

# Polkupyörän valot led-lampuilla ja dynamolla

Markku Kauppinen

**Dynamot ovat hyvin varmakäyttöisiä ja ekologisista sähkön lähteitä polkupyörän valoille. Ledien pienellä kuormituksella dynamot eivät myöskään jarruta niin paljon kuin aikoinaan hehkulamput. Näissä ohjeissa käytetty 1W led tuottaa myös moninkertaisen valotehon entiseen 3W hehkulamppuun verrattuna.**



## Ominaisuudet

Dynamolamppu on suunniteltu iskun- ja säänkestäväksi polkupyörän lamppuksi, jonka voisi jättää kiinteästi paikalleen. Lamppu toimii niin napadynamoilla kuin perinteisillä pyörän kumiin nojaavilla "pullo"-dynamoilla, hehkulamppuversioon nähden huomattavasti vähemmän vastusta aiheuttaen. Tämä vähentää myös perinteisten pullodynamioiden kumiin kohdistamaa kulumista, jos se nyt edes on erityinen ongelma mikäli valoja tarvitsee harvoin. Lamppu on kuitenkin oltava ja mieluusti luotettava ja aina valmis sellainen.

Polkupyörän dynamot ovat yleensä nimellijännitteeltään noin 6V vaihtovirtaa (AC) tuottavia generaattoreita. Hehkulamppua käytettäessä tuo vaihtovirta voidaan syöttää sellaiseen lampulle, jolle on aivan sama minkälainen napaisuus tai vaihtovirta tulevassa jännitteessä on.

Kun käytetään led-lamppuja, on vaihtovirta ensin tasasuunnattava, suodatettava tasaisemmaksi ja sitten elektronisesti säädettävä tiettyyn ledille sopivaan jännitteeseen ja virtaan. Kun regulaattorilta saadaan sama vakaa jännite, voidaan ledille käyttää pienempiarvoista etuvastusta tiettyyn virtaan pyrittäessä ja hyötysuhde paranee. Näin on tehty tämän dynamolampun osalta, jonka elektroniikka vastaa vakavoidun AC/DC hakkurivirtalähteen kytkentää.

Vaihtovirtaa voi kytkentään syöttää yhtä hyvin vaikka pieneltä tuuligeneraattorilta, joita voi tehdä halvalla juurikin polkupyörän "pullo"-dynamoista (alle 10,- eur)

Lampun elektroniikka on lainattu Mikko Esalan tekemästä perus AC/DC-virtalähdekytkennästä (Ideaport), jonka saa tuottamaan regulaattoria vaihtamalla myös muita jännitteitä. Esimerkiksi 5V regulaattorilla voisi ladata vaikka puhelimia tai varavirtalähdettä (Powerbank).

Lamppuun ei tarvita kytkintä jos käytetään perinteistä pyörän kumiin kiinni käännettävää dynamoa, mutta napadynamoille sellainen kannattaa lisätä. Lampun kuormitus kuitenkin lisää pyörän navan vastusta. Vastus on toki pieni. Napadynamot eivät myöskään juuri pidä ääntä, joten kytkimen voi hyvin jättää pois.

## Kotelointi

Valaisimen koteloinnista on näissä ohjeissa esitetty kaksi mallia. Mallissa 1 koko elektroniikka on samassa kotelossa (otsikon kuva). Mallissa 2 valaisiosa (/lyhtyosa jossa on vain led) on omassa kotelossaan ja tasajännitteen tuottava elektroniikka erillisessä kotelossa.

Tämä jälkimmäinen versio ennakoii myös tulevaa (paristo)akku/powerbank-mallia.

## Malli 1

Kotelo tehdään 40x40mm alumiini-putkesta. Toki terästäkin voi käyttää, mutta pintakäsittely pitää tehdä huolella ettei lamppu ala ruostumaan.

Lampun päädyt ovat rihlattuina kalustetulppia, joiden uriin voi laittaa vielä yhden O-renkaat, jos tiiviydestä ja lampun pitkästä iästä haluaa varmistua. Ledin valaisukulman kaventava linssi edessä liimataan n. 20mm aukon huulille tulppaan. Näin valaisimesta saa mahdollisimman lyhyen elektroniikkapiirilevystä huolimatta. Linssi liimataan kauttaaltaan vesitiiviiksi tulpan sisäpuolelta.

Sähköt (3V) punaiselle takavalolle on otettavissa myös tässä mallissa valkoisen ledin rinnalta, jos erillistä takavaloa ei ole. Kulkureitti tehdään parijohdolla tulpan läpi aina polkupyörän takaosaan asti.

