

Richtlijn

Verlichting van de transferfunctie

Bijlage 2

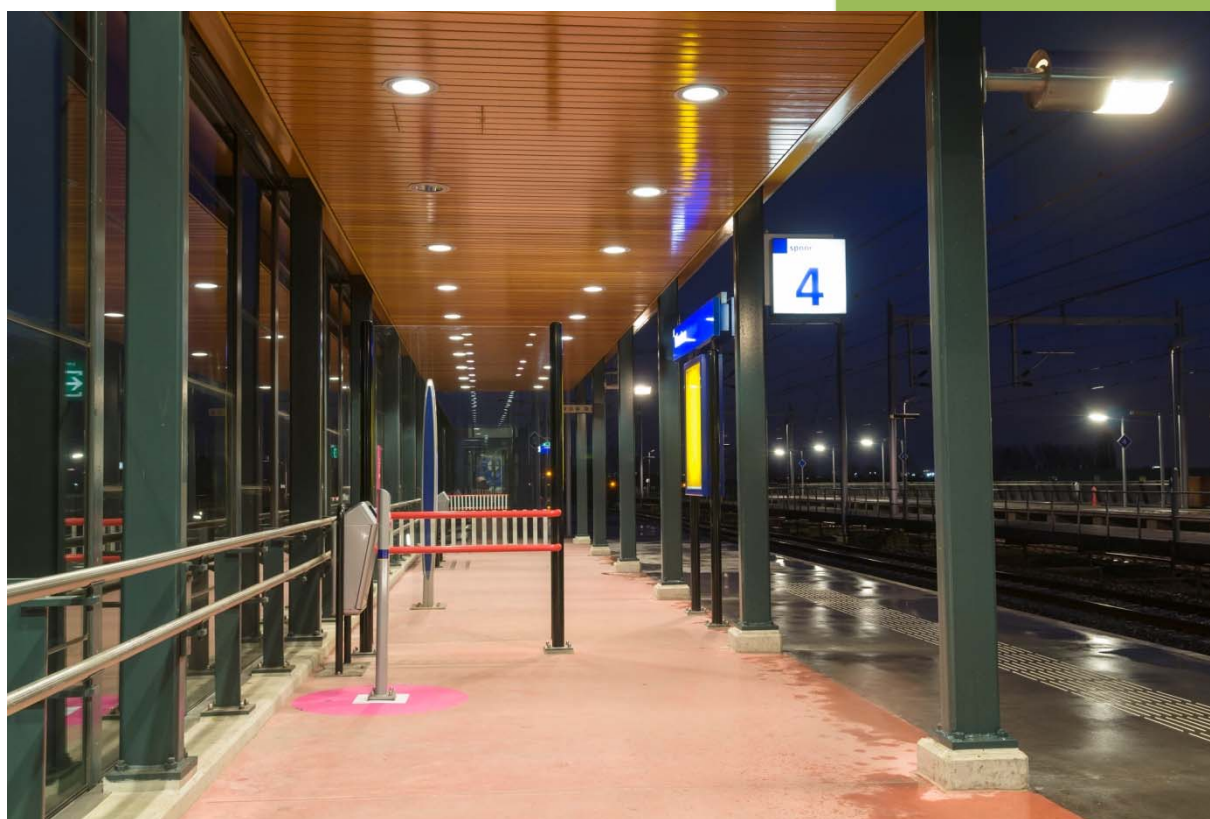
Handreiking efficiënte stationsverlichting

Beherende instantie:
Inhoud verantwoordelijke:
Status:

AM Techniek
Civiele Techniek & Utilities
Definitief

Datum van kracht: 01-09-2021	Versie: 010	Documentnummer: RLN00012
--	----------------	------------------------------------

Handreiking efficiënte stationsverlichting



Handreiking efficiënte stationsverlichting

Opdrachtgever
ProRail

Ing. W. Haine
Ir. D. Croll

Datum
Januari 2016
status: definitief

Auteur
R.J. Vos, IALD

Adviesdocument behorend bij de RLN00012, versie 008.

Inhoud

1	Inleiding	4
1.1	Duurzame verlichting.....	4
1.2	Toepassingsgebied	4
1.3	Efficiënte verlichting	5
1.4	Efficiënte verlichtingsarmaturen.....	6
2	Handreiking efficiënte verlichting	7
2.1	Open perron	8
2.2	Overkapt perron	13
2.3	Abri's	18
2.4	Reizigerstunnel, traverse.....	22
2.5	Vertrekstaten	26
2.6	Bewaakte fietsenstalling	28
2.7	Overkapte fietsenstalling	32
3	Lichtbronnen	36
3.1	Conventionele lampen	36
3.2	Ledverlichting	36
3.3	Keuze van lichtbronnen	37
4	Schakelen en dimmen.....	37
4.1	Beheer	37
4.2	Renovatie	38
4.3	Nieuw- of verbouw	38
4.4	Dimmen.....	38
4.5	Gebruik van beveiligingscamera's.....	39
5	LCC-berekeningen	39

Bijlage 1: Leeswijzer en algemene technische informatie".

Bijlage 2: LCC-Rekenhulp Energie-efficiënte armaturen.

1 Inleiding

Deze handreiking is een adviesdocument behorende bij de vigerende richtlijn "Verlichten van de transferfunctie" RLN00012, versie 008. In de richtlijn staan eisen voor het realiseren van duurzame verlichting in de transfer. In het transfergebied wordt waar mogelijk zoveel mogelijk gebruikgemaakt van daglicht. Als kunstlicht wordt in principe alleen nog ledverlichting toegepast als er sprake is van vervanging van de verlichting of nieuwbouw.

Doelstelling van het project Stationslicht is: meer dan 30% energie besparen op stationsverlichting, terugverdienbaar binnen 7 jaar met behoud of, waar mogelijk, verbeteren van de kwaliteit van de verlichting. Zowel functioneel als esthetisch. De vraag is: welke generieke maatregelen kunnen hieraan bijdragen? Met generieke maatregelen worden hier bedoeld: aanpassingen aan de verlichting die in de meeste gevallen op stations voorkomen en die op 'natuurlijke' momenten doorgevoerd kunnen worden, bij reguliere vervanging (functie handhaving), renovatie of bij ver- of nieuwbouw van een station. Hoofdvraag hierbij te beantwoorden is: "Wat zijn de meest duurzame aanpassingen voor veel voorkomende lichtsituaties op stations?" In deze handreiking worden praktische suggesties voor verlichting gedaan die vaak voorkomen in de transfer.

1.1 Duurzame verlichting

Met duurzame verlichting wordt hier bedoeld:

- Verlichting voor een betere ruimte en sfeerbeleving.
- Beter gevoel van sociale veiligheid.
- Beter visueel comfort.
- Betere visuele geleiding en oriëntatie.
- Lager energiegebruik.
- Minder onderhoud.
- Beste LCC.

ProRail neemt de volgende concrete maatregelen die bijdragen aan een integrale optimalisatie van de verlichting door:

- Lichtvisie: overkoepelende visie voor licht en verlichting op stations.
- Verduurzamen: het een-op-een vervangen van verlichting.
- Dimmen: Het dimmen van verlichting op basis van aanwezigheid in rustige zones.
- Toegankelijkheid: onderdeel van Programma Toegankelijkheid lichtniveaus optimaliseren.
- Fietsenstallingen: verlichting van onbewaakte stallingen verduurzamen.
- Direct te realiseren: onderzoek van NS Stations naar de 5% "meest vervuilende" verlichting.
- RLN00012: richtlijn die duurzamere alternatieven voorschrijft bij (ver)nieuwbouw.
- Regelingen: herstellen en aanpassen van bestaande regelingen (klokken en sensoren).

1.2 Toepassingsgebied

Afhankelijk van de situatie is deze handreiking van toepassing voor:

- regulier onderhoud: functie handhaving of
- nieuw- en verbouw.

Het betreft de verlichting voor de volgende de transfergebieden:

- Perron:
 - Lichtmast.
 - Perronoverkapping (klein en groot station.)
 - Abri, wachtruimte.
 - Vertrekstaten.

- Verbindingszone:
 - Reizigerstunnel.
 - Traverse.
 - (Rol)trappen.
- Fietsenstalling:
 - Bewaakte inpandige fietsenstalling.
 - Overdekte buiten fietsenstalling.

Voor toelichting van gebruikte (licht)technische termen en algemene technische achtergrondinformatie is een leeswijzer bijgevoegd als bijlage 1: “Leeswijzer en algemene technische informatie”.

1.3 Efficiënte verlichting

De resultaten van een onderzoek naar efficiënte verlichting zijn in 2015 gepresenteerd in het rapport “Verduurzamen Transferverlichting” (Opgesteld door: Wouter Haine, ProRail Stations O&B). De conclusie is dat gemiddeld ca. 50% energie kan worden bespaard met verlichting in de transfer door gefaseerd maatregelen te treffen, te weten: ca. 9,2 miljoen kWh per jaar.

Om de efficiëntie van de verlichting op stations te verbeteren dient naast een efficiëntere lichttechniek de energieprestatie van de verlichting te worden verbeterd. De energieprestatie is het aangesloten vermogen per oppervlakte-eenheid en wordt aangegeven in Watt per m² en wordt ook wel het specifieke vermogen genoemd. Hierbij wordt het totale aangesloten vermogen van de gebruikte armaturen gedeeld door het te verlichten vloeroppervlak. Per transfergebied zijn de grenswaarden in de richtlijn als volgt weergegeven in onderstaande tabel:

Transfergebied:		Energieprestatie ≤:	Stationstype:				
		W/m ²	halte	basis	basis+	Mega	Kathedraal
1a	Open perron	0,15	x				
1b	Open perron	0,3		x	x		
1c	Open perron	0,5				x	x
2a	Overkapt perron	1,5		x	x		
2b	Overkapt perron	2				x	x
3a	Volledig omsloten perron	3				x	
3b	Volledig omsloten perron	6					x
4a	Abri perron	2	x	x	x	x	x
4b	Wachtruimte	6		x	x	x	x
5a	(Rol)trap of hellingbaan	0,5	x				
5b	(Rol)trap of hellingbaan	1,5		x	x		
5c	(Rol)trap of hellingbaan	3				x	x
6	Overpad*	0,25	x	x	x		
7a	Reizigerstunnel, traverse	1,5		x	x		
7b	Reizigerstunnel, traverse	3				x	x
8	Stationshal	4				x	x

Tabel 1: Grenswaarden energieprestatie RLN00012, versie 008.

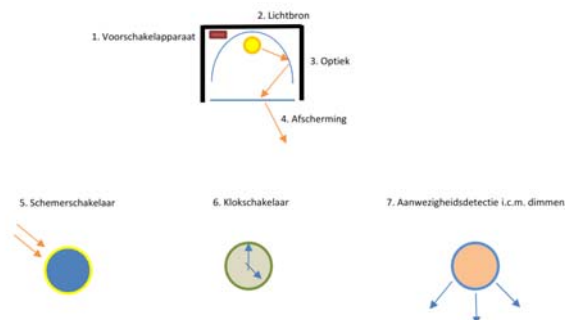
Ten opzichte van conventionele verlichting is de besparing tot ca. 70% te realiseren door gebruik te maken van efficiëntere lichttechniek in combinatie met leds, te weten:

<i>Transfergebied</i>	<i>Besparing tot ca. (%)</i>
Open perron	70
Overkapt perron	70
Abri, wachtruimte	65
Reizigerstunnel, traverse	75
Vertrekstaten	75
Bewaakte inpandige fietsenstalling	65
Overkapte fietsenstalling buiten	75

De “vertrekstaat”, “bewaakte fietsenstalling” en “overkapte fietsenstalling buiten” zijn niet opgenomen in de tabel van de richtlijn omdat deze buiten de demarcatie vallen. Gezien het feit dat deze vaak in hetzelfde gebied voorkomen zijn deze wel opgenomen in de handreiking.

1.4 Efficiënte verlichtingsarmaturen

Globaal kan worden gesteld dat ongeveer de helft van de energiebesparing kan worden gerealiseerd door betere armaturen voorzien van efficiëntere (licht)technische onderdelen. Onderstaand simplistische weergave geven de samenhang en principes aan die in het algemeen van toepassing zijn.



Componenten in en om een verlichtingsarmatuur die bepalend zijn voor de efficiëntie.

Achter elk aangegeven middel in de figuur zijn de volgende mogelijke besparingen aangegeven van conventionele verlichting naar ledverlichting, te weten:

1. Voorschakelapparaat/driver: 5%.
2. Lamp/led (efficiëntie lichtbron): 50%-70%.
3. Optiek (lichtverdeling): 10-30%.
4. Afscherming/micropisma (lichtverdeling) 10-30%.

Ongeveer de andere helft van de besparing is te realiseren door afhankelijk van het gebruik de verlichting te regelen door middel van:

5. Schemerschakelaar: 10%*.
6. Klokschakelaar: 10%*.
7. Aanwezigheidsdetectie in combinatie met dimmen: 30%-50%.

Wordt bijna altijd al toegepast maar vaak niet goed werkend.

