend voordeel is tevens de lagere kostprijs van een Lec A. Op basis van de Lec A bedraagt de terugverdientijd:

Levering en afstelling Lec A:		€ 2.040,-
Levering en plaatsing Buitenkast Din1:		€ 1.500,-
Onderbreken bekabeling en tussenvoegen Lec Con:	+	€ 500,-
Totaal geraamd:	circa	€ 4.040,-

De terugverdientijd bedraagt bij de maximaal haalbare energiebesparingen:

Lec A 205 VAC: € 4.040,-/ € **935,26** x 12 mnd = **circa 51,8 maanden**.

Deze terugverdientijd is bepaald aan de hand van de minimaal vereiste elektrotechnische eigenschappen van de installatie. Hierbij is echter nog niet gekeken naar de lichttechnische eigenschappen. Als de lichtterugval in de besparingsstand van de Lec Con "205 VAC", een lichtniveau op de rijbaan laat zien dat beneden de gestelde lichttechnische eisen voor dit wegvak, kan er gekozen worden voor een hogere uitgangsspanning op de Lec Con. De daarbij behorende besparing zal dan lager uitvallen, waardoor de terugverdientijd zal toenemen.

5.3 Lichttechnische haalbaarheid bij proefkast 058TA.

Naast de meetresultaten zijn er verlichtingsberekeningen gemaakt voor de hoofd baanverlichting. Deze zijn weergegeven in de bijlagen 4, 5 en 6.

De berekeningen zijn gemaakt op basis van de "standaard" gehanteerde lichtstromen en uitgangspunten en mogen alleen gebruikt worden voor het onderling vergelijken van de resultaten. In de praktijk worden de lichtstromen waarschijnlijk gehaald bij een lagere systeemspanning.

Uit deze verlichtingsberekeningen is te halen dat de verlichting (aan het einde van de levensduur van de lampen de volgende overdimensionering heeft:

- Bijlage 4:
 Hoofd baanverlichting SON-150W uitgevoerd in lampen met een lichtstroom van 16.500 lumen (oorspronkelijke lampen):
 verlichtingssterkte is 0,84 Cd/m² ten opzichte van de eis: 0,70Cd/m².
 De overdimensionering voor deze verlichtingsinstallatie bedraagt (0,84/0,7)*100 – 100 = 20% (verlichtingstechnisch). Dit komt volgens de meetresultaten neer op een energiebesparing van circa 20 % (bij een voedingsspanning van 203 VAC).

-
- Bijlage 5:
Hoofdbaanverlichting SON-150W uitgevoerd in lampen met een lichtstroom van 17.500 lumen (nieuwe generatie PIA lampen): verlichtingssterkte is 0,89 Cd/m² ten opzichte van de eis: 0,70 Cd/m². De overdimensionering voor deze verlichtingsinstallatie bedraagt $(0,89/0,7) * 100 - 100 = 27\%$ (verlichtingstechnisch). Dit komt volgens de meetresultaten neer op een energiebesparing van circa 25 % (bij een voedingsspanning van 198 VAC).
 - Bijlage 6:
Hoofdbaanverlichting SON-150W uitgevoerd in de energiebesparingsstand waarbij aan de verlichtingseis wordt voldaan: Bij een lichtstroom van 13.800 lumen: verlichtingssterkte 0,70 Cd/m² ten opzichte van de eis: 0,7 CD/m².

Indien we alleen lichttechnisch naar dit voedingpunt kijken, dan zien we dat bij gebruik van het oorspronkelijk type lampen met een lichtstroom van 16.500 lumen, er een energiebesparing van 20 % mogelijk is, terwijl bij gebruik van het nieuwere type lampen (met een lichtstroom van 17.500 lumen), de energiebesparing hoger is. In de derde verlichtingsberekening is bepaald wat de minimale lichtstroom is waaraan de lampen moeten voldoen om te kunnen voldoen aan de gestelde verlichtingseis. Als in de toekomst de lichtstromen van een kleinere lamp deze waarde (13.800 lumen) halen, zouden we kunnen volstaan met een kleiner lamptype.

Kijkende naar de gemeten lichtterugval in relatie tot de minimaal benodigde lichtstroom (lumen) kan gesteld worden dat deze bestaande openbare verlichtingsinstallatie (058TA) aangevuld kan worden met een LEC systeem afgesteld op een waarde van 205 VAC zonder dat de verlichtingskwaliteit onder de norm komt.

6 Conclusie.

Door het verlagen van de aangelegde spanning op lichtpunten voorzien van gasontladingslampen en conventionele voorschakelapparatuur is het energieverbruik te beperken. Afhankelijk van het soort lichtpunt, zal de uitgestraalde lichtstroom ook verminderen. Als vuistregel voor deze vermindering wordt voor SON lampen aangehouden 1% lager spanning is 3% minder lichtstroom.

In de praktijk zal echter de optredende verlaging van lichtstroom niet leiden tot een onderschrijding van de minimaal noodzakelijke (berekende) lichtstroom door de aanwezige overdimensionering(en) en fabricagetoleranties.

Er wordt nadrukkelijk rekening gehouden met de geldende normen van het energienetwerkbedrijf en de fabrikanten van lichtbronnen.

Het is noodzakelijk voor de bedrijfszekerheid om de aangelegde spanning altijd hoger te houden als de minimale aanleg- systeemspanning. Voor de twee bij rijkswaterstaat gangbare typen gasontladingslampen SOX en SON, bedraagt de minimaal aan te leggen systeemspanning 198 VAC (zie hfdst 4).

Tijdens het uitvoeren van de proef in de werkplaats hebben we op de volgende vragen een antwoord te kunnen vinden:

Wat zijn de maximale te halen besparingen voor de openbare verlichting per gemeten lichtbron, in de ideale (binnen)omgeving?

- Als deze minimaal vereiste systeemspanning in de werkplaats op individuele lichtpunten wordt aangelegd, kunnen we voor de twee in de werkplaats gemeten typen lichtpunten de volgende conclusies trekken:
 - Bij de minimaal vereiste voedingsspanning van 198 VAC kunnen we maximaal de volgende elektrische besparing per lichtpunt realiseren (ten opzichte van nominaal bedrijf):
 - bij SOX-90W: 7,9 Watt, ofwel 10% besparing, bij een relatieve lichtterugval van 6 % (zie tabel 1);
 - bij SON-150W: 40 Watt, ofwel 25% besparing, bij een relatieve lichtterugval van 26 % (zie tabel 2).
 - Bij het verlagen van de voedingsspanning tot 198 VAC neemt het rendement van SOX-90W tot met circa 4 % toe en neemt het rendement met circa 1 % van SON-150W af.

Wat is er in de praktijk haalbaar op straatniveau, bij toepassing van de Eposs Lec systemen in een willekeurig voedingspunt?