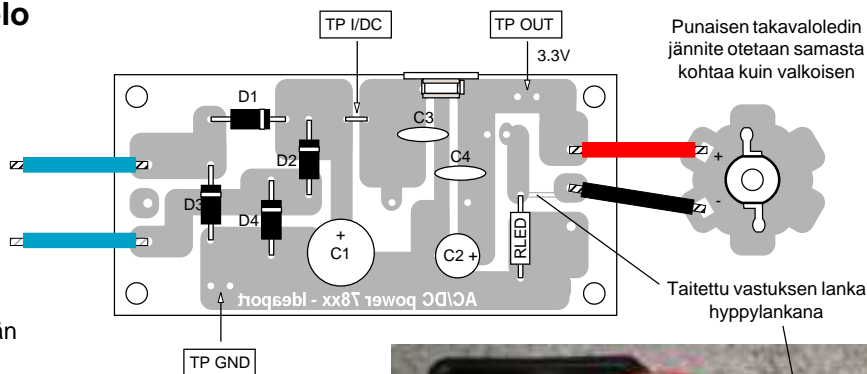
## Malli 2 (kuvattu sivulta 4 alkaen)

Lyhty tehdään 40x40mm alumiini-putkesta, mutta dynamoregulaattorin elektroniikka laitetaan erilliseen vesitiiviiseen koteloon.

Koska elektroniikkaosa on erillinen, voisi tätä erillistä lyhtyä syöttää muillakin virtalähteillä ja akuilla (joista myöhemmin lisää). Jos kuitenkin käytetään dynamoa, ei kytkentä eroa mitenkään mallista 1.

## Dynamoregulaattorin osaluettelo

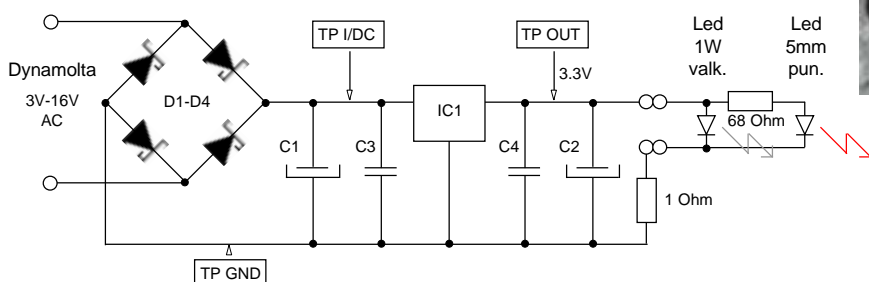
- D1 - 4 ----- 1N5819 Schottky diodi
- C1 ----- 1000µF 25V elko
- C2 ----- 10µF 25V elko
- C3, 4 ----- 100nF kerko
- IC1 ----- R 78E3.3-0.5 (Recom)  
tai vastaava hakkurityyppinen 0.5A DC-DC  
regulaattori
- RLED ----- 1 Ohm 1/4W
- LED1W ---- Valkoinen (emitter-tyyppi ja tähän  
sopiva linssi)
- LED pun. -- Punainen superkirkas



C1 kannattaa laittaa makuulleen piirilevyllä ja liimata kiinni, jotteivät langat väsyisi poikki tännästä



## KytKentäkaavio



KytKentäkaavio perustuu Mikko Esalan laatimaan 78-sarjan regulaattoreilla toimivan virtalähteen ohjeeseen ja piirilevyyn. Piirilevyllä on merkitty testipisteiden paikat, joista kohdin voidaan myös dynamovalon kohdalla mitata jännitteitä yleismittarilla tai oskilloskoopilla.

Kyseiisiin kohtiin voi juottaa joko testipiikit tai hyppylankasilmukat. Erityisesti kuitenkin kohdassa TP I/DC tulee olla nimenomaan hyppylanka, koska foliossa on myös katkos kyseisessä kohdassa tutkimismahdollisuuksia varten.



## Toiminnan selostus

Dynamolta tuleva vaihtojännite tasasuunnataan ensin Schottky-diodeilla. Schottky-diodien kynnyksijännite on normaalia pienempi ja siksi häviöjännite on kyseisillä diodeilla tasasuunnattaessa pienempi. Näin dynamovalo alkaa toimimaan jo lähes kävelyvauhdissa.

