

# Lasertekniikan perusteet esityskäytössä 2 op

Koulutusmateriaali



Tämä materiaali käsittää **Lasertekniikan perusteet esityskäytössä 2 op** opintojakson tekstimuotoisen materiaalin.

Kurssin on koonnut Otto Suojanen Essi Santalan idean ja luonnoksen pohjalta. Kurssin tekemisessä on ollut mukana Essi Santala ja Kiika Sarpola.

Materiaali on lisensoitu Creative Commons -lisenssillä CC-BY-SA 4.0 poislukien materiaalissa olevat kuvat.



**Lasertekniikan perusteet esityskäytössä** -kurssi on johdanto lasereiden käyttöön ja tekniikkaan. Kurssilla perehdytään lasereiden erilaisiin esteettisiin käyttötarkoituksiin esimerkkien avulla. Opintokokonaisuudessa tutustutaan lasereiden luvallista käyttöä määrittelevään lainsäädäntöön ja määräyksiin.

Kurssiin sisältyy kolme etätapaamiskertaa sekä yksi lähiopetuspäivä, jolloin tutustutaan laserheittämiin, lasereiden ohjaukseen ja näiden laitteiden turvalliseen käyttöön.

Kurssi ei anna suoria valmiuksia laserlaitteiden itsenäiseen käyttöön, mutta antaa tiedot toimia turvallisessa esitysteknisessä ympäristössä.