- Als we de lichtterugval buiten beschouwing laten en alleen naar energiebesparing kijken voor het willekeurig gekozen voedingspunt 058TA, dan kunnen we het volgende concluderen:
 - Rekening houdend met de lange kabellengten van een OV-installatie mag de laagste in te stellen besparingsstand van de Lec systemen 205 VAC bedragen (nominale voedingsspanning 230VAC – minimaal vereiste spanning op het lichtpunt 198 VAC – spanningsverlies op de OV-kabel 7 VAC = 205 VAC)
 - De besparing op elektrisch vermogen, in de maximale besparingsstand 205 VAC bedraagt voor het complete voedingspunt 058TA: 3,506 kW, ofwel 19,22% bij toepassing van een Lec A systeem. Dit komt op jaarbasis neer op een kostenreductie van **€ 935,26**.
 - In deze besparingsstand is het verlichtingsniveau (nabij het voedingspunt) van de SOX met ca 7% afgenomen en de SON (op de hoofd baan ter hoogte van het viaduct nabij het voedingspunt) met circa 24%.

Wat zijn de terugverdientijden van de investering benodigd voor toepassing van de Lec systemen, toegepast in een willekeurig voedingspunt, in relatie tot de besparingen van elektrische energie?

- De minimale terugverdientijd wordt gehaald in de maximale besparingsstand 205VAC op de Lec A. Als we de lichtopbrengst van de installatie buiten beschouwing laten, ten opzichte van het vereiste verlichtingsniveau, kunnen we het volgende concluderen:
 - De benodigde investering op een voedingspunt bestaat uit het plaatsen van een buitenkast, het onderbreken van de verbinding tussen de Essent-aansluiting (kWh-meting en hoofdzekeringen) en het elektrisch tussenplaatsen van een Lec systeem. Inclusief de aanschaf van een Lec A en de montagewerkzaamheden bedraagt deze investering ca € 4.040,- (exclusief BTW).
 - De minimale terugverdientijd van deze investering bedraagt dan circa 51,6 maanden, ofwel 4,3 jaar.

Wordt er bij toepassing van de Lec systemen risico gelopen op het gebied van de aansprakelijkheid, door het terugvallen van het lichtniveau, op straatniveau?

- Er moet bij toepassing van energiebesparing via Lec systemen degelijk rekening gehouden te worden met de lichtterugval op de weg ten gevolge van de energiebesparing. De maximale besparingsstand van de Lec systemen is dan ook mede afhankelijk van de mate waarin de verlichtingsinstallatie bij 100% bedrijf overgedimensioneerd is ten opzichte van de gestelde verlichtingsnorm.
- Wil men als beheerder géén risico lopen met de energiebesparing, dan dient elke OV-installatie onderzocht te worden en kan er energietechnisch bespaard worden tot het niveau dat de minimaal vereiste verlichtingssterkte bereikt wordt.

Vervolgens kunnen we de volgende eindconclusies trekken:

1. Investerings op het gebied van energiebesparing aan openbare verlichting, waarbij de terugverdientijden van de benodigde investeringen 10 jaar of hoger bedragen, worden niet zinvol geacht. De terugverdientijd bedraagt voor deze oplossing minimaal 4,3 jaar.
2. De investering is met name bedoeld om vroegtijdige ombouw van voorschakelapparatuur te voorkomen en dient terugverdiend te worden uit de energiebesparing. Aangezien dat de technische levensduur van conventionele voorschakelapparatuur 15 tot 20 jaar bedraagt en deze voorschakelapparatuur binnen Rijkswaterstaat directie Noord-Brabant al enkele jaren in bedrijf is, zijn er alleen financiële voordelen van deze investering te verwachten als de restlevensduur van een installatie langer is dan 4,3 jaar.
3. Toepassing van de Lec Con heeft geen toegevoegde waarde ten opzichte van de Lec A ondanks de lagere stapgrootte (stappen van 1V bij de Lec Con ten opzichte van 2,5V bij de Lec A). Verder is het lagere eigen energieverbruik en de lagere prijs van de Lec A een bijkomend voordeel.

-
4. Energiebesparing voor openbare verlichting is alleen mogelijk op basis van de aanwezige overwaarde van de verlichting en de hoogte van de aanwezige netspanning ter plaatse. Elke installatie moet dan ook **individueel** bekeken worden of energiebesparing haalbaar is.

Een overdimensionering kan onder andere op de volgende manieren ontstaan:

- a) SON-lampen zijn verkrijgbaar in een vaste reeks vermogens (SON-T plus 50, 70, 100, 150, 250, 400W). De gelijkmatigheid van de verlichting is, bij het ontwerp van de verlichting, meestal de beperkende afstand voor de lichtmasten onderling en het komt slechts zeer zelden voor dat een berekening exact uitkomt op een bestaand lampvermogen. Dit laat de verlichtingsontwerper geen ander alternatief, dan te kiezen voor het eerstvolgende hogere vermogen dat beschikbaar is, wat natuurlijk onafwendbaar leidt tot overdimensionering.
- b) Ook het lamprendement is de laatste jaren gestaag verbeterd. Bij lampvervanging kunnen lampen, ten opzichte van het oorspronkelijke verlichtingsontwerp, wel een 10% hogere lichtstroom produceren dan het oudere type, wat wederom resulteert in een over-dimensionering van de verlichting.
- c) De opgegeven lichtstromen worden bereikt vanaf de ondergrens van de opgegeven systeemspanning. In de praktijk is de systeemspanning hoger en geven de lampen al meer licht dan aangenomen tijdens de berekening.
- d) Bij de berekening van alle verlichtingsinstallaties, wordt er rekening gehouden met een gemiddelde lichtterugval door veroudering en vervuiling van de lampen en armaturen. Voor de verlichtingsinstallatie zal er meestal een "overwaarde" worden geïnstalleerd, om er voor te zorgen dat er aan het einde van de serviceduur van de lampen, het verlichtingsniveau niet onder het minimum vereist niveau van de verlichting zakt.

Drie van de bovengenoemde vormen van overdimensionering (a, b en c) blijven, nadat zij zich gemanifesteerd hebben in de verlichtingsinstallatie aanwezig. Deze drie kunnen via een constante instelling op bijvoorbeeld de Lec A ingesteld worden. De vierde vorm van overdimensionering (d) is niet gedurende de levensduur van de lampen constant. De vervuiling wordt niet anders beïnvloed dan bij conventioneel bedreven armaturen. De levensduur zou door toepassing van een Lec systeem positief beïnvloed kunnen worden.

Energiebesparing door het toepassen van LEC systemen is mogelijk in verband met de bestaande overdimensioneringen. De financiële haalbaarheid vereist de nodige aandacht per installatie.

