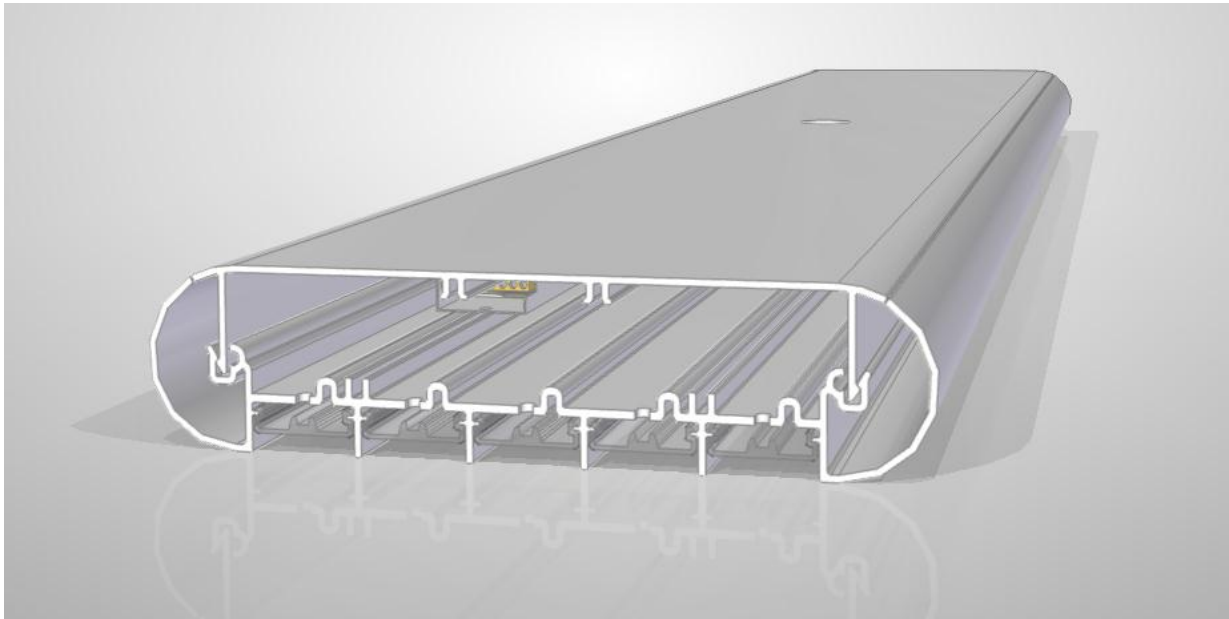




CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Produktutveckling av LED-armatur för sporthallsbruk

Examensarbete inom

högskoleingenjörsprogrammet designingenjör 180 hp

Jesper Dahlberg, Markus Lorentsson

Förord

Detta examensarbete som omfattar 15 högskolepoäng är utfört som en del i designingenjörsutbildningen omfattande 180 högskolepoäng på Chalmers tekniska högskola.

Arbetet utfördes i samverkan med Fagerhults Belysning AB som tillhandahöll lokal, material och tillgång till kunskap. Ett stort tack riktas till hela företaget som medverkat, i synnerhet produktutvecklingsavdelningen, prototypverkstan och den underbara restaurang Ljuspunkten.

Ett extra stort tack riktas till Gustav Källner som agerat handledare under projektet. Din kunskap, dina idéer och ditt stora tålamod har gjort resultatet möjligt.

Tack till Elin Stjernholm som varit reservhandledare och tech support.

Tack till David Löf för fina linser och svar på diverse dumheter.

Tack till Andreas "Hebbe" Gustavsson för värmeberäkning och lärdomen att funktion går först.

Tack till Marcus "Fagge" Fagerlind för maffiga drivers.

Tack till Jessica Manly och hennes vassa kastarm.

Tack till Stefan "Stisse" Johansson och Tord Bratt för en vacker prototyp och hantering av frågor.

Tack till Fredrik Roos för vetenskaplig testning och humörshöjande egenskaper.

Tack till Damir Memic för tech support och för att du slutade kalla oss praktikanter.

Tack till Håkan Elvingsson och Lars Eriksson för att ni vågade låta oss utföra detta projekt och att ni tror på våra idéer.

Tack till Johan Ericson för all uppläxning och tough love. Ingen mera mössa!

Produktutveckling av LED-armatur för sporthallar

Jesper Dahlberg, Markus Lorentsson

Produktutveckling av LED-armatur
Jesper Dahlberg, Markus Lorentsson
© Jesper Dahlberg, Markus Lorentsson, 2014
FAX 031-772 5944, ADDRESS Hörselgången 4, 417 56 Göteborg
Chalmers tekniska högskola, PPU
Göteborg 2014

Tack till Fagerhults Belysning AB

Omslagsbild "Excis G2", foto Jesper Dahlberg och Markus Lorentsson

Sammanfattning

En produktutveckling har utförts åt uppdragsgivaren Fagerhults Belysning AB som syftar till att framställa ett underlag för en ny sporthallsarmatur som utnyttjar lysdiodsteknik. Eftersom tekniken utvecklas fort och efterfrågan på LED-belysning är hög önskas en uppföljare till armaturen Excis. Det underlag som skapats består av ett designkoncept utformat för att använda sig av lysdiodernas fördelar och att motstå hög mekanisk påfrestning.

Praktiska funktioner som medger enkelt montage och installation har integrerats. Armaturen kan vid installation snäppas upp i taket. Det har även skapats ett innovativt skydd mot bollar som ersätter ett galler. Vikten har jämfört med konceptets föregångare minskats avsevärt.

Flera prototyper har tillverkats för att skapa möjlighet för testning. Mätningar har utförts för att bland annat bedöma ljusflöde, värmeavledning och kraftpåverkan. Konceptet har enligt testning uppnått likvärdiga ljusegenskaper jämfört med den produkt som den avser att ersätta. Konstruktionen i aluminium gör att värmeavledningen är tillräckligt hög och bidrar även till att armaturen beräknas tåla tillräcklig mekanisk påfrestning.

Resultatet visar att konceptet med lysdiodsteknik uppfyller de krav som uppdragsgivaren specificerat. Konceptet visar därmed goda förutsättningar för vidare utveckling.

Summary

A product development which aims to create a concept of a new sport halls luminaire utilizing LED technology has been performed at request from Fagerhults Belysning AB. Due to rapidly expanding technology and demand for LED luminaires a new generation of the Excis luminaire is desired. The concept created is designed to use the benefits of LED technology as well as a high resistance to impact.

Practical features that allow easy assembly and installation has been integrated. During installation the luminaire is snapped to the ceiling. An innovative solution to ball protection has been designed to eliminate the use of a protective grid and the weight has been substantially reduced compared to the predecessor.

To create the opportunity for testing several prototypes have been manufactured. To assess flux, heat dissipation and resistance to impact. The testing of the prototypes resulted in similar light performance as the predecessor. The aluminum design prevents the luminaire from overheating and contributes to the fixture's ability to withstand sufficient mechanical stress.

The result proves that the concept using LED technology meets the specified requirements. The concept thus shows good potential for further development.

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.1.1 Information om nuvarande Excis	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Precisering av frågeställningen	2
2. Teoretisk referensram	3
2.1 Lysdioder	3
2.1.1 Lysdioder och färg	3
2.1.2 Ljuskvalitet	4
2.1.3 Ljustermer	5
2.2 Tillhörande komponenter	5
2.2.1 Driftdon	5
2.2.2 Lins och mikroprisma	7
2.3 IP-klassning	7
3. Metod	8
3.1 Förstudie	8
3.1.1 Informationssamling	8
3.1.2 Marknadsundersökning	8
3.1.3 Reverse engineering	9
3.1.4 Introduktion till programvara	9
3.1.5 Tidsplanering	9
3.2 Kravspecifikation	9
3.3 Idégenerering	10
3.3.1 Benchmarking	10
3.3.2 Visuellt brainstorming	10
3.3.3 Idéskiftesmetoden	10
3.3.4 Skisser	11
3.3.5 3D-visualisering	11
3.4 Prototypframtagning	11
3.4.1 Fullskaleprototyp i plåt	12

3.4.2 Gnistad aluminiumprofil.....	12
3.4.3 3D-utskrivna linser.....	12
3.5 Testning	12
3.5.1 Test av installation.....	12
3.5.2 Värmeberäkning	13
3.5.3 Ljusbmätning	13
3.5.4 Ljusplanering	13
3.5.5 IP-klassning.....	13
3.5.6 Preliminärt bolltest.....	13
4. Koncept.....	14
4.1 Förstudie.....	14
4.1.1 Informationsinsamling.....	14
4.1.2 Marknadsundersökning.....	14
4.1.3 Reverse engineering	14
4.2 Kravspecifikation	15
4.3 Idégenerering	16
4.3.1 Benchmarking.....	16
4.3.2 Visuellt brainstorming.....	16
4.3.3 Idékiftesmetoden.....	16
4.3.4 Skisser	17
4.3.5 3D-visualisering	17
4.4 Konceptförslag.....	18
4.4.1 Koncept 1, Namnlöst koncept	18
4.4.2 Koncept 2, Namnlöst koncept	18
4.4.3 Koncept 3, "Iron Man".....	19
4.4.4 Koncept 4, Namnlöst koncept	19
4.4.5 Koncept 5, "Invader"	19
4.4.6 Koncept 6, "Tile"	20
4.4.7 Koncept 7, Namnlöst koncept	20
4.4.8 Koncept 8, "Bron"	21
4.4.9 Koncept 9, "Bone"	21
4.5 Konceptval.....	22
4.6 Utveckling från konceptval.....	22
4.6.1 Utveckling av Invader	22

4.6.2 Utveckling av Bron och Bone.....	23
5. Produktbeskrivning.....	25
5.1 Konstruktionens element	25
5.1.1 Stomme i aluminiumprofil.....	25
5.1.2 Armaturens takprofil	26
5.1.3 Armaturens gavel	27
5.1.4 Lins.....	27
5.1.5 Elektronik.....	27
5.2 Konstruktionens funktioner	29
5.2.1 Snäppfog till tak.....	29
5.2.2 Multifunktionella spalter	29
5.2.3 Snabbt montage	30
6. Prototyp.....	31
6.1 Fullskaleprototyp i plåt.....	31
6.2 Gnistad aluminiumprofil.....	32
6.3 3D-utskrivna linser.....	33
7. Testning	34
7.1 Test av installation.....	34
7.2 Värmeberäkning	34
7.3 Ljutmätning	35
7.4 Ljusplanering	35
7.5 IP-klassning	36
7.6 Preliminärt bolltest.....	37
8. Modifikation	38
8.1 Minskad bredd.....	38
8.2 Takinfästningar	38
8.3 Gavel.....	39
8.4 Lins.....	39
9. Slutsats	40
9.1 Utvärdering av resultat.....	40
9.2 Resultatets trovärdighet.....	41
9.3 Erfarenheter	41
9.4 Rekommendationer till fortsatt utveckling	41
Referenser	43

Bilaga 1 – Gantt-schema.....	i
Bilaga 2 – Kravspecifikation.....	ii
Bilaga 3 – Ljusplanering.....	iii
Bilaga 4 – IP-klassning	xii
Bilaga 5 – Viktberäkning.....	xiii

1. Inledning

Den produktutveckling som i projektet utförts åt uppdragsgivaren Fagerhults Belysning AB syftar till att framställa ett underlag för en LED-armatur som uppfyller rådande standard för sporthallsbruk.

1.1 Bakgrund

Bakgrunden till projektet vid namn "Excis G2 - Lighting for sport halls" (Fagerhults Belysning AB, 2013) är att marknaden önskar denna typ av produkt som saknas i Fagerhults produktsortiment idag. Det har uppmärksammats en stor efterfrågan på armaturer som brukar lysdioder inom samtliga områden de senaste åren (Källner, Inledande intervju, 2014). Detta med anledning av lysdioders energieffektiva egenskaper samt dess långa livslängd (Fagerhults Belysning AB, 2011).

Implementering av lysdiodsteknik kräver en ny utformning av armaturen då lysdiodstekniken har andra krav än befintlig lysrörsteknik.

1.1.1 Information om nuvarande Excis

Excis är för nuvarande en sporthallsarmatur för användning med T5-lysrör (Fagerhults Belysning AB, 2011). Armaturen finns i tre olika utföranden. Dessa är asymmetrisk, medelstrålande och bredstrålande. I varje utförande finns möjlighet att använda två eller fyra T5-lysrör som i båda fall ger en ljustemperatur på 3000 K. Armaturen väger mellan 8,5-10 kg, exklusive fästelement, beroende på utförande. Excis är utformad för att tåla en hög mekanisk påfrestning enligt VDE 0710 (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 1979) för att tåla exempelvis hårda bollträffar. För att ge installatör och reparatör enkel tillgång till lysrör och eliminera risk för fallande bländskydd finns ett mekaniskt lås mellan stomme och bländskydd som i upplåst tillstånd fortfarande förhindrar att skyddet helt avlägsnas från armaturen, se bild i center i fig. 1.1. Bländskyddet består av trådförstärkta, vitlackerade lameller som skall fördela ljuset, minimera risk för bländning samt skydda ljuskällan. Stommens material är vitlackerad stålplåt. Skiftet från T5-lysrör till LED-teknik medför att det finns många förändringar som behöver utföras inom både design, elektronik, spektroskopi samt konstruktion.



Fig 1.1, Excis, mekaniskt lås och rörfäste (Fagerhults Belysning AB).

1.2 Syfte

I enlighet med produktspecifikationen för projektet Excis G2 - Lighting for sport halls är målet att utveckla ett designkoncept för en LED-armatur baserat på benchmarking och intervjuer med elektrokonsult och installatör samt att ta hänsyn till given produktspecifikation. Det yttersta målet är att utveckla en armatur som Fagerhult efter utfört projekt kan bereda för produktion.

1.3 Avgränsningar

De komponenter som ej beställs av extern tillverkare kommer att begränsas till de former och material som Fagerhult idag har möjlighet att tillverka i sin produktionsanläggning.

3D-modellering skall ske i programvaran Solid Edge med Fagerhults licenser för att säkerställa att konstruktionen är tillämplig i företagets system. Detta medför att produktutvecklingen kommer ske på Fagerhult med de verktyg som finns att tillgå.

De elektriska komponenter som används måste vara godkända av Fagerhult för att hålla hög kvalitet och passa med övrigt sortiment.

1.4 Precisering av frågeställningen

För att konkretisera den produktspecifikation som ovan beskrivits har ett antal punkter summerats under rubriken "Key Success Factors" (Di Benedetto, 1999). Det som nedan listas är kritiska faktorer för en lyckad produkt.

- Implementera LED-teknik inom ramen för rådande standarder och lagar med likvärdiga eller bättre ljusegenskaper än befintlig armatur.
- Skapa en ny, attraktiv design som är estetiskt tilltalande, praktisk och optimerar bruket av LED-teknik.
- Reducera stommens vikt och materialåtgång vilket kompenserar för dyrare elektronik.
- Skapa en robust konstruktion som tål hög mekanisk påfrestning.

Frågeställningen uttrycks därmed som huruvida dessa faktorer kan kombineras till en lösning som anses vara attraktiv i Fagerhults produktsortiment.

2. Teoretisk referensram

Detta kapitel syftar till att bekanta läsaren för den tekniska bakgrund som föreligger lysdiodtekniken samt andra tekniska detaljer som brukas i alstret. De enheter och mått som är relaterade till ämnet behandlas samt de tekniska komponenter som är brukliga vid användning av lysdioder.

2.1 Lysdioder

Lysdioder går vanligen under benämningen LED vilket är en förkortning från engelskans "light emitting diod" vilket översätts till ljusemitterande diod eller lysdiod (Fagerhults Belysning AB, 2011). Principen som följer bakom tekniken är att en halvledare utsätts för elektrisk påverkan vilket skapar en starkt lysande diod. Ljusreaktionen sker genom att elektronerna i dioden söker efter ett ekvilibrium sinsemellan (se fig. 2.1) då det finns en sida i dioden med ett underskott och en sida med ett överskott av elektroner vilka vill hamna i balans. Då dioden utsätts för en elektrisk påverkan utjämnas elektronbalansen från respektive sida och ljus uppstår i mittskiktet av lysdioden.

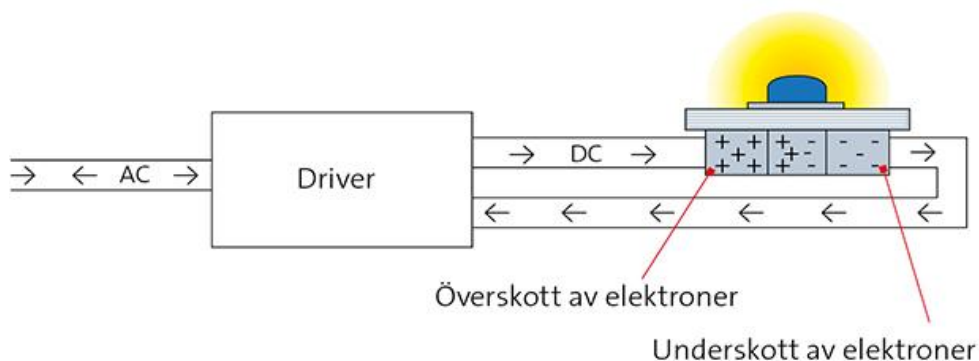


Fig. 2.1, Illustration av elektronbalans (Fagerhult Belysning AB).

2.1.1 Lysdioder och färg

LED-dioden lyser naturligt i blått, rött, orange eller grönt ljus vilket bestäms av de material som lysdioden är tillverkad av (Fagerhults Belysning AB, 2011). Då det i många applikationer är önskvärt med vitt ljus skapas detta vanligen genom att en blå lysdiod beläggs med ett fosforskikt (se fig. 2.2). Hur mycket fosfor som används samt enligt vilken teknik den appliceras är sättet som färgtemperaturen på den vita lysdioden regleras. Färgtemperaturen hos vita lysdioder kan produceras inom 2 700-8 000 Kelvin, vilket är en spridning från mycket varmt till mycket kallt ljus. Detta kan sättas i relation till att 2 000 K kan uppmätas vid en solnedgång och 10 000 K ger ett ljus som vid en kall vinterdag (Ljuskultur, 2013). För att uppnå ett tillräckligt ljusflöde kopplas ett flertal dioder ihop på ett moderkort vilket skapar en LED-modul. LED-modulers uppbyggnad varierar efter en rad olika faktorer för att uppnå önskvärd storlek, ljusflöde, ljustemperatur och ljuskulör (Fagerhults Belysning AB, 2014).

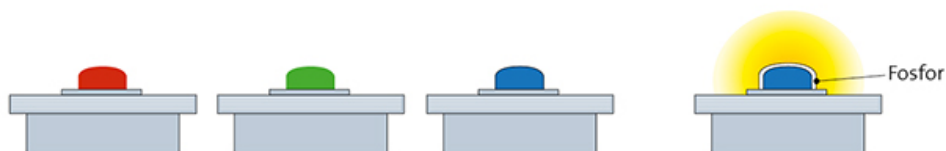


Fig. 2.2, Olikt färgade lysdioder (Fagerhult Belysning AB).

2.1.2 Ljuskvalitet

Då ljuskvaliteten hos en lysdiodbaserad armatur skall utvärderas bör färgtemperatur, färgkvalitet och färgåtergivning hållas i åtanke. Färgtemperatur mäts i Kelvingrader och är från början ett mått på hur många grader Kelvin en glödande svartkropp utstrålar (Fagerhults Belysning AB, 2011). Detta innebär att Kelvintalet kan användas rakt av vid mått på glödtrådsbaserade lösningar men kräver ett korrelerat värde vid applikationer såsom lysdioder vilka inte grundas på glödtrådsteknik.

För att uppmäta färgtemperaturen hos lysdioder mäts dess kromaticitet, vilket är ett mått på ljusets färgkvalitet som beskriver hur ren eller mättad en färg är. Detta kan omvandlas för att skapa en applicerbar ljustemperatur på vederbörande lysdiod. Färgkvaliteten hos en ljuskälla uppmäts enligt MacAdams SDCM-diagram. SDCM är en förkortning av "standard deviation of color matching" och mäter ljuskällans avvikelse från den nominella färgtemperaturen. Färgkvaliteten hos ljuskällan bestäms genom att en korrelerad färgtemperatur uppmäts och jämförs med storleken på avvikelsen från den nominella färgtemperaturen. Detta ger ett SDCM-värde vilket graderar färgkvaliteten på en skala noll till tio, där noll är den kromaticitet med minst spridning som en lysdiod kan reproducera. Vilket SDCM-värde som är önskvärt varierar beroende på det applikationsområde i vilket ljuskällan skall brukas, men några generella riktlinjer kan åberopas. Vid inomhusbelysning bör MacAdams SDCM-värde ej överstiga fem då detta påverkar både ljuskvaliteten och färgåtergivningen till det sämre (Fagerhults Belysning AB, 2011). Det är mycket viktigt att hålla ett lågt värde då vita väggar skall belysas. I dessa fall är ett värde mellan ett och tre önskvärt då väggen i annat fall kan givas en oönskad färg till följd av en felaktig färgtemperatur från belysningen.

Färgåtergivningen hos en lysdiodsbaserad ljuskälla mäts enligt Ra/CRI vilket översätts till "color rendering index" (Bohgard, Karlsson, Lovén, Olsvalder, & m.fl., 2010). CRI är ett mått mellan 0-100 som beskriver hur väl en ljuskälla återger en given färg. Färgåtergivningen Ra används för att utvärdera ljuskvaliteten och undersöka hur väl flera färger tillsammans kan återges av en ljuskälla. Detta sker genom att färgåtergivningen kontrolleras mot en referensljuskälla och graderas baserat på ett genomsnittligt CRI-värde. Referensljuskällan är ofta dagsljus då detta ljus har nästan perfekt färgåtergivning (Gustavsson, 2014). Detta sammanställs av åtta eller fjorton olika färger som ljuskällan skall återge (se fig. 2.3). Det yttersta CRI-mått en ljuskälla kan uppnå är 100 då färgen är fullständigt återgiven.