Kondensaattori C1 varaa jännitettä regulaattorille IC1, jotta led ei vilkkuisi dynamon taajuudella tai pätkisi. Samoin jännitettä rauhoittelee regulaattorin ulostulopuolella elko C2. Keraamiset kondensaattorit C3 ja C4 poistavat EMC-häiriöitä, joita syntyy hakkuriregulaattorin jäänteinä. Kun vaihtojännite tulee lampuun pitempää jotta pitkin dynamolta, toimii johdin helposti antennina, josta saattaa levitä häiriöitä ympäristöön. Keraamiset kondensaattorit poistavat näitä häiriöitä ja myös elektrolyyttikondensaattorit C1 ja C2 "pitävät" tästä, koska rasittuvat vähemmän korkeataajuiselta jännitevaihtelulta.

IC1 eli hakkuriregulaattori on itseasiassa useita pintaliitoskomponentteja sisältävä moduli, joka muuntaa tulevan vaihtelevan jännitteen 3,3V tasajännitteeksi. Nämä uudet regulaattorit on tehty vastaamaan pinnijärjestykseltään hyvin tunnettuja 78-sarjan lineaarisia jänniteregulaattoreita, mutta korvaavat ne paremman hyötysuhteen tarjoavalla hakkuritekniikalla. Näin ylimenevää jännitettä ei tarvitse hukata lämmöksi. Tästä seuraa että myöskään dynamon sähköinen kuorma (eli poljinvastus) ei juuri kasva kierrosten kasvaessa. Jos jännite dynamolta kasvaa, niin regulaattori ottaa vähemmän virtaa. Jännite kertaan virta - eli teho - pysyy aina vakiona hakkuriregulaattoria käytettäessä.

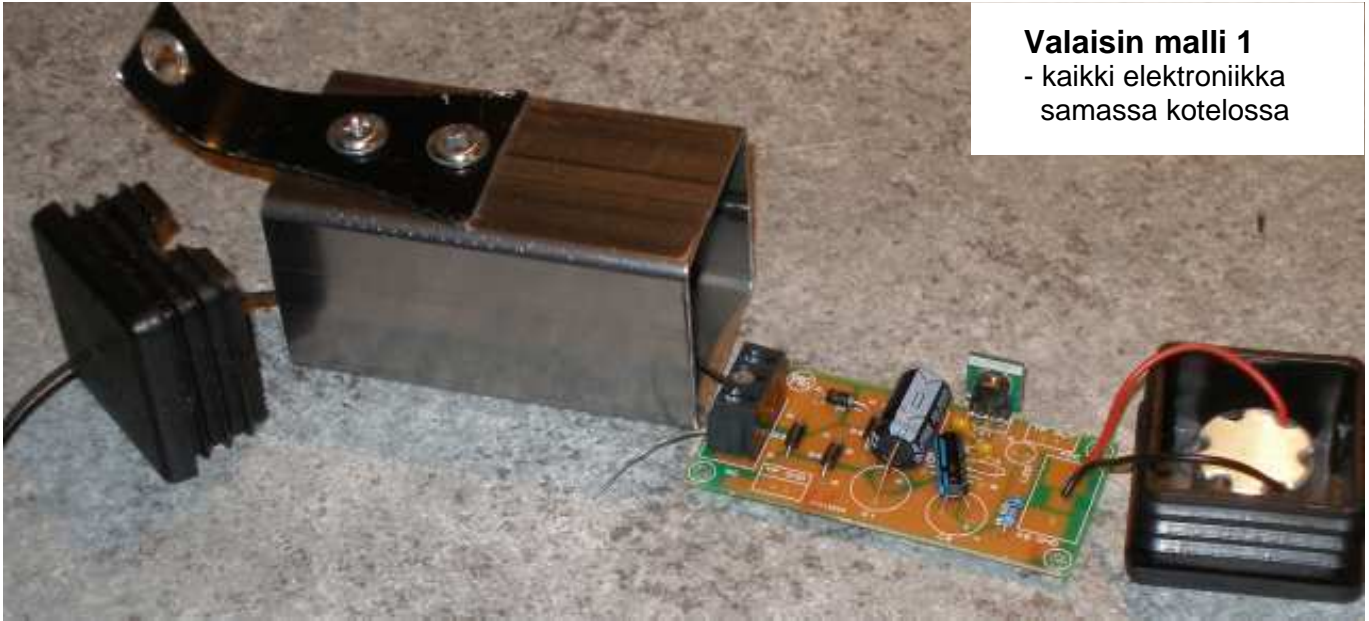
Ledillä on 1Ω etuvastus, joka rajoittaa virran hiukan yli 0,3A luokkaan:  $(3,3V - 3V) / 1\Omega = 0,3A$  - edellisessä siis 3,3V = regulaattorin ulostulojännite ja 3V ledin kynnyksijännite.