Bijlage 1: Tabellen 4, 5, 6 en 7

Fase	datum	Spanning Ingang (V)	Uitgangsspanning voedingspunt (V)	Stroom Leccon I (A)		COS phi	Vermogen		instelling Lec Con Stand:
				ingang	uitgang		kVA	kW	
1	17-2-2004	230	230	32,4	32,4	0,88	7,48	6,50	bypass
2	17-2-2004	226	226	31,8	31,8	0,88	7,15	6,30	bypass
3	17-2-2004	228	228	30,2	30,2	0,88	6,94	5,99	bypass
Totaal:							21,57	18,79	

Tabel 4: meetgegevens per fase aan voedingskast, als functie van de uitgaande spanning van voedingspunt 058TA.

Fase	datum	Spanning Ingang (V)	Uitgangsspanning voedingspunt (V)	Stroom Leccon I (A)		COS phi	Vermogen		instelling Lec Con (V)
				ingang	uitgang		kVA	kW	
1	17-2-2004	233	211	25,0	28,5	0,88	6	5,3	213
2	17-2-2004	230	213	27,3	28,3	0,89	6,23	5,6	213
3	17-2-2004	231	213	25,0	24,4	0,90	5,8	5,18	213
Totaal:							18,03	16,08	

Tabel 5: meetgegevens per fase aan voedingskast, als functie van de uitgaande spanning van voedingspunt 058TA.

Fase	datum	Spanning Ingang (V)	Uitgangsspanning voedingspunt (V)	Stroom Leccon I (A)		COS phi	Vermogen		instelling Lec Con (V)
				ingang	uitgang		kVA	kW	
1	17-2-2004	233	205	23,8	27,9	0,89	5,52	5,15	205
2	17-2-2004	230	205	25,0	27,4	0,92	5,80	5,30	205
3	17-2-2004	231	205	23,5	26,3	0,91	5,43	5,03	205
Totaal:							16,75	15,48	

Tabel 6: meetgegevens per fase aan voedingskast, als functie van de uitgaande spanning van voedingspunt 058TA.

Datum	Uitgangsspanning voedingspunt		lichtsterkte SON-T		lichtsterkte SOX	
	V	%	LUX	%	LUX	%
17-2-2004	205	89	4,1	76	14	93
17-2-2004	213	93	4,4	81	14,5	97
17-2-2004	230	100	5,4	100	15	100
17-2-2004	235	102	5,7	106	15	100

Tabel 7: Lichttechnische resultaten als functie van de uitgaande spanning van voedingspunt 058TA.

Bijlage 2: Meetwaarden Lec-CON

Meting uitgevoerd op 27 februari 2004 met Lec Con ingeschakeld op 205V

Datum en tijd	Ps (VA)	Pw (W)	cos Phi	U1 (V)	U2 (V)	U3 (V)
27-02-04 9:42	20740,0	18220,0	0,90	229,7	224,7	226,2
27-02-04 9:42	20650,0	18160,0	0,90	229,3	224,3	225,8
27-02-04 9:42	20550,0	18100,0	0,90	229,1	224,0	225,6
27-02-04 9:42	20530,0	18120,0	0,90	229,5	224,3	225,8
27-02-04 9:42	20490,0	18100,0	0,90	229,4	224,4	225,8
27-02-04 9:42	20470,0	18100,0	0,90	229,5	224,4	225,8
27-02-04 9:42	20430,0	18080,0	0,90	229,6	224,1	225,8
27-02-04 9:42	20340,0	18020,0	0,90	229,2	223,9	225,4
27-02-04 9:42	20150,0	17870,0	0,90	228,5	223,1	223,9
27-02-04 9:42	20050,0	17820,0	0,90	228,2	222,7	223,5
27-02-04 9:42	19990,0	17800,0	0,90	228,0	222,6	223,6
27-02-04 9:42	19950,0	17780,0	0,90	227,4	222,4	224,5
27-02-04 9:43	19990,0	17810,0	0,90	227,4	222,4	225,3
27-02-04 9:43	20000,0	17820,0	0,90	227,5	222,7	225,3
27-02-04 9:43	19960,0	17770,0	0,90	227,1	222,2	224,9
27-02-04 9:43	19980,0	17780,0	0,90	227,2	222,3	224,9
27-02-04 9:43	20080,0	17840,0	0,90	227,6	222,8	225,4
27-02-04 9:43	20280,0	17980,0	0,90	228,6	223,7	226,4
27-02-04 9:43	20270,0	17960,0	0,90	227,8	223,4	227,4
27-02-04 9:43	20300,0	17990,0	0,90	228,1	223,7	227,3
27-02-04 9:43	20250,0	17970,0	0,90	228,9	223,9	225,8
27-02-04 9:43	20250,0	17980,0	0,90	228,9	223,8	225,8
27-02-04 9:43	20250,0	17990,0	0,90	228,9	224,0	225,8
27-02-04 9:43	20260,0	18000,0	0,90	228,9	224,0	226,1
27-02-04 9:44	20320,0	18050,0	0,90	228,3	223,9	227,8
27-02-04 9:44	20270,0	18020,0	0,90	228,7	224,0	226,6
27-02-04 9:44	20250,0	18030,0	0,90	228,8	224,0	226,3
27-02-04 9:44	20230,0	18030,0	0,90	228,5	224,2	226,5
27-02-04 9:44	20230,0	18040,0	0,90	228,6	224,3	226,5
27-02-04 9:44	20260,0	18080,0	0,90	228,1	224,2	227,9
27-02-04 9:44	20230,0	18060,0	0,90	228,5	224,1	227,0
27-02-04 9:44	20230,0	18060,0	0,90	228,9	224,3	227,0
27-02-04 9:44	20230,0	18070,0	0,90	228,6	224,2	227,1
27-02-04 9:44	20220,0	18100,0	0,90	228,5	224,2	227,6
27-02-04 9:44	20680,0	18490,0	0,90	230,8	226,8	231,6
27-02-04 9:44	20810,0	18570,0	0,90	232,5	227,8	230,5
27-02-04 9:45	20780,0	18580,0	0,90	232,6	227,9	230,1
27-02-04 9:45	20780,0	18590,0	0,90	232,5	227,9	230,4
27-02-04 9:45	20850,0	18650,0	0,90	231,9	227,9	232,1
27-02-04 9:45	20740,0	18610,0	0,90	232,7	227,9	229,9
27-02-04 9:45	20690,0	18590,0	0,90	232,9	227,8	228,9
27-02-04 9:45	20690,0	18610,0	0,90	232,7	227,8	229,5
27-02-04 9:45	20770,0	18670,0	0,90	231,8	227,7	231,8
27-02-04 9:45	20580,0	18560,0	0,90	231,0	227,5	230,0
27-02-04 9:45	20530,0	18550,0	0,90	231,1	227,6	229,4
27-02-04 9:45	20530,0	18560,0	0,90	231,2	227,5	229,5
27-02-04 9:45	20590,0	18590,0	0,90	230,5	227,4	231,4
27-02-04 9:45	20460,0	18540,0	0,90	231,0	227,3	228,6
27-02-04 9:46	20240,0	18430,0	0,90	230,3	226,7	228,6
27-02-04 9:46	20620,0	18630,0	0,90	232,0	227,7	230,2
27-02-04 9:46	20710,0	18680,0	0,90	231,7	227,8	231,7
27-02-04 9:46	20840,0	18650,0	0,90	232,5	227,8	229,9
27-02-04 9:46	20680,0	18670,0	0,90	232,6	228,0	230,1
27-02-04 9:46	20690,0	18680,0	0,90	232,1	227,8	231,1
27-02-04 9:46	20690,0	18690,0	0,90	231,3	228,2	232,0
27-02-04 9:46	20640,0	18680,0	0,90	231,8	228,3	231,0
27-02-04 9:46	20650,0	18720,0	0,90	232,2	228,4	231,2
27-02-04 9:46	20730,0	18770,0	0,90	232,3	228,1	232,7
27-02-04 9:46	20680,0	18730,0	0,90	232,3	227,9	232,0
27-02-04 9:46	20630,0	18680,0	0,90	232,4	227,8	230,9
27-02-04 9:47	20420,0	18560,0	0,90	231,2	226,9	230,4
27-02-04 9:47	19980,0	18240,0	0,90	227,7	224,7	229,5
27-02-04 9:47	19780,0	18040,0	0,90	227,1	223,7	226,5
27-02-04 9:47	19760,0	18030,0	0,90	227,0	223,6	226,5
27-02-04 9:47	19930,0	18110,0	0,90	227,6	223,6	227,9
27-02-04 9:47	19940,0	18080,0	0,90	227,7	223,5	227,5
27-02-04 9:47	19900,0	18060,0	0,90	228,6	223,8	225,8
27-02-04 9:47	20000,0	18120,0	0,90	228,3	224,1	227,4
27-02-04 9:47	20030,0	18130,0	0,90	227,6	224,1	228,7
27-02-04 9:47	19910,0	18110,0	0,90	228,0	224,6	227,3
27-02-04 9:47	19890,0	18130,0	0,90	228,3	224,9	227,6
27-02-04 9:47	19970,0	18170,0	0,90	228,1	224,6	228,9