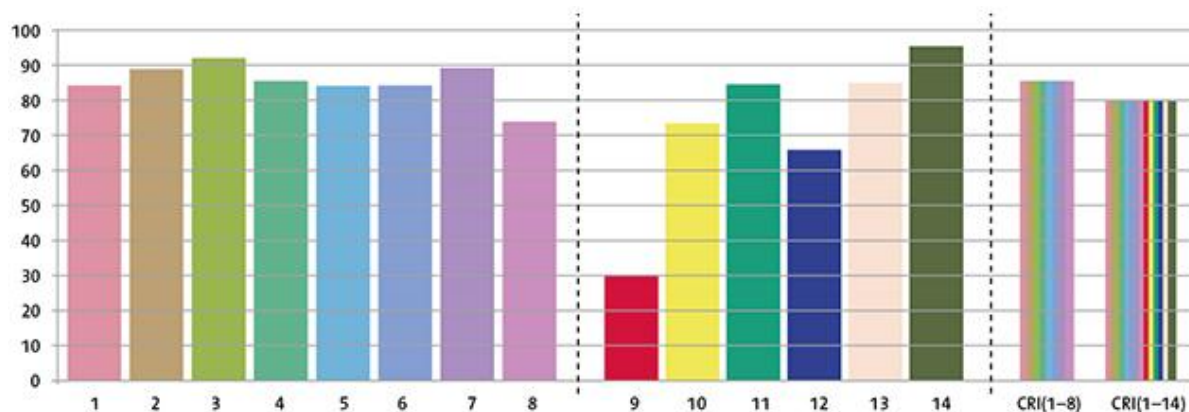


Fig. 2.3, Diagram av ett färgåtergivningsindex för en lysdiod (Fagerhults Belysning AB).

2.1.3 Ljustermer

Lumen är måttet på en ljuskällas ljusflöde vilket är den totala mängd ljus som flödar ur en ljuskälla (Energimyndigheten, 2013). Lumen används för att beskriva hur effektiv en armatur är och hur mycket ljus som den avger. Effektiviteten sammanställs genom att lumentalet divideras med den effekt som ljuskällan kräver för att drivas. Lumen per watt är det mått på effektivitet som tillämpas vid lysdiodsbaserade ljuskällor. Då dessa är mer energieffektiva kontra glödlampor blir en vanlig wattmätning lätt missvisande och används därför ej.

Lux är ljuskällans illuminans och definieras som lumen per kvadratmeter (Bohgard, Karlsson, Lovén, Olsvalder, & m.fl., 2010). Illuminansen är måttet på hur mycket ljus som en ljuskälla delger en yta, exempelvis ett golv eller en bordsyta. Lux en mycket viktig faktor då armaturer behandlas eftersom ljusbilden på ytan över vilken armaturen hänger är den främsta faktorn som påverkar brukarens uppfattning av belysningen.

Candela är måttet för ljusstyrka och beskriver hur mycket ljus en ljuskälla avger i en viss riktning (Bohgard, Karlsson, Lovén, Olsvalder, & m.fl., 2010). Denna enhet används sällan inom belysningsteknik.

2.2 Tillhörande komponenter

För att lysdioder skall kunna brukas optimalt har ett antal komponenter blivit vanliga tillbehör. Då LED är en relativt ny och expanderande teknik går utvecklingen snabbt framåt och dessa komponenter genomgår ett konstant förbättringsarbete (Starby, 2003). Nedan förklaras tekniken och orsaken till några vanligt förekommande komponenter.

2.2.1 Driftdon

Merparten av dagens LED-moduler kräver en drift med likström för att verka och är därmed ej direkt kompatibla med den växelström som erhålles ur nästan uteslutande alla nätuttag (Fagerhults Belysning AB, 2011). Av denna orsak är de flesta LED-armaturer beroende av ett internt eller externt driftdon som omvandlar växelströmmen till likström. Ett väl anpassat driftdon förser modulen med den elektriska påverkan som är optimal för drift vilket medför möjlighet till anpassning av ljusflöde och högre effektivitet än de moduler som ansluts direkt till nätspänningen.

Vid drift av lysdioder existerar två tekniker som dominerar, konstantspänning och konstantström. Konstantström används då dioderna är seriekopplade mot varandra varpå de vanligen drivs med en ström mellan 350-1050 mA där 700 mA får betraktas som ett typiskt strömflöde.

I moduler eller produkter med ett stort antal dioder kan parallellkoppling med konstantspänning användas (se fig. 2.4).

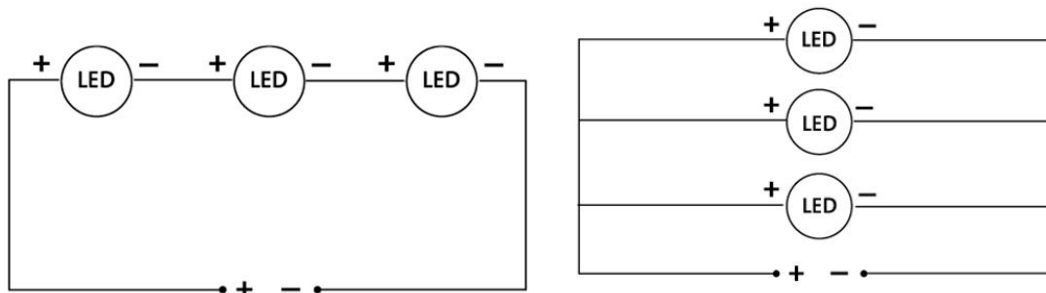


Fig. 2.4, Serie- och parallellkoppling av lysdioder (Fagerhults Belysning AB).

Ljusregleringen i LED-armaturer utförs vanligen av driftdonet (Fagerhults Belysning AB, 2011). För att ha denna möjlighet skall en dimmande funktion vara integrerad i driftdonet, oftast är dessa av typen pulsviddsmodulering eller amplitudmodulering. Finns ej detta kan en separat enhet kopplas mellan driftdon och diod, vid pulsviddsmodulering fungerar detta endast vid drift med konstantspänning. De två dimningsteknikerna går även att kombinera.

Pulsviddsmoduleringen förklaras som en variabel puls där spänningen slås av och på med högre frekvens än den anslutna lasten uppfattar (Day, 2005). Detta innebär att lysdioderna endast förses med ström en andel av tiden vilket resulterar i en sänkning av ljusflödet. Ett exempel visas i fig. 2.5. En diod skall drivas med 5 mA vilket kan utföras med en sänkning av strömmen genom amplitudmodulering. Används pulsviddsmodulering sänds en konstant likström på 20 mA, dock endast en fjärdedel av tiden. Dessa två metoder ger samma ljusflöde men till skillnad från analog dimning medför pulsviddsmodulering ej någon förändring av kromaticiteten. Dock finns risk för flimrar vid pulsbreddsmodulering vilket ej uppkommer vid amplitudmodulering (Gustavsson, 2014). Ljuspulsfrekvensen bör ej understiga 300 Hz för att ej upplevas som flimrig (Ljuskultur, 2013). Vanliga gränssnitt för dimning är DALI, DMX 512 och DSI (Fagerhults Belysning AB, 2011).

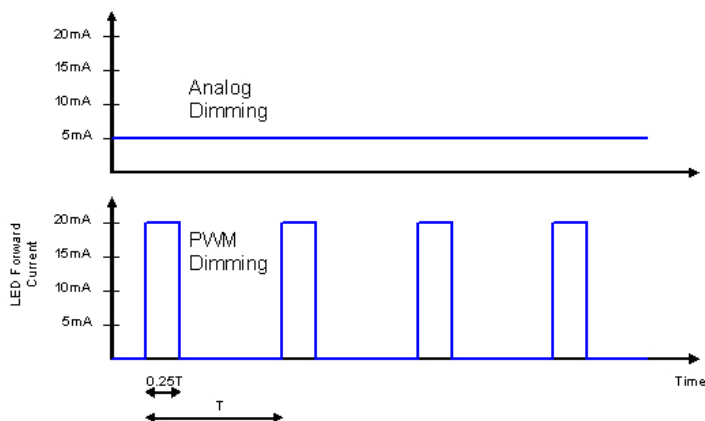


Fig. 254, Jämförelse mellan analog och pulsviddsmodulerande dimning (Day, 2005).

Driftdon omnämns oftast inom branschen med det engelska ordet "driver" (Källner, Inledande intervju, 2014).

2.2.2 Lins och mikroprisma

För att erhålla rätt ljusbild är spridningen av det emitterade ljuset viktigt att kunna kontrollera. Detta utförs genom att addera ett skikt som ljuset är tvunget att tränga igenom och därmed kan ljuset brytas på önskvärt vis i mediet. Denna optiska effekt uppstår vanligtvis med hjälp av ett mikroprisma eller en lins.

Ett mikroprisma består nästan uteslutande av en skiva i polymetylmetakrylat, PMMA (Gustavsson, 2014). Denna har bearbetats, företrädesvis med formpressning, till en yta med små deformationer som sprider det emitterade ljuset på avsett vis. För att förhindra tydliga ljussamlingar på prismet just där en diod är placerad rekommenderas det att hålla ett visst avstånd mellan diod och skiva. Om en opalfilm, som är en diffuserad polymer, placeras mot prismet bidrar detta också till att lösa problemet.

I en lösning som använder en lins placeras en form i ett polymert material tätt inpå dioden (Källner, Material till Ljusspridning, 2014). När linsens geometri utformas finns möjlighet att konstruera till det yttre liknande lösningar som är antingen bred-, medel- eller smal-strålande. Även asymmetriskt strålande linser går att producera. En lins har i regel ingen ytstruktur och blir därav direkt transparent, vilket gör linsen blir mer energieffektiv då en lins oftast släpper igenom mer ljus än ett mikroprisma. Dock medför det även att en ytterligare avbländningsfunktion kan vara nödvändig.

2.3 IP-klassning

För att säkerställa att producenter av elektronisk och elektrisk utrustning använder samma definition vid bedömning av kapsling mot inträngande objekt samt väta existerar en internationell standard kallad IP-klassning som är en abbreviation för "international protection" (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2009). En IP-klass beskrivs med två siffror där den första markerar nivån av kapsling mot fasta föremål och damm (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2009). Klassificeringen sträcker sig från skydd mot inträngning av en kula med 50 mm i diameter till skydd mot damm. Den andra siffran avgör hur pass tålig utrustningen är mot fukt och väta (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2009). Här mäts skyddet från vertikalt fallande droppar till varma vattenstrålar med högt tryck. Ett högre tal markerar en högre kapslingsklass. För fullständig tabell se bilaga 4.

3. Metod

Metodkapitlet som följer är en sammanställning av all den metodik samt de verktyg som använts under projektets gång. Metodiken syftar till att ge ett tillförlitligt underlag för att skapa ett koncept. Etablerade metoder som lämpar sig väl att bruka vid ett produktutvecklingsprojekt har tillämpats.

3.1 Förstudie

Förstudien är en informationssamlings- och introduktionsfas som används för att skapa en teoretisk kunskapsgrund som skall vara det huvudsakliga underlaget till hela utvecklingsprojektet (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2004). I denna fas samlas de källor och den information som skall användas för att möjliggöra en produktutveckling vars metodik, verktyg samt processer är väl etablerade. Förutom litteratursökningen samt den teoretiska kunskapsinläringen består en förstudie även av observationer, intervjuer och marknadsundersökningar som möjliggör en insikt i den bransch som utvecklingsprojektet skall utföras inom.

3.1.1 Informationssamling

Informationssamlingsfasen är det tidigaste skedet i en produktutveckling. I denna fas samlas och studeras den litteratur som skall stå till grund för merparten av den teori och den kunskap som krävs för att skapa en relevant produkt (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2004). Förutom litteratur är även intervjuer och observationer vitalt att utföra då detta krävs för att tillgå tillräcklig och tillförlitlig kunskap inom det rådande produktsortiment i vilken produkten skall verka.

För insamling av information och kunskap studerades den litteratur som Fagerhult tillhandahöll med anknytning till det aktuella projektet samt litteratur relevant för en produktutveckling. Vidare konsulterades och intervjuades Fagerhults personal samt fristående installatör vilket gav ett djupare underlag som grundas i de tekniker och teorier som för närvarande är aktuella. Inom LED-tekniken förändras prestanda och komponenters utförande snabbt (Starby, 2003) varpå många läroböcker som behandlar ämnet får anses utdaterade, därav lades mycket vikt vid konsultationen. Nästa steg i informationssamlingen var besök på produktionsanläggning, prototypverkstad och laboratorium. Detta skedde under projektets första vecka med anledning av att inventera tillverknings- och monteringsprocessen samt de möjligheter till testning som Fagerhults produktionsanläggning och laboratorium innehar.

3.1.2 Marknadsundersökning

En marknadsundersökning är en viktig del av ett produktutvecklingsprojekt då grundidén bakom en produkt är att den skall kunna verka och säljas på en marknad (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2004). Tillvägagångssättet i en marknadsundersökning kan variera och bör således anpassas så att den lämpar sig till det produktsortiment samt det projekt som skall utvecklas. Vanligast är att konkurrenter och kunder studeras i syftet att skapa en produkt som tilltalar kunden samtidigt som den skall besitta en eller flera urskiljande faktorer gentemot andra produkter som verkar på tänkt marknad.

Marknadsundersökningen som utfördes hade som främsta syfte att studera de konkurrerande armaturer som finns att tillgå inom idrottsbelysningssektorn. Då Fagerhult har en etablerad kundkrets som önskat en ny lysdiodsbaserad armatur (Fagerhults Belysning AB, 2013) lades ingen tid på att undersöka kunder utan huvudfokus lades på konkurrentanalys samt en studie av befintlig sporthallsbelysning. Marknadsundersökningen utfördes genom att litteratur knutet till konkurrenter

studerades varpå de tekniska specifikationerna för deras befintliga idrottsarmaturer examinerades och jämfördes. Den data som samlades jämfördes med Fagerhults befintliga sporthallsbelysning vilket syftade till att skapa en uppfattning om rådande förbättringsmöjligheter.

3.1.3 Reverse engineering

En ytterligare metod som väl kan användas i förstudien är reverse engineering (Bergman & Klefsjö, 1990) vilket syftar till att demontera en befintlig liknande produkt eller en tidigare version av produkten för att utröna hur tekniken är uppbyggd samt vilka tekniska lösningar som använts. Detta utförs för att öka förståelsen om produktens konstruktion och det produktsortiment som den nya produkten skall tillhöra.

Tillgång till Fagerhults befintliga sporthallsarmatur gav möjlighet till att Excis kunde nedmonteras. Först lossades gallerfästet varpå gallret avlägsnades. Sedermera undersöktes de elektriska och ljustekniska komponenter som armaturen besatt. Samtliga komponenter dokumenterades och armaturen återförslöts sedan.

3.1.4 Introduktion till programvara

I de fall då en eller flera nya programvaror skall användas under projektets gång kan introduktionen av dessa vara en del i förstudien. Det är i förstudiefasen som all vetskap som krävs för att möjliggöra en relevant produktutveckling skall samlas vilket även innefattar kunskap och förståelse för de verktyg som projektet kräver (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2004). Således är programvaruintroduktion en viktig del av förstudien även om programvaran skall användas i ett senare skede av projektet.

Då en virtuell representation av slutprodukten krävdes för att skapa ett fullständig och överskådlig slutprodukt introducerades Solid Edge ST4 vilket är en CAD-baserade 3D-modelleringsprogramvara (Siemens Industry Software AB, 2014). I introduktionen presenterades de nyckelfunktioner och verktyg som krävs för att skapa funktionella modeller enligt företagets arbetsprocesser. Detta utfördes med assistans av personal på Fagerhult.

3.1.5 Tidsplanering

För att skapa en uppskattning om tidsåtgången för projektets olika moment skapades ett Gantt-schema, se bilaga 1. I schemat representerar en ruta tio timmars arbete och i högerkant summeras planerad arbetstid för varje moment. Gantt-schemat utfördes tidigt i projektet och anses därmed ej vara bindande, men gav struktur till arbetet.

3.2 Kravspecifikation

För att på ett organiserat vis sortera de krav och önskemål som finns när en produkt skall framställas är det vanligt att en kravspecifikation används (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2004). Syftet är att på ett överskådligt vis samla de förväntningar som uppdragsgivare, produktionspersonal, brukare och andra intressenter har. Det anses vara brukligt att förhålla sig till krav som skall- eller börkrav, men alternativt kan en kravspecifikation som är baserat på måttsetta krav skapas. Dessa former går även att kombinera.

Kravspecifikationen anstiftades i samråd med Fagerhult där grunden finns att hämta i den projektspecifikation som utfärdats som beskrivning av projektet. Med anledning att göra kraven mer överskådliga utformades en kravspecifikation som kan beskådas i bilaga 2. Specifikationen som

utfördes i Microsoft Excel är en sammanställning och översättning av de krav som projektledningen uttryckt.

3.3 Idégenerering

Idégenereringsfasen tar vid då förstudien är genomförd. Idégenerering är en samling av ett antal beprövade metoder som skall öppna för kreativitet samt det nytänkande som krävs för att skapa lösningar på den problematik eller de krav som fastställts vid projektets introduktionsstadie. Syftet är att generera nya koncept med tillhörande tekniska lösningar (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2004).

3.3.1 Benchmarking

Benchmarking eller marknadsundersökning är från början en metod som används under förundersökningen för att skapa ett underlag om vad som finns på marknaden samt förslag på hur teknisk problematik kan lösas (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2004). Marknadsundersökningen kan även användas under idégenereringsfasen för att ge inspiration, medge möjlighet att undvika lösningar som redan är skapade eller omforma och förbättra fungerande tekniska lösningar. Benchmarking bör användas i ett tidigt skede av idégenereringen då det fungerar väl för att introducera marknad och befintliga produkter inom projektets tillämpningsområde.

Metoden användes initialt i idégenereringen för att erhålla en djupare förståelse samt insikt om armaturbranschen och sporthallssektorn. Benchmarkingen utfördes genom att konkurrenter inom sporthallsmarknaden undersöktes via internetsökningar samt instudering av produktkataloger. En viss del av materialet delgavs av Fagerhult men majoriteten uppsöktes via externa källor.

3.3.2 Visuell brainstorming

Den andra idégenereringsmetoden som utfördes var en visuell brainstorming. Metoden som blandar en konventionell brainstorming med skisser används för att under en kort tidsrymd generera en rik idébas med tillhörande visuellt underlag (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2004). Då samtliga idéer dokumenterats illustrativt förenklas möjlighet till diskussion, revidering och jämförelse. Detta är en metod som fungerar väl vid ett tidigt stadie i idégenereringsfasen.

Metoden visuell brainstorming brukades främst för att skapa nya idéer och formspråk snarare än lösningar på teknisk problematik vilka istället utfördes i övrig idémetodik. Det skapades ett flertal blyertsskisser med tillhörande tankeprocess i textform som kom att bli de första riktiga koncepten som skapades. Metoden utfördes genom att de idéer som uppstod realiserades i form av en skiss. Fokus låg på att hitta önskvärda formspråk men kvantitet ansågs vara viktigare än kvalitet. Därav ifrågasattes lösningskvalitet ej.

3.3.3 Idéskiftesmetoden

Idéskiftesmetoden är en metod som genomförs för att öppna för nya lösningsförslag samt revisioner av befintliga idéer (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2004). Metoden utförs genom att skisser med eventuellt tillhörande textunderlag byts mellan projektdeltagare. Detta gör att var idé får ny input från en person som ej varit närvarande vid skapande av konceptet, vilket kan medge nya lösningsförslag samt att förslaget optimeras, förändras, förenklas eller förbättras. Idéskiftesmetoden kräver att ett antal skisser eller idéer tagits fram på förhand.

Metoden användes efter att ett initialt idéunderlag hade skapats under den visuella brainstormingen. De konceptförslag som skapats reviderades och utökades genom att skisser samt mindre textbaserad förklaring skiftades mellan projektets deltagare som då utökade eller förändrade det koncept som presenterats. Sedermera diskuterades och utvärderades konceptförändringarna muntligt och en jämförelse med de initiala koncepten utfördes. Slutligen sammanställdes samtliga alster och frågeställningar som uppkommit.

3.3.4 Skisser

Skisser är förvisso ingen uttalad idégenereringsmetod men är likväl ett mycket viktigt verktyg då nya idéer och lösningar skall genereras. Skisser används för att visuellt kommunicera de idéer som framtagits samt på ett överskådligt vis kunna revidera och förändra form och funktion hos dessa. Skisser kan användas under hela idégenereringsfasen då de är ett enkelt verktyg för kommunikativ idépresentation samt att de medför ökad förståelse för konceptet (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2004).

Skisser skapades successivt under hela idégenereringen. De initiala skisser som gjordes var grundläggande blyerts- eller bläckskisser. Dessa användes för att experimentera med formspråk samt att ge en visuell förståelse för lösningar och konceptförslag. Då nya koncept togs fram som besatt en högre grad av komplexitet samt genomförbarhet skapades markerbaserade perspektivskisser med markers av modell Touch Twin (ShinHan Art Materials Inc., 2011) och Letraset Promarkers (ColArt International Holdings Ltd.), vilka syftade till att ge en överskådlig bild av koncepten. Då det slutgiltiga konceptet framtagits skapades en serie av skisser för att tydligt visualisera detta koncept.

3.3.5 3D-visualisering

3D-visualisering eller "virtual prototyping" är en metod som bör användas då det finns ett väl genomarbetat idéunderlag (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2004). Metoden genomförs genom att ett fåtal på förhand genererade koncept virtuellt visualiseras i en 3D-modelleringsprogramvara. Processen sker för att idéerna överskådligt skall kunna testas, revideras samt vidareutvecklas. Metoden är relevant att använda i slutet av idégenereringsfasen då den kräver mycket tid och ett väl genomtänkt idéunderlag med tillhörande skisser.

Den 3D-visualiseringsmetodik som brukats följde skissfasen i sitt tillvägagångssätt och utfördes i programvaran Solid Edge ST4 som tillhör Siemens Industry Software AB (Siemens Industry Software AB, 2014). Denna metod användes även för att skapa olika konceptvariationer med tillhörande tekniska lösningar till det valda slutkonceptet. Då en skiss på ett utarbetat koncept tagits fram skapades även en grundläggande virtuell, tredimensionell modell som representerade konceptet. Detta gjordes genom att de koncept som ansågs relevanta stegvis ritades upp i CAD-programmet Solid Edge. När samtliga koncept var färdigmodellerade utvärderades de varpå lösningsförslag, dimensioner samt formspråk ändrades i de fall det ansågs nödvändigt. Efter att en utvärdering av koncepten med dess olika varianter färdigställts och ett slutkoncept valts modellerades även detta.