In totaal is door gebruik van efficiënte verlichting tot ca. 70% energie te besparen in vergelijking met conventionele verlichting met verouderde voorschakelapparatuur.

2 Handreiking efficiënte verlichting

Als handreiking is per transfergebied een veel voorkomende situatie voor een algemene toepassing uitgewerkt. De omschrijving per transfergebied bestaat uit enkele pagina's voorzien van een:

- Omschrijving,
- Lichtontwerp,
- Lichtberekening,
- LCC-berekening.

Per transfergebied wordt een generieke maatregel aangereikt. Concreet wordt het fabricaat en type van het toegepaste verlichtingsarmatuur benoemd die aan de functionele eisen voldoet in een veel voorkomende dimensionering. Aandachtspunt is dat deze alleen als richtinggevend kan worden beschouwd voor de omschreven situatie.

Het uitgewerkte lichtontwerp beantwoordt aan de functionele verlichtingseisen en energieprestatie conform de richtlijn. In de praktijk zal dit per geval nauwkeurig moeten worden bepaald mede in relatie tot de visuele beleving, architectuur, onderhoud en beheer.

De generieke maatregelen zijn tot stand gekomen in nauw overleg met de systeemspecialisten, beleidsmedewerkers en regiomanagers die verantwoordelijk zijn voor het onderhoud en beheer van de verlichting in de transfer. Per transfergebied is aangegeven:

De bestaande (generieke) situatie:

- Bestaande veelvoorkomende toepassing van verlichting.
- De totale omvang en het energiebesparingspotentieel.

De meest efficiënte verlichting voor:

- regulier onderhoud: functie handhaving en
- nieuw- en verbouw.

Bij regulier onderhoud is een onderverdeling gemaakt in drie categorieën naar leeftijd van armaturen met een advies die kan worden gezien als de meest effectieve maatregel in relatie met de LCC:

- Nieuwbouw: nieuw armatuur voorzien van led.
- Tot en met 5 jaar: lamp vervangen door ultra long life variant.
- Tussen 5 en 10 jaar: lamp vervangen door bij voorkeur een ultra long life of anders een retrofit ledvariant.
- Ouder dan 10 jaar: armatuur vervangen door nieuw armatuur voorzien van led.

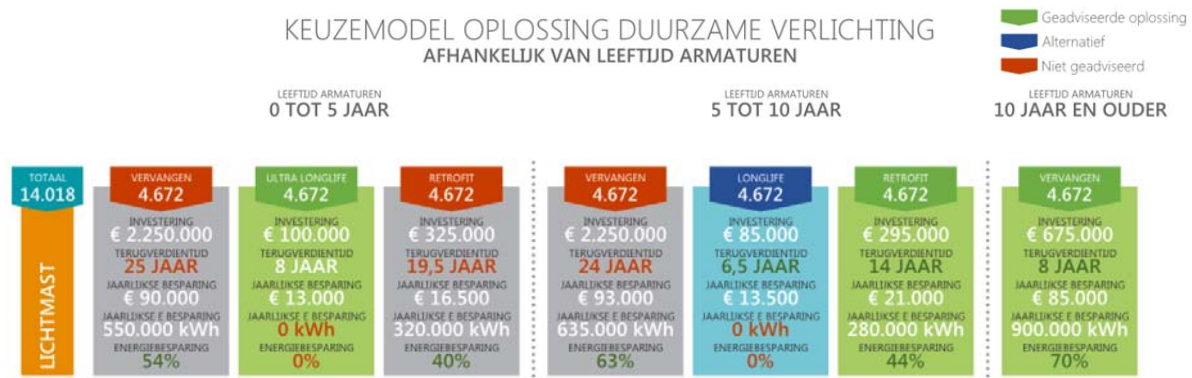
2.1 Open perron



VTG-mast, fabricaat Trilux T8 36W.



NS4000-mast, fabricaat Hellux 2x TC-L 55W.



Tot ca. 70% lager aangesloten vermogen door efficiëntere lichtbron en betere lichttechniek.

2.1.1 Generieke situatie

Lichtmasten op perron. De volgende dimensionering komt relatief veel voor:

- Lichtpunthoogte van 4 m en een mastafstand van 16 m.
- Perronbreedte: 3,5 m.

2.1.2 Bestaande verlichting

De bestaande situatie geeft de totale omvang weer met daarbij de meest voorkomende verlichtingsoplossingen.

- Oppervlakte open perrons: 1.468.975 m².
- Armaturen totaal: 26.231 armaturen.
- Soort lampen/armaturen: TL, PL, e/cvsa's.
- Fabricaten en typen: VTG mast: fabricaat Trilux, type VTG TLD 36W (wordt uitgefaseerd).
NS4000 mast: fabricaat Hellux, type LRB305 2x 55W TC-L, evsa.
- Schakelen: centraal via schemer- en klokschakelaar; vaak niet goed in-/afgesteld.
- Specifieke vermogen: VTG-mast: 0,5 W/m²;
NS4000-mast: 4,5 W/m².

2.1.3 Efficiënte verlichting

Nieuw:

Armatuur:	fabrikaat: Philips, type Mini Luma, BGP621 12xLED-HB/WW OFR7.
Energieprestatie:	klein station: 0,14 W/m ² . middelgroot station: 0,21 W/m ² . groot station: 0,39W/m ² .
Schakelen:	centraal door schemer- en klokschakelaar. Overbrugging plaatsen die na buitendienststelling automatisch afvalt naar de oorspronkelijke instellingen.
Dimmen:	afhankelijk van aanwezigheid van personen dimmen tot maximaal 1/3 van de vereiste verlichtingssterkte.

Onderhoud:

Lampen in armatuur met leeftijd:

0 tot 5 jaar:	VTG-mast: T8 36W, fabrikaat: Aura type, Ultimate long life. NS4000-mast: TC-L 55W, fabrikaat Aura type, Unique-L. energieprestatie VTG-mast: 0,5 W/m ² ; energieprestatie NS4000-mast: 4,5 W/m ² .
5 tot 10 jaar:	VTG-mast: T8 20W fabrikaat: Aura, type Easy T8 HO (led retrofit); 0,4 W/m ² . NS4000-mast: TC-L 26W fabrikaat Saled, type PS-L High Power SMD5630; 2,2 W/m ² . <i>NB: Toepassen van led retrofit geeft bijna altijd een lagere lichtstroom en afwijkende lichtverdeling dan vereist. Per geval is kritisch toetsen dus noodzakelijk. Alternatief: Aura type Ultimate long life of Aura Unique-L long life.</i>
> 10 jaar:	VTG-mast: Indien mast nog 15 jaar kan worden gebruikt: armatuur vervangen voorzien van led-inset. ProRail heeft voor de ledinset een functionele omschrijving gemaakt geschikt voor aanbesteding: producten medio 2016 beschikbaar. NS4000 mast: zie "nieuw".

Schakelen:

controle schemer- en klokschakelaar; Instellingen optimaliseren.
Overbrugging plaatsen die na buitendienststelling automatisch afvalt naar de oorspronkelijke instellingen.

2.1.4 Lichtontwerp efficiënte verlichting

De voornoemde gegevens komen voort uit een nieuw en efficiënter lichtontwerp.

In het lichtontwerp zijn de volgende aspecten nader omschreven:

- Functionele verlichtingseisen.
- Dimensionering; afmetingen.
- Armatuurkeuze.

Functionele verlichtingseisen:

Op het open perron zijn de volgende verlichtingseisen van toepassing:

Transfergebied:		Horizontaal op vloer ≥:		Mate verblinding ≤:		Kleurweergave ≥:		Verticaal op punt of vlak ≥:				Energieprestatie ≤:	Stationstype:				
		E_{m} (lx)	U_0	GRL	Ra	Epv dwars (lx)		Epv langs (lx)		Emv dwars (lx)	Emv langs (lx)	W/m ²	halte	basis	basis+	Mega	Kathedraal
1a	Open perron	5	0,3	55	80	0,5	0,5	5	1,5	0,15			x				
1b	Open perron	10	0,3	50	80	1	1	7,5	2,5	0,3				x	x		
1c	Open perron	20	0,3	45	80	2	2	15	5	0,5						x	x

Eisen voor open perrons bij verschillende stationstypen: tabel 3 uit RLN00012, versie 8.

Dimensionering:

De masten en daarmee worden in principe op een hartafstand van 16 meter geplaatst met een lichtpunthoogte van 4 m. De breedte van het perron is 3,5 m.

De armaturen worden aan uithouders van de mast gemonteerd. Bij een eiland perron wordt in principe altijd gebruikgemaakt van dubbele uithouders. Afhankelijk van het stationstype (stations grootte) worden drie verschillende eisen gesteld aan de verlichting. Er wordt gebruikgemaakt van eenzelfde type armatuur welke standaard voor elk type station een aangepaste lichtstroom heeft. De lichtsterkteverdeling blijft dus identiek. Voor het bepalen van de posities van rekenvlakken en -punten: zie richtlijn.

Armatuurkeuze:

In relatie met de montagehoogte en onderlinge afstand is onderzoek gedaan naar in de markt standaard verkrijgbare verlichtingsarmaturen. Het armatuur geeft een zeer brede lichtverdeling gericht over de langsrichting van het perron. Tegelijkertijd wordt er minder strooielicht in de breedte uitgestraald en dus ook minder (onnodig) licht op het spoor gestraald. Tevens wordt de kwaliteit van de verlichting bij de in/uitstap aan de rand van het perron verbeterd.

Doordat de verlichting minder helder en de gelijkmatigheid hoger is, geeft dit een hoger visueel comfort. De lagere helderheid van het armatuur zal minder hinder geven voor de (visueel beperkte) reiziger, omwonende, de treinmachinist en de natuur (lichthinder).

De helderheid is voor de treinmachinist nog voldoende voor een goede visuele geleiding.

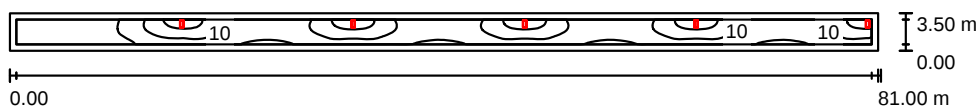
De armaturen zijn voorzien van een vlakke heldere slagvaste afdekking. De helderheid van de armaturen is lager dan de bestaande TL-verlichting. De beschermingsklasse is toereikend conform de richtlijn spat- en stofwaterdicht en slagvast.



Fabricaat: Philips, type Mini Luma, BGP621 12xLED-HB/WW OFR7.

Lichtberekeningen:

Om de verlichting te toetsen aan de uitgangspunten zijn lichtberekeningen gemaakt. De aangehouden reflectiefactor van het perron is 0,2. Onderstaande afbeelding geeft de armaturen in rood weer in het berekende vlak met daarbij de isoluxcurves aangegeven in verlichtingssterkten op de vloer van het perron.



Bovenaanzicht van de berekeningsresultaten op de perronvloer van stationstype halte.

In onderstaande tabel zijn de uitkomsten van de lichtberekening opgenomen aan het eind van de onderhoudsperiode. De toegepaste behoudfactor (MF) is voor de bestaande conventionele verlichting gesteld op 0,8. De nieuwe situatie is berekend op 0,85. Dit omdat gebruikgemaakt wordt van een constant lumen output regeling.

Open perron 1a vloer:	horizontaal		punt verticaal		vlak verticaal	
	gemiddeld	gelijkmatigheid	dwarsrichting	langsrichting	dwarsrichting	langsrichting
	E_{gem} [lx]	U_o	E_{pv} [lx]	E_{pv} [lx]	E_{mv} [lx]	E_{mv} [lx]
bestaand	7,7	0,36	-	-	-	-
renovatie, nieuw-,verbouw	7,8	0,31	0,8	0,9	6	1,8
RLN00012, versie 8	5	0,3	0,5	0,5	5	1,5
Open perron 1b vloer:	horizontaal		punt verticaal		vlak verticaal	
	gemiddeld	gelijkmatigheid	dwarsrichting	langsrichting	dwarsrichting	langsrichting
	E_{gem} [lx]	U_o	E_{pv} [lx]	E_{pv} [lx]	E_{mv} [lx]	E_{mv} [lx]
bestaand	7,7	0,36	-	-	-	-
renovatie, nieuw-,verbouw	12	0,31	1,2	1,4	9	2,8
RLN00012, versie 8	10	0,3	1	1	7,5	2,5
Open perron 1c vloer:	horizontaal		punt verticaal		vlak verticaal	
	gemiddeld	gelijkmatigheid	dwarsrichting	langsrichting	dwarsrichting	langsrichting
	E_{gem} [lx]	U_o	E_{pv} [lx]	E_{pv} [lx]	E_{mv} [lx]	E_{mv} [lx]
bestaand	7,7	0,36	-	-	-	-
renovatie, nieuw-,verbouw	21	0,31	2,4	2,6	16	5,1
RLN00012, versie 8	20	0,3	2	2	15	5

Energieprestatie:

Aan de hand van het lichtontwerp is het aangesloten vermogen bekend, waarmee de energieprestatie is bepaald. De energieprestatie is het aangesloten vermogen per oppervlakte-eenheid en wordt aangegeven in Watt per m^2 (W/m^2). Dit wordt ook wel het "specifieke vermogen" genoemd. Het te verlichten oppervlak is de breedte en lengte van de vloer, in dit geval: $283,5 m^2$. De energieprestatie-eis voor het open perron bij de verschillende type stations is voor 1a: $0,15 W/m^2$; 1b: $0,3 W/m^2$ en 1c: $0,5 W/m^2$. De energieprestatie van het omschreven efficiënte lichtontwerp voor de verschillende types zijn respectievelijk: $0,14 W/m^2$, $0,21 W/m^2$ en $0,39 W/m^2$.