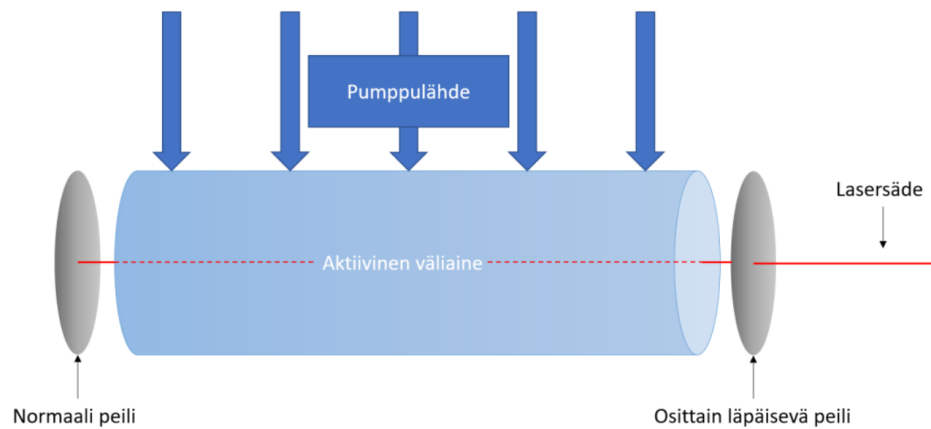




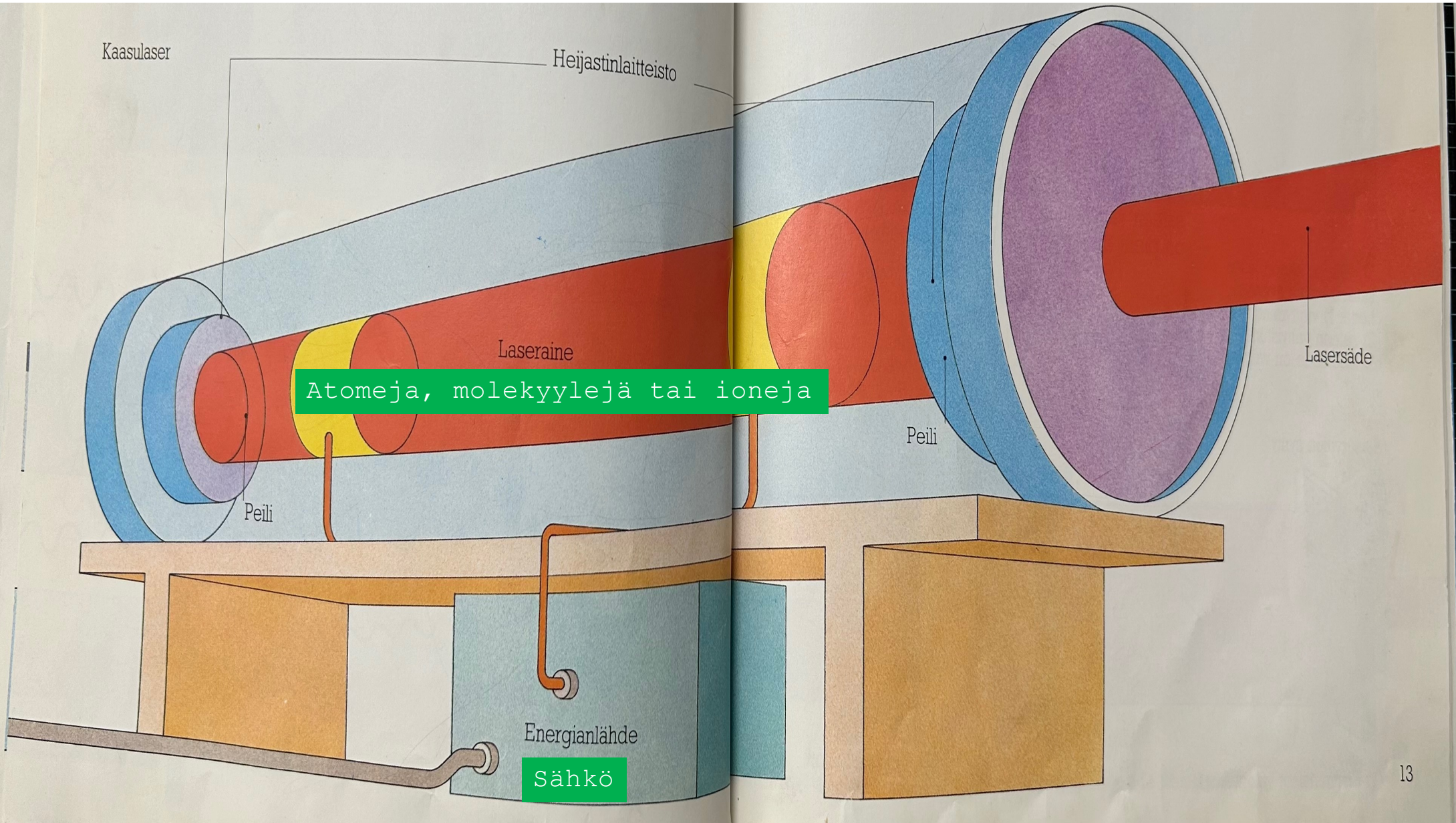
LASERTEKNIIKAN  
PERUSTEET  
ESITYSKÄYTTÖSSÄ

Otto Suojanen / [otto@showlaser.fi](mailto:otto@showlaser.fi) / +358 50 5600 578

# L A S E R I N   H I S T O R I A



- Albert Einsteinin teoria spontaanista ja stimuloidusta emissiosta 1917.
- Ensimmäinen toimiva laserlaite kehitetty Yhdysvalloissa, Kaliforniassa 1960.
- Ensimmäiset laseresitykset 1960-luvun loppupuolella
- Argon-, krypton-, helium-neon-laser  
-> Kuitulaser -> Puolijohdelaser



Kaasulaser

Heijastinlaitteisto

Laserraine

Atomeja, molekyyilejä tai ioneja

Peili

Peili

Lasersäde

Energianlähde

Sähkö

# LASERIN HISTORIA

- Kaasulaser  
(Helium, neon,  
argon, typpi,  
hiilidioksidi)
- Kuitulaser
- Puolijohdelaser
- Siirtymän syynä  
hintaa ja  
käytettävyys