gemiddeld vermogen **18.243,47** Watt
 gemiddelde cos(phi) **0,90**
 gemiddelde spanning: **227,92** V

Meting uitgevoerd op 27 februari 2004 met Lec Con in Bypass (uitgeschakeld)

Datum en tijd	Ps (VA)	Pw (W)	cos Phi	U1 (V)	U2 (V)	U3 (V)
27-02-04 9:52	16600,0	15350,0	0,90	228,7	224,7	231,6
27-02-04 9:52	16660,0	15310,0	0,90	229,5	224,5	230,2
27-02-04 9:52	16570,0	15300,0	0,90	230,3	224,4	228,6
27-02-04 9:52	16590,0	15310,0	0,90	229,9	224,2	230,5
27-02-04 9:52	16600,0	15290,0	0,90	229,3	224,2	230,9
27-02-04 9:52	16580,0	15270,0	0,90	229,8	224,2	229,7
27-02-04 9:52	16620,0	15240,0	0,90	229,4	224,0	229,8
27-02-04 9:52	16670,0	15260,0	0,90	228,7	223,8	231,3
27-02-04 9:52	16600,0	15210,0	0,90	229,2	224,0	230,2
27-02-04 9:52	16580,0	15160,0	0,90	229,4	223,9	228,3
27-02-04 9:52	16810,0	15170,0	0,90	228,9	223,8	230,2
27-02-04 9:52	16620,0	15170,0	0,90	228,7	223,9	230,4
27-02-04 9:53	16540,0	15110,0	0,90	229,6	224,0	229,1
27-02-04 9:53	16560,0	15130,0	0,90	229,5	223,9	228,7
27-02-04 9:53	16710,0	15210,0	0,90	228,5	225,6	230,5
27-02-04 9:53	16670,0	15190,0	0,90	228,8	225,6	229,4
27-02-04 9:53	16640,0	15170,0	0,90	228,4	225,5	228,6
27-02-04 9:53	16680,0	15200,0	0,90	229,4	225,4	228,5
27-02-04 9:53	16690,0	15210,0	0,90	229,1	225,4	230,4
27-02-04 9:53	16640,0	15170,0	0,90	229,8	225,3	228,6
27-02-04 9:53	16650,0	15180,0	0,90	229,9	225,4	228,6
27-02-04 9:53	16700,0	15220,0	0,90	228,5	225,4	230,1
27-02-04 9:53	16660,0	15160,0	0,90	229,3	225,2	228,6
27-02-04 9:53	16610,0	15150,0	0,90	229,5	225,2	228,4
27-02-04 9:54	16610,0	15150,0	0,90	229,0	225,4	228,9
27-02-04 9:54	16650,0	15190,0	0,90	228,2	225,4	230,5
27-02-04 9:54	16660,0	15200,0	0,90	228,8	225,7	229,1
27-02-04 9:54	16670,0	15200,0	0,90	230,2	225,6	228,9
27-02-04 9:54	16710,0	15210,0	0,90	229,5	225,4	230,1
27-02-04 9:54	16710,0	15210,0	0,90	229,6	225,4	230,0
27-02-04 9:54	16680,0	15170,0	0,90	229,9	225,5	228,6
27-02-04 9:54	16670,0	15170,0	0,90	228,2	225,2	229,5
27-02-04 9:54	16680,0	15180,0	0,90	229,0	225,1	230,0
27-02-04 9:54	16670,0	15150,0	0,90	229,6	225,2	228,3
27-02-04 9:54	16680,0	15160,0	0,90	229,5	225,3	228,5
27-02-04 9:54	16720,0	15200,0	0,90	228,9	225,3	230,3
27-02-04 9:55	16670,0	15220,0	0,90	230,0	226,1	229,5
27-02-04 9:55	16680,0	15140,0	0,90	229,5	225,3	228,3
27-02-04 9:55	16700,0	15130,0	0,90	228,7	224,9	229,1
27-02-04 9:55	16680,0	15210,0	0,90	229,4	225,7	230,3
27-02-04 9:55	16620,0	15180,0	0,90	230,1	225,8	228,8
27-02-04 9:55	16610,0	15170,0	0,90	229,5	225,8	228,8
27-02-04 9:55	16640,0	15200,0	0,90	228,3	225,9	230,6
27-02-04 9:55	16640,0	15200,0	0,90	229,2	225,8	229,6
27-02-04 9:55	16610,0	15190,0	0,90	229,8	225,6	228,5
27-02-04 9:55	16640,0	15190,0	0,90	229,5	225,5	229,0
27-02-04 9:55	16690,0	15230,0	0,90	228,9	225,6	230,4
27-02-04 9:55	16680,0	15220,0	0,90	229,8	225,7	228,8
27-02-04 9:56	16650,0	15210,0	0,90	230,2	225,9	228,1
27-02-04 9:56	16690,0	15240,0	0,90	229,7	225,7	229,4
27-02-04 9:56	16680,0	15240,0	0,90	229,7	225,4	228,7
27-02-04 9:56	16670,0	15230,0	0,90	230,0	225,5	228,9
27-02-04 9:56	16690,0	15250,0	0,90	229,9	225,6	229,4
27-02-04 9:56	16730,0	15270,0	0,90	229,3	225,6	230,8
27-02-04 9:56	16690,0	15240,0	0,90	230,0	225,6	228,9
27-02-04 9:56	16700,0	15250,0	0,90	230,1	225,7	229,1
27-02-04 9:56	16730,0	15280,0	0,90	229,2	225,7	230,9
27-02-04 9:56	16710,0	15260,0	0,90	229,7	225,7	229,8
27-02-04 9:56	16700,0	15250,0	0,90	229,8	225,8	229,0
27-02-04 9:56	16710,0	15260,0	0,90	229,0	225,9	230,0
27-02-04 9:58	16810,0	15220,0	0,90	229,7	225,5	228,5
27-02-04 9:58	16820,0	15220,0	0,90	229,3	225,3	229,1
27-02-04 9:58	16850,0	15190,0	0,90	228,4	224,8	228,6
27-02-04 9:58	16750,0	15120,0	0,90	228,6	224,7	227,6
27-02-04 9:58	16710,0	15080,0	0,90	227,8	224,7	227,5
27-02-04 9:58	16740,0	15100,0	0,90	227,4	224,4	228,8
27-02-04 9:58	16740,0	15090,0	0,90			