2.1.5 LCC-berekeningen

De LCC-berekeningen zijn gemaakt met de door ProRail ontwikkelde spreadsheet waarin alle gewenste variabelen standaard zijn opgenomen. De berekeningen zijn gebaseerd op 4000 branduren per jaar. De uitkomsten zijn gebaseerd op de vergelijking tussen de omschreven veel voorkomende bestaande conventionele verlichtingssituatie en een efficiënte verlichting vanuit het lichtontwerp.

Resultaten LCC-berekening open perron klein station

Uitkomsten voor het gehele project	Huidig	Optie 1
Projectgrootte	5	5
Energie		
Energieverbruik (kWh) rekenperiode	12.750	2.515
Energiekosten (Euro) rekenperiode	€ 1.530	€ 302
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in kWh		10.235
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in %		80%
CO2 (exclusief productie)		
CO2 per kWh elektrisch	0,59	0,59
Energieverbruik (kWh) rekenperiode	12.750	2.515
CO2 uitstoot in kg rekenperiode (o.b.v. grijze stroom)	7.579	1.495
Financiën		
Extra investering nieuwe installatie (armatuur + arbeid)	€ 1.509	€ 2.665
Onderhoudskosten (jaarlijks / gehele systeem)	€ 31	€ 4
Energiekosten (jaarlijks/gehele systeem)	€ 102	€ 20
Onderhoudskosten (rekenperiode / gehele systeem)	€ 461	€ 55
Energiekosten (Euro) rekenperiode	€ 1.530	€ 302
Jaarlijkse besparing op onderhoud en energiekosten		109
TVT ten opzichte van de huidige situatie in jaren		10,6
Totale kosten gedurende rekenperiode	€ 3.500	€ 3.022

Resultaten LCC-berekening open perron middelgroot station

Uitkomsten voor het gehele project	Huidig	Optie 1
Projectgrootte	5	5
Energie		
Energieverbruik (kWh) rekenperiode	37.200	3.726
Energiekosten (Euro) rekenperiode	€ 4.464	€ 447
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in kWh		33.474
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in %		90%
CO2 (exclusief productie)		
CO2 per kWh elektrisch	0,59	0,59
Energieverbruik (kWh) rekenperiode	37.200	3.726
CO2 uitstoot in kg rekenperiode (o.b.v. grijze stroom)	22.113	2.215
Financiën		
Extra investering nieuwe installatie (armatuur + arbeid)	€ 1.628	€ 2.665
Onderhoudskosten (jaarlijks / gehele systeem)	€ 60	€ 4
Energiekosten (jaarlijks/gehele systeem)	€ 298	€ 30
Onderhoudskosten (rekenperiode / gehele systeem)	€ 902	€ 55
Energiekosten (Euro) rekenperiode	€ 4.464	€ 447
Jaarlijkse besparing op onderhoud en energiekosten		324
TVT ten opzichte van de huidige situatie in jaren		3,2
Totale kosten gedurende rekenperiode	€ 6.994	€ 3.168

Resultaten LCC-berekening open perron groot station

Uitkomsten voor het gehele project	Huidig	Optie 1
Projectgrootte	5	5
Energie		
Energieverbruik (kWh) rekenperiode	37.200	6.831
Energiekosten (Euro) rekenperiode	€ 4.464	€ 820
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in kWh		30.369
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in %		82%
CO2 (exclusief productie)		
CO2 per kWh elektrisch	0,59	0,59
Energieverbruik (kWh) rekenperiode	37.200	6.831
CO2 uitstoot in kg rekenperiode (o.b.v. grijze stroom)	22.113	4.061
Financiën		
Extra investering nieuwe installatie (armatuur + arbeid)	€ 2.253	€ 2.665
Onderhoudskosten (jaarlijks / gehele systeem)	€ 60	€ 4
Energiekosten (jaarlijks/gehele systeem)	€ 298	€ 55
Onderhoudskosten (rekenperiode / gehele systeem)	€ 902	€ 55
Energiekosten (Euro) rekenperiode	€ 4.464	€ 820
Jaarlijkse besparing op onderhoud en energiekosten		299
TVT ten opzichte van de huidige situatie in jaren		1,4
Totale kosten gedurende rekenperiode	€ 7.619	€ 3.540

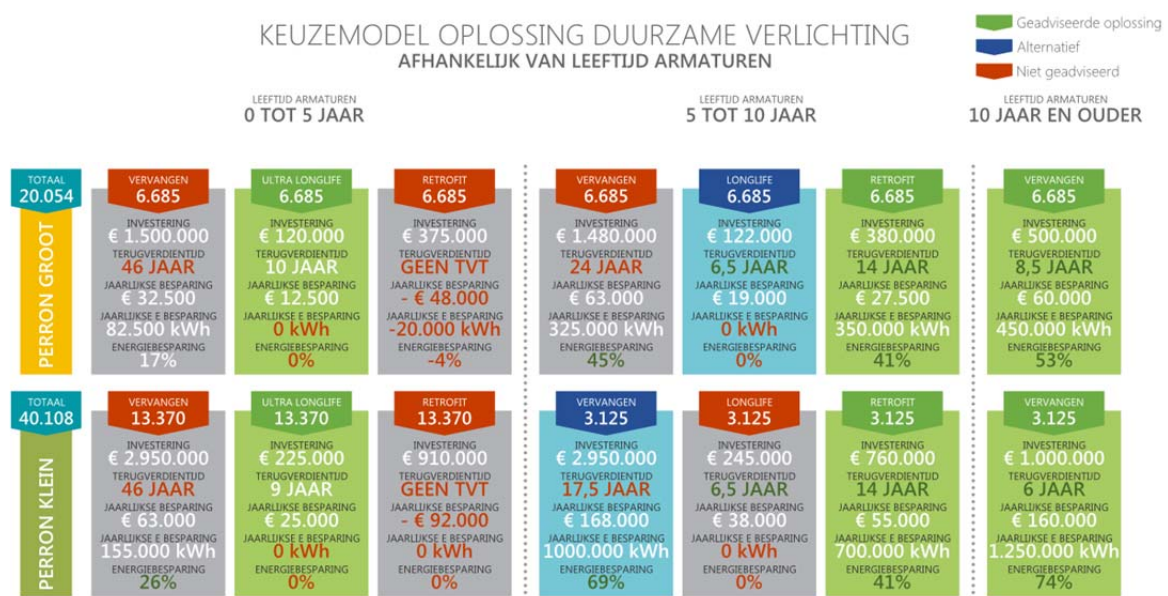
2.2 Overkapt perron



Perronkapverlichting

De richtlijn maakt onderscheid in een klein en groot perron in relatie met de omvang van een station:

- Typen “basis-“ en “basis+-station” gelden als klein perron.
- Typen “mega-“ en “kathedraal-station” gelden als groot perron.



Tot ca. 70% lager aangesloten vermogen door efficiëntere lichtbron en betere lichttechniek.

2.2.1 Generieke situatie

De afmetingen van perronoverkappingen zijn niet gestandaardiseerd. De volgende afmetingen komen relatief veel voor:

- Perronbreedte: tot 6 m.
- Lichtpunthoogte: van 3,5 m tot 4,5 m.

2.2.2 Bestaande verlichting

Klein en groot perron:

- Opp. totaal onder perronkap: 721.959 m².
- Armaturen totaal: 60.162 armaturen.
- Soort lampen: TL, PL, HIT, e/cvsa's.
- Armatuurfabricaat en type: Philips Pacific TCW215 1xTL-D 36W, cvsa.
- Schakelen: centraal via schemer- en klokschakelaar.
(vaak niet goed in-/afgesteld).
- Energieprestatie: 3,8 W/m².

2.2.3 Efficiënte verlichting

Nieuw:

Armatuur: klein station: fabricaat: Disano 927, type Echo 164700-00 11W.
groot station: fabricaat: Disano 927, type Echo 164701-00 20W.

Energieprestatie: klein station: 1 W/m².
groot station: 1,8 W/m².

Schakelen: centraal door schemer- en klokschakelaar.
Overbrugging plaatsen die na buitendienststelling automatisch afvalt naar de oorspronkelijke instellingen.

Dimmen: afhankelijk van aanwezigheid van personen dimmen tot maximaal 1/3 van de vereiste verlichtingssterkte.

Onderhoud:

Lampen in armatuur met leeftijd:

0 tot 5 jaar: klein en groot station: T8 36W, fabricaat: Aura type, Ultimate long life.
energieprestatie: 3,8 W/m².

5 tot 10 jaar: klein station: T8 15W fabricaat: Aura, type Easy T8HO (led retrofit); 1,3W/m².
groot station: T8 20W fabricaat: Aura, type Easy T8HO (led retrofit); 1,8W/m².
NB: Toepassen van led retrofit geeft bijna altijd lagere lichtstroom en afwijkende lichtverdeling. Per geval is kritisch toetsen is noodzakelijk.
Alternatief: Aura type Ultimate long life.

> 10 jaar: armatuur vervangen voorzien van led: zie "nieuw".

Schakelen: controle schemer- en klokschakelaar; Instellingen optimaliseren.
Overbrugging plaatsen die na buitendienststelling automatisch afvalt naar de oorspronkelijke instellingen.

2.2.4 Lichtontwerp efficiënte verlichting

De voornoemde gegevens komen voort uit een nieuw en efficiënter lichtontwerp.

In het lichtontwerp zijn de volgende aspecten nader omschreven:

- Functionele verlichtingseisen.
- Dimensionering; afmetingen.
- Armatuurkeuze.

Functionele verlichtingseisen:

Op de perronvloer onder de perronkap zijn de volgende verlichtingseisen van toepassing:

Transfergebied:		Horizontaal op vloer ≥:		Mate verblinding ≤:		Kleurweergave ≥:		Verticaal op punt of vlak ≥:				Energieprestatie ≤:	Stationstype:				
		E_m (lx)	U_0	GRL	Ra	Epv dwars (lx)	Epv langs (lx)	Emv dwars (lx)	Emv langs (lx)	W/m^2			halte	basis	basiss	Mega	Kathedraal
2a	Overkapt perron	50	0,4	45	80	25	20	20	25	1,5				x	x		
2b	Overkapt perron	70	0,4	45	80	40	35	35	40	2						x	x

Eisen voor overkapt perron voor klein en groot station: tabel 3 uit RLN00012, versie 8.

Dimensionering:

Er is uitgegaan van een meest voorkomende situatie waarbij de volgende afmetingen van toepassing zijn: breedte van het perron en lengte van de perronkap, volgens onderstaande figuur.



De armaturen worden in de langsrichting van het perron 1 m vanuit de rand van de perronkap gemonteerd. Dit geeft naast een efficiënte dimensionering ook een gewenste visuele geleiding en ruimtelijke verlichting. De hartafstand van de armaturen is 4 m. Afhankelijk van de architectuur en of lichtverdeling kan een grotere hartafstand worden gehanteerd wat kan leiden tot een efficiëntere verlichting. Voor het bepalen van het rekenvlak wordt altijd het gehele onderliggende perron als uitgangspunt genomen. Voor het bepalen van de posities van rekenvlakken en -punten: zie richtlijn.

Armatuurkeuze:

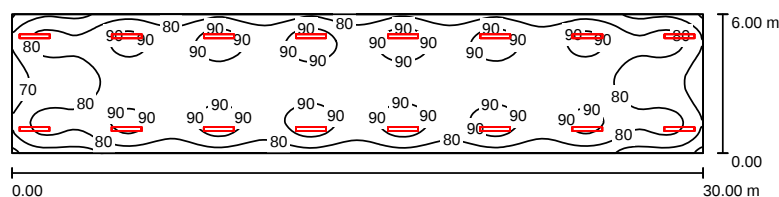
In relatie met de montagehoogte en onderlinge afstand is onderzoek gedaan naar in de markt standaard verkrijgbare verlichtingsarmaturen. In dit geval is de lichtverdeling iets diepstralender en daardoor iets meer naar het perron gericht dan de bestaande situatie. De kwaliteit van de verlichting bij de in/uitstap aan de rand van het perron en de middenzone van het perron blijft gewaarborgd. De helderheid van de armaturen is ongeveer gelijk aan de bestaande TL-verlichting. De beschermingsklasse is toereikend conform de richtlijn spat- en stofwaterdicht en slagvast.