Edellisestä voidaan johtaa:  $n. 0,3A \times 3V = n. 1W$  (ledin teho) Koska siis virta on aina vain tuo 0,3A niin hakkuriregulaattorina on käytetty edullisinta 0,5A versiota.

Jos käytetään napadynamoja, niin lampuun kannattaa lisätä kytkin, jottei lampu ole aina päällä. Vipukytkin on hyvä, koska niihin saa vedenpitävää kumituttia, joka on myös helppo asentaa. Kyseistä kytkintä on käytetty tämän polkupyörävalon sisarusversiossa, joka on täysin sama mekaanisesti ja perustuu samaan hakkuriregulaattoriin, mutta toimii akuilla.

## Muut käytöt

Jos kytkentää halutaan käyttää polkupyörässä (tai tuuligeneraattorilla) varavirtalähteen tai puhelimen lataamiseen, tulee regulaattori vaihtaa 5V ja 1A versioon. Tälle käytölle tehdään kuitenkin joku erillinen oma kotelo esim. USB-ulostulolla.



**Valaisin malli 1**  
- kaikki elektroniikka  
samassa kotelossa

Huom. kuvan lamppu on tehty ainoastaan etuvaloksi. Taakse punaiselle ledille tarkoitettu jännite tulisi viedä samasta kohdasta parijohdolla taakse, kuin mistä kuvan valkoinen led sen ottaa.



Kuvan tavalla rakennettuna lampun putken pituus on > 78mm, jotta piirilevy mahtuu sisään.

Jos dynamon toinen napa on kytketty pyörän runkoon, voi toisen sisääntulevan dynamon navan liittää piirilevylle kytkentälangalla, joka jää tulpan ja putken väliin. Tämä toinen napa yhdistyy siten myös pyörän runkoon lampun kannattimen kautta.

Kuvassa oleva lamppu kiinnittyi ohjaustangon kiinnityspulttiin. Paljon helpompi ja kaikille sopivampi tapa lampun kiinnitykselle on putkikiinnike tasaisella kiinnitysosalla, mallia "Omega". Kiinnitys onnistuu tällöin suoralla kappaleella valaisimen yläpinnalla ohjaustankoon ja suuntaaminenkin helpottuu.



Olisi hyvä jos lampun saisi asennettua mahdollisimman ylös, josta valon pääkeilan saa valaisemaan alaspäin eturenkaan ohi ja erityisesti vastaantulijoita häikäisemättä. Suomessa ei ole vastaavaa lakia kuin Saksassa jossa valaisimen keila ei saa häikäistä vastaantulijaa, mutta valon suuntaaminen alasuon mahdollisimman ylhäältä on oman näkemisen kannalta paras ratkaisu ja kohteliasta vastaantulijoita kohtaan.

Liian moni törppö haluaa näyttää miten tehokas heidän valaisimensa on ja suuntaa valon jopa yläviistoon, häikäisten vastaantulijat. Jos vastaantulija kuitenkin häikäistyy ja aiheutuu onnettomuus, on häikäisijä Suomessakin korvausvastuussa.



**Valaisin malli 2**  
- lyhtyosa erillisenä

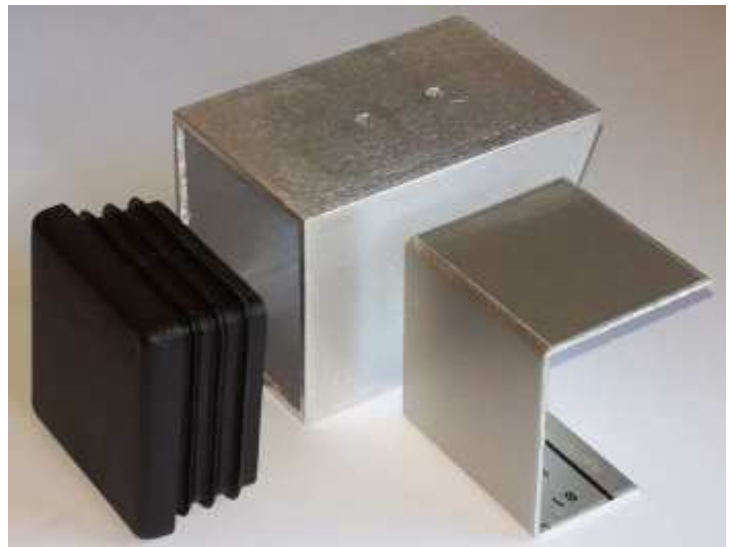
### Lyhtyaihio

Lyhtyaihion reunat pyöristetään huolella etureunasta. Samoin pyöristetään myös tulpanpuoleinen sisäreuna. Putken yläpintaan porataan kahta M3 ruuvia varten reiät yhtenevästi lyhdyn kannakevarren kanssa (sen läpi). Kuvissa oleva aihiot on lopuksi hiottu tasohiomakoneella samettiseksi. Tämä tulee tehdä vasta kun pahimmat naarmuja aiheuttavat työvaiheet on tehty.