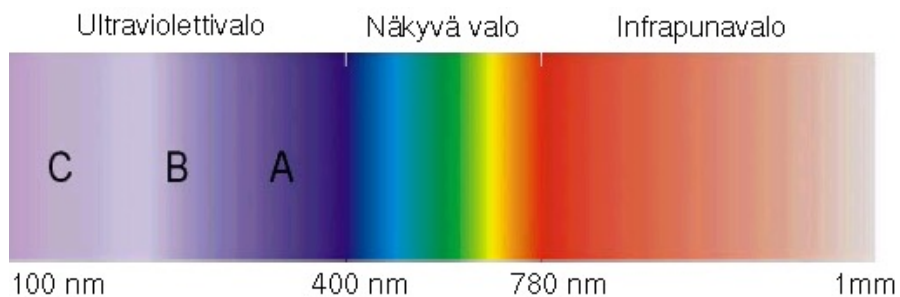
# L A S E R I N O L E M U S

- Laser on optista säteilyä.
- Luonnollista (aurinko)
- Keinotekoista (hehkulamppu, laser)



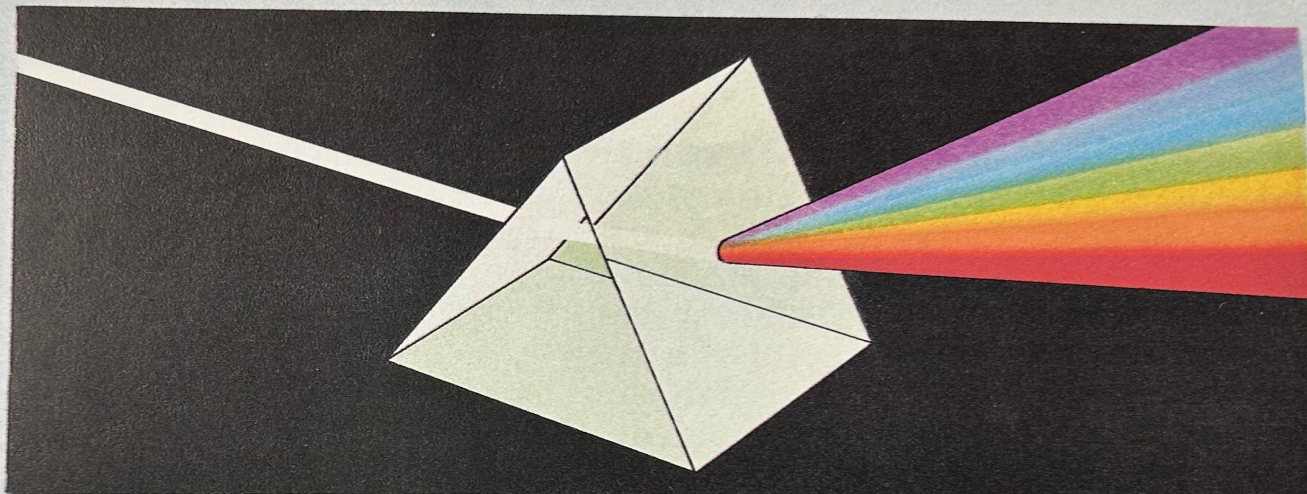
# LASERIN OLEMUS

- Ihminen voi havaita sähkömagneettisen spektrin aallonpituudet 400nm-780nm
- Näkyvä valo ja sen sisältämät värit violetti, sininen, vihreä, keltainen, oranssi ja punainen.