Fabricaat: Disano 927, type Echo 164700-00 11W.

Lichtberekeningen:

Om de verlichting te toetsen aan de uitgangspunten zijn voor beide situaties lichtberekeningen gemaakt. Onderstaande afbeelding geeft de armaturen in rood weer in het berekende vlak met daarbij de isoluxcurves aangegeven in verlichtingssterkten op het perron van een groot station.



Bovenaanzicht van de berekeningsresultaten op een perron voor een groot station.

In onderstaande tabel zijn de uitkomsten van de lichtberekening opgenomen aan het eind van de onderhoudsperiode. De toegepaste behoudfactor (MF) is voor de bestaande situatie berekend op 0,8 en het nieuwe ontwerp op 0,63. Dit conform de richtlijn.

Perronkap groot station perron:	horizontaal		punt verticaal		vlak verticaal	
	gemiddeld	gelijkmatigheid	dwarsrichting	langsrichting	dwarsrichting	langsrichting
	E_{gem} [lx]	U_o	E_{pv} [lx]	E_{pv} [lx]	E_{mv} [lx]	E_{mv} [lx]
bestaand	76	0,72	-	-	-	-
renovatie, nieuw-, verbouw	83	0,69	46	35	43	48
RLN00012, versie 8	70	0,4	40	35	35	40

Perronkap klein station perron:	horizontaal		punt verticaal		vlak verticaal	
	gemiddeld	gelijkmatigheid	dwarsrichting	langsrichting	dwarsrichting	langsrichting
	E_{gem} [lx]	U_o	E_{pv} [lx]	E_{pv} [lx]	E_{mv} [lx]	E_{mv} [lx]
bestaand	76	0,72	-	-	-	-
renovatie, nieuw-, verbouw	52	0,68	28	22	27	30
RLN00012, versie 8	50	0,4	25	20	20	25

De verlichtingssterkten zowel verticaal als horizontaal voldoen alsmede de gelijkmatigheid. Het is aan te bevelen de armaturen te voorzien van een constant lumen outputregeling wat de lichtstroom gedurende de gespecificeerde levensduur gelijk houdt. Hierdoor is de MF beduidend gunstiger en zal de beeldkwaliteit van de verlichting beter worden gewaarborgd.

Energieprestatie:

De energieprestatie is het aangesloten vermogen per oppervlakte-eenheid en wordt aangegeven in Watt per m^2 (W/m^2). Dit wordt ook wel het "specifieke vermogen" genoemd. Aan de hand van het lichtontwerp is het aangesloten vermogen bekend, waarmee de energieprestatie is bepaald. Het te verlichten oppervlak is de breedte van het perron maal de lengte van de perronkap, te weten: $180 m^2$. De energieprestatie-eis voor een klein station is een specifiek vermogen van maximaal $1,5 W/m^2$ en voor een groot station maximaal $2,1 W/m^2$. De energieprestatie van het omschreven efficiënte lichtontwerp voor een klein station komt op $1 W/m^2$ en voor een groot station op $1,8 W/m^2$. De energieprestatie voldoet hiermee aan de richtlijn.

2.2.5 LCC-berekeningen

De LCC-berekeningen zijn gemaakt met de door ProRail ontwikkelde spreadsheet waarin alle gewenste variabelen standaard zijn opgenomen. De berekeningen zijn gebaseerd op 4000 branduren per jaar. De uitkomsten zijn gebaseerd op de vergelijking tussen de omschreven veel voorkomende bestaande conventionele verlichtingssituatie en een efficiënte verlichting vanuit het lichtontwerp.

Resultaten LCC-berekening kleine stations

Uitkomsten voor het gehele project	Huidig	Optie 1
Projectgrootte	16	16
Energie		
Energieverbruik (kWh) rekenperiode	40.800	10.560
Energiekosten (Euro) rekenperiode	€ 4.896	€ 1.267
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in kWh		30.240
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in %		74%
CO2 (exclusief productie)		
CO2 per kWh elektrisch	0,59	0,59
Energieverbruik (kWh) rekenperiode	40.800	10.560
CO2 uitstoot in kg rekenperiode (o.b.v. grijze stroom)	24.253	6.277
Financiën		
Extra investering nieuwe installatie (armatuur + arbeid)	€ 2.590	€ 3.120
Onderhoudskosten (jaarlijks / gehele systeem)	€ 98	€ 90
Energiekosten (jaarlijks/gehele systeem)	€ 326	€ 84
Onderhoudskosten (rekenperiode / gehele systeem)	€ 1.476	€ 1.354
Energiekosten (Euro) rekenperiode	€ 4.896	€ 1.267
Jaarlijkse besparing op onderhoud en energiekosten		250
TVT ten opzichte van de huidige situatie in jaren		2,1
Totale kosten gedurende rekenperiode	€ 8.961	€ 5.741

Resultaten LCC-berekening grote stations

Uitkomsten voor het gehele project	Huidig	Optie 1
Projectgrootte	16	16
Energie		
Energieverbruik (kWh) rekenperiode	40.800	19.200
Energiekosten (Euro) rekenperiode	€ 4.896	€ 2.304
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in kWh		21.600
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in %		53%
CO2 (exclusief productie)		
CO2 per kWh elektrisch	0,59	0,59
Energieverbruik (kWh) rekenperiode	40.800	19.200
CO2 uitstoot in kg rekenperiode (o.b.v. grijze stroom)	24.253	11.413
Financiën		
Extra investering nieuwe installatie (armatuur + arbeid)	€ 2.590	€ 3.120
Onderhoudskosten (jaarlijks / gehele systeem)	€ 98	€ 90
Energiekosten (jaarlijks/gehele systeem)	€ 326	€ 154
Onderhoudskosten (rekenperiode / gehele systeem)	€ 1.476	€ 1.354
Energiekosten (Euro) rekenperiode	€ 4.896	€ 2.304
Jaarlijkse besparing op onderhoud en energiekosten		181
TVT ten opzichte van de huidige situatie in jaren		2,9
Totale kosten gedurende rekenperiode	€ 8.961	€ 6.778

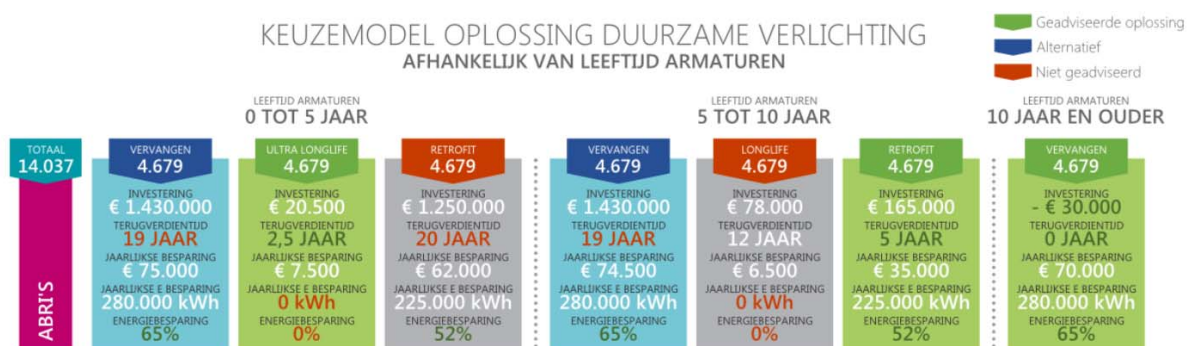
2.3 Abri's



Gesloten bestaande abri, verwarmde abri



Half open bestaande abri.



Tot ca. 80% lager aangesloten vermogen door efficiëntere lichtbron en betere lichttechniek.

2.3.1 Generieke situatie

De afmetingen van de bestaande abri's zijn gestandaardiseerd.

De volgende afmetingen komen in principe altijd voor:

- Lichtpunthoogte: 2,5 m; hartafstand armaturen 1,3 m.
- Vloeroppervlak: 3 m breedte 3m, lengte 18 m.

De bestaande abri's worden de komende jaren voor een groot deel vervangen voor nieuwe zogenaamde beschuttingssystemen in het kader van "Prettig Wachten". Voor de nieuwe situatie wordt dit dan ook als uitgangspunt genomen.

2.3.2 Bestaande verlichting

De bestaande situatie geeft de totale omvang weer met daarbij de meest voorkomende verlichtingsoplossing.

- Totale oppervlakte: "gesloten": 16.716 m² en "half open": 18.523 m².
- Armaturen totaal: 14.037 armaturen.
- Soort lampen/armaturen: PL, cvsa's.
- Fabricaat en type: fabricaat We-ef, type DRO259, cvsa.
- Schakelen: centraal via schemer- en klokschakelaar; vaak niet goed in-/afgesteld.
- Specifieke vermogen: 8,7 W/m².

2.3.3 Efficiënte verlichting

Nieuw:

Armatuur: fabrikaat: Hoffmeister, type: Complx. 150, 109 114 03 906 17438, Silber 1060 lm, 6 W, opal.

Energieprestatie: 1,9 W/m².

Schakelen: centraal door schemer- en klokschakelaar.
Overbrugging plaatsen die na buitendienststelling automatisch afvalt naar de oorspronkelijke instellingen.

Dimmen: afhankelijk van aanwezigheid van personen dimmen tot maximaal 1/3 van de vereiste verlichtingssterkte.

Onderhoud:

Lampen in armatuur met leeftijd:

0 tot 5 jaar: TC-D, fabrikaat: Aura type, Unique-D long life.
energieprestatie: 8,2 W/m².

5 tot 10 jaar: We-ef type DRO met Cree LED bron XLAMP CXA2011, 15W. Retrofitmodule in combinatie met opaal afscherming met hogere lichttransmissie: +50%.; 4,2 W/m².
NB: Toepassen van led retrofit geeft bijna altijd lagere lichtstroom en afwijkende lichtverdeling. Per geval is kritisch toetsen is noodzakelijk. Alternatief: Aura type Ultimate long life.

> 10 jaar: armatuur vervangen voorzien van led: zie "nieuw".

Schakelen:

controle schemer- en klokschakelaar; Instellingen optimaliseren.
Overbrugging plaatsen die na buitendienststelling automatisch afvalt naar de oorspronkelijke instellingen.

2.3.4 Lichtontwerp efficiënte verlichting

De voornoemde gegevens komen voort uit een nieuw en efficiënter lichtontwerp.

In het lichtontwerp zijn de volgende aspecten nader omschreven:

- Functionele verlichtingseisen.
- Dimensionering; afmetingen.
- Armatuurkeuze.

Functionele verlichtingseisen:

De volgende verlichtingseisen zijn van toepassing in de wachtruimte ofabri:

Transfergebied:		Horizontaal op vloer ≥:		Mate verblinding ≤:	Kleurweergave ≥:	Energieprestatie ≤:	Stationstype:				
		E _m (lx)	U ₀	GR	R _a	W/m ²	halte	basis	basis+	Mega	Kathedraal
4	Abri perron	50	0,4	22	80	2	x	x	x	x	x
4b	Wachtruimte	200	0,6	22	80	6		x	x	x	x

Eisen voor abri op het perron: tabel 3 uit RLN00012, versie 8.

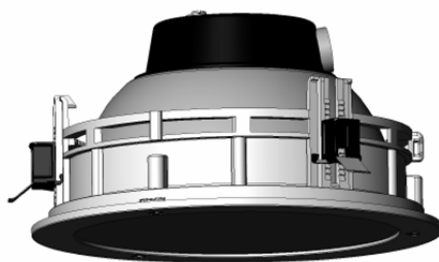
Dimensionering:

De nieuwe wachtruimte (beschuttingssysteem) op het perron zijn modulair opgebouwd en hebben tenminste een lengte van 6 m. De breedte van het dak is 2,55 m. Het te verlichten oppervlak is tenminste 15,3 m². De armaturen worden asymmetrisch in lijn in het plafond geplaatst aan de perronzijde met een hartafstand van 1,2 m.

Naast een efficiënte dimensionering is er ook een gewenste visuele geleiding en ruimtelijke verlichting. Voor het bepalen van het rekenvlak wordt altijd de gehele onderliggende vloer als uitgangspunt genomen.