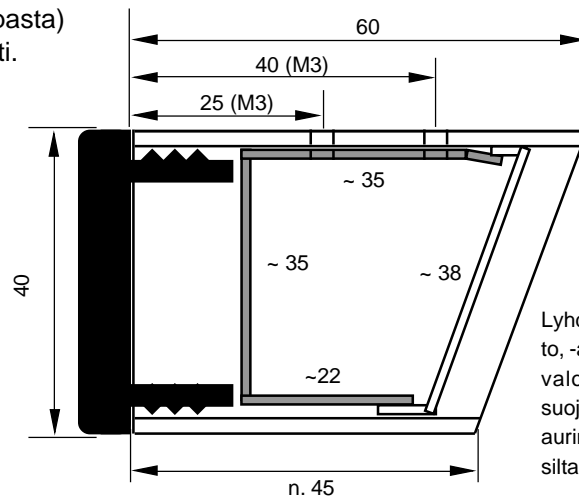
### Ledin pidin

Kun lyhdyn rungon yläpinnan reiät on porattu, laitetaan rungon päähän tulppaa ja ledin pidin runkoon sisään tulppaa vasten. Tämän jälkeen porataan ledin pitimen ylälippaan reiät putken yläpinnan reikien läpi. Käytä ruuvia ensimmäisen porauksen paikalla, kun poraat toista reikää.

Tämän jälkeen otetaan led malliksi ja porataan sen ylä- ja alapuolien kolojen kohdille myös 3mm reiät kovan mukaisesti keskelle. Sitten porataan myös johtimien läpimenoreiät, joiden tulee olla sen verran keskellä, etteivät tule tulpan sisäreunoja vasten. Tästä vaiheesta kuvia seuraavalla sivulla.



**Lyhdyn kannake** yltää reilusti putken takaa (ja tulpasta) yli, jotta siihen tuleva pultti voidaan kiristää vapaasti.



Lyhdyn etureunan muoto, -alaspäin suuntaus ja valoikkunan sisennys suojaavat valoikkunaa auringon UV:n vaikutuksilta (kellastuminen)

## Ledin ja linssin kiinnitys

Kun ledin pidin on yhtä leveä kuin putken sisäleveys, helpottaa se lippeen tehtävien reikien poraamista, kun pidintä ei tarvitse kuin painaa tulppaa vasten kun reikiä poraa. Myöhemmin myös kiinnitysreikien kohdistuminen on lähes automaattista.

Pitimeen alla on porattu myös johdotaukot ja ledin kiinnitysaukot.



Ledin pitimen ylälippaan tehdään valoikkunan kiinnitystä varten vielä lyhyt taite. Ikkunaksi laitettavan polykarbonaattimuovin ylätaite kiilataan ja liimataan kontaktiliimalla ledinpitimen lippataitteen ja putken väliin.

Alareunastaan ikkunan taite tulee ledinpitimen alalipan alle.



Linssin reunoille porataan pienet reiät, joiden kautta linssi ja led sidotaan kiinni ledin pitimeen. Kummankin reunan kautta laitetaan kulkemaan tinattujen kuparilankojen päät. Nämä sidotaan sitten selkäpuolella keskenään yhteen. Purista lanka varovasti linssin reunoilla yhteen teräväkärkisillä pihdeillä, jottei lankoihin jää löysiä.