Bijlage 3: Lichttechnische berekening (standaard lamp)

RIJKSWEG A58

2 rijstroken

Projectcode: A58-04
Datum: 24-10-2003
Klant: Dienstkring Autosnelwegen Eindhoven

Ontwerper: A. Adams

Opmerkingen: Bijlage 4 16.500lm

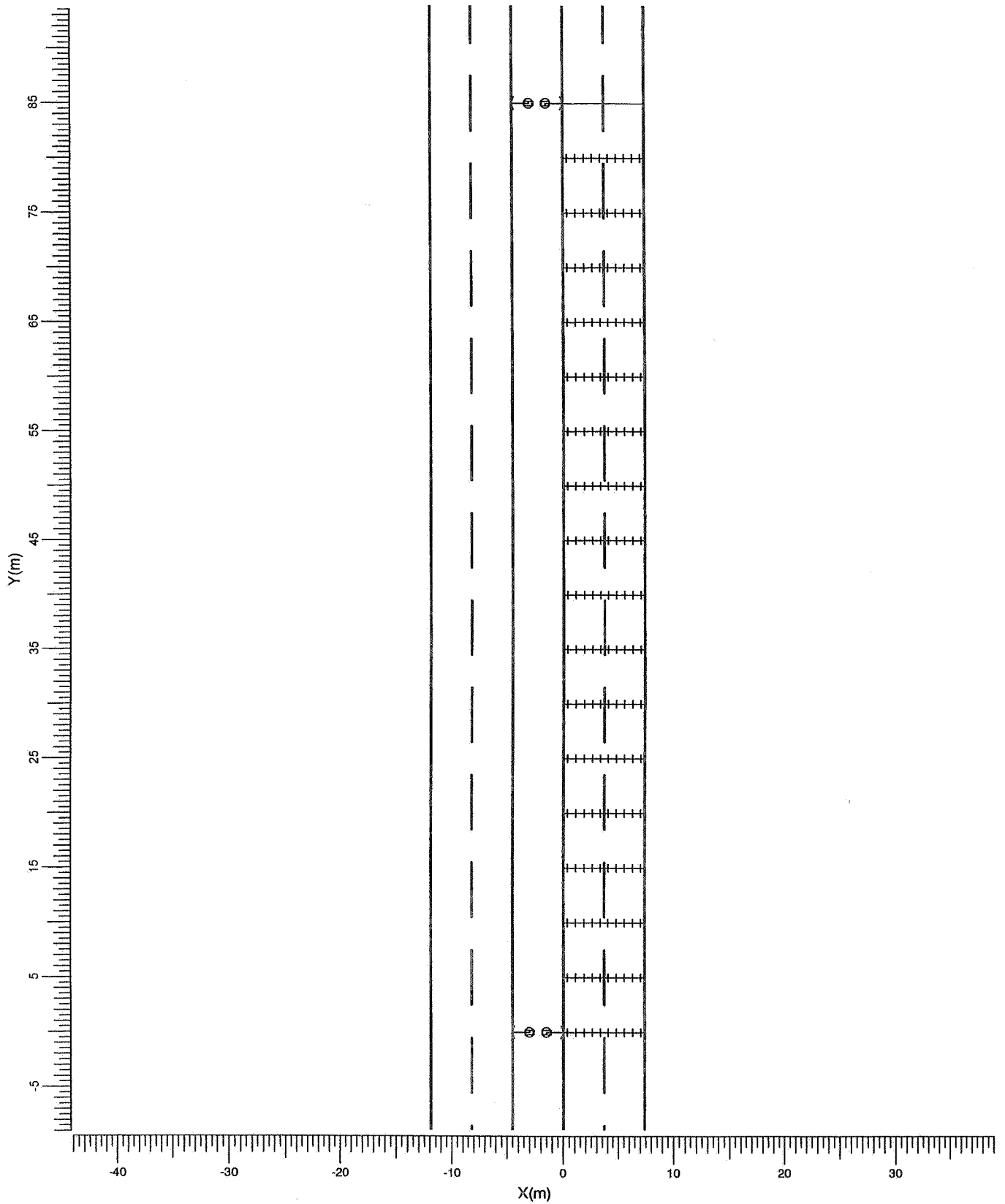
Omdat in de praktijk de bedrijfsomstandigheden vrijwel altijd zullen verschillen van de voor de berekeningen gekozen uitgangspunten zijn afwijkingen in de opgegeven luminanties of verlichtingssterkten niet uitgesloten. Een rol hierbij spelen onder meer andere ruimtelijke omstandigheden en armatuurposities, toleranties in lampen, armaturen en hulpapparatuur, evenals afwijkende temperatuur en spanning.

Rijkswaterstaat, EWD
Maastrichtseweg 71a
5215 AD
's-Hertogenbosch
Nederland

Telefoon: 073 - 6 802 802
Fax: 073 - 6 120 146
E-mail: A.C.C.M.Adams@dnb.rws.minvenw.nl

1. Projectbeschrijving

1.1 Overzicht van boven



O → SGS253/GB CX P5x

Schaal
1:500

2. Overzicht basisschema's

Algemene behoudfactor: 0.85.