3.4 Prototypframtagning

Prototyper tillverkas ofta i samband med produktutveckling (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2004). Detta kan ske för att ha ett fysiskt objekt att uppleva för att verifiera känsla och form eller för att ta fram ett underlag för test av teknisk lösning i laboratorium. Detta kallas för mock-up respektive funktionsprototyp. I detta projekt tillverkades två prototyper som tillsammans uppfyllde behovet av både känsla och testning.

3.4.1 Fullskaleprototyp i plåt

Med anledning av att en fullskalig prototyp ej var möjlig att tillverka i extruderad aluminium beslutades att en prototyp skulle tillverkas i plåt. Denna kan då produceras i full skala och därmed fungera som en hybrid mellan mock-up och funktionsprototyp då konceptets form skall replikeras och dess funktion skall vara möjlig att utföra viss testning av.

Med aluminiumprofilens ritning som underlag inleddes ett arbete med att översätta de komponenter och funktioner som aluminiumets utförande medgav till motsvarande konstruktion i plåt. En förutsättning var att armaturens yttre form i största utsträckning skulle efterlikna den verkliga konstruktionen. I denna prototyp var syftet att installera elektriska komponenter för att kunna testa ljusflöde, packning, funktion och installation. När ritning skapats för alla komponenter i plåtprototypen överlämnades underlaget till prototypmakare för tillverkning. När prototypen var klar och dess funktioner kunde verifieras lackerades den i Fagerhults pulverlackering. Sedermera kunde montage av tekniska komponenter utföras.

3.4.2 Gnistad aluminiumprofil

Syftet med att producera en gnistad funktionsprototyp var att kunna testa aluminiumprofilens funktioner såsom skruvfickor och snäppfogar vilket ej kunde utföras på plåtprototypen.

Då den färdigutvecklade armaturen skapats som en aluminiumprofil fastslogs att en testprofil skulle tillverkas för att medge test av tekniska lösningar. Armaturens testprofil skapades genom att CAD-filerna som gjorts i Solid Edge importerades till en CNC trådgnistningsmaskin som skar ut profilen. En trådgnist använder elektriskt ledad tråd för att skära ut profiler ur solida block av ledande metall (EDM Service, 2011). Det krävs korrekta CAD-filer som sedan importers till maskinens mjukvarusystem. Maskinen utför därefter de beräkningar som krävs och startar sedermera den skärande bearbetningen. Denna typ av maskin används främst till profilprototyper för test och utvärdering då det är en kostsam och långsam process att tillverka extruderingsverktyg för aluminium vilka kräver serietillverkning för att vara lönsamma.

3.4.3 3D-utskrivna linser

Linser producerades i en 3D-skrivare av modellen Dimension Elite (Stratasys Ltd., 2014) där CAD-underlaget matas in som en fil av formatet STL. Efter beredning tillverkas linsen av skrivaren och är redo att användas efter avlägsnande av stödmaterial. Skrivaren tillverkar linserna i akrylplasten ABS-P430 vilket medför att de ej innehåller någon ljusspridande funktion utan endast testas med form och möjlighet till insnäppning samt skall agera som visuellt stöd vid demonstration.

3.5 Testning

För att säkerställa att färdig lösning uppfyller de krav som specificerats utförs en rad tester. Dessa utförs delvis med CAD-modell som underlag och delvis med framtagna prototyper. Flertalet tester utförs av ansvarig personal på Fagerhult.

3.5.1 Test av installation

För att erhålla synpunkter från en utomstående installatör som har erfarenhet från koppling av belysningsarmaturer hölls en workshop med en installatör. Ett antal möjliga scenarier presenterades där installatören fick utföra exempelvis en takinstallation av armaturen för att sedan bedöma funktion, vikt, placering av skruvförband samt övergripande intryck. Frågor ställdes även till

installatör om vilka moment som vanligtvis är de mest kritiska vid installation, vad installatörer önskar av en armatur samt hur dagens armaturer uppfyller installatörers krav.

3.5.2 Värmeberäkning

Värmeberäkningen utfördes i programvaran Autodesk Simulation (Autodesk Inc., 2014) utav personal på Fagerhult. CAD-underlaget importerades och rätt material applicerades. Lysdioderna markerades och bestämdes till att avge 21,2 W värmestrålning per LED-modul vilket motsvarar 0,32 W per lysdiod. Denna värmestrålning är beräknad av expert på Fagerhult för att ge ett realistiskt resultat. Temperaturen i LED-moduler, gods och omkringliggande luft beräknas sedan av programvaran.

3.5.3 Ljusbildning

Ljusbildningen skedde i en testanläggning i Fagerhults laboratorium. Armaturen inneslöts i en sfärisk kapsel som mäter endast det ljusflöde som armaturen avger till rummet. För att ljusflödet ej skulle påverkas av skuggningen från armaturen mättes först ljusflödet med en kalibreringslampa. Detta värde adderades sedan till mätningen för att erhålla ett ljusflöde fritt från skuggning. Testet utfördes med assistens av laboratoriepersonal.

3.5.4 Ljusplanering

Ljusplaneringen visar hur spridningen av ljuset i ett rum ser ut. I detta fall placerades armaturen i ett rum skapat för att representera en idrottshall. Den lins som användes i lösningen har sedan tidigare en beräknad ljusbild som används för planeringen. Denna multiplicerades med det antal linser som användes. Därtill lades armaturens längd, mellanrum mellan linser och ljusflödet som avges av armaturen. När detta beräknats hade en armaturs ljusbild simulerats varpå ett realistiskt antal armaturer var tvunget att placeras i rummet. Först då kunde rummets ljusbild simuleras i sin helhet. Detta beräknades av personal på Fagerhult i programvaran DIALux (DIAL GmbH, 2014).

3.5.5 IP-klassning

För att erhålla en kapslingsklass testades armaturen dels med en "probe", ett föremål som skall testa vilket som är det största objekt som kan tränga in i armaturen. För IP 2X skall en probe med form och storlek likt ett kvinnofinger testas (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2009). Dessutom skall test utföras med vertikalt droppande vatten för klassen X1 (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2009). Tillsammans utgör dessa IP 21 (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2009). För att erhålla en IP-klassning lämnas armaturen in till laboratoriet för testning.

3.5.6 Preliminärt bolltest

Då armaturen skall klara mekanisk påfrestning enligt VDE 0710 (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 1979) utfördes ett preliminärt test på Fagerhults anläggning. Ett skarpt test utförs i Tyskland med en fullskaleprototyp som skall vara av samma karaktär som producerad armatur. Prototypen i plåt är i full skala men är ej konstruerad för att uppfylla standarden och förutsätts därmed ej klara påfrestningen. Detta innebar att aluminiumprofilen utsattes för testet. Prototypen fästes mot en vägg varpå en handboll kastades på den. Kastet utfördes av en erfaren handbollsspelare tillika tränare för Värnamos herrlag. Efter varje träff inventerades eventuell skada på både profilen och linserna varpå en samlad bedömning utfördes efter samtliga träffar.

4. Koncept

Som ett första steg i produktutvecklingen var det av stor betydelse att studera de krav och förväntningar Fagerhult, dess kunder, installatörer samt brukare har på en ny generation av Excis. Med detta som bakgrund var det första målet att framställa ett stort antal koncept med hög variation i formspråk och tekniska lösningsförslag.

4.1 Förstudie

Den förstudie som utförts resulterade i att kunskap skaffades inom produktområdet. Informationen gav möjlighet att inleda en väl underbyggd konceptgenerering.

4.1.1 Informationssamling

Informationssamlingen resulterade i att en teoretisk grund i belysningsteknik erhöles. Kunskap om samtliga komponenter som krävs för drift av en LED-armatur anskaffades. Driftdon, lysdioder och ljusspridningsmedier examinerades vilket förklarade dess användningsområden samt hur de på ett fördelaktigt vis kan brukas. Således gav informationssamlingen den fullständiga bakgrundkunskap som krävdes för att utveckla en fungerande armatur. Denna studie resulterade i den teoretiska referensramen som kan läsas i kapitel 2.

Observationer bekräftade hur tillvägagångssättet är upplagt vid monteringslinan. Då Fagerhults produktion brukade Lean Production (Bergman & Klefsjö, 1990) fastslogs det att en kort monterings tid var en mycket viktig del av produktens möjlighet till framgång. Därav bestämdes att de tekniska lösningarna samt den slutgiltiga produkten skulle designas för att medge snabbt montage. Efter observation av laboratorium fastslogs även att vissa tester kunde utföras fysiskt såsom test av ljusflöde och ett preliminärt bolltest, medan andra tester likt ljussimulering samt värmeutveckling i armaturen skulle testas virtuellt.

4.1.2 Marknadsundersökning

Aspekter som framkom under marknadsundersökningen var att det finns få existerande produkter som kombinerar lysdiodsteknik med en robust konstruktion vilket skyddar mot den kraftpåverkan som uppkommer till följd av idrottsutövning. Ett flertal av de existerande lösningar använde sig av lysrörsteknik samt hade ett skrymmande galler som skydd mot yttre mekanisk påverkan. Det uppkom även att få existerande lösningar uppfyllde standarden VDE 0710 (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 1979) som krävs för armaturer i idrotts hallar. Detta resulterade således i att möjligheterna till att skapa ett koncept som medgav tillräckligt skydd för att klara av bolltestet skulle undersökas samt om det gick att lösa detta utan att använda ett galler.

4.1.3 Reverse engineering

Med reverse engineering upptäcktes att ljusspridningen skedde via en reflektor i takplåten, att driften skedde via två driftdon samt att armaturen var överkopplad via de två plinterna i vardera ände. I den version av armaturen som undersöktes utgjordes ljuskällan av fyra stycken 80 W T5 lysrör (Fagerhults Belysning AB, 2011). En ytterligare funktion som noterades var att gallret säkrades i armatur med två säkerhetslinor. Metoden resulterade i en vidare förståelse om vilka elektriska komponenter som krävs samt hur mycket utrymme dessa tar i anspråk. De flesta tekniska komponenter skulle förvisso behöva uppdateras för att medge bruk av lysdiodestekniken men en grundläggande förståelse för hur armaturer är uppbyggda stiftades ändock.

4.2 Kravspecifikation

För att bestämma de nödvändiga krav som skall uppfyllas för ett önskvärt resultat kom en kravspecifikation att utfärdas (se bilaga 1). I specifikationen finns projektledarnas mål och krav presenterade kortfattat (Fagerhults Belysning AB, 2013). Nedan ges en utförligare redogörelse av de krav som under projektet tagits mest hänsyn till.

Ljusflödet skall erbjudas i tre storlekar där den största versionen med 22 000 lumen bör vara den armatur som produktutvecklingen skall riktas mot. Argumenten för detta är baserade på markant högre orderstorlek (Källner, Inledande intervju, 2014) samt att komplexiteten är högre då det stora ljusflödet förutsätts kräva mer avancerade komponenter och en storleksökning av själva armaturen gentemot de armaturer med lägre ljusflöde.

Färgtemperaturen bestäms senare i processen, men 4000 K som ger ett kallare ljus än 3000 K kan förutsättas vara standard för detta tillämpningsområde.

Ett krav på minst 500 lux på golvyta föreligger vid bruk i idrottshall. Den högre nivån på 1 000 lux är aktuell då hallar som skall belysas för exempelvis TV-sändning planeras (Starby, 2003).

Med anledning av fara för hög spänning vid direkt beröring av lysdiod skall armaturen klassas med IP 21. Detta innebär att konstruktionen skall förhindra beröring av strömförande komponenter om ej minst två separata skruvar avlägsnas (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2009). Armaturen skall även klara viss väta i form av kondens eller oregelbundet, vertikalt fallande vattendroppar (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2009).

För att lysdioder skall prestera som effektivast krävs en låg temperatur i diod och driftdon. Hos driftdonet finns en maximal drifttemperatur specificerad som dock lagligen får överskridas med 5 °C. Fagerhults policy (Fagerhults Belysning AB, 2011) hävdar att dessa gränser ej får överskridas och kravet på dess armaturer är att istället bibehålla en temperatur 5 °C under driftdonets specificerade temperatur.

För att medge enkel installation där armaturer kan kopplas i serie istället för att enskilt anslutas till nätspänningen finns krav på överkoppling. I armaturens plint delas kablaget upp så att hälften går till armaturens driftdon medan resterande förs ut ur armaturen på motsatt ände för att överkopplas till nästa armatur (Fagerhults Belysning AB, 2011).

Då ljusflödet från armaturen är väldigt högt från en liten yta finns risk för bländning då blicken fästs rakt in i en tänd armatur. Detta medför komplikationer vid spel av exempelvis badminton då blicken höjs repetitivt, varför ett krav på långsgående avbländning åligger.

Ett antal standarder har fastslagits att följas, där VDE 0710 (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 1979) som är en standard specifik för sporthallsfixturer anses vara den viktigaste. Standarden kräver att de element som skall fixeras i en sporthall skall klara av en viss mekanisk påfrestning. Detta testas genom att avlossa 36 handbollskott mot fixturen, 12 framifrån och 12 mot respektive sida från 45 graders vinkel. Dessa skott skall uppnå en hastighet av 16,7 m/s vid kollision. Handbollen skall inneha en vikt av 425-475 g, en diameter på 185-191 mm och hålla ett innertryck på 1,2 bar. Efter testning skall fixturen ej vara deformerad.

4.3.4 Skisser

Resultatet av skisserna var att idéer och lösningsförslag visualiserades, se fig. 4.2. Tänkta formspråk översattes till skisser som gav en tydlig indikation på vad som ansågs önskvärt att uppnå. Målet var att skapa ett "slimmat" formspråk då detta skulle minska materialåtgång och kostnad samt att det skulle särskilja den nya armaturen från befintlig sporthallsbelysning.

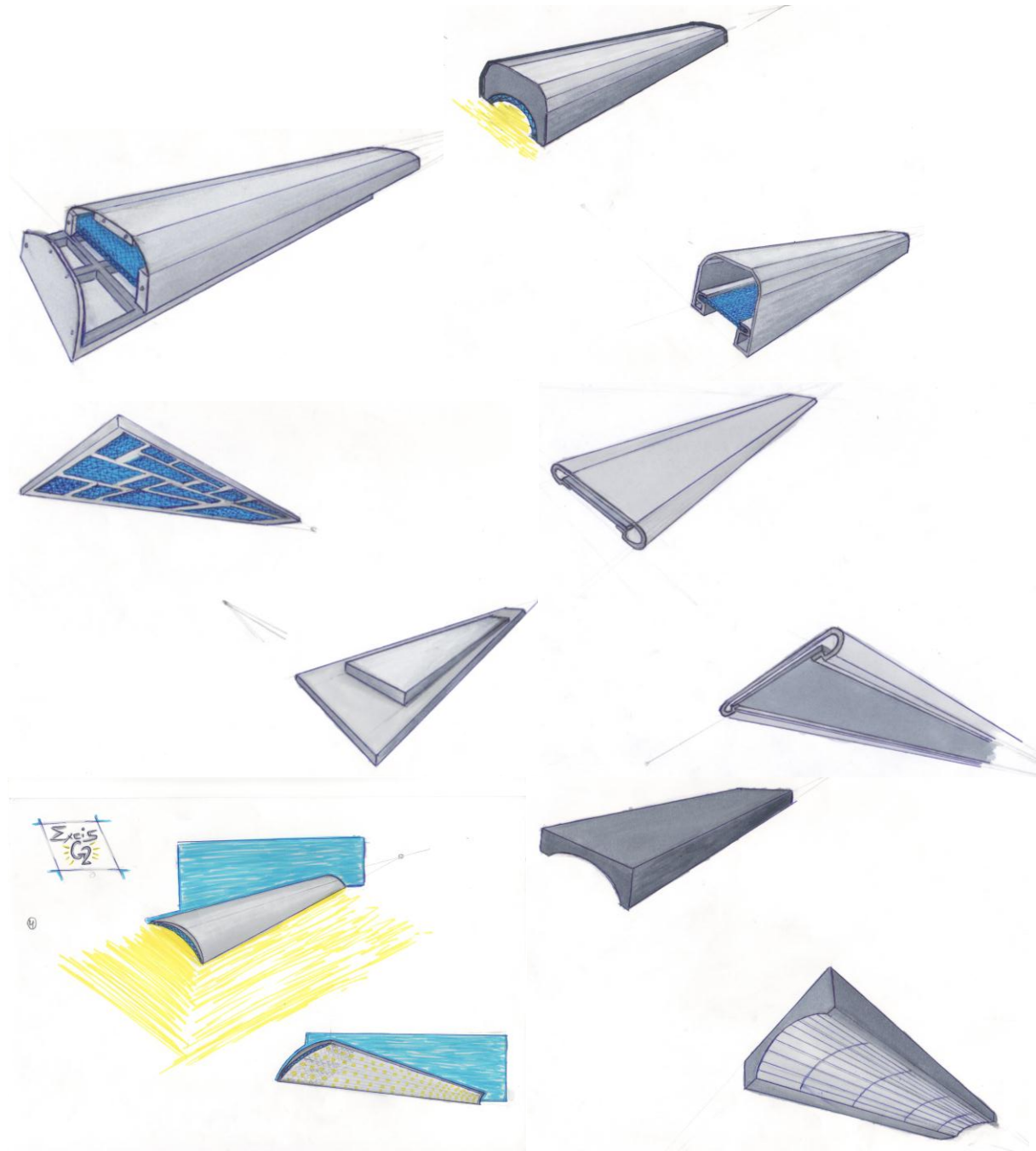


Fig. 4.2, Urval av skissmaterial.

4.3.5 3D-visualisering

Den CAD-baserade 3D-visualiseringsmetodiken resulterade i att en tydlig bild av varje koncept skapades vilka sedan kunde utvärderas och revideras på ett överskådligt vis. Det uppkom synpunkter samt förbättringsmöjligheter hos aspekter såsom materialval, ljusspridning samt placering av

komponenter. Detta föranledde således förändringar av berörda koncept. 3D-visualiseringen gav även svar på huruvida koncepten hade möjlighet att tillverkas, installeras och monteras.

4.4 Konceptförslag

Totalt konstruerades nio konceptförslag i programvaran Solid Edge där fem ansågs vara tillräckligt genomarbetade förslag för att presenteras för projektledningen. Utav dessa fem valdes tre ut för att arbeta vidare med.

4.4.1 Koncept 1, Namnlöst koncept

Det allra första konceptförslaget som 3D-modellerades (se fig. 4.3) bestod av en stomme i 2 mm tjock plåt som bockades i en rektangulär form med sneda, avfasade hörn i överkant. Plåtflikar med stansade hål bockades även från stommen för att ge möjlighet till infästning av gavel. Gaveln i fråga bestod av en utstansad 2 mm tjock plåtskiva med hål som matchar stommens för infästning med M4 skruv. Två lister i 2 mm plåt bockas och fästs i nedkant på stommens sidor för att ge möjlighet till ett fritt liggande mikropisma. Detta koncept övergavs sedan till förmån för koncept 2.

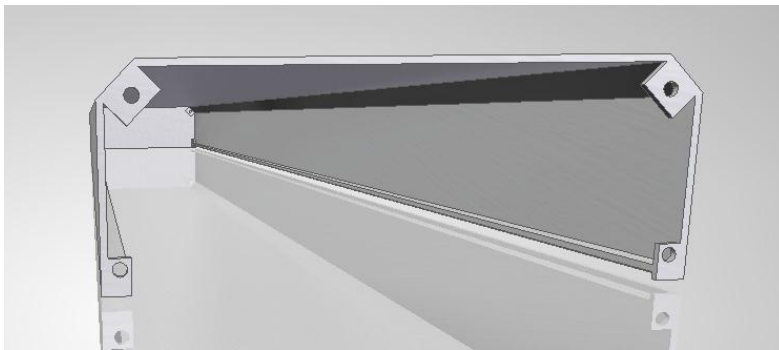


Fig. 4.3, Koncept 1 i Solid Edge.

4.4.2 Koncept 2, Namnlöst koncept

I koncept 2 är stommen identisk med koncept 1 bortsett från plåttjockleken i stomme och lister som minskats till 0,7 mm. Gaveln är även ersatt med en kombinerad gavel och undersida i 2 mm plåt med en stansbockad gallerform för ökad styvhet (se fig. 4.4). Med denna lösning består den färdiga armaturen endast av två separerbara delar. Koncept 2 övergick sedan i koncept 3 då konstruktionen var tvungen att byggas om för att kunna användas i programvaran Teamcenter (Siemens Product Lifecycle Management Software Inc., 2014).



Fig. 4.4, Koncept 2 i Solid Edge.

4.3.3 Koncept 3, "Iron Man"

Koncept 3 fortsätter på det formspråk som tidigare koncept burit och är en utveckling av koncept 2. Här har formen i stommens överkant modifierats och har givits en rundare form (se fig. 4.5) med anledning av risken för att bollar fastnar på plana ytor. I konceptet har även tekniska komponenter lyfts in från Teamcenter. Konceptet gavs arbetsnamnet "Iron Man" då formen ger ett massivt, stabilt och tungt uttryck, dock är formspråket tunnare än nuvarande Excis.

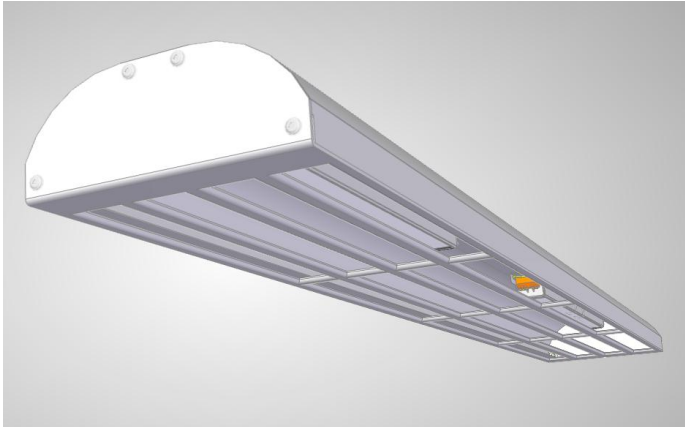


Fig. 4.5, Iron Man i Solid Edge.