Armatuurkeuze:

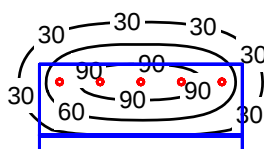
In relatie met de montagehoogte en onderlinge afstand is onderzoek gedaan naar in de markt standaard verkrijgbare verlichtingsarmaturen. Aangezien deze niet beschikbaar was, is een speciaal armatuur ontwikkeld welke voldoet aan alle mechanische en (licht)technische eisen. Voor een optimale lichtverdeling en ruimtelijke verdeling is de verlichting nagenoeg rondom stralend. Aan de onderzijde is het armatuur voorzien van een opaal afscherming. Ondanks de zeer geringe inbouwdiepte voldoet de helderheid van de armaturen aan de richtlijn. De beschermingsklasse is toereikend spat- en stofwaterdicht en slagvast. Dit conform de richtlijn.



Fabricaat: Hoffmeister, type Complx.150, 109 114 03 906 17438, silber 1060 lm, 6W, opal.

Lichtberekeningen:

Om de verlichting te toetsen aan de uitgangspunten zijn lichtberekeningen gemaakt. De aangehouden reflectiefactoren van de wanden zijn 0,1 (glas en constructie), het plafond 0,7 en de vloer 0,2. Onderstaande afbeelding geeft de armaturen in rood weer in het berekende vlak met daarbij de isoluxcurves aangegeven in verlichtingssterkten op de vloer van de wachtruimte.



Bovenaanzicht van de berekeningsresultaten op de vloer van de kleinst voorkomende abri.

In onderstaande tabel zijn de uitkomsten van de lichtberekening opgenomen aan het eind van de onderhoudsperiode. De toegepaste behoudfactor (MF) voor de bestaande situatie is berekend op 0,8 en de nieuwe op 0,85. Dit doordat gebruik gemaakt is van een constant lumen output regeling.

Wachtruimte, abri	horizontaal	
	gemiddeld	gelijkmatigheid
vloer:	E_{gem} [lx]	U_o
bestaand	83	0,61
renovatie, nieuw-,verbouw	53	0,45
LN00012, versie 8	50	0,4

De gemiddelde verlichtingssterkte en gelijkmatigheid op de vloer worden gerealiseerd binnen de eisen van de richtlijn.

Energieprestatie:

Aan de hand van het lichtontwerp is het aangesloten vermogen bekend waarmee de energieprestatie is bepaald. De energieprestatie is het aangesloten vermogen per oppervlakte-eenheid en wordt aangegeven in Watt per m² (W/m²). Dit wordt ook wel het "specifieke vermogen" genoemd. Het te verlichten oppervlak is de breedte en lengte van de vloer, te weten: 15,6 m². De energieprestatie-eis voor een wachtruimte is 2 W/m². De energieprestatie van het omschreven efficiënte lichtontwerp is 1,9 W/m².

2.3.5 LCC-berekeningen

De LCC-berekeningen zijn gemaakt met de door ProRail ontwikkelde spreadsheet waarin alle gewenste variabelen standaard zijn opgenomen. De berekeningen zijn gebaseerd op 4000 branduren per jaar. De uitkomsten zijn gebaseerd op de vergelijking tussen de omschreven veel voorkomende bestaande conventionele verlichtingssituatie en een efficiënte verlichting vanuit het lichtontwerp.

Resultaten LCC-berekening abri

Uitkomsten voor het gehele project	Huidig	Optie 1
Projectgrootte	5	5
Energie		
Energieverbruik (kWh) rekenperiode	9.300	1.863
Energiekosten (Euro) rekenperiode	€ 1.116	€ 224
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in kWh		7.437
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in %		80%
CO2 (exclusief productie)		
CO2 per kWh elektrisch	0,59	0,59
Energieverbruik (kWh) rekenperiode	9.300	1.863
CO2 uitstoot in kg rekenperiode (o.b.v. grijze stroom)	5.528	1.107
Financiën		
Extra investering nieuwe installatie (armatuur + arbeid)	€ 1.668	€ 2.000
Onderhoudskosten (jaarlijks / gehele systeem)	€ 49	€ 4
Energiekosten (jaarlijks/gehele systeem)	€ 74	€ 15
Onderhoudskosten (rekenperiode / gehele systeem)	€ 735	€ 55
Energiekosten (Euro) rekenperiode	€ 1.116	€ 224
Jaarlijkse besparing op onderhoud en energiekosten		105
TVT ten opzichte van de huidige situatie in jaren		3,2
Totale kosten gedurende rekenperiode	€ 3.519	€ 2.279

2.4 Reizigerstunnel, traverse



Reizigerstunnel



Tot ca. 75% lager aangesloten vermogen door efficiëntere lichtbron en betere lichttechniek.

2.4.1 Generieke situatie

De afmetingen van de transfertunnels zijn niet gestandaardiseerd. De volgende afmetingen komen relatief veel voor:

- Lichtpunthoogte van 2,5 m tot 3,5 m.
- Vloeroppervlak: breedte 6 m, lengte 24 m.

2.4.2 Bestaande verlichting

De bestaande situatie geeft de totale omvang weer met daarbij de meest voorkomende verlichtingsoplossing.

- Totale oppervlakte: 60.636 m².
- Armaturen totaal: 10.948 armaturen.
- Soort lampen/armaturen: TL, e/cvsa's.
- Fabricaat en type: fabricaat Designplan, type Tuscan TLD 36W slimline, cvsa.
- Schakelen: centraal via klokschakelaar; vaak niet goed in-/afgesteld.
- Specifieke vermogen: 7,7 W/m².

2.4.3 Efficiënte verlichting

Nieuw:

Armatuur:	fabrikaat: Norka, type Brünn 485 280 34 81 LED, 1300 lm, 13W. PC Tropol bruchssicher (IK08), raumstrahlend.
Energieprestatie:	2,4 W/m ² .
Schakelen:	centraal door schemer- en klokschakelaar. Overbrugging plaatsen die na buitendienststelling automatisch afvalt naar de oorspronkelijke instellingen.
Dimmen:	afhankelijk van aanwezigheid van personen tot maximaal 1/3 van de vereiste verlichtingssterkte.

Onderhoud:

Lampen in armatuur met leeftijd:

0 tot 5 jaar:	T8 36W, fabrikaat: Aura type, Ultimate long life. energieprestatie: 7,7 W/m ² .
5 tot 10 jaar:	T8 20W fabrikaat: Aura, type Easy T8 HO (led retrofit); 4,6 W/m ² <i>NB: Toepassen van led retrofit geeft bijna altijd een lagere lichtstroom en afwijkende lichtverdeling dan vereist is. Per geval is kritisch toetsen dus noodzakelijk. Alternatief: Aura type Ultimate long life.</i>
> 10 jaar:	armatuur vervangen voorzien van led: zie "nieuw".

Schakelen:

controle schemer- en klokschakelaar; Instellingen optimaliseren.
Overbrugging plaatsen die na buitendienststelling automatisch afvalt naar de oorspronkelijke instellingen.

2.4.4 Lichtontwerp efficiënte verlichting

De voornoemde gegevens komen voort uit een nieuw en efficiënter lichtontwerp.

In het lichtontwerp zijn de volgende aspecten nader omschreven:

- Functionele verlichtingseisen.
- Dimensionering; afmetingen.
- Armatuurkeuze.

Functionele verlichtingseisen:

Voor de tunnel- en of traverse zijn de volgende verlichtingseisen van toepassing:

Transfergebied:		Horizontaal op vloer ≥:		Mate verblinding ≤:	Kleurweergave ≥:	Energieprestatie ≤:	Stationstype:				
		E _v (lx)	U _b	GR _L	R _a	W/m ²	halte	basis	basis+	Mega	Kathedraal
7a	Reizigerstunnel, traverse	50	0,5	28	80	1,5		x	x		
7b	Reizigerstunnel, traverse	100	0,5	28	80	3				x	x

Eisen voor reizigerstunnel en traverse: tabel 3 uit RLN00012, versie 8.

Dimensionering:

De armaturen worden in principe in de langsrichting in lijn geplaatst in de hoek van het plafond en de wand aan beide zijden van de tunnel. Dit geeft naast een efficiënte dimensionering ook een gewenste visuele geleiding en ruimtelijke verlichting. De hartafstand van de armaturen is 1,8 m. De montagehoogte is gesteld op 3,4 m. Afhankelijk van de architectuur en of lichtverdeling kan een grotere hartafstand worden gehanteerd wat kan leiden tot een efficiëntere verlichting. Voor het bepalen van het rekenvlak wordt altijd de gehele onderliggende vloer als uitgangspunt genomen.

Armatuurkeuze:

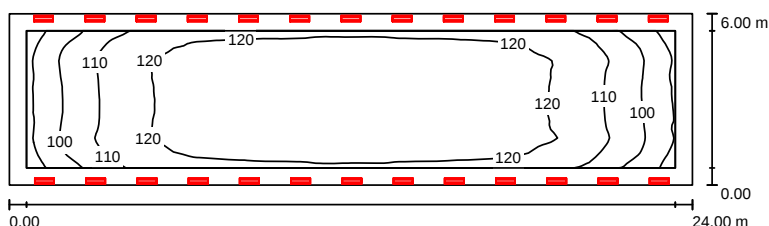
In relatie met de montagehoogte en onderlinge afstand is onderzoek gedaan naar in de markt standaard verkrijgbare verlichtingsarmaturen. Voor een optimale lichtverdeling en visuele geleiding is de verlichting nagenoeg rondom stralend. De helderheid van de armaturen is ongeveer gelijk aan de bestaande TL-verlichting. De beschermingsklasse is toereikend spat- en stofwaterdicht en slagvast. Dit conform de richtlijn.



Fabricaat: Norka, type Brünn 485 280 34 81 LED, 1300 lm, 14W, IK08.

Lichtberekeningen:

Om de verlichting te toetsen aan de uitgangspunten zijn lichtberekeningen gemaakt. De aangehouden reflectiefactoren van de tunnelwanden zijn 0,5, het plafond 0,7 en de vloer 0,2. Onderstaande afbeelding geeft de armaturen in rood weer in het berekende vlak met daarbij de isoluxcurves aangegeven in verlichtingssterkten op de vloer van een reizigerstunnel.



Bovenaanzicht van de berekeningsresultaten op de vloer van een reizigerstunnel.

In onderstaande tabel zijn de uitkomsten van de lichtberekening opgenomen aan het eind van de onderhoudsperiode. De toegepaste behoudfactor (MF) voor de bestaande situatie is berekend op 0,8 en de nieuwe op 0,67.

Reizigerstunnel, traverse	horizontaal	
	gemiddeld	gelijkmatigheid
	E_{gem} [lx]	E_s / E_{gem}
bestaand	150	0,63
renovatie, nieuw-, of verbouw	107	0,64
RLN00012, versie 8	100	0,5

De gemiddelde verlichtingssterkte en gelijkmatigheid op de vloer worden gerealiseerd binnen de eisen.

Het is aan te bevelen de armaturen te voorzien van een constant lumen outputregeling wat de lichtstroom gedurende de gespecificeerde levensduur gelijk houdt. Hierdoor is de MF beduidend gunstiger en zal de beeldkwaliteit van de verlichting beter worden gewaarborgd.

Energieprestatie:

De energieprestatie is het aangesloten vermogen per oppervlakte-eenheid en wordt aangegeven in Watt per m^2 (W/m^2). Dit wordt ook wel het "specifieke vermogen" genoemd.

Aan de hand van het lichtontwerp is het aangesloten vermogen bekend, waarmee de energieprestatie is bepaald. Het te verlichten oppervlak is de breedte en lengte van de vloer, te weten: 144 m². De energieprestatie-eis voor een reizigerstunnel en traverse is maximaal 3 W/m². De energieprestatie van het omschreven efficiënte lichtontwerp is 2,4 W/m² en voldoet hiermee aan de richtlijn.

2.4.5 LCC-berekeningen

De LCC-berekeningen zijn gemaakt met de door ProRail ontwikkelde spreadsheet waarin alle gewenste variabelen standaard zijn opgenomen. De berekeningen zijn gebaseerd op 4000 branduren per jaar. De uitkomsten zijn gebaseerd op de vergelijking tussen de omschreven veel voorkomende bestaande conventionele verlichtingssituatie en een efficiënte verlichting vanuit het lichtontwerp.

Resultaten LCC-berekening reizigerstunnel

Uitkomsten voor het gehele project	Huidig	Optie 1
Projectgrootte	26	26
Energie		
Energieverbruik (kWh) rekenperiode	66.300	20.280
Energiekosten (Euro) rekenperiode	€ 7.956	€ 2.434
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in kWh		46.020
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in %		69%
CO2 (exclusief productie)		
CO2 per kWh elektrisch	0,59	0,59
Energieverbruik (kWh) rekenperiode	66.300	20.280
CO2 uitstoot in kg rekenperiode (o.b.v. grijze stroom)	39.412	12.055
Financiën		
Extra investering nieuwe installatie (armatuur + arbeid)	€ 9.278	€ 11.310
Onderhoudskosten (jaarlijks / gehele systeem)	€ 160	€ 147
Energiekosten (jaarlijks/gehele systeem)	€ 530	€ 162
Onderhoudskosten (rekenperiode / gehele systeem)	€ 2.398	€ 2.199
Energiekosten (Euro) rekenperiode	€ 7.956	€ 2.434
Jaarlijkse besparing op onderhoud en energiekosten		381
TVT ten opzichte van de huidige situatie in jaren		5,3
Totale kosten gedurende rekenperiode	€ 19.632	€ 15.943

2.5 Vertrekstaten



Vertrekstaten in reizigerstunnel

Tot ca. 75% lager aangesloten vermogen door efficiëntere lichtbron en betere lichttechniek.