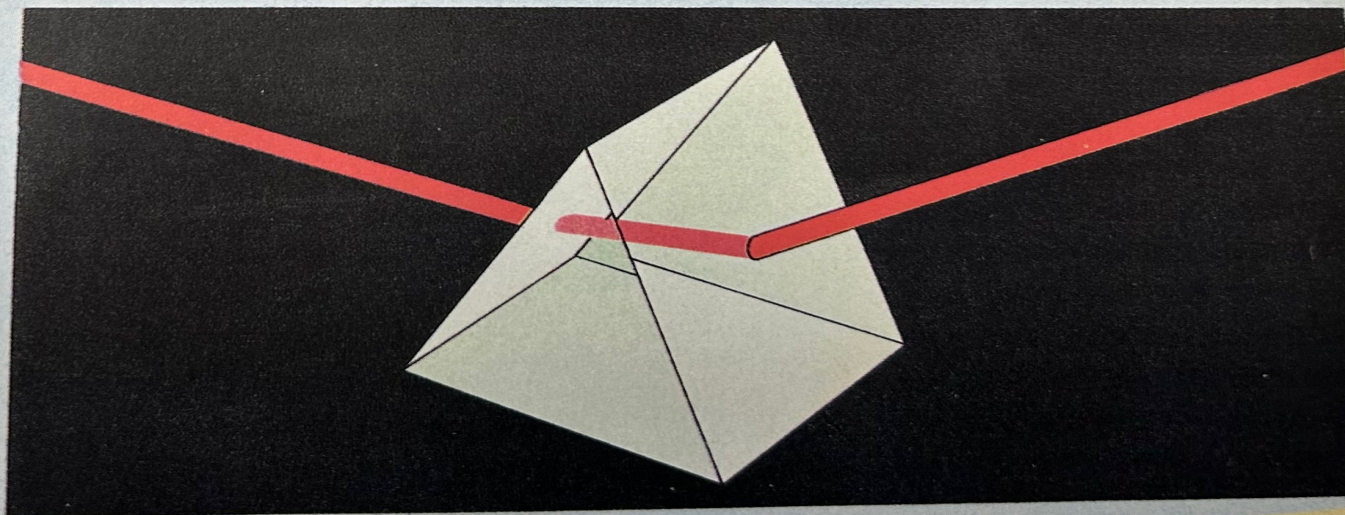


## VALON HAJOTTAMINEN

Kun tavallinen valo kulkee kolmikulmaisen prisman läpi, se hajoaa kaikkiin sateenkaaren väreihin. Hajoaminen johtuu siitä, että eri aallonpituudet – ja siten myös eri värit – taittuvat prismassa eri voimakkuudella.



Prisman läpi kulkeva lasersäde pysyy koossa: punainen säde pysyy edelleen pelkkänä punaisena. Tämä osoittaa, että lasersäteessä on vain yhtä aallonpituutta ja siksi koko säde taittuu samaan suuntaan.