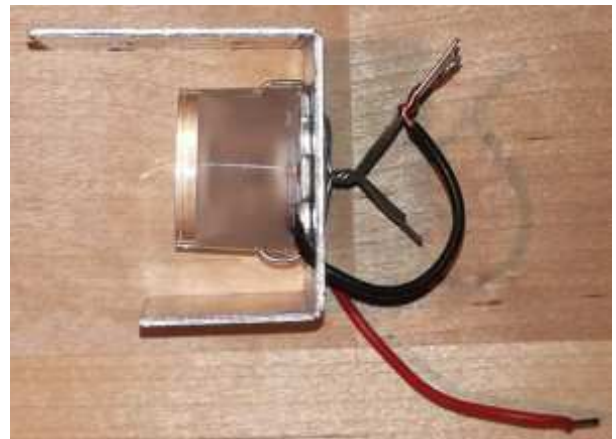
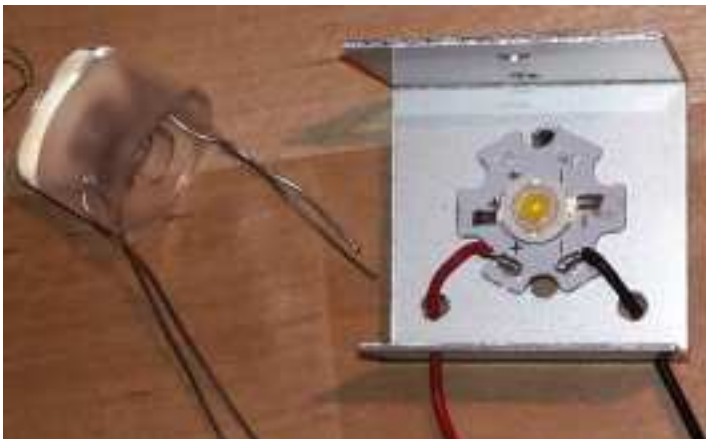
Ledin ja linssin kiinnitys tehdään  $\varnothing 0,6\text{mm}$  tinattua kuparilankaa käyttäen. Kyseessä on varma ja helppo kiinnitys kyseiselle alumiinipohjaiselle ledityypille, vaikkapa myös taskulamppuihin. Linssin vastakkaisten puolien kautta kulkevat lankalenkit sidotaan ledinpitimen taustapuolella ja sekä linssi- että led pysyvät varmasti kiinni. Alla on hahmottamista varten tehty *malli* \* siitä miten led ja linssi kiinnittyvät led-pitimeen ja miten ne ovat putken sisällä.

*\* Älä kuitenkaan kiinnitä linssiä/ledinäin, ennen kuin olet kiinnittänyt pitimen ruuveilla putken sisälle!*

Mikäli dynamosi kummatkin navat ovat irti rungosta, kuten napadynamossa yleensä aina (tai saat myös toisen navan eristettyä/irti pullodynamossta), voit kytkeä ledin mustan eli miinusnavan sidontalankaan (eli myös pyörän runkoon).

Jos dynamosi kumpikaan napa ei ole yhdistettynä pyörän runkoon, viedään tämä vaihtojännite parijohdolla dynamoregulaattorin sisääntuloon. Regulaattorilta lähtevän miinusnavan voi tällöin kytkeä pyörän runkoon ja plusnavan saa vietyä sekä eteen- että taakse yhtä johdinta myöten (kyseessä on myös sama +napa).

Jos dynamosi ei saa galvaanisesti irti pyörän rungosta, pitää kumpaankin lamppuun viedä plus- että miinusnavat säädinyksiköltä parijohdolla - rungosta eristettynä - eikä ledin miinusjohtoa voi kytkeä linssin sidontalankaan. Tällöin kuitenkin dynamoregulaattorille tarkoitettu vaihtojännitteen toinen napa voidaan ottaa pyörän rungosta.



## Valoikkunan teko ja loppukasaus

Alla kuva "taivutintyökalusta". Polykarbonaatti-ikkunan ylä- ja alaitteiden taivuttamisessa ei muovi saa lipsua vinoon eikä puristuksessa saa syntyä jälkiä. Muovin reuna tulee alla ensin taittatyökalun reunan kanssa samaan linjaan pöytää vasten ja sitten näppivoiman lisäksi pieni ruuvipuristin puristamaan. Polykarbonaattimuovin voi taittaa hyvin kylmiltään. Päiden taitteet voivat olla ensin taivuttelun helpottamiseksi yli pitkät, jonka jälkeen ne lyhennetään saksilla; yläreuna vain 5mm, mutta alareunassa saa olla enemmän mitta.



Kuvassa ledinpitimen, lyhdyn ja kannakkeen yhteenliittäminen kuusiokoloruuveilla. Ruuvien ja muttereiden olisi hyvä olla ruostumatonta laatua. Tämän jälkeen kiinnitetään linssi ja led (malli edelliseltä sivulta). Sitten kokeillaan ikkunaa paikoilleen ja lukitaan kontaktiliimalla.