4.3.4 Koncept 4, Namnlöst koncept

Stommen som kan beskådas i fig. 4.6 består av en bockad 0,7 mm plåt där flikarna i stommens nederkant beviljar möjligheten att skjuta in ett mikroprisma från gaveln. Den rundade formen medger god bollavrullning och den flata ovasidan tillåter ett driftdon att fästas i stommens tak. Detta koncept utvecklades aldrig vidare från stommen då formen ej upplevdes tillräckligt stabil och medförde komplikationer för de tekniska komponenterna som alla fästs i taket. Detta skulle medföra dålig värmeavledning och försvåra en kontrollerad ljusbild.

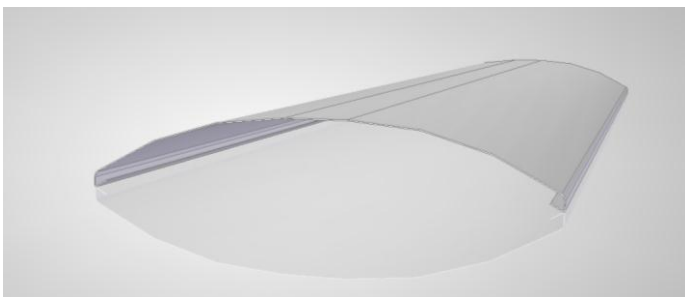


Fig. 4.6, Koncept 4 i Solid Edge.

4.4.5 Koncept 5, "Invader"

Konceptet som givits sitt arbetsnamn med anledning av sin formmässiga likhet med element ur kultspelet "Space Invaders" är formgivet för att med sina stadiga bockade kanter ta emot bollträffar mot dessa istället för direkt mot prismet (se fig. 4.7). Förhoppningen var att kanterna kunde eliminera användningen av ett galler. Armaturen består av tre plåt detaljer; en stomme i 0,7 mm plåt och två gavlar i 2 mm plåt, samt ett mikroprisma och elektriska komponenter såsom åtta stycken 526 mm långa LED-moduler, två driftdon och två plintar. Bockade kanter i stommens ändrar har stansade hål för infästning av gavel med M4 skruv. Driftdon placeras i stommens kanter för att ge god värmeavledning då kontakt med två eller tre ytor kan erhållas.

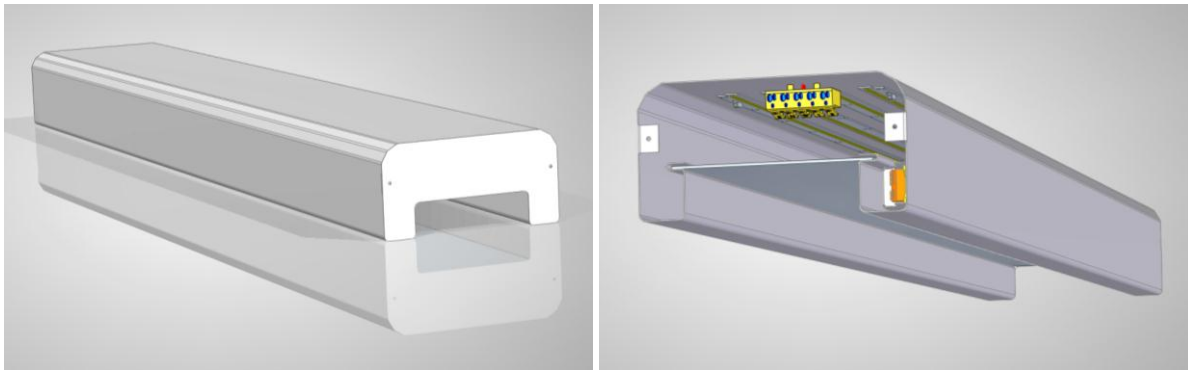


Fig. 4.7, Invader i Solid Edge, med och utan gavel.

4.4.6 Koncept 6, "Tile"

I motsats till Invaders mål att undkomma användandet av ett galler fokuserades det i konceptet Tile på att framhålla gallret som en formspråksmässigt betydande och attraktiv komponent (se fig. 4.8). Konstruktionen byggdes på ett så tunt vis som driftdonen medgav och dimensionerades för att ge plats för fem stycken LED-moduler i bredd och två i längdled. Gallerkonstruktionen består av en plåt där ett mönster av rektangulär karaktär stansats ut. Bakom gallret finns ett mikroprisma placerat med tillhörande opalfilm för att minska risken för bländning samt eliminera en "fläckig" ljusbild på prismet.

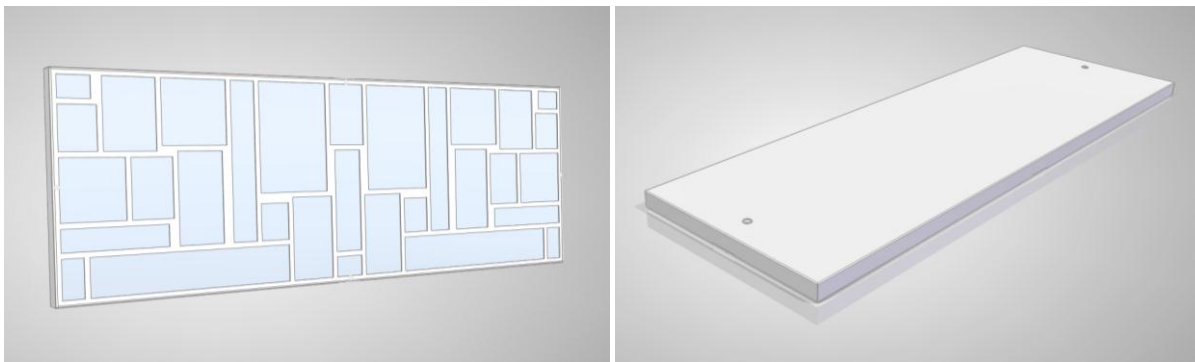


Fig.4.8, Tile i Solid Edge, under- och översida.

4.4.7 Koncept 7, Namnlöst koncept

Målet med koncept 7 var att utvärdera om koncept 4 erhöll en mer attraktiv form med en mindre radie och utan den flata ytan i taket (se fig. 4.9). Detta ansågs inte bli ett formmässigt förbättrat koncept varpå inget mer arbete utfördes på detta koncept.

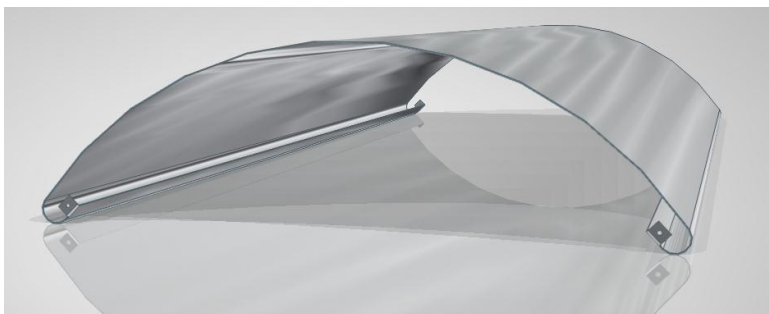


Fig. 4.9, Koncept 7 i Solid Edge.

4.4.8 Koncept 8, "Bron"

I motsats till tidigare armaturer där rundningen placerats i armaturens tak utvecklades ett koncept där taket har en flat form och rundningen istället läggs i botten (se fig. 4.10). Både tak och botten består av 0,7 mm plåt och gaveln är utstansad ur 2 mm plåt. I bottenplattan fästs LED-moduler och ovanpå dem en extruderad lins som bestämmer diodernas ljusspridning. Linser är styvare och tål mer mekanisk påfrestning än ett mikroprisma, så galler skall ej ingå i standardutförande utan endast som tillval.

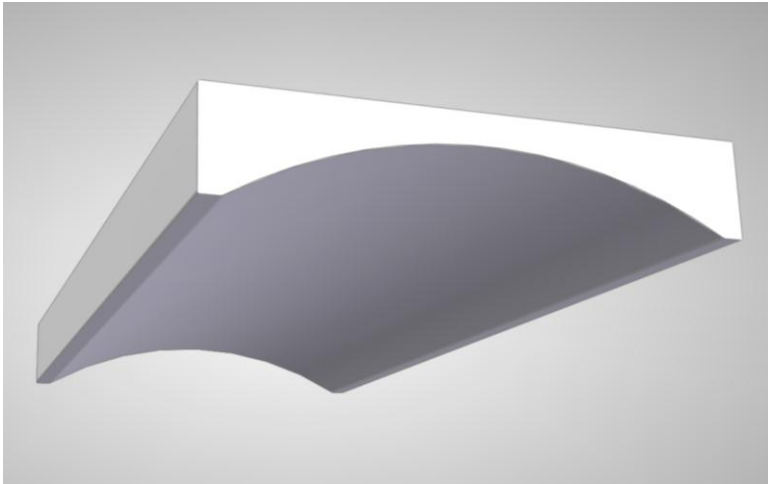


Fig. 4.10, Bron i Solid Edge.

4.4.9 Koncept 9, "Bone"

I likhet med Bron tillämpar Bone användningen av linser på bottenplåten istället för ett mikroprisma. Bone har flat ovan- och undersida i 0,7 mm plåt samt två 180 grader rundade kanter (se fig. 4.11). En gavel i 2 mm plåt täcker sidan vilket döljer och skyddar linsernas ändkanter. Målet med konceptet var likt konceptet Tile att framställa en så tunn konstruktion som komponenterna tillåter, men i detta fall i kombination med att bruka linser.

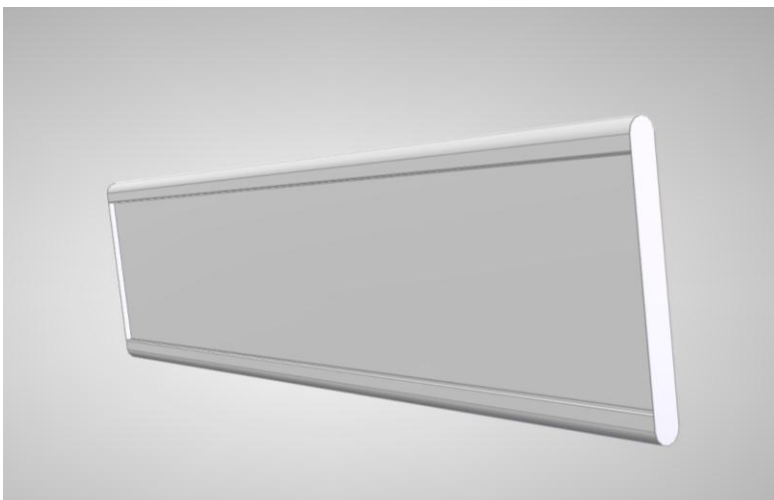


Fig. 4.11, Bone i Solid Edge.

4.5 Konceptval

Då ett tillfredställande antal lösningar av varierande karaktär framställts presenterades koncepten för projektledningen. De koncept som presenterades innefattar samtliga som givits ett arbetsnamn. Diskussion med erfarna konstruktörer och produktutvecklare resulterade i följande utlåtanden om varje koncept.

Iron Man ansågs vara ett dugligt koncept men saknade det formspråk som önskas av en ny produkt i indoor-sortimentet. Konceptet ansågs ej inneha samma utvecklingspotential som övriga koncept. Designen beskrevs som intetsägande och galleret tog för stort anspråk. Dessutom är ett sådant galler dyrt och ineffektivt att tillverka med för mycket restmaterial. Beslut fattades att ej utveckla vidare detta koncept.

Med sin unika lösning för bollsnydd och ett enkelt, rakt formspråk ansågs Invader vara tilltalande. Dock ifrågasattes möjligheten att placera driftdon i stommens bockade kant då detta försvårar montage. Det uppmärksammades att en reflektor är nödvändig för att inte låta ljus fångas i stommens kanter. Lysdiodernas placering ifrågasattes då värmeavledningsförmågan i armaturens tak kunde vara för låg. Förslag på att utforma armaturen i aluminiumprofil framkom, och detta önskade projektledningen en utredning om. Det beslutades att Invader skulle utvecklas vidare.

Tile fick mycket uppmärksamhet för sitt annorlunda formspråk som liknades vid konst snarare än en armatur för sporthallsbruk. Kritik riktades mot den höga andel restprodukt ett galler stansat enligt koncept skulle anbringa. Ljusbilden är svår att förutsäga i ett tidigt skede, men ett asymmetriskt galler bör resultera i en ojämn skuggning vilket ej rekommenderas. Risken för att bollar fastnar ovanpå armaturen bedömdes vara hög. Den tekniska problematiken ansågs vara större än vinningen från ett spännande formspråk vilket medförde att konceptet ej var aktuellt för vidare utveckling.

Med anledning av liknande teknisk lösning med extruderad lins ansågs Bron och Bone vara mycket nära besläktade koncept. Formspråket uppskattades hos båda och den tekniska lösningen ansågs vara relevant. Även hos denna armatur diskuterades eventuella fördelar med en konstruktion i extruderad aluminium då rundade och komplexa gavlar samt en redan extruderad lins passade lösningen. Den högre värmeavledningsförmågan hos aluminium var även ett starkt argument. Projektledningen beslutade att dessa två koncept skulle kombineras och önskade se en lösning där den välvda formen hos Bron kombineras med Bones tunnare design. Möjligheten till produktion med aluminiumprofil skulle även beaktas.

4.6 Utveckling från konceptval

Projektledningen efterfrågade två vidareutvecklade koncept där ett av dessa senare skulle konstrueras med utgångspunkt att tagas i produktion. I detta skede skulle ett djupare underlag byggas för att påvisa vilket av koncepten som innehade den högsta potentialen att förverkligas. Utgångspunkten var att utveckla ett koncept i bockad plåt och ett i aluminiumprofil.

4.6.1 Utveckling av Invader

Med de riktlinjer som stiftats under konceptvalmötet som utgångspunkt konstruerades ett uppdaterat koncept i extruderad aluminium (se fig. 4.12). Konceptets utformning valdes för att förbättra funktioner såsom skydd mot projektiler, placering av komponenter och tillverkning. Dessutom adderades en reflektor på vardera sida för att koncentrera ljusspridning samt medge önskvärd ljusbild. Till en början konstruerades sju skruvspår för infästning av tio LED-moduler

placerade i en 3-4-3-formation. Detta ansågs dock ej nödvändigt då tre skruvspår med nio LED-moduler kunde medge ett tillräckligt ljusflöde. Föregående lösning skulle medföra en högre kostnad för komponenter, profilverktyg samt material och således reviderades lösningen.

Reflektorerna i vitlackerad 0,7 mm plåt skall enligt konceptet monteras med skruv i profilens tak för att sedan snäppas in i E-profilens övre spår. Detta skulle medge en snabb montering. Driftdonet skall före montage av reflektor fästas på reflektorns baksida.

Lösningen för projektilskydd ansågs dock bristfällig då mindre projektiler än de handbollar som skall testas enligt VDE 0710 (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 1979) ej stoppas av armaturens karmar. En lösning där konceptet anpassas för att skydda mot exempelvis tennisbollar skulle medföra en ljusbild som ej uppfyller Fagerhults krav då karmarna skulle skymma ljusspridningen. De komponenter som skall placeras i armaturen medgavs inte tillräckligt utrymme för att säkerställa en god värmeavledning. Armaturen förutsågs även vara svår att installera. Av dessa skäl valdes ej detta koncept att utvecklas vidare.

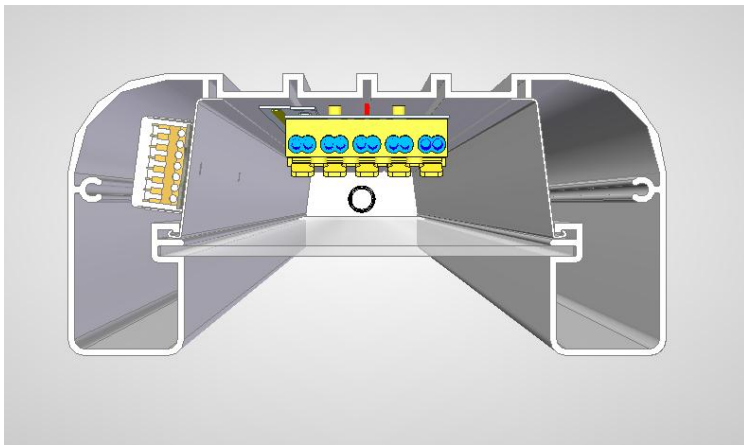


Fig. 4.12, Utvecklad Invader i Solid Edge.

4.6.2 Utveckling av Bron och Bone

Konceptets initiala utveckling bestod i att formge en profil som utnyttjade båda grundkonceptens fördelar. Utgångspunkten för konstruktionen var att tillverka armaturen i bockad plåt då utvecklingen av Invader skett i aluminiumprofil. Detta beslut ändrades dock i ett tidigt skede för att istället pröva att kombinera en aluminiumprofil med en bockad 0,7 mm plåt (se fig. 4.13). Denna plåt var avsedd som monteringsgrund för LED-moduler för att sedan täckas med en extruderad lins i polykarbonat, PC. Plåten skall enligt konceptet infästas med B4 skruv i den skruvficka i profilens underkant som designerats för detta ändamål. I profilens tak åtfördes fyra skruvspår. De två hattformade spåren bär driftdonen medan de två mindre spåren fäster en plåt som i sin tur håller samt jordar plinten.

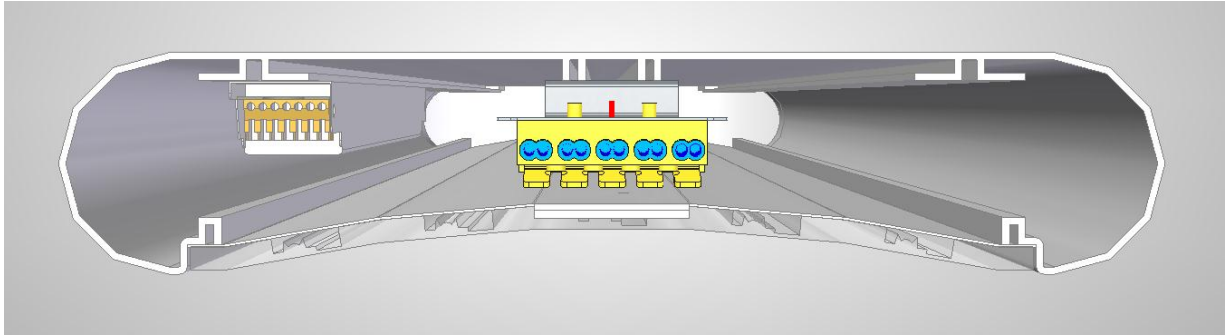


Fig. 4.13, Begynnande utveckling av Bron och Bone i Solid Edge.

Efter diskussion med konstruktör framfördes förslaget att bygga en stabil profil nedertill och istället fästa armaturen med en konceptuell snäppfog i taket. Detta föranledde en konstruktion av en ny profil där underkanten sammanfogades med de rundade kanterna för att sedan fästas i en takplåt (se fig. 4.14). Vid denna konstruktion uppstod problem då takplåten riskerade att erhålla en för låg styvhet varpå takplåten ersattes med en takprofil i aluminium. En enklare preliminär snäppfog skapades för att ha ett underlag för vidare konsultation med den tänkta tillverkaren av profilen, SAPA.

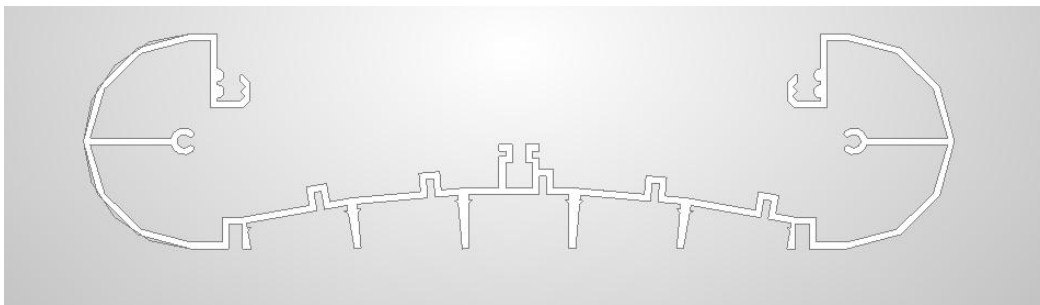


Fig. 4.14, Stomme i aluminiumprofil, utveckling av Bron och Bone i Solid Edge.

I detta skede var botten välvd enligt föregående konstruktion i plåt. Med anledning av onödig komplikation vid konstruktion, packning samt beräkning av ljusbild reviderades profilen för att anta en helt rät form (se fig. 5.1). Ännu ett problem som uppmärksammats vid tidigare konstruktion var tolerans samt styvhet i den lins som täckte hela botten. För att undvika denna komplikation skapades istället fem mindre linser som placerades mellan spalter i aluminiumprofilen. Detta resulterade i ett antal fördelar, däribland att linserna skulle gå att använda i fler armaturer, linsen påverkas mindre av toleransen, spalterna kom att agera som bollsdydd och styvheten i de kortare linserna ökade jämfört med den tidigare heltäckande linskonstruktionen.

5. Produktbeskrivning

I detta skede hade ett reellt lösningsförslag framställts och blivit godkänt för prototypframställning utav projektledningen. I nedanstående stycke beskrivs den konstruktion som utvecklats och dess funktioner förklaras utförligt. Hädanefter omnämns konceptet som Excis G2.

5.1 Konstruktionens element

Produkten som utvecklats omfattar ett antal viktigare konstruktionselement. De detaljer som har anledning att beskrivas och förklaras omfattas av detta stycke.

5.1.1 Stomme i aluminiumprofil

Då Excis G2 designades bestämdes att stommen skulle tillverkas i en aluminiumprofil. Aluminium valdes då detta material har god värmeavledning och fördelaktiga hållfasthetsegenskaper. Det fanns även tillverkningsmässiga fördelar vid bruk av aluminiumprofil. De positiva effekterna angående värmeavledning ansågs viktigt då lysdioder avger stora mängder värme vid drift. Då armaturen skulle behöva bruka ett flertal LED-moduler för att uppnå kravet om ett ljusflöde på 22 000 lumen fastslogs det därav att aluminiumprofilen även skulle pulverlackeras i den vita kulören RAL 9016 glans 40 för att uppnå en önskvärd värmeradiering.