2.5.1 Generieke situatie

De afmetingen van vertrekstaten zijn gestandaardiseerd. Afmetingen welke relatief veel voor komen zijn borden voorzien van 58W en 36W fluorescentielampen. Aangezien deze verlichting niet wordt gebruikt als functionele verlichting is hiervoor geen energieprestatie-eis opgenomen in de richtlijn.

2.5.2 Bestaande verlichting

De bestaande situatie geeft de totale omvang weer met daarbij de meest voorkomende verlichtingsoplossing.

- aantal vertrekstaten: ca. 6.000 stuks.
- armaturen totaal: ca. 18.000 stuks.
- soort lampen/armaturen: TL, e/cvsa's.
fabricaat en type: Grote bakken: TL-montagebalken: 3x TL 58W, cvsa/evsa.
Kleine bakken: TL-montagebalken: 3x TL 36W, cvsa/evsa.
- schakelen: centraal via klokschakelaar;
vaak niet goed in-/afgesteld.
- aangesloten vermogen: 210 W (bij 58W lampen met cvsa).

2.5.3 Efficiënte verlichting

Nieuw:

conform specificaties ProRail SPC00176 "bewegwijzeringslichtbak".

Schakelen: centraal door klokschakelaar.

Onderhoud:

Lampen in armatuur met leeftijd:

0 tot 5 jaar: Led-inset fabricaat: OFN, type: Olas, LED Applied System, enkelzijdig 10 W en dubbelzijdig 20W, 340 cd/m².

Energiebesparing: In bord B165. 95% lager opgenomen vermogen bij enkelzijdig; 90% bij dubbelzijdig ten opzichte van 58W TL.

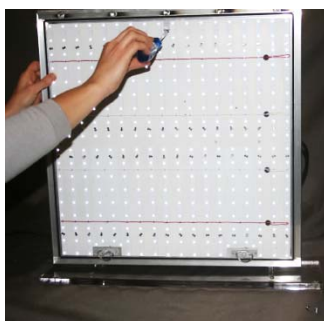
5 tot 10 jaar: Idem.

> 10 jaar: Idem.

Schakelen: controle klokschakelaar; Instellingen optimaliseren. Overbrugging plaatsen die na buitendienststelling automatisch afvalt naar de oorspronkelijke instellingen.

2.5.4 Lichtontwerp efficiënte verlichting

De afgelopen periode zijn diverse marktpartijen actief geweest in het ontwikkelen van alternatieve efficiënte verlichting welke in de bestaande lichtbakken gemonteerd zou kunnen worden. Bestaande uit een driver en een ledpaneel die direct achter de signing wordt geplaatst.



Uitwisselbaar ledpaneel: fabricaat OFN, type Olas.

Hierdoor ontstaat een veel egalere lichtverdeling en wordt er ruim 90% energie bespaard. De TL-lampen worden verwijderd en de bestaande armaturen blijven gehandhaafd. Er is dus geen sprake van retrofit. Daarnaast wordt de onderhoudscyclus voor de verlichting teruggebracht tot eens in de 15 jaar.

2.5.5 LCC-berekeningen

De LCC-berekeningen zijn gemaakt met de door ProRail ontwikkelde spreadsheet waarin alle gewenste variabelen standaard zijn opgenomen. De berekeningen zijn gebaseerd op 4000 branduren per jaar. De uitkomsten zijn gebaseerd op de vergelijking tussen de omschreven veel voorkomende bestaande conventionele verlichtingssituatie en een efficiënte verlichting vanuit het lichtontwerp. Uitgaande van een enkelzijdige verlichting:

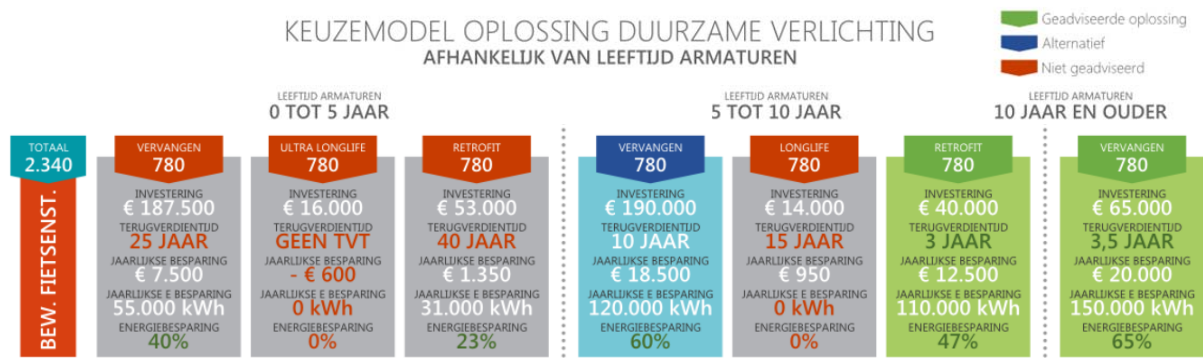
Resultaten LCC-berekening vertrekstaat

Uitkomsten voor het gehele project	Huidig	Optie 1
Projectgrootte	3	1
Energie		
Energieverbruik (kWh) rekenperiode	36.000	621
Energiekosten (Euro) rekenperiode	€ 4.320	€ 75
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in kWh		35.379
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in %		98%
CO2 (exclusief productie)		
CO2 per kWh elektrisch	0,59	0,59
Energieverbruik (kWh) rekenperiode	36.000	621
CO2 uitstoot in kg rekenperiode (o.b.v. grijze stroom)	21.400	369
Financiën		
Extra investering nieuwe installatie (armatuur + arbeid)	€ 1.007	€ 825
Onderhoudskosten (jaarlijks / gehele systeem)	€ 22	€ 1
Energiekosten (jaarlijks/gehele systeem)	€ 288	€ 5
Onderhoudskosten (rekenperiode / gehele systeem)	€ 328	€ 11
Energiekosten (Euro) rekenperiode	€ 4.320	€ 75
Jaarlijkse besparing op onderhoud en energiekosten		98
TVT ten opzichte van de huidige situatie in jaren		1,6
Totale kosten gedurende rekenperiode	€ 5.654	€ 911

2.6 Bewaakte fietsenstalling



Inpandig bewaakte fietsenstalling bij station



Tot ca. 65% lager aangesloten vermogen door efficiëntere lichtbron en betere lichttechniek.

2.6.1 Generieke situatie

De afmetingen van de stallingen zijn niet gestandaardiseerd. De volgende afmetingen komen relatief veel voor:

- Lichtpunthoogte van 2,5 m tot 3,5 m.
- Vloeroppervlak: breedte 12 m en lengte 40 m.

2.6.2 Bestaande verlichting

De bestaande situatie geeft de totale omvang weer met daarbij de meest voorkomende verlichtingsoplossing.

- Oppervlakte stallingen: 70.218 m².
- Armaturen totaal: 2.340 armaturen.
- Soort lampen/armaturen: TL, e/cvsa's.
- Fabricaat en type: Philips Pacific TCW215 1xTL-D 58W, cvsa/evsa.
- Schakelen: centraal via klokschakelaar; vaak niet goed in-/afgesteld.
- Specifieke vermogen: 2,5 W/m².

2.6.3 Efficiënte verlichting

Nieuw:

Armatuur:	fabrikaat: Disano 957, type Echo 164712-00, 31W.
Energieprestatie:	1,2 W/m ² .
Schakelen:	centraal klokschakelaar. Overbrugging plaatsen die na buitendienststelling automatisch afvalt naar de oorspronkelijke instellingen.
Dimmen:	afhankelijk van aanwezigheid van personen tot maximaal 1/3 van de vereiste verlichtingssterkte.

Onderhoud:

Lampen in armatuur met leeftijd:

0 tot 5 jaar:	T8 58W, fabrikaat: Aura type, Ultimate long life. energieprestatie: 2,5 W/m ² .
5 tot 10 jaar:	T8 30W fabrikaat: Aura, type Easy T8 HO (led retrofit); 1,5 W/m ² <i>NB: Toepassen van led retrofit geeft bijna altijd lagere lichtstroom en afwijkende lichtverdeling. Per geval is kritisch toetsen is noodzakelijk.</i> <i>Alternatief: Aura type Ultimate long life.</i>
> 10 jaar:	armatuur vervangen voorzien van led: zie "nieuw".
Schakelen:	controle schemer- en klokschakelaar; Instellingen optimaliseren. Overbrugging plaatsen die na buitendienststelling automatisch afvalt naar de oorspronkelijke instellingen.

2.6.4 Lichtontwerp efficiënte verlichting

De voornoemde gegevens komen voort uit een nieuw en efficiënter lichtontwerp.

In het lichtontwerp zijn de volgende aspecten nader omschreven:

- Functionele verlichtingseisen.
- Dimensionering; afmetingen.
- Armatuurkeuze.

Functionele verlichtingseisen:

In het nieuwe APvE zijn de vereiste verlichtingsniveaus en gelijkmatigheid aangegeven, te weten:

- Looppaden: $E_{\text{gem}} \geq 150 \text{ lux}$; $E_s \geq 75 \text{ lux}$; $E_{\text{max}} \leq 300 \text{ lux}$; $U_o \geq 0,5$ op 0,75 m hoogte.
- Entree: $E_{\text{gem}} \geq 250 \text{ lux}$; $U_o \geq 0,5$ op 0,75 m hoogte.

N.B. Eisen voor verlichtingssterkten in nieuwe APvE zijn 50% hoger gesteld dan voorheen.

Dimensionering:

Er is uitgegaan van de volgende afmetingen:

Lichtpunthoogte is 2,5 m, breedte 12 m en lengte 40 m. De armaturen worden in de langsrichting boven de gangpaden aan het plafond gemonteerd.

Armatuurkeuze:

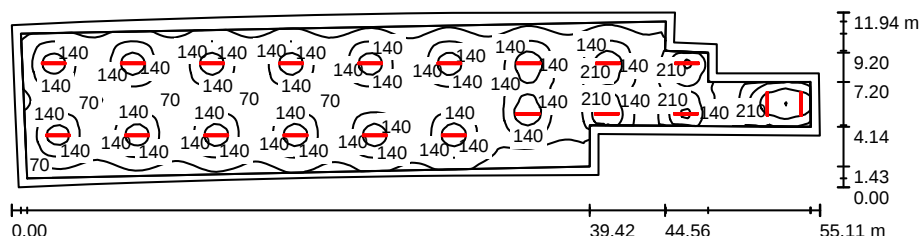
In relatie met de montagehoogte en onderlinge afstand is onderzoek gedaan naar in de markt standaard verkrijgbare verlichtingsarmaturen. In dit geval is de lichtverdeling iets diepstralender en daardoor iets meer naar de vloer gericht dan de bestaande situatie. De kwaliteit van de verlichting ter plaatse van de stallingen blijft gewaarborgd. De helderheid van de armaturen is ongeveer gelijk aan de bestaande TL-verlichting. De beschermingsklasse is toereikend spat- en stofwaterdicht en slagvast. Dit conform de richtlijn.



Fabricaat: Disano 957, type Echo 164712-00, 31W.

Lichtberekeningen:

Om de verlichting te toetsen aan de uitgangspunten zijn lichtberekeningen gemaakt. De wanden en het plafond zijn in het algemeen licht van kleur. De aangehouden reflectiefactoren van de wanden zijn 0,7, het plafond 0,7 en de vloer 0,2. Onderstaande afbeelding geeft de armaturen in rood weer in het berekende vlak met daarbij de isoluxcurves aangegeven in verlichtingssterkten op een hoogte van 0,75 cm.



Bovenaanzicht van de berekeningsresultaten van een fietsenstalling op een hoogte van 0,75 m.

In onderstaande tabel zijn de uitkomsten van de lichtberekening opgenomen aan het eind van de onderhoudsperiode. De toegepaste behoudfactor (MF) voor de bestaande situatie is berekend op 0,8 en de nieuwe op 0,67.

Bewaakte fietsenstalling	gemiddeld	gelijkmatigheid
	$E_{\text{gem}} [\text{lx}]$	E_v / E_{gem}
bestaand	83	0,55
renovatie, nieuw-, of verbouw	161	0,52
vereist APVE (op 0,75m hoogte)	150	0,5

De gemiddelde verlichtingssterkte en gelijkmatigheid op de worden gerealiseerd binnen de eisen. Het is aan te bevelen de armaturen te voorzien van een constant lumen outputregeling wat de lichtstroom gedurende de gespecificeerde levensduur gelijk houdt. Hierdoor is de MF beduidend gunstiger en zal de beeldkwaliteit van de verlichting beter worden gewaarborgd.