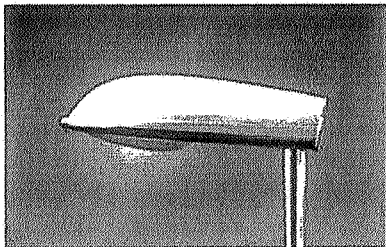
Code	Armatuurtype	Aantal x lamptype	Vermogen [W]	Lichtstroom [lm]
O	SGS253/GB CX P5x	1 * SON-TP150W	168.0	1 * 16500

Basisschema 1	
Wegtype	Dubbelbaans weg
Middenberm [m]	4.50
Wegbreedte [m]	7.40
Aantal rijstroken	2
Wegdek	ZOAB RWS
Q0	0.100
Code armatuurtype	O
Mastopstelling	Middenberm
Masthoogte [m]	18.00
Mastafstand [m]	85.00
Overhang [m]	-1.50
Kantel90 [gr.]	5.0
L gem [cd/m2]	0.84
L min/gem (Uo)	0.53
U1	0.71
U2	0.72
T1 [%]	6.2
Eh gem [lux]	8.03
Eh min/gem (Uh)	0.42
BF links	0.76
BF rechts	0.76

4. Armatuurgegevens

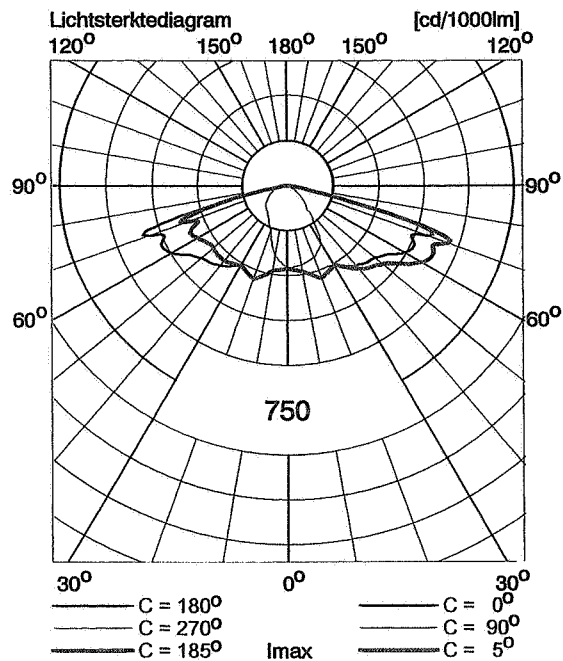
4.1 Armatuurtypen

SGS253/GB CX P5x 1xSON-TP150W



Armatuurrendement	
Omlaag	: 0.87
Omhoog	: 0.00
Totaal	: 0.87
Voorschakelapparaat	: Standaard
Lichtstroom / lamp	: 16500 lm
Vermogen / armatuur	: 168.0 W
Imax70	: 567.2 cd/1000lm (C=5.0 gr.)
Imax80	: 30.9 cd/1000lm (C=0.0 gr.)
Imax85	: 3.2 cd/1000lm (C=355.0 gr.)
Imax90	: 1.9 cd/1000lm (C=340.0 gr.)
Meetcode	: LVM0257400

N.B. Dit armatuurtype is een speciale versie, afgeleid van het type met de vermelde meetcode



Bijlage 4: Lichttechnische berekening (verbeterde PIA lamp)

RIJKSWEG A58

2 rijstroken

Projectcode: A58-04
Datum: 24-10-2003
Klant: Dienstkring Autosnelwegen Eindhoven

Ontwerper: A. Adams

Opmerkingen: Bijlage 5 17.500lm

Omdat in de praktijk de bedrijfsomstandigheden vrijwel altijd zullen verschillen van de voor de berekeningen gekozen uitgangspunten zijn afwijkingen in de opgegeven luminanties of verlichtingssterkten niet uitgesloten. Een rol hierbij spelen onder meer andere ruimtelijke omstandigheden en armatuurposities, toleranties in lampen, armaturen en hulpapparatuur, evenals afwijkende temperatuur en spanning.

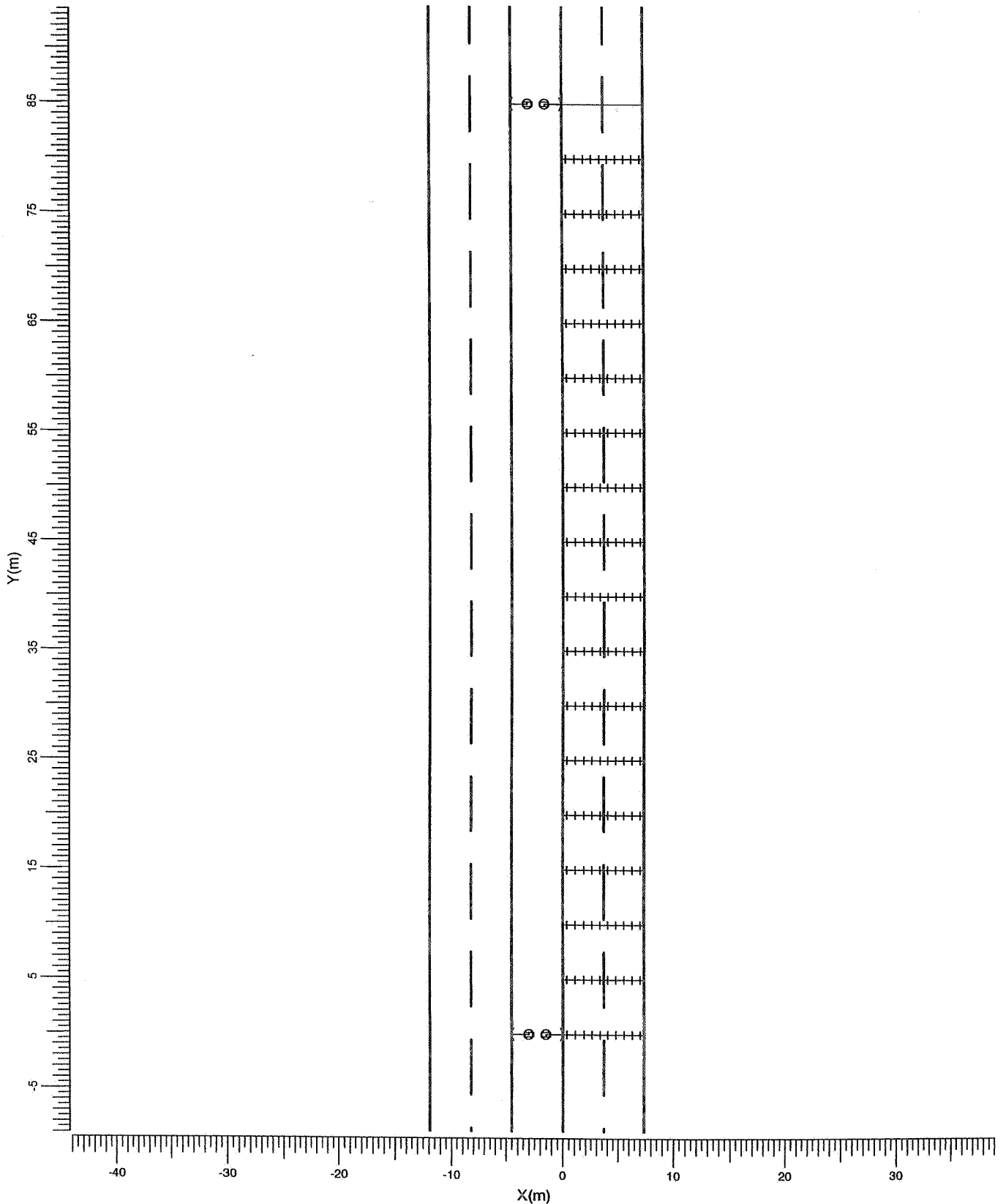
Rijkswaterstaat, EWD

Maastrichtseweg 71a
5215 AD
's-Hertogenbosch
Nederland

Telefoon: 073 - 6 802 802
Fax: 073 - 6 120 146
E-mail: A.C.C.M.Adams@dnb.rws.minvenw.nl