Stommens längd utvecklades efter att två stycken Fagerhult Linear 526 (Fagerhults Belysning AB, 2014) längdvis skulle kunna monteras på undersidan såväl som att tillräcklig plats för övriga elektronik skulle medges. Därav sattes stommens längd till 1100 millimeter. Godstjockleken valdes till två millimeter då Excis G2 enligt kravspecifikation samt rådande sporthallsstandard skall bestå en hög mekanisk kraftpåverkan. De rundande kanterna på var sida av stommen med diametern 52 mm (se fig. 5.1) medger att armaturen kan ta emot en stor kraftpåverkan då det skapas en hög styvhet när profiler besitter runda former. Valet av de runda kanterna gjordes även för att passa produktens tänkta formspråk.

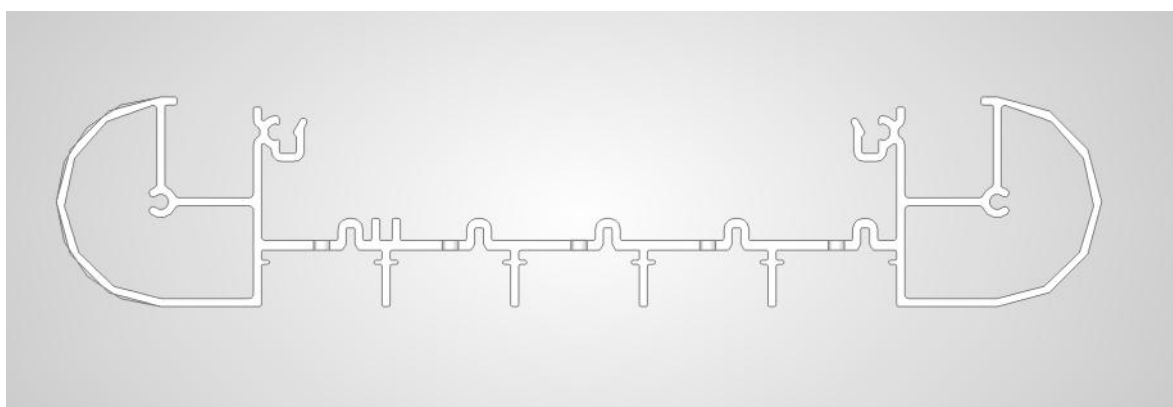


Fig. 5.1, Stomme i aluminiumprofil i Solid Edge.

På undersidan av stommen konstruerades fyra spalter (se fig. 5.2) för att medge användning av linser samt skydda mot projektiler. Dessa beräknades även kunna agera kylfläns för LED-modulerna. Spalterna med en godstjocklek på 2 mm mäter 14 mm i höjdlängd och innehar ett konstant avstånd på 30 mm från varandra.

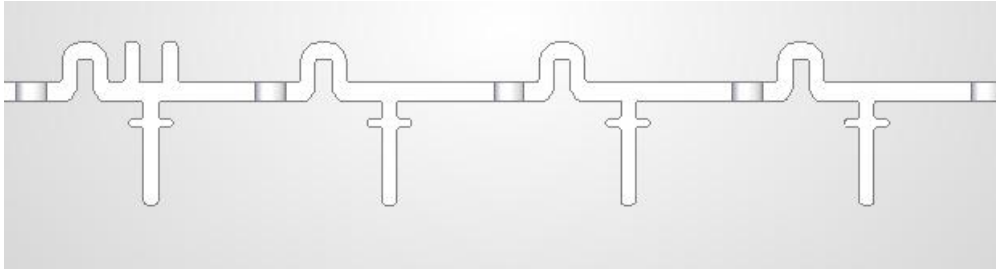


Fig. 5.2, Spalter i Solid Edge.

Då stommen skall monteras med den tillhörande takprofilen konstruerades en lösning för snäppinfästning i samråd med SAPA (se fig. 5.3). Liknande snäppfog har tillverkats tidigare och funktionen kunde därmed verifieras av SAPA. Infästningsanordningen består av en 4 mm skruvficka samt en snäpp som passar med takprofilens motsvarande låsmekanism. Skruvfickan verkar för att låsa stommen till takprofilen vid montage och för att säkra armaturens position i taket.

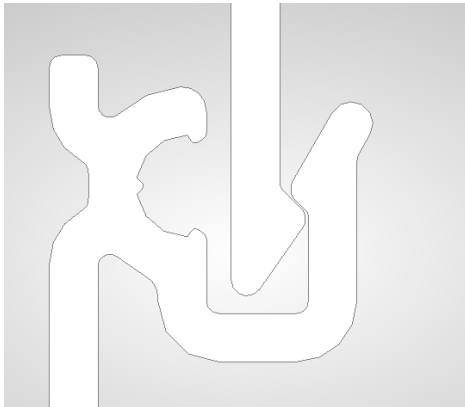


Fig. 5.3, Snäppfog till tak i Solid Edge.

5.1.2 Armaturens takprofil

Armaturens takprofil utvecklades i två olika versioner. Den ena mäter 166 mm i bredd med en allmän godstjocklek på 2 mm (se fig. 5.4) till skillnad från den andra som har en bredd på 200 mm och 2,2 mm allmän godstjocklek. De två varianterna uppkom med anledning av förslag från SAPA som angav att det kunde uppstå komplikationer vid pressning av en 2 mm tjock och 200 mm bred profil. Av SAPA gavs dessa två alternativ som vid denna tidpunkt ej kunde bedömas vilket som borde avfärdas. Båda versioner gavs en centrerad skruvficka för infästning av en plåt som skall hålla plinten monterad och jordad. På vardera sida cirka 72,5 mm från centrum på profilen placerades en utstickande låsmekanism som agerar snäppfog för takprofilen (se kapitel 5.2.1).

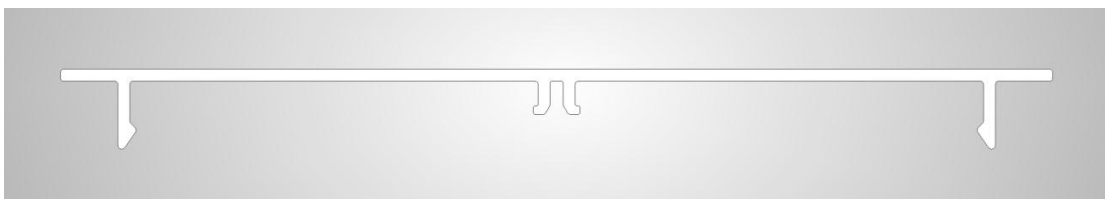


Fig. 5.4, Takprofil, 166 mm, i Solid Edge.

5.1.3 Armaturens gavel

Till Excis G2 utvecklades en plan gavel (se fig. 5.5) i 3 mm tjock aluminiumplåt. Fyra hål stansas ut vid produktion där två med hjälp av M4 skruv låser fast gaveln vid stommen. Då de resterande två låses med skruv förhindrar de att takplåten avlägsnas med hjälp av en skruv genom snäppfoggen i stommens profil. I övrigt följer gaveln stommens profil med undantag från den upphöjning i botten där gaveln täcker sidan för att förhindra åtkomst till LED-moduler.

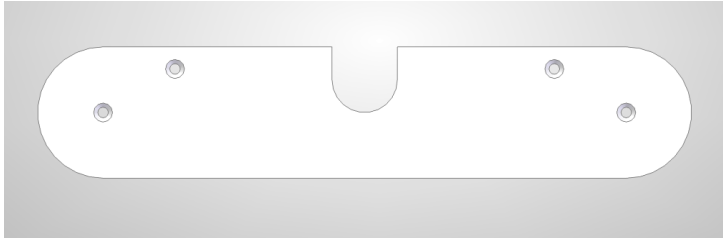


Fig. 5.5, Armaturens gavel i Solid Edge.

5.1.4 Lins

De linser (se fig. 5.6) som konstruerats till Excis G2 är baserade på Fagerhults nuvarande utveckling av bredstrålande, lysdiodsanpassade linser. Med tillåtelse från ansvarig konstruktör återanvändes den geometri som påverkar ljusbrytningen i linsen. En anordning för snabbt montage konstruerades även där linsen snäpps in i kring ribbor i stommen. Väl monterade går de endast att avlägsnas då gavel skruvas av, vilket medför att linsen kan IP-klassas (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2009).

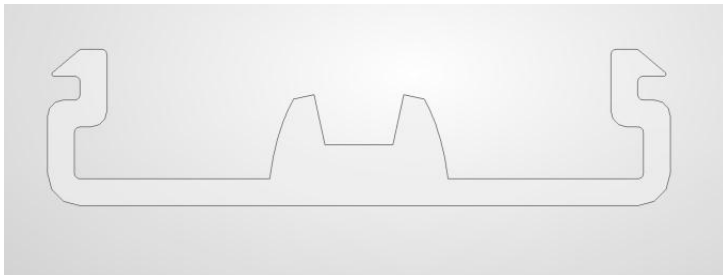


Fig. 5.6, Lins i Solid Edge.

5.1.5 Elektronik

I Excis G2 ingår ett antal elektriska komponenter som ej är produktspecifika utan tillverkade av tredje part. Dessa presenteras nedan.

5.1.5.1 Driftdon

För att uppnå kravet på 22 000 lumen ut från armaturen (Fagerhults Belysning AB, 2013) åtgår stora mängder lysdioder. De dioder som används i armaturen kommer att drivas av två driftdon av modell Philips Xitanium 110W 0.2-0.6A 215V TD 230V iXt (se fig. 5.7). Dessa finns ej på marknaden än utan är så kallade "pre-pilots" vilket innebär att det ej går att specificera dem till en produktion av armaturen. Anledningen till att driftdonen ändå skall testas är de tekniska förutsättningarna där 110 W beräknas räcka till hälften av de moduler som armaturen använder då de drivs av en ström på 600 mA. Inget annan driftdon som varit till förfogade har kunnat motsvara dessa krav (Gustavsson, 2014).



Fig 5.7, Driftdon av modell Philips Xitanium 110W 0.2-0.6A 215V TD 230V iXt (Philips Lighting, 2014).

Driftdonet använder sig av DALI med amplitudmodulering vid dimning för att ej riskera flimmar (Koninklijke Philips Electronics N.V., 2014).

Driftdonet placeras i armaturens stomme för att säkerställa att alla elektronik placeras i samma profil. Detta för att elektriker vid uppkomst av problem med armaturen endast skall behöva montera ned stommen.

5.1.5.2 LED-moduler

LED-modulerna Fagerhult Linear 526 som används (se fig. 5.8) är standardelektronik i Fagerhults linjärt strålande armaturer. Modulen innehar 66 lysdioder (Fagerhults Belysning AB, 2014) vilka är seriekopplade i sex slingor med elva dioder per slinga. Dioderna är linjärt placerade utmed kortet.

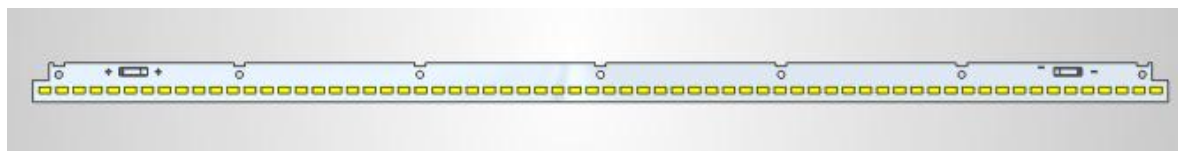


Fig. 5.8, Fagerhult Linear 526 i Solid Edge.

Då en modul drivs med 700 mA åtgår 23,6 W samtidigt som dioderna i modulen avger 3 090 lumen. Detta omkalkyleras för drivning med 600 mA som driftdonet maximalt tillåter och ger då en effekt på 20,2 W och ett ljusflöde på 2 650 lumen per LED-modul. De tio kort som används i armaturen avger därav 26 500 lumen. Med kravet på 22 000 lumen tillåter detta därmed ett en verkningsgrad på 83 % vilket anses vara rimligt att uppfylla.

5.1.5.3 Kablage

För inkoppling av installatör är två plintar placerade i taket cirka 50 mm från vardera gavel. Som standard har armaturen konstruerats med en överkoppling mellan de båda plintarna för att medge möjlighet till koppling från en armatur direkt till nästa. Från en plint går en koppling ned till en snabbkopplingsplint av typen WAGO Winsta Mini (WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG, 2014) för att snabbt kunna koppla ihop eller isär kablage mellan armaturhalvorna (se fig. 5.9). Då avlastning av kablage är kostsamt beslutades att en säkringslina skall fästas i botten av armaturen för att förhindra att kablarna lossnar från plinten då stommen avlägsnas från taket. Vid installation krokas

säkerhetslinan fast i armaturens tak. Detta medför även enklare installation då stommen kan hänga fritt i säkerhetslinan vid koppling av kablar. Från WAGO-kopplingen går kablage ned till en plint som delar kablarna som sedan leds till de två driftdonen.



Fig. 5.9, WAGO Winsta Mini snabbkopplingsplint (Conrad.fr, 2014).

5.2 Konstruktionens funktioner

Under utvecklingen av armaturen lades mycket arbete på att förbättra viktiga funktioner i armaturen. Dessa syftar huvudsakligen till att förenkla montage och installation. Dessutom kombineras spalternas funktion som bollskydd med förbättrad prestanda såväl som estetiska fördelar. I fig. 5.10 illustreras snäppfog, lins med snäppfunktion i spalt, linsens placering samt ett tvärsnitt av Excis G2.



Fig. 5.10, Skiss av snäppfog, lins med snäppfunktion i spalt, linsens placering samt tvärsnitt.

5.2.1 Snäppfog till tak

Snäppfogen är konstruerad för att säkra armaturens position i taket samt att sammanfoga stommen, takprofilen och gavlarna. Tekniken möjliggörs genom en användning av aluminiumprofilens naturligt fjädrande egenskaper i kombination med välkonstruerad snäppfog (SAPA Profiler AB, 2009). Fördelarna med att anordningen brukar snäppfogsteknik är att detta medger enkel installation då takprofilen först skruvas upp i taket. I nästa steg klickas stommen upp och säkras med två skruvar på vardera sida. Lösningen innebär att installatör slipper hålla armaturen i korrekt position vid skruvmoment vilket medger både en säker likväl enkel installation. Låsmekanismen som brukas möjliggörs tack vare de två urfasade skruvhålen i vardera gavel. Detta garanterar att armaturen inte faller ned vid yttre kraftpåverkan då skruvarna är säkrade.

5.2.2 Multifunktionella spalter

Det formgavs fyra stycken nedstickande spalter (se fig. 5.2) som besitter tre viktiga egenskaper. Den första egenskapen är att spalterna ersätter ett konventionellt galler då all kraftpåverkan från bollskott upptas av spalterna. Detta innebär att linserna och LED-modulerna som sitter monterade på

undersidan av stommen är skyddade mot all yttre kraftpåverkan av projektiler av den storlek att de inte når mellan spalterna. Vanligt förekommande bollar såsom hand- och tennisboll skadar därmed ej armaturen. Dock kan en extra skyddslösning krävas vid mindre projektiler. Den andra faktor som påverkade spalternas utformning var snäppmekanismen som resulterar i en snabb montering av plastlinserna (se fig. 5.6). Funktionen innebär att linserna först tillrättaläggs och sedan klickas in i spårerna som finns på sidan av spalterna. En ytterligare egenskap hos spalterna är att de även verkar som kylflänsar vilka leder ur värmen som LED-moduler samt driftdon avger. Då det skapas höga temperaturer vid bruk av lysdioder krävs det en noga genomtänkt kylkropp för att värmen skall kunna avledas.

5.2.3 Snabbt montage

Armaturen är designad för att medge ett montage med kort leddid. Faktorer som bidrar till detta är att samtliga beståndsdelar använder ett minimalt antal skruvar samt att armaturen endast skall vändas en gång under montage. Montaget inleds med att LED-moduler skruvas fast i skruvfickorna på undersidan av armaturen. Elektriska kablar dras och linser klickas in i spalternas spår. Efter detta vänds armaturen, driftdon skruvas fast och kablar dras till driftdonet. Takprofilen bereds sedan genom att plintar fästs med ett klickmoment. Till sist snäpps takprofilen på stommen och armaturens elektronik testas innan paketering.

6. Prototyp

Tillverkning av en prototyp var ett önskemål från projektledningen redan från projektets start. En färdig prototyp medför möjlighet att testas i laboratorium på de områden som ansågs relevanta med aktuell utformning. En fullskalig mock-up förväntades också ge presentationsmässiga fördelar av de lösningar som skapats.

En fullskalig prototyp i extruderad aluminium kunde ej tillverkas då det kräver verktyg som ej fanns att tillgå. Istället togs beslut om att tillverka två prototyper för att illustrera både fullskaleutförandet och aluminiumprofilen.

6.1 Fullskaleprototyp i plåt

Som substitut till en fullskaleprototyp i aluminium producerades en prototyp (se fig. 6.1) i genomgående 0,7 mm tjock plåt som längdmässigt mäter 1100 mm exklusive två gavlar i 3 mm tjock aluminium. Syftet var att ta fram en fysisk produkt som kan illustrera både form och funktion med relativt enkla medel.



Fig. 6.1, Fullskaleprototyp i plåt.

Två rundbockade kanter med samma yttermått som aluminiumprofilen utgör sidorna på prototypen. I dessa punktsvetsades en plåt för vidare svetsning av bottenplatta med stansad hålbild för LED-moduler. Även hål för infästning och svetsning utav längsgående spalter stansades i bottenplåten. I samma plåt som bottenplattan fästs svetsas en mindre bockad plåt med hål mot gaveln för att medge infästning av gavel med M4 skruv.

Taket utgörs av en plåtskiva som styvats upp med två längsgående 90 graders bockade plåtstycken. Åtta hål har borrats för infästning dikt tak. Här har även åtta plåtfjädrar punktsvetsats för att simulera den snäppfog som lösningsförslaget innehåller. Dessa fäster i utstansade rektangulära hål i den plåt som förbinder stommens sidor med bottenplåten. Vid införande av två M4 skruv genom vardera gavel låses fjädrarna fast för att förhindra att taket med muskelkraft kan avlägsnas. Gavlarna är utklippta ur en aluminiumskiva och mäter 3 mm i tjocklek. Fyra hål i vardera gavel har borrats ut och sedan försänkts för att passa skruv.

När prototypen sedan tillverkats av prototypmakare lämnades den till lackeringsavdelningen för att pulverlackeras i den vita kulören RAL 9016 glans 40. Efter lackering borrades ett hål per LED-modul vid vardera gavel samt ett hål i mitten av armaturen för att leda in kablage från lysdioder till driftdon. Tio LED-moduler av Fagerhults fabrikat med en längd av 526 mm skruvades fast i hålbilden och två

driftdon placerades i armaturen. Kablar drogs mellan plintarna för att erhålla en överkoppling (se fig. 6.2). Från vardera plint drogs sedan kabel till driftdon. Kabel kopplades från driftdonen till en snabbkopplingsplint och från denna plint kopplades LED-modulerna in. Detta gav möjlighet att tända lysdioderna och därmed att göra ljusberäkningar på prototypen.



Fig. 6.2, Inside och koppling av prototyp i plåt.

6.2 Gnistad aluminiumprofil

Då gnistningen var färdig hade 83 millimeter lång armaturprofil skapats med två millimeter godstjocklek (se fig. 6.3). Den tillverkade profilprototypen hade till syfte att vara en korrekt representation av produkten i samma material som senare skulle används vid slutgiltig tillverkning. Den gnistade prototypen resulterade i möjlighet till en utvärdering av profilens form, snäppinfästningarna, montering av LED-moduler samt test av takmontage. Från utvärderingen framkom det att vissa modifikationer skulle vara lämpliga. Dessa innefattar möjlighet till minskning av profilens bredd, elimination av hålprofil samt förflyttning av snäppfog.



Fig. 6.3, Gnistad aluminiumprofil med linser, 83 mm.

6.3 3D-utskrivna linser

Efter konstruktion av lins kapades ett 83 mm långt stycke i Solid Edge för att passa den gnistade profilen. Detta stycke konverterades till STL-format som kan processeras av 3D-skrivaren. Fem linser placerades för beredning och skrevs sedan ut (se fig. 6.4). Vid testning av resultatet framkom att konstruktionen måste få ökat spel för att kunna snäppas in utan att onödigt mycket kraft måste anbringas och utan att linsen riskerar att skadas. Spelet mellan lins och fästen ökades således 0,5 mm på vardera sida genom att förminska linsen. Sedan bereddes en ny version som skrevs ut och testades med ett bättre resultat.



Fig. 6.4, 3D-utskrivna lins.

7. Testning

Här redogörs för resultatet av de tester som utförts för att verifiera att Excis G2 uppfyller de krav som presenterats i kravspecifikationen. Företrädesvis har bedömning av resultat erhållits från experter på Fagerhult som bistått vid utförande av test.

7.1 Test av installation

Efter genomförd workshop med utomstående installatör framkom att Excis G2 uppvisar goda möjligheter att uppfylla de önskemål en installatör har på en armatur. Uppskattade funktioner innefattar snäppfästet till tak, en lägre vikt än nuvarande armatur, överkoppling som standard och enkel koppling mellan tak och botten med säkringslina och WAGO-koppling (WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG, 2014). Detta medför att endast en installatör krävs vid installation vilket underlättar när armaturen skall fästas på hög höjd. Det är även en kostnadsfråga för beställare att inte behöva anlita två installatörer.

Vid fråga om gavel kunde fästas direkt i takprofilen ansåg installatör att det i detta fall bör tänkas på att utrymme skall finnas för installation till plint, enligt rekommendation minst 100 mm från gavel till plint. Om denna lösning används ansågs även att beröringsskydd mot LED-modul måste säkras för installatör då det vid elfel kan leda till olycka. Den positiva aspekten är att installatör slipper hålla koll på att kabeln ligger rätt vid insnäppning.

En annan synpunkt som framfördes var behovet av ett hål i taket för kabeldragning. Standard är att ett hål placeras mitt på armaturen med en tätning som kabel kan dras igenom.

7.2 Värmeberäkning

Efter beräkning i Autodesk Simulation (Autodesk Inc., 2014) framkom att Excis G2 har en relativt god värmeavledning. Fig. 7.1 visar att armaturens stomme vid drift har en maximal temperatur på cirka 70 ° C. De känsliga komponenterna är LED-moduler och driftdon. Vid LED-modulernas kritiska punkt är temperaturen maximalt 71 ° C vilket anses godkänt då den högsta tillåtna temperaturen är 75 ° C. Dock kan högre verkningsgrad uppnås om temperaturen sänks.