Lyhdyn loppukytkentää varten ledin päässä on ohessa puristettu johdonsuojahylsy, kuten myös tulpan läpi tulevaan johtimeen. Yhteenliitos ruuvi-liittimellä, joka on 1/12 osa rimasta.

Kun kyseessä oli tapaus jossa miinus tuli ledille polkupyörän runkoa pitkin, oli kytkentä näin yksinkertainen. Lisäksi lyhdyn sisällä on vain led.

Edellinen mahdollistaa esim. akkukäytön ja muunlaiset suunnitelmat, mutta lyhty pysyy samanlaisena.



## Erillinen säädinosa

Mikäli päätetään tehdä erillinen valolyhty, niin dynamolta vaihtosähkön saava dynamoregulaattori (=tasasuuntaaja/regulaattori/virransäädin) on koteloitava omaan vedenpitävään koteloonsa jonnekin muualle. On kotelo mikä tahansa, on sen pidettävä vettä.

Koteloon tulee tehdä sateelta piiloon tulojohdojen ja lähtevien johtojen aukot. Johtoja ovat:

- 1) 2) Dynamolta tuleva vaihtojännite
- 3) 4) Etulampulle ja takalampulle menevät plusjännitteet. Edelliset ovat käytännössä samat, mutta jakaminen kotelon ulkopuolella on sitten myös ratkaistava
- 5) 6) Etulampulle ja takalampulle menevät miinusjännitteet. Edelliset ovat myös käytännössä samat. Jos miinuksen pystyy jakamaan runkoon ja kuljettamaan runkoa pitkin, vähentää se johtojen määrää.

Kuvassa alla olevassa pyörässäni säätimen paikaksi tuli tuo alarunkoputken etupää siksi, että ko. pyörässä oli taakse lähtevän sähköjohdon kohta tuossa kotelon alla sivulla. Kuva ensimmäisien testiajojen jälkeen. Nykyään kotelo on jo kahdella nippusiteellä kiinni.



Koteloon laitetut reiät on jaoteltu siten että ne jakautuvat tasan putken kummaltakin sivulta kulkien. Reiät porasin vielä vinoon/alaviistoon veden tulon ehkäisemiseksi. Kuvan kotelossa on lisäksi tippareunarakenne, josta syystä kotelon alapuolella on juuri se puoli, josta johdot menevät kuvassa läpi. Sauman voisi vielä teipata ilmastontiteipillä.



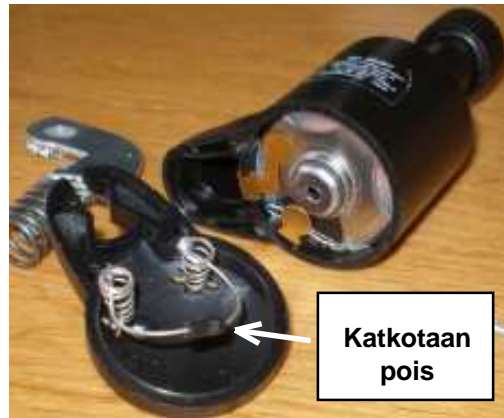
Ja kun akkukytkenästä on jo ollut puhetta, on se kokonaisuudessaan tässä alla kuvattuna. Regulaattori ei tietty tarvitse tasasuuntauksia ja muuta ja on yksinkertainen. Kytkin tulee toki olla ja akkuna toimii myös powerbank.



### Saksalainen pullodynamo?

Saksalaiset ovat säätäneet senkin lakiinsa että pyörän dynamo ei saa antaa liikaa jännitettä (ja ovat säätäneet millä vauhdilla lamppujen soisi toimivan ym.). Jos dynamo tulee Saksasta, on se myös varmaan myös tehty Saksan markkinoita varten tai siitä huolimatta tehty EU:n alueelle tuotuna vastaavaksi.

Pullodynamoissa ylijännitesuoja voi olla esimerkiksi oikealla olevan kuvan näköinen kaksisuuntainen transienttidiodei. Kuvan tapauksessa diodei oli 6KE8,2CA. Kyseinen yksinkertainen ja halpa diodirajoitin alkaa jarruttamaan dynamoa, kun dynamon jännitehuiput nousevat liipaisujännitteen yli (esimerkitapauksessa 8,2V). Diodei kylmästi oikosulkee ylimenevät jännitehuiput. Tämä oikosulku jarruttaa kaikista eniten dynamoa ja aiheuttaa renkaan kulumista. Kun diodein poistaa, dynamon pyöriminen päinvastoin kevenee pyörimisnopeuden kasvaessa.