1. Projectbeschrijving

1.1 Overzicht van boven



O → SGS253/GB CX P5x

Schaal
1:500

2. Overzicht basisschema's

Algemene behoudfactor: 0.85.

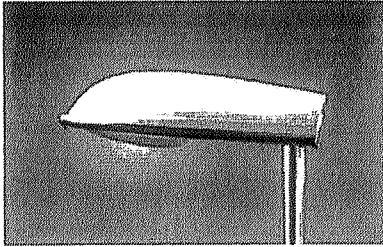
Code	Armatuurtype	Aantal x lamptype	Vermogen [W]	Lichtstroom [lm]
O	SGS253/GB CX P5x	1 * SON-TP150W	168.0	1 * 17500

Basisschema 1	
Wegtype	Dubbelbaans weg
Middenberm [m]	4.50
Wegbreedte [m]	7.40
Aantal rijstroken	2
Wegdek	ZOAB RWS
Q0	0.100
Code armatuurtype	O
Mastopstelling	Middenberm
Masthoogte [m]	18.00
Mastafstand [m]	85.00
Overhang [m]	-1.50
Kantel90 [gr.]	5.0
L gem [cd/m2]	0.89
L min/gem (Uo)	0.53
UI1	0.71
UI2	0.72
TI [%]	6.3
Eh gem [lux]	8.52
Eh min/gem (Uh)	0.42
BF links	0.76
BF rechts	0.76

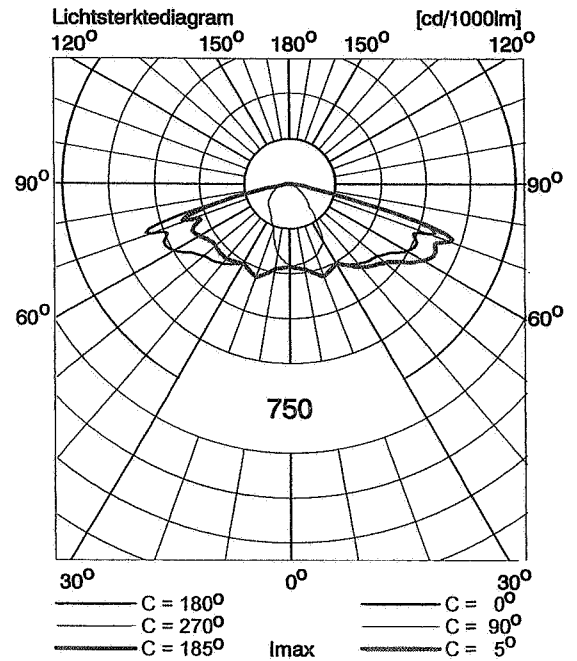
4. Armatuurgegevens

4.1 Armatuurtypen

SGS253/GB CX P5x 1xSON-TP150W



Armatuurrendement	
Omlaag	: 0.87
Omhoog	: 0.00
Totaal	: 0.87
Voorschakelapparaat	: Standaard
Lichtstroom / lamp	: 17500 lm
Vermogen / armatuur	: 168.0 W
Imax70	: 567.2 cd/1000lm (C=5.0 gr.)
Imax80	: 30.9 cd/1000lm (C=0.0 gr.)
Imax85	: 3.2 cd/1000lm (C=355.0 gr.)
Imax90	: 1.9 cd/1000lm (C=340.0 gr.)
Meetcode	: LVM0257400



N.B. Dit armatuurtype is een speciale versie, afgeleid van het type met de vermelde meetcode

Bijlage 5: Lichttechnische berekening (geoptimaliseerd op theoretische lamp)

RIJKSWEG A58

2 rijstroken

Projectcode: A58-04
Datum: 24-10-2003
Klant: Dienstkring Autosnelwegen Eindhoven

Ontwerper: A. Adams

Opmerkingen: Bijlage 6

Toepassing in maximale energiebesparingsstand

Verlichtingseis 0.70 Cd/m²

Omdat in de praktijk de bedrijfsomstandigheden vrijwel altijd zullen verschillen van de voor de berekeningen gekozen uitgangspunten zijn afwijkingen in de opgegeven luminanties of verlichtingssterkten niet uitgesloten. Een rol hierbij spelen onder meer andere ruimtelijke omstandigheden en armatuurposities, toleranties in lampen, armaturen en hulpapparatuur, evenals afwijkende temperatuur en spanning.