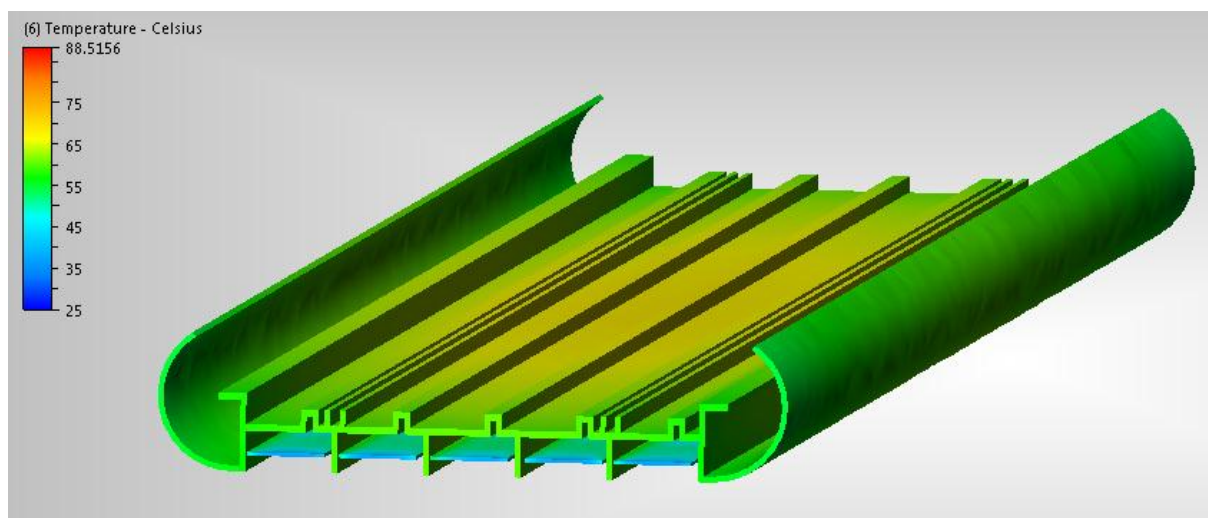


Fig. 7.1, Resultat från värmeberäkningsprogramvara.

Lufttemperaturen inom armaturen är cirka 65 ° C. Driftdonets kritiska temperatur är 90 ° C vilket medför att driftdonen ej direkt riskerar att skadas av värmen. Skulle dessa placeras mot taket som har en lägre temperatur (se fig. 7.2) skulle risken minska ytterligare.

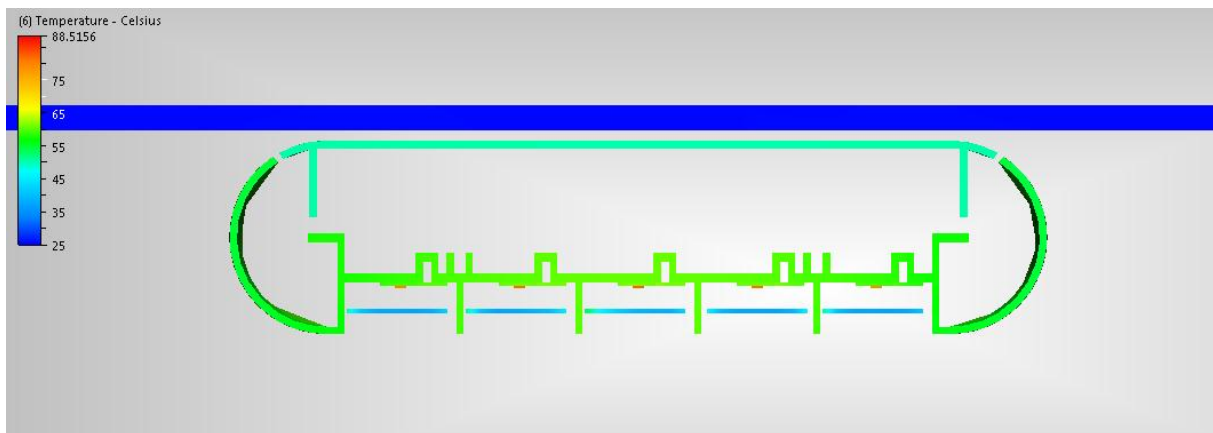


Fig. 7.2, Resultat från värmeberäkningsprogramvara, tvärsnitt genom armatur.

Värmeberäkningen har enligt utlåtande av expert på Fagerhult givit goda förutsättningar för en välfungerande armatur då samtliga kritiska temperaturer ligger inom godkända intervall.

7.3 Ljusbildning

Initialt visade mätningen att armaturen efter radering av skuggans påverkan innehade ett ljusflöde på 21 500 lumen. Det beslutades att låta armaturen lysa i cirka tio minuter för att se hur värmepåverkan influerade ljusflödet. Vid nästa avläsning kunde det fastslås att ljusflödet minskade med 900 lumen vilket gav ett resultat på 20 600 lumen. Flödesminskningen beror av att komponenterna presterar sämre vid hög temperatur och då plåtprototypen förutspås innehåva sämre värmeavledande egenskaper (SAPA Profiler AB, 2009) kan det ej säkerställas att minskningen i aluminiumarmaturen kommer vara lika stor. Troligen kommer ljusflödet vara högre vid drift i aluminiumprofilen än i plåtprototypen enligt bedömning av personal på Fagerhult. Efter tio minuter var ljusflödet konstant och fler mätningar utfördes ej.

7.4 Ljusplanering

Den ljusplanering som utförts finns att ta del av i bilaga 3. Här presenteras de viktigaste slutsatser som kan dras av simuleringen. I en sporthall med sju meters montagehöjd sprids ljuset enligt fig. 7.3. De zoner som markeras med ellipser beskriver den illuminansen som förefaller på golvytan. Av data framgår att en uppsättning med 40 armaturer uppfyller de krav som satts upp för projektet. Ljusspridningen faller inom rimliga gränser och ljusbilden (se fig. 7.4) beter sig ungefärligen som förväntat. Verkningsgraden hos Excis G2 ligger på 89 % jämfört med tidigare armaturs 71 %. Enligt omdöme från personal med expertis på detta område har simuleringen givit goda resultat.

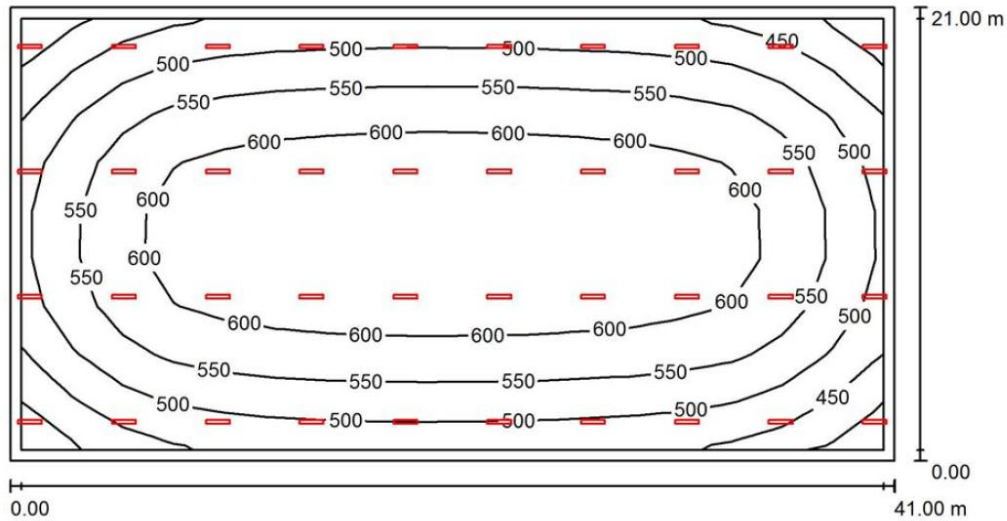


Fig. 7.3, Illustration av ljusplanering.

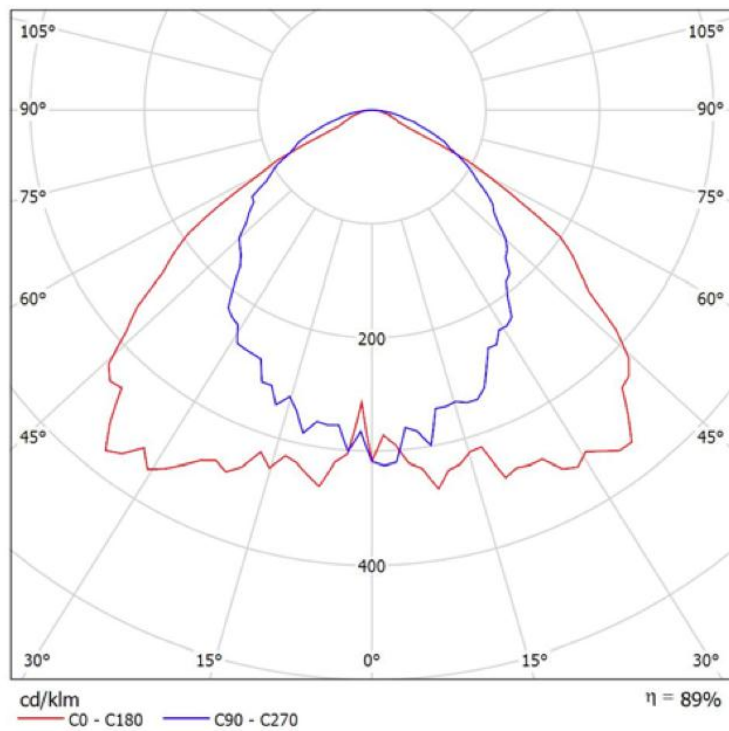


Fig. 7.4, Ljusbild för Excis G2.

7.5 IP-klassning

En IP-klass ansågs ej gå att fastställa med det underlag som prototyperna utgjorde. Enligt preliminär bedömning av personal på Fagerhults laboratorium ansågs dock att lösningen har mycket goda förutsättningar att klara IP 21, möjlighet finns att lösningen kommer att erhålla en högre kapslingsklass.

7.6 Preliminärt bolltest

Enligt bedömning av kastaren uppnådde kastet en hastighet på cirka 80 km/h, dock utfördes ej någon hastighetsmätning. Profilen utsattes för 12 träffar rakt framifrån. Inga kast utfördes med 45 graders vinkel då armaturen bedöms vara mycket tålig från den vinkeln. Efter samtliga träffar påträffades ej skada eller deformation som kunde upptäckas med visuell kontroll. Resultatet bedömdes av personal på Fagerhult som gott.

8. Modifikation

Efter tester av armaturens CAD-underlag och prototyper uppmärksammades ett antal mindre justeringar som åtgärdades. Modifikationerna beskrivs i detta stycke.

8.1 Minskad bredd

Då området kring armaturens rundningar ansågs sakna funktion bortsett från formspråk undersöktes möjligheten att minska dess bredd och därmed spara material, utrymme och förhoppningsvis även minska profilpressens storlek. Detta skulle resultera i lägre kostnad och materialåtgång, mindre volym vid transport och därmed lägre miljöpåverkan. Bredden minskades från 260 mm till 220 mm (se fig. 8.1). I detta skede upptäcktes att det fanns en möjlighet att undkomma ett profilverktyg med hålprofil då detta medför en högre verktygskostnad. Av denna anledning breddades taket så det möter den rundade kanten med en vinkel på 60 grader. Hänsyn togs till installatörs önskemål om att kunna lossa armaturen med endast två skruv på vardera sida och att kunna använda skruvdragare till detta, vilket resulterade i att snäppfogen flyttades nedåt och åt kanterna.

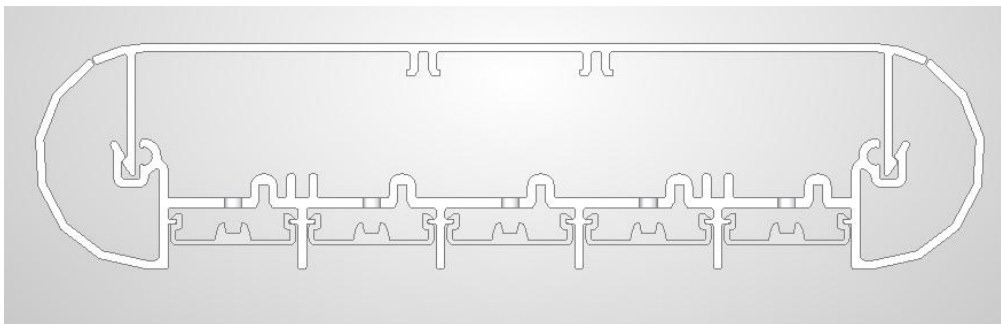


Fig. 8.1, Profil med minskad bredd, 220 mm.

Med minskad bredd utfördes en viktberäkning i Solid Edge (se bilaga 5) som resulterade i en total vikt på 6,3 kg. Detta är beräknat på de komponenter som finns listade i bilagan. Skruvar och kablar är ej vägda. Stommen i sig väger 3,4 kg.

8.2 Takinfästningar

Projektbeskrivningen stiftade att befintliga takfästen om möjligt skall användas. Det skedde ändå en viss konceptutveckling av nya takfästen men i samråd med projektledningen bestämdes det att de ej skulle utvecklas vidare. Lösningen blev således att fyra stycken M6 hål skall borraras i takprofilen. Detta medger montage av samtliga befintliga takfästen som Fagerhult anser relevanta för sporthallsarmaturer. Dessa är horisontala och vertikala rörfästen, dikt tak och vajerpendling. Lösningen bidrar till att armaturen får en något högre kostnad då hål i takprofilen kräver efterbearbetning men det ansågs ändå vara den bästa lösningen då alla befintliga takfästen kan brukas.

Då armaturen fästs på så vis att kabel hamnar i mitten av armaturen placerades ett hål med tätning centrerat i takprofilen. Genom denna ges möjlighet att dra kabel lodrätt från taket ner till armaturen. Detta utfördes efter önskemål av installatör, se avsnitt 7.1.

8.3 Gavel

Till följd av ändringarna i profilen uppdaterades gaveln för att passa den övriga armaturen. Gavelns bredd ändrades från 260 mm till 220 mm. Då skruvfickan för snäppfogen flyttades ner ändrades även hålbilden i gaveln för att passa detta. Ett lösningsförslag som uppkom var att gaveln skulle svetsas fast i takprofilen för att minska antalet skruvar i vardera gavel från fyra till två. Detta var något som dock kritiserades efter konsultation med installatör eftersom LED-modulerna kunde riskera att exponeras utan beröringsskydd vid installation eller nedmontage av armatur. Med kritiken i åtanke designades två lösningar som behandlade beröringsskyddsproblematiken. Den första lösningen var att behålla gaveln enligt tidigare princip med två hål för infästning i stommen. Hålen skulle nu dock placeras vid skruvfickorna för infästning av driftdonen (se fig. X). Motförslaget var att metallklipps skulle fästa linserna vid spalterna. Detta skulle medföra att klippsen måste avlägsnas för åtkomst till LED-moduler vilket skulle medge beröringsskydd.

8.4 Lins

Vid modifikationen framkom att överenskommelse slutits med tillverkare av linsar där föreslagen lins var närmast identisk med den som utformats till Excis G2. Beslut togs därefter att vidare utveckling av Excis G2 skall medge möjlighet till användning av dessa linsar. Tillverkaren kan producera linserna antingen som extruderade eller formsprutade. En formsprutad variant anses vara att föredra då tekniken medger integration av tvärgående lameller vilket resulterar i att linsen ges längsgående avbländning. Då tekniken existerar är förhoppningen att externa bländskydd ej skall vara nödvändiga.

9. Slutsats

I enlighet med syftet har en produktutveckling av en ny lysdiodsbaserad sporthallsarmatur utförts. Projektet har resulterat i att Fagerhult köpt* ett fullständigt koncept med tillhörande modifikationer som uppfyller de standarder och önskemål som specificerats. Vid överlämning har således företaget en stadig grund att arbeta utifrån när en den nya sporthallsarmaturen skall beredas för produktion.

9.1 Utvärdering av resultat

För att kunna skapa en välfungerande armatur som Fagerhult skulle kunna bruka stiftades det ett antal "Key Success Factors" som beskrivs i avsnitt 1.4. Dessa faktorer kommer att behandlas nedan för att diskutera huruvida produkten lyckats eller misslyckats med att uppfylla dem.

Den första faktorn var att implementera lysdiodsteknik som uppfyller givna standarder samt ger likvärdiga eller bättre ljusegenskaper jämfört med befintlig sporthallsarmatur. Detta har utförts med gott resultat. Armaturen som utvecklats brukar den senaste lysdiodstekniken och har möjlighet att implementera ytterligare förbättrad teknik då sådan framställs. Ljusplaneringen av prototypen (se bilaga 3) visar att produkten uppnår en bättre ljusbild än nuvarande armatur. Ljusflödet som uppmäts visar *goda resultat och kan ytterligare förbättras om nya LED-moduler används och värmeavledningen optimeras.

Den andra faktorn var att skapa en ny, attraktiv design som skulle vara estetiskt tilltalande, funktionell samt optimerad för LED-teknik. Designens form är svår att bedöma då en sådan värdering är strikt subjektiv. Dock kan tilläggas att mycket goda reaktioner har mottagits. Armaturens konstruktion är funktionell och tillämpar nya lösningar som det innovativa bollskyddet, snäppfäste för enkel installation och lättmonterade linser. Utformningen av Excis G2 skapar en god och ändamålsenlig ljusbild som inte skiljer sig nämnvärt från nuvarande lösning. Det krävs det viss utveckling för att optimera för LED-tekniken. Temperaturen bör försöka sänkas vid LED-modulernas kritiska punkt för att ge en bättre verkningsgrad. Beröringsskyddet mot lysdioderna blev heller aldrig helt färdigställt.

Nästkommande faktor var att reducera stommens vikt och materialåtgång. Nuvarande Excis väger 10 kg vilket kan jämföras med Excis G2 som väger 6,3 kg (se bilaga 5). Detta innebär enklare installation, lägre kostnader vid transport och mindre miljöpåverkan. Detta beror till stor del på bytet från stålplåt till extruderad aluminium.

Utfört bolltest indikerar att den sista framgångsfaktorn kommer uppfyllas utan några svårigheter. Armaturen skadades ej vid testet och Excis G2 bedöms därmed vara robust nog för att uppnå kraven som följer enligt standarden VDE 0710 (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 1979).

Då nyckelfaktorerna och syftet sammanfattas visar det att produktutvecklingen skett enligt de ramar som på förhand satts. Samtidig metodik och produktspecifikation har följts och ett designkoncept med väl genomarbetat underlag har skapats. Dock har produktutvecklingsprojekt vid Fagerhult en ungefärlig ledtid på 12 månader. Detta innebär att Excis G2 ej kommer att nå produktion direkt vid överlämning. Företaget skall först utvärdera och möjligtvis modifiera materialet innan beslut om tillverkning tages.

9.2 Resultatets trovärdighet

Trovärdigheten av produktutvecklingen som resulterade i Excis G2 kan bedömas utifrån metodernas relevans samt resultatet av testerna. Tillräckligt många metoder anses ha använts till utvecklingen för att ge ett gott resultat. De metoder som valts bedöms som relevanta för en produktutveckling och gav upphov till ett stort antal konceptförslag. Detta innebar att det fanns ett brett underlag att arbeta vidare med vilket styrker trovärdigheten.

De metoder som kunde utförts på ett trovärdigare vis utgörs av reverse engineering och idéskiftesmetoden. I fallet reverse engineering borde en utförligare dokumentation gjorts. Så som metoden utfördes i projektet nådde den ej sin fulla potential. Metoden ansågs inte tillräckligt relevant då det ej fanns tillräckligt många och komplexa komponenter att studera.

För att idéskiftesmetoden skulle ge optimalt resultat borde idéerna som skulle bearbetas skapats mer enskilt. Vid utförandet av metoden hade idéerna redan delgetts till metodens deltagare då de mestadels skapats av båda deltagare. Metodens utförande var därför ej tillräckligt strukturerat för att ge ett helt tillförlitligt resultat.

Testningen bidrar till trovärdigheten både positivt och negativt. Att testning utförts som indikerar att armaturen har goda förutsättningar att nå kraven är gott. De tester som utförts har uteslutande givit positiva indikationer. Dock kan det ej fastställas att kraven möts genom test av prototyp, i synnerhet inte då prototypen i plåt testades. Denna besitter ej samma egenskaper som armaturen skall ha och resultatet av testerna bör därför ses som just indikationer. För att fastställa att kraven har uppfyllts måste en fullskalig funktionsprototyp tillverkas och testas.

9.3 Erfarenheter

Det finns många aspekter att ta hänsyn till inom armaturutveckling då produkten måste balanseras mellan funktionella lösningar, formgivning, prestanda och kostnadseffektivitet. Samtidigt måste en armatur uppnå en optimal ljusbild för att vara attraktiv. Det krävs därför kunskap inom flera områden och strukturerade processer för att skapa välfungerande armaturer.

Under projektet har det uppmärksammats att det är en stor fördel att tillverka en prototyp tidigt för att ge möjlighet till en itererande process mellan testning och konstruktion. På så vis kan lösningar omgående testas och bedömas. Dessutom upptäcks komplikationer ofta under testning.

Komponentval är en viktig faktor för funktionen hos en armatur. Många tillverkare erbjuder produkter av varierande teknik, kvalitet och pris. Att välja rätt komponenter kräver därför mycket efterforskning. Detta i kombination med att lysdiodsutbudet ständigt uppdateras och förbättras gör att det ofta är valet av komponenter som avgör prestandan därmed framgången av en armatur.

Att förhålla sig till standarder och lagar är ett krav. För att konkurrera med övrig marknad är det viktigt att uppnå höga värden i ett flertal standarder och tester. Bland annat kapslingsklass, verkningsgrad och mekanisk påfrestning har varit av vikt i det segment som Excis G2 riktats mot. Det rekommenderas därför att rådande standarder studeras i en tidig fas av utvecklingen.

9.4 Rekommendationer till fortsatt utveckling

Det kommer att ske ett fortsatt arbete med modifikationer för att armaturen skall besitta samtliga egenskaper som Fagerhult kräver innan en produkt når marknad. En produkt som skall tillhöra

Fagerhults ordinarie sortiment kräver en ytterligare optimering av pris och materialåtgång för att anses produktionsklar.