Energieprestatie:

Er worden geen eisen gesteld aan de energieprestatie voor een bewaakte fietsenstalling. Het streven is om zo efficiënt mogelijk te verlichten. Aan de hand van het lichtontwerp is het aangesloten vermogen bekend, waarmee de energieprestatie is bepaald. De energieprestatie is het aangesloten vermogen per oppervlakte-eenheid en wordt aangegeven in Watt per m^2 (W/m^2). Dit wordt ook wel het "specifieke vermogen" genoemd. Het te verlichten vloeroppervlak is 533 m^2 . De energieprestatie van het omschreven efficiënte lichtontwerp is $1,2 \text{ W}/\text{m}^2$.

2.6.5 LCC-berekeningen

De LCC-berekeningen zijn gemaakt met de door ProRail ontwikkelde spreadsheet waarin alle gewenste variabelen standaard zijn opgenomen. De berekeningen zijn gebaseerd op 4000 branduren per jaar. De uitkomsten zijn gebaseerd op de vergelijking tussen de omschreven veel voorkomende bestaande conventionele verlichtingssituatie en een efficiënte verlichting vanuit het lichtontwerp.

Resultaten LCC-berekening bewaakt fietsenstalling

Uitkomsten voor het gehele project	Huidig	Optie 1
Projectgrootte	20	20
Energie		
Energieverbruik (kWh) rekenperiode	79.800	37.200
Energiekosten (Euro) rekenperiode	€ 9.576	€ 4.464
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in kWh		42.600
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in %		53%
CO2 (exclusief productie)		
CO2 per kWh elektrisch	0,59	0,59
Energieverbruik (kWh) rekenperiode	79.800	37.200
CO2 uitstoot in kg rekenperiode (o.b.v. grijze stroom)	47.437	22.113
Financiën		
Extra investering nieuwe installatie (armatuur + arbeid)	€ 3.237	€ 6.100
Onderhoudskosten (jaarlijks / gehele systeem)	€ 123	€ 113
Energiekosten (jaarlijks/gehele systeem)	€ 638	€ 298
Onderhoudskosten (rekenperiode / gehele systeem)	€ 1.845	€ 1.692
Energiekosten (Euro) rekenperiode	€ 9.576	€ 4.464
Jaarlijkse besparing op onderhoud en energiekosten		351
TVT ten opzichte van de huidige situatie in jaren		8,2
Totale kosten gedurende rekenperiode	€ 14.658	€ 12.256

2.7 Overkapte fietsenstalling



Overkapte buitenfietsenstalling

Tot ca. 78% lager aangesloten vermogen door efficiëntere lichtbron en betere lichttechniek.

2.7.1 Generieke situatie

De afmetingen van de stallingen gestandaardiseerd. De volgende afmetingen komen daarom in principe altijd voor:

- Lichtpunthoogte van 2,3 m; hart afstand armaturen 1,5 m.
- Vloeroppervlak: breedte en lengte van de vloer onder de kap.

2.7.2 Bestaande verlichting

De bestaande situatie geeft de totale omvang weer met daarbij de meest voorkomende verlichtingsoplossing.

- Stallingplaatsen: 216.005 stuks.
- Armaturen totaal: 10.780 armaturen.
- Soort lampen/armaturen: T8 18W TL lage stalling, 36W TL hoge stalling, e/cvsa's.
- Fabricaat en type: Philips TMS122 1xTL-D 18W, evsa
- Schakelen: centraal via schemer- en klokschakelaar; vaak niet goed in-/afgesteld.
- Specifieke vermogen: lage stalling: 4,7 W/m²; Hoge stalling 9,4 W/m²

2.7.3 Efficiënte verlichting

Nieuw:

Armatuur: fabricaat: Armada, NS2800, LED, stalling laag: 6,6 W; hoog: 8,2 W.
Energieprestatie: lage stalling: 1,7 W/m². Hoge stalling 2,1 W/m².
Schakelen: centraal door schemer- en klokschakelaar.
Overbrugging plaatsen die na buitendienststelling automatisch afvalt naar de oorspronkelijke instellingen.

Onderhoud:

Lampen in armatuur met leeftijd:

0 tot 5 jaar: T8 18W, fabrikaat: Aura type, Ultimate long life.
energieprestatie: 4,7 W/m².

5 tot 10 jaar: T8 9W fabrikaat: Aura, type Easy T8 HO (led retrofit); 2,4 W/m².
NB: Toepassen van led retrofit geeft bijna altijd lagere lichtstroom en afwijkende lichtverdeling. Per geval is kritisch toetsten is noodzakelijk.
Alternatief: Aura type Ultimate long life.

> 10 jaar: armatuur vervangen voorzien van led. Zie: “nieuw”.

Schakelen:

controle schemer- en klokschakelaar; Instellingen optimaliseren.
Overbrugging plaatsen die na buitendienststelling automatisch afvalt naar de oorspronkelijke instellingen.

2.7.4 Lichtontwerp efficiënte verlichting

De voornoemde gegevens komen voort uit een nieuw en efficiënter lichtontwerp.

In het lichtontwerp zijn de volgende aspecten nader omschreven:

- Functionele verlichtingseisen.
- Dimensionering; afmetingen.
- Armatuurkeuze.

Functionele verlichtingseisen:

Op het lichtontwerp zijn de specificatie SPC00265 en SPC00225 van toepassing waarin de eisen voor de verlichting zijn vastgelegd, te weten:

- Looppaden: $E_{\min} \geq 50 \text{ lux}$;
- Bij laagstgestalde fiets: $E_{\min} \geq 20 \text{ lux}$ bij 100% bezettingsgraad.

Voor de ontwikkeling van de ledapplicatie zijn door nieuwe inzichten de uitgangspunten gewijzigd in:

- Op de hele stallingsvloer: $E_{\text{gem}} \geq 25 \text{ lux}$; $U_o \geq 0,5$.
- In het midden van het looppad: $E_{\text{v gem}} \geq 15 \text{ lux}$; $U_o \geq 0,5$; hoogte: vlak van maaiveld tot 1,7 m.

Dimensionering:

Er wordt gebruik gemaakt van een modulair systeem dat ontwikkeld is door ProRail “ruimte voor de fiets”. De verlichting is geïntegreerd in de profielen aan de dakranden. De volgende afmetingen zijn van toepassing: De lichtpunthoogte is 2,3 m. Per segment is de breedte 4,4 m en de lengte 6,2 m. De armaturen worden gemonteerd in de profielen van de kappen. Twee per segment, met een hartafstand van 1,5 m.

Armatuurkeuze:

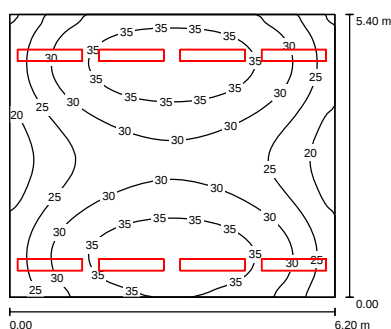
In relatie met de montagehoogte en onderlinge afstand van het toegepaste standaard profiel van de fietsenstalling, is onderzoek gedaan naar in de markt standaard verkrijgbare verlichtingsarmaturen. Deze bleek niet verkrijgbaar waarna een special is ontwikkeld door een marktpartij welke onder begeleiding van ProRail “Ruimte voor de fiets” is uitgewerkt getest en diverse malen gemeten. Voor een optimale lichtverdeling en visuele geleiding is de verlichting nagenoeg rotatie symmetrisch stralend. De berekende levensduur van de verlichting is de levensduur van de stalling: 20 jaar. De helderheid van de armaturen is nagenoeg gelijk aan de bestaande TL-verlichting. De beschermingsklasse is toereikend spat- en stofwaterdicht en slagvast.



Fabricaat: Armada, special armatuur NS2800, 340 lm, 6,6W/8,2W.

Lichtberekeningen:

Om de verlichting te toetsen aan de uitgangspunten zijn lichtberekeningen gemaakt met een fictief verlichtingsarmatuur met een nagenoeg identieke lichtverdeling. De aangehouden reflectiefactoren van de stallingsvloer is 0,2. Onderstaande afbeelding geeft de armaturen in rood weer in het berekende vlak met daarbij de isoluxcurves aangegeven in verlichtingssterkten op de vloer van een kleinst mogelijk voorkomende stalling: twee segmenten.



Bovenaanzicht van de berekeningsresultaten op de vloer
bij toepassing van een lage (standaard) stalling van twee segmenten.

In onderstaande tabel zijn de uitkomsten van de lichtberekening opgenomen aan het eind van de onderhoudsperiode. De toegepaste behoudfactor (MF) voor de bestaande situatie is berekend op 0,8 en de nieuwe op 0,85. Bij de nieuwe ledapplicatie is een constant lumen output regeling toegepast die de lichtstroom gedurende de levensduur constant houdt.

Overkapte buitenfietsenstalling	gemiddeld	gelijkmatigheid
	$E_{\text{gem}} \text{ [lx]}$	E_s / E_{gem}
bestaand	53	0,95
renovatie, nieuw-, of verbouw	30	0,57
APvE	25	0,5

Energieprestatie:

Er worden geen eisen gesteld aan de energieprestatie voor een bewaakte fietsenstalling. Het streven is om zo efficiënt mogelijk te verlichten. Aan de hand van het lichtontwerp is het aangesloten vermogen bekend, waarmee de energieprestatie is bepaald. De energieprestatie is het aangesloten vermogen per oppervlakte-eenheid en wordt aangegeven in Watt per m^2 (W/m^2). Dit wordt ook wel het “specifieke vermogen” genoemd. Het te verlichten vloeroppervlak is $33,5 \text{ m}^2$. De energieprestatie van het omschreven efficiënte lichtontwerp is voor een standaard (lage) stalling $1,7 \text{ W}/\text{m}^2$ en voor een dubbele stalling (hoge) $2,1 \text{ W}/\text{m}^2$.

2.7.5 LCC-berekeningen

De LCC-berekeningen zijn gemaakt met de door ProRail ontwikkelde spreadsheet waarin alle gewenste variabelen standaard zijn opgenomen.

De berekeningen zijn gebaseerd op 4000 branduren per jaar. De uitkomsten zijn gebaseerd op de vergelijking tussen de omschreven veel voorkomende bestaande conventionele verlichtingssituatie en een efficiënte verlichting vanuit het lichtontwerp.

Resultaten LCC-berekening overkapte fietsenstalling standaard (laag)

Uitkomsten voor het gehele project	Huidig	Optie 1
Projectgrootte	8	8
Energie		
Energieverbruik (kWh) rekenperiode	10.080	3.279
Energiekosten (Euro) rekenperiode	€ 1.210	€ 393
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in kWh		6.801
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in %		67%
CO2 (exclusief productie)		
CO2 per kWh elektrisch	0,59	0,59
Energieverbruik (kWh) rekenperiode	10.080	3.279
CO2 uitstoot in kg rekenperiode (o.b.v. grijze stroom)	5.992	1.949
Financiën		
Extra investering nieuwe installatie (armatuur + arbeid)	€ 815	€ 2.200
Onderhoudskosten (jaarlijks / gehele systeem)	€ 72	€ 6
Energiekosten (jaarlijks/gehele systeem)	€ 81	€ 26
Onderhoudskosten (rekenperiode / gehele systeem)	€ 1.076	€ 89
Energiekosten (Euro) rekenperiode	€ 1.210	€ 393
Jaarlijkse besparing op onderhoud en energiekosten		120
TVT ten opzichte van de huidige situatie in jaren		11,5
Totale kosten gedurende rekenperiode	€ 3.101	€ 2.682

Resultaten LCC-berekening overkapte fietsenstalling standaard (hoog)

Uitkomsten voor het gehele project	Huidig	Optie 1
Projectgrootte	8	8
Energie		
Energieverbruik (kWh) rekenperiode	18.720	4.074
Energiekosten (Euro) rekenperiode	€ 2.246	€ 489
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in kWh		14.646
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in %		78%
CO2 (exclusief productie)		
CO2 per kWh elektrisch	0,59	0,59
Energieverbruik (kWh) rekenperiode	18.720	4.074
CO2 uitstoot in kg rekenperiode (o.b.v. grijze stroom)	11.128	2.422
Financiën		
Extra investering nieuwe installatie (armatuur + arbeid)	€ 815	€ 2.200
Onderhoudskosten (jaarlijks / gehele systeem)	€ 42	€ 6
Energiekosten (jaarlijks/gehele systeem)	€ 150	€ 33
Onderhoudskosten (rekenperiode / gehele systeem)	€ 625	€ 89
Energiekosten (Euro) rekenperiode	€ 2.246	€ 489
Jaarlijkse besparing op onderhoud en energiekosten		153
TVT ten opzichte van de huidige situatie in jaren		9,1
Totale kosten gedurende rekenperiode	€ 3.686	€ 2.778

3 Lichtbronnen

3.1 Conventionele lampen

De toegepaste lichtbronnen (lampen) in de transfer in bestaande conventionele verlichtingsarmaturen zijn geïventariseerd. Onderstaande grafiek en tabel geven de verdeling van de verschillende lamptypen weer welke het meest voorkomen. Het betreft allemaal dezelfde soort: fluorescentielampen. Zowel de verschillende buisvormige als compacte uitvoeringen. Tijdens de registratie in de loop der jaren de “TLD” en “TL” genoteerd. Na onderzoek blijkt dat hiermee dezelfde fluorescentielamp wordt bedoeld. In 84% van de gevallen wordt gebruikgemaakt van fluorescentielampen, te weten: TLD 18W, 36W en 58W, respectievelijk. 33%,31%, en 20%. Het aangesloten vermogen geeft een verhouding van respectievelijk 10%, 23% en 34%. In de overige gevallen worden compacte fluorescentielampen toegepast: PLC en PLL. In enkele gevallen worden ook hogedruk gasontladingslampen toegepast zoals: HQI-T(D), SON-T en CDM-T, welke niet in het overzicht zijn opgenomen.