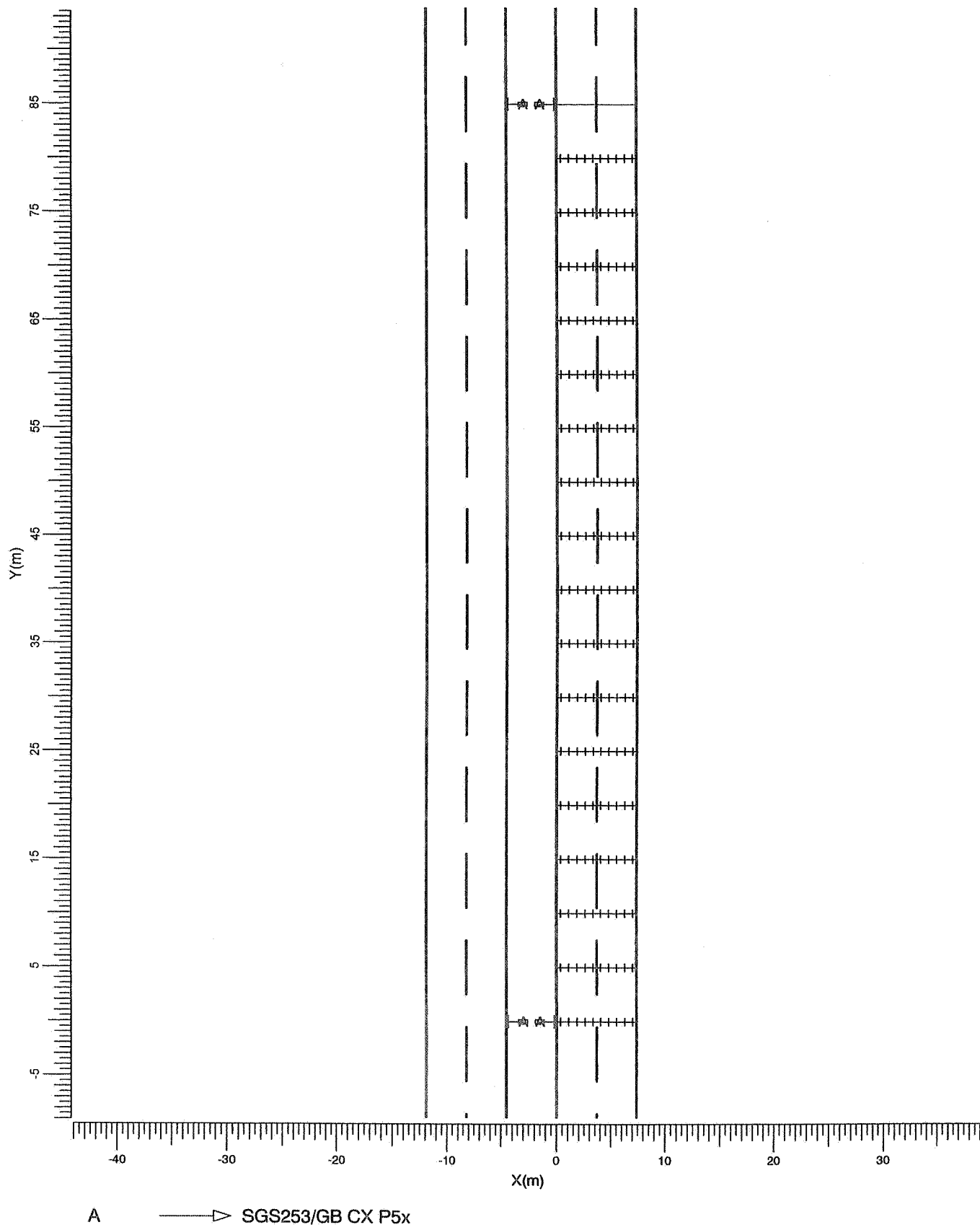
Rijkswaterstaat, EWD

Maastrichtseweg 71a
5215 AD
's-Hertogenbosch
Nederland

Telefoon: 073 - 6 802 802
Fax: 073 - 6 120 146
E-mail: A.C.C.M.Adams@dnb.rws.minvenw.nl

1. Projectbeschrijving

1.1 Overzicht van boven



Schaal
1:500

2. Overzicht basisschema's

Algemene behoudfactor: 0.85.

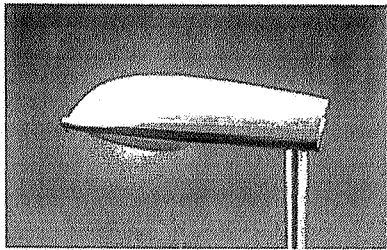
Code	Armatuurtype	Aantal x lamptype	Vermogen [W]	Lichtstroom [lm]
A	SGS253/GB CX P5x	1 * SON-TP150W	168.0	1 * 13800

Basisschema 1	
Wegtype	Dubbelbaans weg
Middenberm [m]	4.50
Wegbreedte [m]	7.40
Aantal rijstroken	2
Wegdek	ZOAB RWS
Q0	0.100
Code armatuurtype	A
Mastopstelling	Middenberm
Masthoogte [m]	18.00
Mastafstand [m]	85.00
Overhang [m]	-1.50
Kantel90 [gr.]	5.0
L gem [cd/m2]	0.70
L min/gem (Uo)	0.53
UI1	0.71
UI2	0.72
TI [%]	6.0
Eh gem [lux]	6.72
Eh min/gem (Uh)	0.42
BF links	0.76
BF rechts	0.76

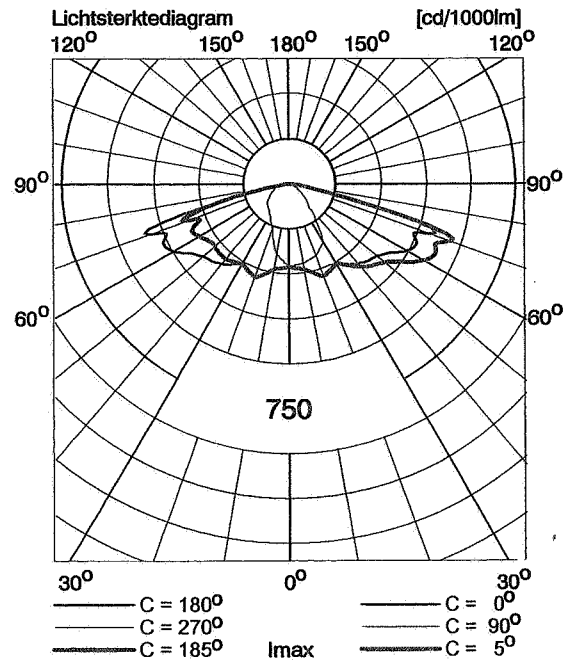
4. Armatuurgegevens

4.1 Armatuurtypen

SGS253/GB CX P5x 1xSON-TP150W



Armatuurrendement	
Omlaag	: 0.87
Omhoog	: 0.00
Totaal	: 0.87
Voorschakelapparaat	: Standaard
Lichtstroom / lamp	: 13800 lm
Vermogen / armatuur	: 168.0 W
Imax70	: 567.2 cd/1000lm (C=5.0 gr.)
Imax80	: 30.9 cd/1000lm (C=0.0 gr.)
Imax85	: 3.2 cd/1000lm (C=355.0 gr.)
Imax90	: 1.9 cd/1000lm (C=340.0 gr.)
Meetcode	: LVM0257400



N.B. Dit armatuurtype is een speciale versie, afgeleid van het type met de vermelde meetcode

Bijlage 6: Documentatie Eposs

Bijlage 7: Verklaring Philips

Vanwege reden dat de verklaring van Philips niet aan rijkswaterstaat, EWD gericht is is besloten de inhoud van de brief hieronder op te nemen. Het origineel exemplaar is aanwezig bij de EWD, Toine Adams.

De brief is opgesteld door:

Philips AEG licht GMBH
Dipl. Helga Tritt

Citaat.

Sehr geehrter herr,

Die angegebene lebensdauer und der lichtstrom werder nur erreicht bei 230V -8% +6% (211,6V to 243,8V).

Werden die werte über oder unterschritten können die lamplebensdauer und deren NENdaten nicht mehr eingehalten werden. Dies is ebenfalls die basis vorgabe unserer wettbewerber.

Eine änderung der spannungsbereiche füür die zukunft is nicht eingeplant. Philips AEG hält sich an die Europaischen normen fur leuchtenhersteller. Dabei sind die spannungeen der energieversorger die basis.

Einde citaat.