Armaturens värmeavledning bör ses över för att LED-modulerna skall få en lägre temperatur . Detta skulle ge dem en högre verkningsgrad och armaturen skulle på så vis förbättras. Kylflänsar i stommen över lysdiodernas placering är rekommenderat att konstruera. Ytterligare bör beröringsskyddet av LED-modulerna kontrolleras då en slutgiltig lösning ej valdes för placering av gaveln. Oavsett vilken lösning som väljs har armaturen uppfyllt kravbelagt beröringsskydd då den är installerad. Dock anses önskan från installatör om konstant beröringsskydd vara värd att vidareutveckla. Linserna kommer också att modifieras då de skall revideras för att även passa ett annat armaturprojekt.

Trots att produkten rekommenderas att utvecklas vidare anses att materialet som framtagits är ett väl underbyggt koncept. Fagerhult har ställt sig mycket positivt till materialet och anser att många funktioner och designförslag kan användas vid fortsatt utveckling. Därmed anses sannolikheten hög att en produkt med de lösningar som skapats når produktion.

Referenser

- Autodesk Inc. (den 1 januari 2014). *Simulation Software | Design & Engineering | Analysis Autodesk*. Hämtat från Autodesk | 3D Design, Egnineering & Entertainment Software: <http://www.autodesk.com/products/autodesk-simulation-family/overview> den 21 MAJ 2014
- Bergman, B., & Klefsjö, B. (1990). *Kvalitet från behov till användning*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Bohgard, M., Karlsson, S., Lovén, E., Olsvalder, A.-L., & m.fl. (2010). *Arbete och teknik på människans villkor*. Stockholm: Prevent.
- ColArt International Holdings Ltd. (u.d.). *Letraset - promarkers*. Hämtat från Letraset.com: <http://www.letraset.com/products/8-ProMarkers/> den 14 maj 2014
- Conrad.fr. (den 1 januari 2014). http://www.conrad.fr/medias/global/ce/7000_7999/7300/7320/7323/732350_RB_00_FB.EP_S_1000.jpg. Hämtat från Conrad.fr: http://www.conrad.fr/medias/global/ce/7000_7999/7300/7320/7323/732350_RB_00_FB.EP_S_1000.jpg den 14 maj 2014
- Day, M. (2005). PWM dimming enhances color purity in high-end LED video displays. *EE Times*, 1-2.
- Di Benedetto, C. A. (1999). *Identifying the Key Success Factors in New Product Launch*. New York: Elsevier Science Inc.
- DIAL GmbH. (den 1 januari 2014). *DIALux: DIAL - light. building. software*. Hämtat från DIAL GmbH - Home: <http://www.dial.de/DIAL/de/dialux.html> den 19 maj 2014
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (den 1 september 1979). *VDE 0710. Sporthallen Hallen für Turnen und Spielen Prüfung der Ballwurfsicherheit*. Berlin und Köln, Deutschland: Beuth Verlag GmbH.
- EDM Service. (den 1 januari 2011). *EDM Service*. Hämtat från EDM Service: <http://edmservice.se/home> den 19 maj 2014
- Energimyndigheten. (den 22 augusti 2013). *Energimyndigheten - Ord och begrepp*. Hämtat från Energimyndigheten: <https://www.energimyndigheten.se/Hushall/Din-ovriga-energianvandning-i-hemmet/Hembelysning/Information-pa-lampforpackningen/Ord-och-begrepp/> den 6 maj 2014
- Fagerhult Belysning AB. (u.d.). *LED - Fagerhult*. Hämtat från Fagerhult - Fagerhult: <http://www.fagerhult.com/sv/Supportcenter/LED/> den 14 maj 2014
- Fagerhults Belysning AB. (2011). *Indoor Lighting Solutions*. Fagerhult: Fagerhults Belysning AB.
- Fagerhults Belysning AB. (den 29 november 2013). *Excis G2 - Lighting for sports halls*. Fagerhult, Västra Götaland, Sverige: Fagerhults Belysning AB.

- Fagerhults Belysning AB. (2014). *Design in guide*. Fagerhult: Fagerhults Belysning AB.
- Fagerhults Belysning AB. (u.d.). *Drift - Fagerhult*. Hämtat från Fagerhult - Fagerhult: <http://www.fagerhult.com/sv/Supportcenter/LED/Drift/> den 14 maj 2014
- Fagerhults Belysning AB. (u.d.). *Excis - Fagerhult*. Hämtat från Fagerhult - Fagerhult: <http://www.fagerhult.com/sv/Produkter/Excis/Excis/> den 14 maj 2014
- Fagerhults Belysning AB. (u.d.). *Ljusupplevelse och ljusfärg - Fagerhult*. Hämtat från Fagerhult - Fagerhult: <http://www.fagerhult.com/sv/Supportcenter/LED/ljusupplevelse-och-ljusfarg/> den 21 maj 2014
- Gustavsson, A. (den 21 maj 2014). Intervju om belysningsteori. (M. Lorentsson, & J. Dahlberg, Intervjuare)
- Johannesson, H., Persson, J.-G., & Pettersson, D. (2004). *Produktutveckling - effektiva metoder för konstruktion och design*. Stockholm: Liber.
- Koninklijke Philips Electronics N.V. (2014). *Design-in guide Xitanium Indoor Linear LED drivers*. Amsterdam: Koninklijke Philips Electronics N.V.
- Källner, G. (den 18 mars 2014). Inledande intervju. (M. Lorentsson, & J. Dahlberg, Intervjuare)
- Källner, G. (den 24 mars 2014). Material till Ljusspridning. (M. Lorentsson, & J. Dahlberg, Intervjuare)
- Ljuskultur. (2013). *Ljus & Rum*. Stockholm: Magnus Franzell.
- Philips Lighting. (den 1 januari 2014). *Xitanium 110W 0.2-0.6A 215V TD 230V iXt - Philips Lighting*. Hämtat från OEM sample webshop - Philips Lighting: <http://oemwebshop.philips.com/xitanium-110w-02-06a-215v-td-230v-ixt.html?id=11025698> den 15 maj 2014
- SAPA Profiler AB. (2009). *Handbok för konstruktörer*. Vetlanda: SAPA Profiler AB, ojoj, lg.linden/text.
- ShinHan Art Materials Inc. (den 01 januari 2011). *Welcome To ShinHan Art Materials*. Hämtat från *Welcome To ShinHan Art Materials*: http://www.shinhanart.co.kr/eng/product/product_touch.php den 14 maj 2014
- Siemens Industry Software AB. (den 1 januari 2014). *Solid Edge: PLM-lösningar från Siemens PLM Software - Sverige*. Hämtat från Siemens Global Website: http://www.plm.automation.siemens.com/se_se/products/velocity/solidedge/index.shtml den 14 maj 2014
- Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. (den 1 januari 2014). *Teamcenter: Siemens PLM Software*. Hämtat från Siemens Global Website: http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/teamcenter/ den 20 maj 2014

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. (den 10 juli 2009). *IP-klassning*. Hämtat från SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut: <http://www.sp.se/sv/index/services/ip/sidor/default.aspx> den 7 maj 2014

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. (den 10 juli 2009). IP-klassning - Grad av skydd mot beröring och inträngande föremål (1:a siffran). Borås, Västra Götaland, Sverige.

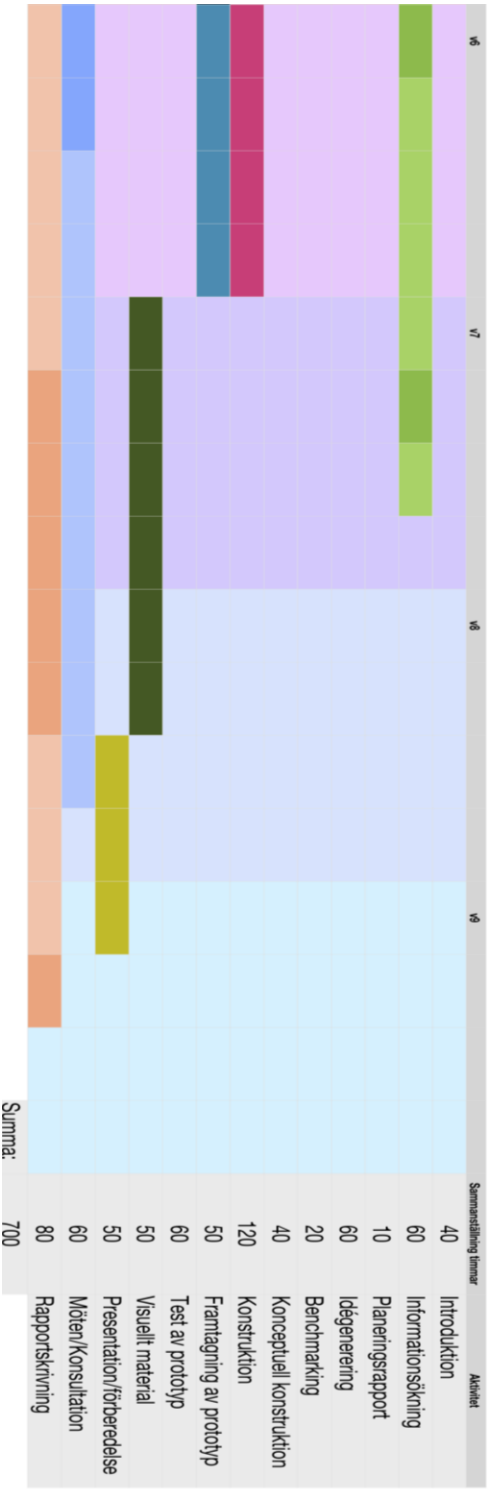
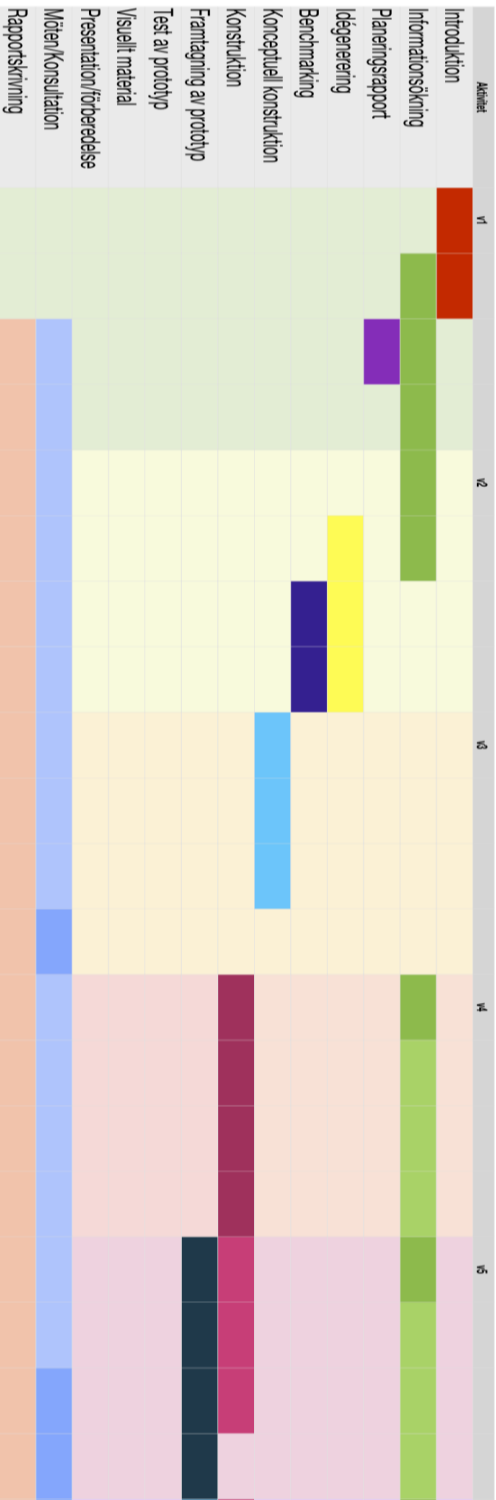
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. (den 10 juli 2009). IP-klassning - Grad av skydd mot inträngande vatten (2:a siffran). Borås, Västra Götaland, Sverige.

Starby, L. (2003). *En bok om belysning*. Södertälje: Ljuskultur.

Stratasys Ltd. (den 1 januari 2014). *About Dimension Elite 3D-printer | Stratasys*. Hämtat från Professional 3D-printing | Stratasys: <http://www.stratasys.com/3d-printers/design-series/performance/dimension-elite> den 14 maj 2014

WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG. (den 1 januari 2014). *WINSTA® MINI – For Space-Restricted Applications*. Hämtat från WAGO - Your international provider of electrical interconnect and automation solutions: <http://global.wago.com/en/products/product-catalog/pluggable-connector-systems/iwinstaisup-sup-pluggable-installation-connectors-iec-61535-en-61984/iwinstaisup-sup-mini/index.jsp> den 14 maj 2014

Bilaga 1 – Gantt-schema



Bilaga 2 – Kravspecifikation

KRAVSPECIFIKATION

Ljuskälla	LED
Ljusflöde	6 000, 12 000, 22 000 lm
Färgtemperatur	3000 K, 4000 K
Färgkvalitet	A+, ≤ 3 SDMC
Färgåtergivning	> 80 Ra
Illuminans	500-1000 lux på golvyta
Livstid	L70, 50 Khrs
Strålvidd	Bred (medium om tid finns)
Tillverkningskostnad	1 600-2 000 SEK
IP-klass	≥ 21
Maximal värme	Maxvärde hos driver - 5 °C
Gränssnitt för ljusreglering	DALI, DSI/switchDIM
Takfäste	Dikt tak, rörinfäst, vajerpendlad, linpendlad
Prototyp	Ja
Överkoppling	Ja
Medge byte utfört av installatör	Ja
Medge avbländning	Ja
Standarder	VDE 0710, A2-klass för AUK0500, EN 12193

Bilaga 3 – Ljusplanering

Sporthall

Fagerhults Belysning AB
566 80 Habo

FAGERHULT

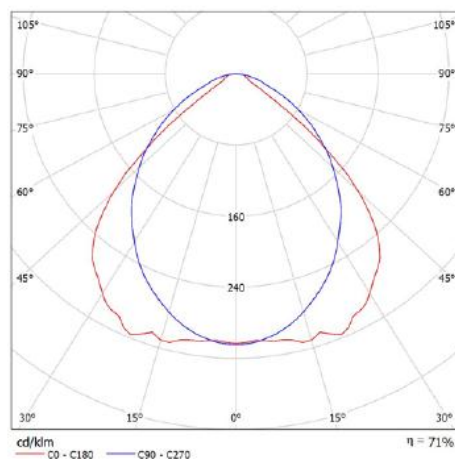
13.05.2014

Handläggare Klas Rejgård
Telefon +46 36 108500
Fax
e-post klas.rejgard@fagerhult.se

Fagerhult 18347 Excis 4x80W wide / Armaturdata

Ljusöppning 1:

En armaturbild framgår av vår produktkatalog.



Armaturklassificering enligt CIE: 100
CIE-ljuskod: 58 89 98 100 71

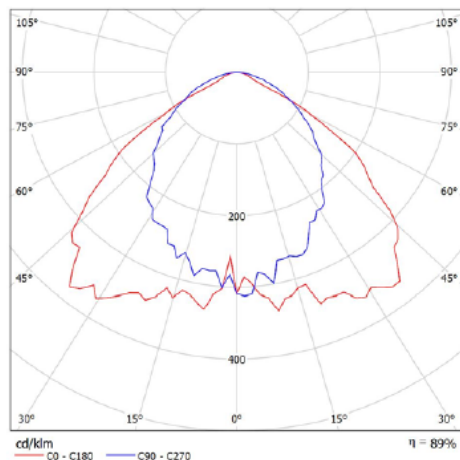
Ljusöppning 1:

Beräkning av bländning enligt UGR											
p Tak	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
p Höggar	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
p Golv	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Rumstorlek X Y	Blickriktning bates till tvärsaxel					Blickriktning längs till tvärsaxel					
2H	2H	20.3	21.5	20.6	21.7	21.9	21.7	22.8	22.0	23.1	23.3
	3H	20.4	21.4	20.7	21.6	21.9	22.4	23.4	22.7	23.7	24.0
	4H	20.4	21.4	20.8	21.7	21.9	22.7	23.6	23.0	23.9	24.2
	6H	20.5	21.4	20.9	21.7	22.0	22.9	23.8	23.2	24.1	24.4
	8H	20.6	21.5	21.0	21.8	22.1	23.0	23.8	23.3	24.1	24.5
4H	12H	20.7	21.5	21.0	21.8	22.2	23.0	23.9	23.4	24.2	24.5
	2H	20.7	21.7	21.0	22.0	22.2	21.9	22.9	22.2	23.2	23.4
	3H	20.9	21.8	21.3	22.1	22.4	22.8	23.6	23.2	23.9	24.3
	4H	21.1	21.8	21.5	22.2	22.5	23.2	23.9	23.6	24.3	24.6
	6H	21.4	22.0	21.8	22.4	22.8	23.5	24.2	24.0	24.5	24.9
8H	8H	21.5	22.1	21.9	22.5	22.9	23.7	24.3	24.1	24.6	25.1
	12H	21.6	22.2	22.1	22.6	23.0	23.8	24.3	24.2	24.7	25.1
	4H	21.4	22.0	21.8	22.4	22.8	23.3	23.8	23.7	24.2	24.6
	6H	21.8	22.3	22.3	22.7	23.2	23.7	24.2	24.2	24.6	25.1
	8H	22.0	22.5	22.5	22.9	23.4	24.0	24.4	24.4	24.8	25.3
12H	12H	22.3	22.6	22.7	23.1	23.6	24.1	24.5	24.6	24.9	25.4
	4H	21.4	21.9	21.9	22.3	22.8	23.3	23.8	23.7	24.2	24.6
	6H	21.9	22.3	22.4	22.7	23.2	23.8	24.2	24.2	24.6	25.1
	8H	22.2	22.5	22.7	23.0	23.5	24.0	24.4	24.5	24.8	25.3
	Variation av bländningsposition för tvärsaxel S										
S = 1.0H	+0.7 / -1.0					+0.2 / -0.3					
S = 1.5H	+1.5 / -1.4					+0.7 / -1.0					
S = 2.0H	+2.7 / -1.8					+1.0 / -1.7					
Standardbetti	BK02					BK02					
Korrektionsfaktor	3.0					4.8					
Korrigerade bländningskorrigeringar rotaterade till 24000lm Totalt ljusflöde											

ExG2 iTrack Linear LED Excis G2_sym bred beröringsskydd_V2 / Armaturdata

Ljusöppning 1:

En armaturbild framgår av vår produktkatalog.



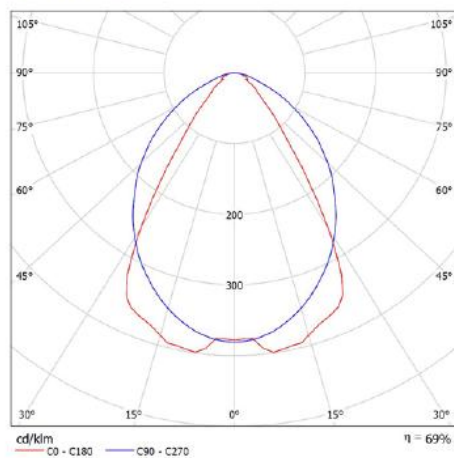
Armaturklassificering enligt CIE: 100
CIE-ljuskod: 51 86 98 100 89

Eftersom symmetriegenskaper saknas kan ingen UGR-tabell visas för denna armatur.

Fagerhult 18357 Excis 4x80W medium / Armaturdata

Ljusöppning 1:

En armaturbild framgår av vår produktkatalog.

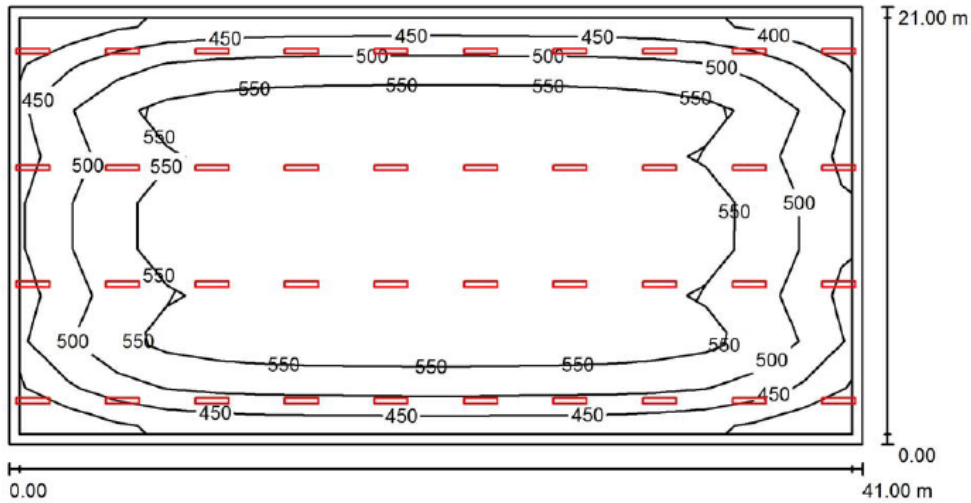


Armaturklassificering enligt CIE: 100
CIE-ljuskod: 67 90 98 100 69

Ljusöppning 1:

Beräkning av bländning enligt UGR												
p Tak		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	30
p Vägg		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	30
p Golv		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Rumsstorlek X Y		Blickriktning tvärs till tvärsaxel					Blickriktning längs till tvärsaxel					
2H	2H	16.3	17.3	16.6	17.5	17.8	21.8	22.8	22.1	23.0	23.3	23.3
	3H	17.1	18.0	17.4	18.3	18.5	22.5	23.5	22.8	23.7	24.0	24.0
	4H	17.5	18.4	17.8	18.7	19.0	22.7	23.6	22.9	23.8	24.1	24.1
	6H	17.9	18.7	18.2	19.0	19.3	22.9	23.8	23.1	24.0	24.3	24.3
	8H	18.1	18.9	18.4	19.2	19.5	23.0	23.8	23.1	24.0	24.3	24.3
4H	12H	18.2	19.0	18.6	19.3	19.6	23.1	23.8	23.1	24.0	24.3	24.3
	2H	17.1	18.0	17.4	18.2	18.5	21.8	22.6	22.1	22.9	23.2	23.2
	3H	18.2	18.9	18.6	19.3	19.6	22.6	23.4	22.8	23.6	23.9	23.9
	4H	18.8	19.5	19.2	19.8	20.2	23.0	23.7	23.1	24.0	24.3	24.3
	6H	19.3	19.9	19.6	20.3	20.7	23.3	23.9	23.2	24.1	24.4	24.4
8H	12H	19.6	20.1	20.0	20.5	20.9	23.5	24.0	23.3	24.2	24.5	24.5
	2H	19.8	20.3	20.3	20.7	21.1	23.6	24.1	23.4	24.3	24.6	24.6
	3H	19.3	19.9	19.8	20.3	20.7	23.1	23.6	22.9	23.8	24.1	24.1
	4H	20.1	20.5	20.5	20.9	21.4	23.5	24.0	23.3	24.2	24.5	24.5
	6H	20.5	20.8	20.9	21.3	21.7	23.8	24.1	23.4	24.3	24.6	24.6
12H	12H	20.8	21.1	21.3	21.6	22.0	23.9	24.3	23.6	24.4	24.7	24.7
	4H	19.4	19.9	19.9	20.3	20.7	23.1	23.6	22.9	23.8	24.1	24.1
	6H	20.2	20.6	20.7	21.0	21.5	23.6	23.9	23.2	24.1	24.4	24.4
	8H	20.7	21.0	21.1	21.4	21.9	23.8	24.1	23.4	24.3	24.6	24.6
	12H	21.1	21.4	21.5	21.8	22.3	24.1	24.4	23.7	24.5	24.8	24.8
Valören av bländningsindex för tvärsänd 5												
S = 1.0H		+0.7 / -0.3					+0.5 / -0.4					
S = 1.5H		+1.2 / -1.0					+0.7 / -0.6					
S = 2.0H		+1.9 / -1.3					+1.6 / -1.8					
Standardtabell		BK05					BK02					
Korrigeringsfaktor		1.5					4.6					
Korrigerade bländningsindex för tvärsänd till 2400lm Takatt (justerat)												

Excis / Sammanfattning



Rumshöjd: 7.000 m, Monteringshöjd: 7.000 m, Underhållsfaktor: 0.80

Värden i Lux, Skala 1:294

Yta	ρ [%]	E_{med} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{med}
Beräkningsplan	/	525	366	638	0.698
Golv	20	516	290	635	0.563
Tak	50	91	73	131	0.804
Väggar (4)	30	241	74	1585	/

Beräkningsplan:

Höjd:	0.000 m
Rutssystem:	17 x 9 Punkter
Gränsyta:	0.500 m

UGR

Vänster vägg	21
Nedre vägg	20
(CIE, SHR = 0.25.)	