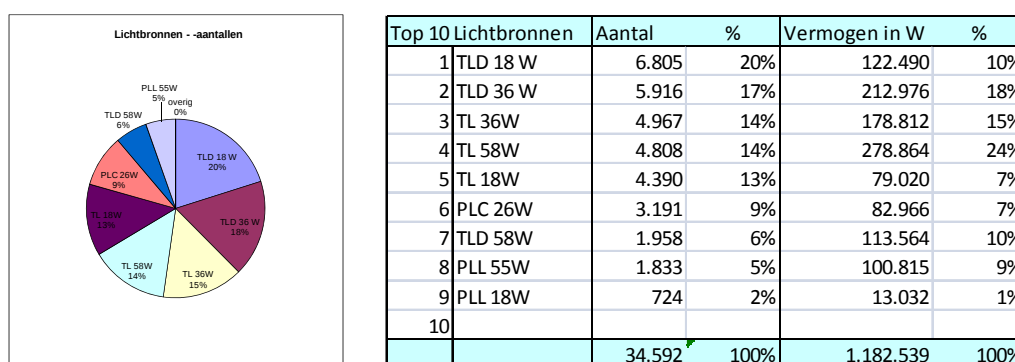


Diagram en grafiek van meest voorkomende fluorescentielampen in de transfer.

Heel soms blijkt op sommige locaties nog zogenaamde “T12” lampen (dikke oude fluorescentielampen) te worden gebruikt. Onder andere in oudere bewegwijzering. Omdat deze lampen relatief inefficiënte fluorescentielampen zijn, zijn deze in het kader van EU-wetgeving: “uitfasering inefficiënte lichtbronnen” in 2012 uitgefaseerd en zijn dus niet meer verkrijgbaar zijn. Deze lampen komen overigens niet voor in het overzicht.

3.2 Ledverlichting

De led is op dit moment in nagenoeg alle situaties de rendabelste lichtbron in relatie tot de investering(kosten), het energiegebruik, de gewenste lichtkwaliteit. Uit de verschillende LCC-berekeningen voor nieuwbouw blijkt dat ledverlichting in alle gevallen interessanter is dan het gebruik van conventionele bestaande verlichting. Bij renovatie dient afhankelijk van de leeftijd van de armaturen aan de hand van een LCC-berekening na te worden gegaan welke lichtbron moet worden toegepast.

3.2.1 Aandachtspunten

Tijdens het ontwerp zijn er een aantal belangrijke aandachtspunten die in acht moeten worden genomen om na te gaan of er sprake is van gelijkwaardigheid.

Bij het specificeren van de levensduur bij gebruik van ledverlichting dienen 90% van de leds tenminste nog 80% van de initiële lichtstroom te bedragen. Dit bij een omgevingstemperatuur van 25° C, conform de internationale notatie: L80, B10 (IEC-PAS62717). Aan de hand hiervan dient ook de MF (Maintenance factor of ook wel behoudfactor genoemd) te worden bepaald. Deze is van groot belang voor het uitvoeren van representatieve lichtberekeningen. Het bepalen van de MF is nader omschreven in de richtlijn, inclusief een rekenvoorbeeld.

Ten aanzien van de kwaliteitsselectie (binning) met betrekking tot de kleurvariatie en kleurweergavedepreciatie is een maximale spreiding toegestaan van 3 MacAdam steps.

De toe te passen ledapplicaties zijn gemeten en gespecificeerd conform IES LM-79-08 of gelijkwaardig. Dit voor het kunnen beoordeling van gelijkwaardige lichttechnische parameters.

3.3 Keuze van lichtbronnen

Bij nieuwbouw en renovatie is de led als lichtbron vereist waarbij een gewenste keuze leidt tot een optimale visuele en energetische prestatie over de gehele levensduur met de meest gunstigste LCC. De keuze van een lichtbron staat op zichzelf. Het gaat uiteindelijk om de juiste toepassing. Zodanig dat de juiste lichtbron in combinatie met een optiek en afscherming wordt gebruikt voor het verkrijgen van een hoog armatuurrendement. Bij een goed lichtontwerp leidt dit tot een gewenste visuele prestatie voor het uitvoeren van de visuele taak en tegelijkertijd draagt het bij aan een goede ruimtebeleving waarbij de architectuur naar wens visueel wordt ondersteund.

3.3.1 Long life lampen

Het is aan te bevelen bij groepsremplace van conventionele lampen long life lampen toe te passen. Deze lampen hebben een 3 maal langere levensduur (tot 80.000 branduren) dan een standaard lamp. Daarnaast zijn ze echter 2,5 maal duurder. Doordat armaturen minder vaak geopend moeten worden komt dit de technische levensduur van de armaturen aanmerkelijk ten goede. Door het gebruik van minder lampen is er sprake van CO₂-reductie. Indirect is dit ook het geval doordat er minder onderhoud hoeft te worden gepleegd. In bijzondere gevallen kan ook gebruikgemaakt worden van led retrofit producten. In veel gevallen heeft dit een negatieve invloed op de gewenste lichtstroom en lichtverdeling. Het is aan te bevelen tijdens het ontwerp nauwkeurig vast te stellen wat de consequenties hiervan zijn.

3.3.2 Ontwikkeling van ledverlichting

Er is op dit moment veel prijs- en kwaliteitsverschil aanwezig in de markt. Inmiddels zijn EU-richtlijnen door het CELMA gepubliceerd (koepelorganisatie van fabricanten/leveranciers van armaturen en lampen), die kunnen worden gehanteerd bij het functioneel specificeren van producten om de kwaliteit te waarborgen.

Bij goede applicaties is 100.000 branduren inmiddels binnen bereik met een energie-efficiëntie die tot 50% hoger is dan die van de fluorescentielamp. Daarnaast geeft de led bij goede toepassing veelal ook nog hoger optisch rendement omdat het licht beter gestuurd kan worden. Dit komt voornamelijk door de substantieel kleinere afmetingen van de led.

4 Schakelen en dimmen

De verlichting wordt geschakeld en gedimd afhankelijk van het gebruik. In de praktijk komt het dikwijls voor dat verlichting op stations onnodig ingeschakeld is. In dat kader de volgende aandachtspunten:

4.1 Beheer

Een groot punt van aandacht is een goed onderhoud en beheer van de lichtschakelingen en -regelingen. Dit betreft de: aanwezigheidsdetectoren, schemer- en klokschakelaars. Indien hier onvoldoende aandacht voor is kan het energiegebruik dramatisch toenemen doordat bijvoorbeeld gedurende de hele dag alle verlichting voluit brandt. De tijdschakelaar is niet altijd goed ingesteld waardoor de verlichting ook ingeschakeld blijft als het station buiten gebruik is.

4.1.1 Regulier onderhoud

Tijdens het regulier onderhoud dient een hoge prioriteit gegeven te worden aan de juiste werking en instellingen van de bestaande klok- en schemerschakelaars. Een regelmatige (jaarlijkse) controle uitvoeren of deze nog naar behoren functioneren is zeer wenselijk.

4.2 Renovatie

Zoals voornoemd komt het in de praktijk nogal eens voor dat klok- en schemerschakelaars voor onderhoud overbrugd worden en na gedane zaken niet in de oorspronkelijke stand worden teruggezet. Hierdoor blijft de verlichting soms dagen achtereen onnodig ingeschakeld.

De verlichting dient te worden voorzien van een afvallende klok- en of schemerschakelaar die binnen 24 uur automatisch afvalt naar de oorspronkelijke instellingen. Aandachtspunt is dat de richtlijn al enkele jaren deze afvallende schakeling vereist. Gezien de praktijk in relatie met de energiebesparingsdoelstellingen binnen ProRail wordt deze schakeling noodzakelijk geacht voor elk station.

Soms zijn de schemerschakelaars cq. sensoren niet adequaat gemonteerd op de noordkant. Dit is zeer wenselijk omdat de verlichting dan te laat kan inschakelen wat tot ongewenste en zelfs gevaarlijke situaties kan leiden.

4.3 Nieuw- of verbouw

Bij nieuw- of verbouw dienen de armaturen zoveel mogelijk te worden voorzien van dimbare verlichting ten behoeve van het slim kunnen regelen er van. Hiermee kan de verlichting onafhankelijk van de groepsindeling centraal en webbased ingesteld, nageregeld en gecontroleerd worden.

Het telemanagementsysteem hiervoor is nog in onderzoek.

Klok- en schemerschakelaars zijn nog steeds van toepassing maar dan in combinatie met nieuwe technologieën. Meer hierover in de richtlijn.

Per perron dient een schemerschakelaar aangebracht te worden aan de noordzijde. Overkappingen en open perrons worden elk voorzien van eigen schemerschakelaar. In sommige gebieden dient uit oogpunt van veiligheid de verlichting ongedimd te zijn ingeschakeld.

Per station wordt nauwkeurig een project gemaakt van de positie van sensoren. Dit in nauw overleg met de leverancier van de sensoren.

4.4 Dimmen

Het dimmen van ledverlichting is energie-efficiënter doordat het verbruik lineair is met de lichtstroom. Het komt helaas voor dat de regelinstallatie relatief aanmerkelijk veel energie gebruiken. Tijdens het ontwerp vraagt dit de nodige aandacht.

Het dimmen van ledverlichting kan andere visuele effecten geven dan conventionele verlichting. Zo kan er een ongewenst stroboscopisch effect ontstaan (knipperend licht) die door een aantal mensen niet, maar door sommige mensen als zeer hinderlijk tot belastend kan worden ervaren, wat kan leiden tot discomfort en mogelijk onveilige situaties. Uit het oogpunt van veiligheid en visueel comfort voor de reiziger en machinist, mag er nooit een zichtbaar stroboscopisch effect door de verlichting optreden.

Uit onderzoek* blijkt dat bij gebruik van de zogenaamde “pulse-width modulation” (PWM) dimmethode er in meer of mindere mate dit stroboscopisch effect kan ontstaan. Indien de frequentie $\geq 1500\text{Hz}$ is wordt voorkomen dat er nog enige hinder zou kunnen optreden. Dit is dan ook bij deze dimmethode vereist in de richtlijn.

*Bron: Lighting Research Center Troy, N.Y. - 7/14/2011.

Bij gebruik van de zogenaamde “constant current” dimmethode is een stroboscopisch effect uitgesloten. Deze techniek wordt dan ook aanbevolen.

4.5 Gebruik van beveiligingscamera's

Indien verlichting geschakeld of gedimd wordt dient rekening gehouden te worden met de teruggang van de kwaliteit van de beelden van beveiligingscamera's. Analoge camera's worden steeds vaker vervangen voor digitale. Uit de praktijk blijkt dat de nieuwe digitale camera's meer licht nodig hebben. Dit wordt deels ondersteund met infrarood leds, maar deze blijken niet altijd toereikend.

5 LCC-berekeningen

Voor het berekenen van de LCC voor verlichting is door ProRail een standaard spreadsheet ontwikkeld. Deze is ook toegepast in deze handreiking. Zie bijlage 2: LCC Rekenblad Verlichting op stations.

De aantallen en of oppervlakten zijn afgeleid uit het document “Kwantiteitenoverzicht ProRail Beheerovereenkomst 2009 (annex 2.1)” en geven een representatief beeld van de omvang van het totale bestand.

Alle variabelen die ProRail hanteert die noodzakelijk zijn voor de berekeningen zijn integraal opgenomen in het LCC-rekenmodel. Hiermee zijn de verschillende oplossingen cq. afwegingen tijdens het ontwerp zuiver onderling met elkaar te vergelijken.