### Dynamon kasaus

Pullodynamossa on aina jousi, joka painaa dynamoa kumiin kiinni kun se vapautetaan lukituksesta. Lukitusjärjestelmät ovat monesti melko samanlaisia. Jotta jousimekanismin saisi dynamon avaamisen jälkeen takaisin, kannattaa dynamo laittaa kiinni ruuvipenkkiin. Oheisissa kuvissa ruuvipenkeissä on käytetty kangasrättiä naarmuuntumisen estämiseksi.



Laita seuraavaksi dynamon kannakevarsi metallisen lukituslevyn kanssa jousen sisään. Huomaa että myös lukituslevyn on oltava alussa 180° suunnassa siihen miten sen tulisi olla.



Kyseessä oli vasemmalle puolelle pyörää tuleva dynamo, kuten useimmat ovat. Ala nyt vääntämään kiinnitysvartta (yli-) 180° vastapäivään. Pyri saamaan lukituslevy tiipahtamaan ja asettumaan sille tarkoitettuun syvennykseen dynamon rungossa. Muista painaa koko ajan kiinnitysvartta alaspäin.



Kun olet saanut lukituslevyn pysymään hollilla, sujauta pohja paikalleen ja paina lujaa. Nyt voit vapauttaa kiinnitysvarren ja ruuvata pohjan kiinni.

Ylläolevasta kuvasta huomaat yksityiskohdan, kun toinen messinkisistä kontakteista onkin pois. Se on otettu pois tarkoituksella, jotta dynamosta olisi saatu myös toinen napa galvanisesti irti. Kyseinen napa oli kosketuksessa lukituslevyyn, joka taas oli kontaktissa kiinnitysvarteen ja sitä kautta pyörän runkoon. Näin dynamosta saa siis täysin kelluvan, joka ei välttämättä onnistu kaikkien dynamoitten kanssa.



## Punainen valo taakse

Nykyisin mukaiselle takana olevalle punaiselle valolle ei ole esitetty juuri vaatimuksia, mutta tarpeeksi tehokas valo syntyy kokemuksieni mukaan ihan jo yhdestä tarpeeksi tehokkaasta  $\varnothing 5\text{mm}$  punaisesta ledistä.

Dynamoregulaattorilta saa 3V jännitteen, etupuolen valkoisen ledin rinnalta. Punaiset ledit joiden kynnysjännite on 1,9 - 2,5V soveltuvat siten punaisen takavalon polttimoiksi.

Itse laitoin 5mm 5500mcd/30° ledin taakse ja se riittää hyvin. Pitää huomauttaa että kokonaisvaloteho (lumen) on valokulman neliön ja kandelointien tulo. Eli 22000mcd / 15° ledin kokonaisvaloteho on edelliseen esimerkkilediin nähden sama! Kuitenkin takana olevaan huomiovaloon tarvitaan enemmän valon näkyvää kulkua.

Itselläni oli ehjä (E-10 kantainen) valokaluste/heijastin takana. Seuraava led-polttimon rakenteluohje olemassa olevalle kalusteelle kelpaa varmaan hyvin harvoille, mutta esitän sen kuitenkin ohessa kuvina. Rakentelu lähtee siitä että ottaa hehkulampan lasikuvun pois ja laittaa ledin tilalle, toinen jalka taitettuna. Etuvastus on 2,4V ledille (kynnysjännite)  $68\Omega$  kun tulojännitteen (3V) ja kynnysjännitteen (2,4V) ero on n. 0,6V. Näillä keinoin ledin virta on  $0,6/68 =$  alle 10mA ja se riittää. Lopuksi rakenteen voi tukea vaikka polymorfilla.

Takavalon paikassa ja koteloinnissa voi käyttää hyvin mielikuvitusta. Sellainen voi syntyä aika monista yllättävistä materiaaleista. Tiiviin kotelon lisäksi sähköisiksi osiksi tarvitaan vain tehokas 5mm punainen led ja noin  $68\Omega$  etuvastus.



Kannan napaisuus tulee miettiä ensin!

Huom vastus kierretty ensin kierreosan huulille, jotta ei tipu.



### Hankintapaikat osille

Alumiiniputki 40x40mm ja muukin alumiini:

**Terästarvike Oy**

Kaikki muut mekaaniset rakenteluosat, elektroniikkaosat ja piirilevyt:

**Boreas Electronics Oy**

**Ideaport - 9.10.2020**

[www.ideaport.edu.hel.fi](http://www.ideaport.edu.hel.fi)



Markku Kauppinen

Piirilevyn valotusmaski on pdf-muodossa Ideaportin sivuilla.