Längsgående-

Tvär	24
Tvär	24

till armaturaxel

Dellista armaturer

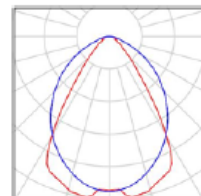
Nr.	Antal	Beteckning (Korrektionsfaktor)	Φ (Armatur) [lm]	Φ (Ljuskälla) [lm]	P [W]
1	40	Fagerhult 18357 Excis 4x80W medium (1.000)	16964	24600	340.0
Totalt:			678543	984000	13600.0

Effektförbrukning: 15.80 W/m² = 3.01 W/m²/100 lx (Yta: 861.00 m²)

Excis / Dellista armaturer

40 Antal Fagerhult 18357 Excis 4x80W medium
 E-nr./Art.-nr.: 18357
 Ljusflöde (Armatur): 16964 lm
 Ljusflöde (Ljuskälla): 24600 lm
 Totaleffekt/armatur: 340.0 W
 Armaturklassificering enligt CIE: 100
 CIE-ljuskod: 67 90 98 100 69
 Bestyckning: 4 x 80W (Korrektionsfaktor 1.000).

En armaturbild framgår av vår produktkatalog.



Excis / Ljustekniska resultat

Totalt ljusflöde: 678543 lm
 Totalt effekt: 13600.0 W
 Underhållsfaktor: 0.80
 Gränsyta: 0.500 m

Yta	Medelbelysningsstyrkor [lx]			Reflektionsfaktor [%]	Medelluminans [cd/m ²]
	direkt	indirekt	totalt		
Beräkningsplan	470	55	525	/	/
Golv	460	56	516	20	33
Tak	0.01	91	91	50	15
Vägg 1	149	73	222	30	21
Vägg 2	207	71	278	30	27
Vägg 3	149	73	222	30	21
Vägg 4	207	70	276	30	26

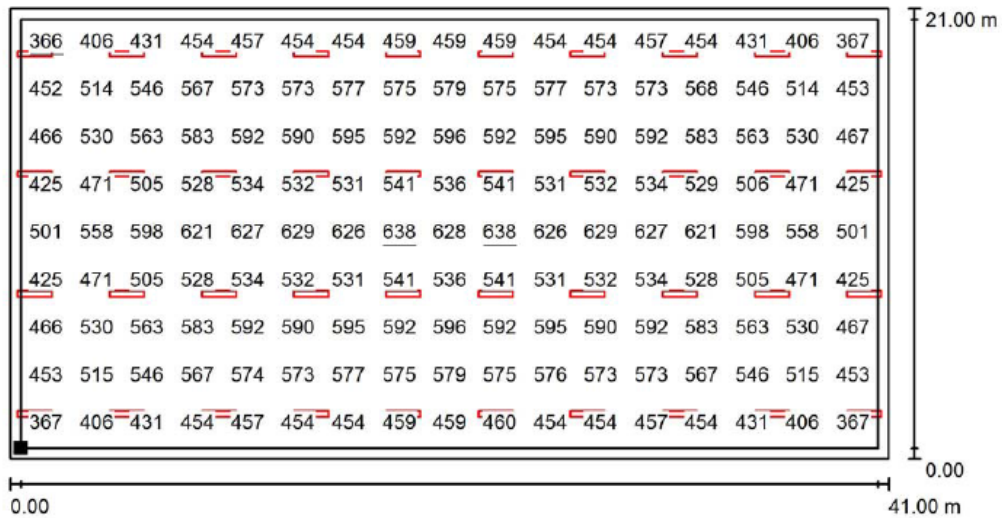
Jämnhet på beräkningsplanet
 $E_{\min} / E_{\text{med}}: 0.698 (1:1)$
 $E_{\min} / E_{\max}: 0.575 (1:2)$

UGR
 Vänster vägg 21
 Nedre vägg 20
 (CIE, SHR = 0.25.)

Längsgående-
 Tvär till armaturaxel
 24
 24

Effektförbrukning: $15.80 \text{ W/m}^2 = 3.01 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Yta: 861.00 m^2)

Excis / Beräkningsplan / Värdegrafik (E)



Värden i Lux, Skala 1 : 294

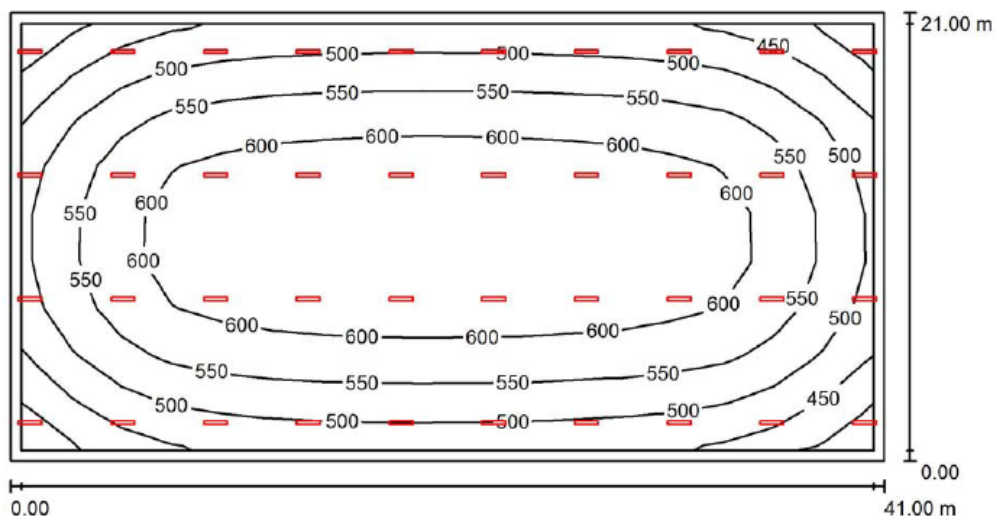
Ytans läge i rummet:
 Belysningsplan med 0.500 m
 Gränsyta
 Markerad punkt:
 (0.500 m, 0.500 m, 0.000 m)



Rutssystem: 17 x 9 Punkter

E_{med} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{med}	E_{min} / E_{max}
525	366	638	0.698	0.575

Excis G2 / Sammanfattning



Rumshöjd: 7.000 m, Monteringshöjd: 7.000 m, Underhållsfaktor: 0.80

Värden i Lux, Skala 1:294

Yta	ρ [%]	E_{med} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{med}
Beräkningsplan	/	551	382	656	0.694
Golv	20	545	313	658	0.574
Tak	50	105	90	217	0.856
Väggar (4)	30	331	87	1947	/

Beräkningsplan:

Höjd: 0.000 m
Rutssystem: 17 x 9 Punkter
Gränsyta: 0.500 m

Dellista armaturer

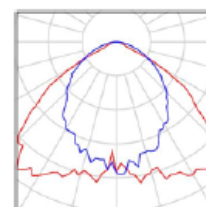
Nr.	Antal	Beteckning (Korrektionsfaktor)	Φ (Armatur) [lm]	Φ (Ljuskälla) [lm]	P [W]
1	40	ExG2 iTrack Linear LED Excis G2_sym bred beröringsskydd_V2 (1.000)	19509	22000	266.0
Totalt:			780369	880000	10640.0

Effektförbrukning: 12.36 W/m² = 2.24 W/m²/100 lx (Yta: 861.00 m²)

Excis G2 / Dellista armaturer

40 Antal ExG2 iTrack Linear LED Excis G2_sym bred beröringsskydd_V2
E-nr./Art.-nr.: ExG2
Ljusflöde (Armatur): 19509 lm
Ljusflöde (Ljuskälla): 22000 lm
Totaleffekt/armatur: 266.0 W
Armaturklassificering enligt CIE: 100
CIE-ljuskod: 51 86 98 100 89
Bestyckning: 11 x LED 0.3W White 2323 package (65mA) (Korrektionsfaktor 1.000).

En armaturbild framgår av vår produktkatalog.



Excis G2 / Ljustekniska resultat

Totalt ljusflöde: 780369 lm
 Totalt effekt: 10640.0 W
 Underhållsfaktor: 0.80
 Gränsyta: 0.500 m

Yta	Medelbelysningsstyrkor [lx]			Reflektionsfaktor [%]	Medelluminans [cd/m ²]
	direkt	indirekt	totalt		
Beräkningsplan	482	68	551	/	/
Golv	476	69	545	20	35
Tak	0.01	105	105	50	17
Vägg 1	246	84	330	30	32
Vägg 2	248	86	334	30	32
Vägg 3	245	84	328	30	31
Vägg 4	250	84	334	30	32

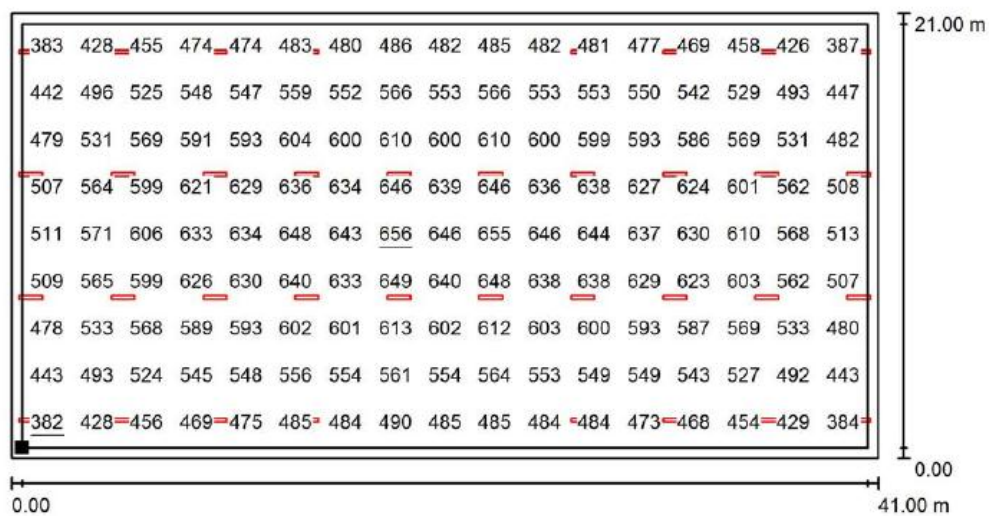
Jämnhet på beräkningsplanet

$E_{\min} / E_{\text{med}}$: 0.694 (1:1)

E_{\min} / E_{\max} : 0.583 (1:2)

Effektförbrukning: 12.36 W/m² = 2.24 W/m²/100 lx (Yta: 861.00 m²)

Excis G2 / Beräkningsplan / Värdegrafik (E)



Värden i Lux, Skala 1 : 294

Ytans läge i rummet:
 Belysningsplan med 0.500 m
 Gränsyta
 Markerad punkt:
 (0.500 m, 0.500 m, 0.000 m)



Rutssystem: 17 x 9 Punkter

E_{med} [lx]
551

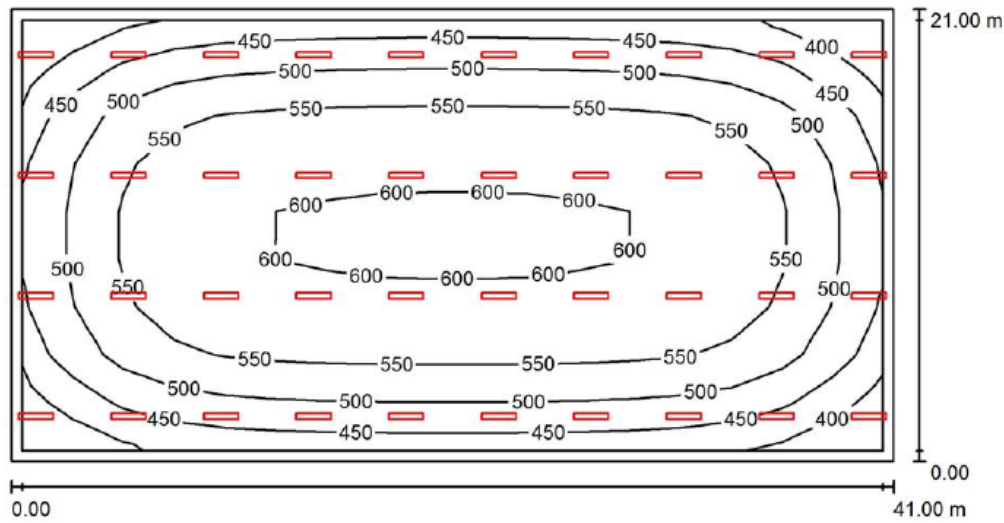
E_{\min} [lx]
382

E_{\max} [lx]
656

$E_{\min} / E_{\text{med}}$
0.694

E_{\min} / E_{\max}
0.583

Excis 4x80W bred / Sammanfattning



Rumshöjd: 7.000 m, Monteringshöjd: 7.000 m, Underhållsfaktor: 0.80

Värden i Lux, Skala 1:294

Yta	ρ [%]	E_{med} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{med}
Beräkningsplan	/	525	356	613	0.678
Golv	20	515	288	619	0.558
Tak	50	94	78	133	0.830
Väggar (4)	30	267	76	1354	/

Beräkningsplan:

Höjd: 0.000 m
Rutssystem: 17 x 9 Punkter
Gränsyta: 0.500 m

UGR

Vänster vägg: 22
Nedre vägg: 22
(CIE, SHR = 0.25.)

Längsgående-

22

Tvär

25

till armaturaxel

24

Dellista armaturer

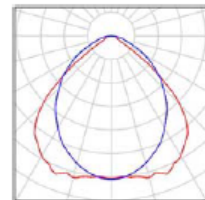
Nr.	Antal	Beteckning (Korrektionsfaktor)	Φ (Armatur) [lm]	Φ (Ljuskälla) [lm]	P [W]
1	40	Fagerhult 18347 Excis 4x80W wide (1.000)	17486	24600	340.0
Totalt:			699449	984000	13600.0

Effektförbrukning: 15.80 W/m² = 3.01 W/m²/100 lx (Yta: 861.00 m²)

Excis 4x80W bred / Dellista armaturer

40 Antal Fagerhult 18347 Excis 4x80W wide
E-nr./Art.-nr.: 18347
Ljusflöde (Armatur): 17486 lm
Ljusflöde (Ljuskälla): 24600 lm
Totaleffekt/armatur: 340.0 W
Armaturklassificering enligt CIE: 100
CIE-ljuskod: 58 89 98 100 71
Bestyckning: 4 x 80W (Korrektionsfaktor 1.000).

En armaturbild framgår av vår produktkatalog.



Excis 4x80W bred / Ljustekniska resultat

Totalt ljusflöde: 699449 lm
 Totalt effekt: 13600.0 W
 Underhållsfaktor: 0.80
 Gränsyta: 0.500 m

Yta	Medelbelysningsstyrkor [lx]			Reflektionsfaktor [%]	Medelluminans [cd/m ²]
	direkt	indirekt	totalt		
Beräkningsplan	466	59	525	/	/
Golv	456	59	515	20	33
Tak	0.02	94	94	50	15
Vägg 1	181	75	256	30	24
Vägg 2	213	75	288	30	28
Vägg 3	181	75	256	30	24
Vägg 4	213	73	287	30	27

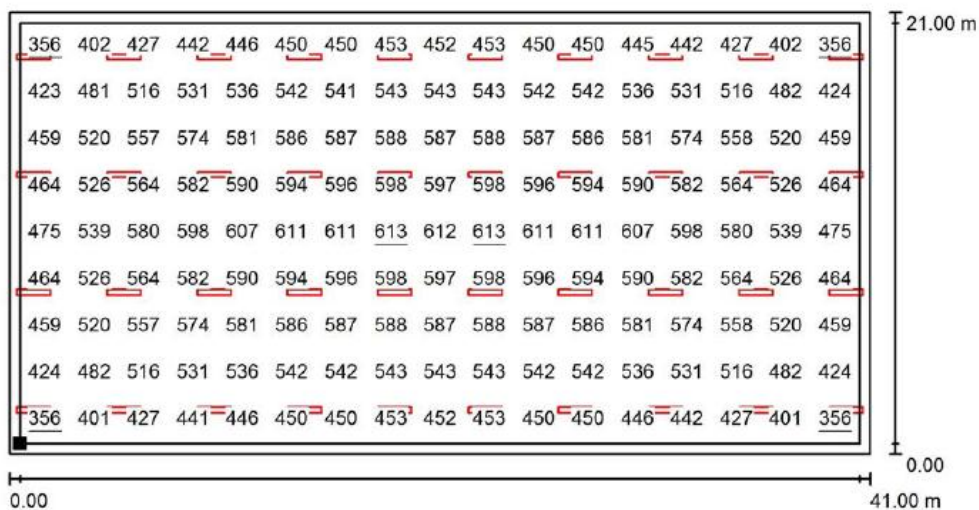
Jämnhet på beräkningsplanet
 E_{min} / E_{med} : 0.678 (1:1)
 E_{min} / E_{max} : 0.580 (1:2)

UGR
 Vänster vägg 22
 Nedre vägg 22
 (CIE, SHR = 0.25.)

Längsgående-
 Tvär till armaturaxel
 25
 24

Effektförbrukning: 15.80 W/m² = 3.01 W/m²/100 lx (Yta: 861.00 m²)

Excis 4x80W bred / Beräkningsplan / Värdegrafik (E)



Värden i Lux, Skala 1 : 294

Ytans läge i rummet:
 Belysningsplan med 0.500 m
 Gränsyta
 Markerad punkt:
 (0.500 m, 0.500 m, 0.000 m)



Rutssystem: 17 x 9 Punkter

E_{med} [lx] 525 E_{min} [lx] 356 E_{max} [lx] 613 E_{min} / E_{med} 0.678 E_{min} / E_{max} 0.580

Bilaga 4 – IP-klassning

Sida 6
SS-EN 60529, utgåva 1.2

4.2 IP-beteckningens delar och deras betydelser

En kortfattad beskrivning av IP-beteckningens delar ges i nedanstående tabell. Närmare beskrivningar återfinns i de avsnitt som anges i tabellens högra kolumn.

Beståndsdelar	Siffror eller bokstäver	Betydelse avseende grad av skydd för materiel	Betydelse avseende grad av skydd för personer	se avsnitt
Beteckningsbokstäver	IP			
Första beteckningssiffran	0 1 2 3 4 5 6	Mot inträngande av fasta främmande föremål (inget skydd) ≥ 50 mm diameter ≥ 12,5 mm diameter ≥ 2,5 mm diameter ≥ 1,0 mm diameter dammskyddat dammtätt	Mot beröring av farliga delar med (inget skydd) baksidan av handen finger verktyg tråd tråd tråd	5
Andra beteckningssiffran	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Mot skadlig inverkan av inträngande vatten (inget skydd) lodrätt fallande droppar dito när kapslingen intar 15° strilande vatten överstrilning med vatten vattenstrålar kraftiga vattenstrålar kortvarig nedsänkning i vatten långvarig nedsänkning i vatten varma vattenstrålar med högt tryck	(inget skydd)	6
Tilläggsbokstav (ej erforderlig)	A B C D		Mot beröring av farliga delar med baksidan av handen finger verktyg tråd	7
Kompletterande bokstav (ej erforderlig)	H M S W	Kompletterande upplysningar avseende högspänningsmateriel utrustning i rörelse under vattenprov utrustning stillastående under vattenprov väderleksförhållanden		8

Bilaga 5 – Viktberäkning

	Vikt i kg	Antal	Summa vikt
Stomme	3,420378	1	3,420378
Tak	1,654212	1	1,654212
Grommet	0,002172	3	0,006516
Driver	0,216854	2	0,433708
Plint	0,01363	2	0,02726
Gavel	0,084859	2	0,169718
Lins	0,097082	5	0,48541
LED	0,011053	10	0,11053
<u>Excis G2</u>	<u>6,307732</u>		