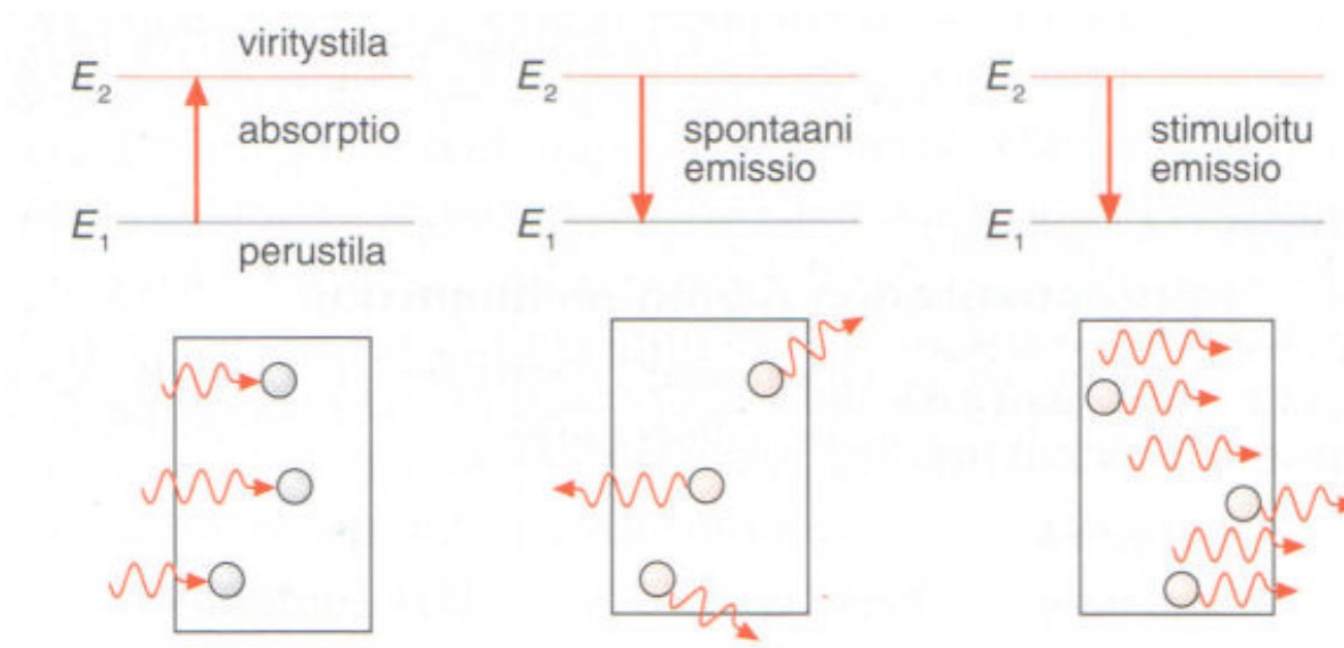


# LASERIN FYSIIKKA

- Laser on laite, joka käyttää hyväksi stimuloitua emissiota. Tämä tarkoittaa sitä, että jo aikaisemmin virittyneen atomin kohtaa fotoni, jonka energia on täsmälleen sama kuin virittymisen aiheuttaneenkin, eräänlaisena resonanssi-ilmiönä fotoni indusoi viritystilan purkautumisen. Tällöin aikaansaatu säde sisältää suuren määrän koherentteja eli tahdistettuja fotoneja. Tuloksena syntyy monokromaattista, siis vain yhtä aallonpituutta sisältävää valoa. Nimitys laser tulee laitteen toimintatapaa kuvaavista sanoista light amplification by stimulated emission of radiation.
- Puolijohdelaserissa stimuloitu emissio tapahtuu myötäsuuntaan kytketyssä pn-liitoksessa, jossa johtavuusvyön elektroni ja valenssivyön aukko yhdistyvät, vyöväliä vastaava energia vapautuu säteilyä. Stimuloitu emissio tulee hallitsevaksi, kun myötäsuuntainen sähkövirta ylittää tietyn kynnsarvon. Silloin saavutetaan laservalon syntymisen edellytyksenä oleva käänteinen miehitys: elektronien lukumäärä johtavuusvyössä on suurempi kuin aukkojen lukumäärä valenssivyössä. Seurauksena on optisen säteilytehon jyrkkä kasvu. Lasereiden tapaan puolijohdelaserin emittoima säteily on koherenttia ja monokromaattista kapealla aallonpituuskaistalla.



# LASERIN FYSIIKKA





# KÄSITETEHTÄVÄ

- DIVERGENSSI (1)
- DIFFRAKTIO (1)
- GALVANOMETRI (2)
- PUOLIJOHDE (2)
- KPPS (3)
- ILDA-standardi (3)
- CW (4)
- DPSS (4)
- OPSL (5)
- MPE (5)
- RADIANSSI (6)
- MONOKROMAATTINEN (6)
- KOLLIMOITU (x)
- KOHERENTTI (x)

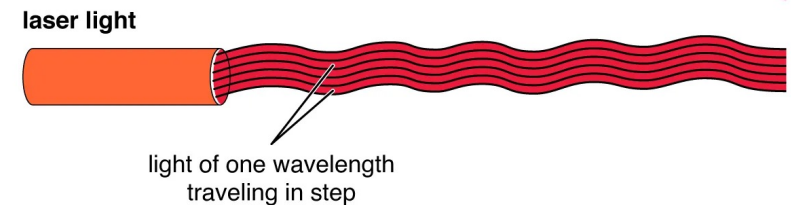
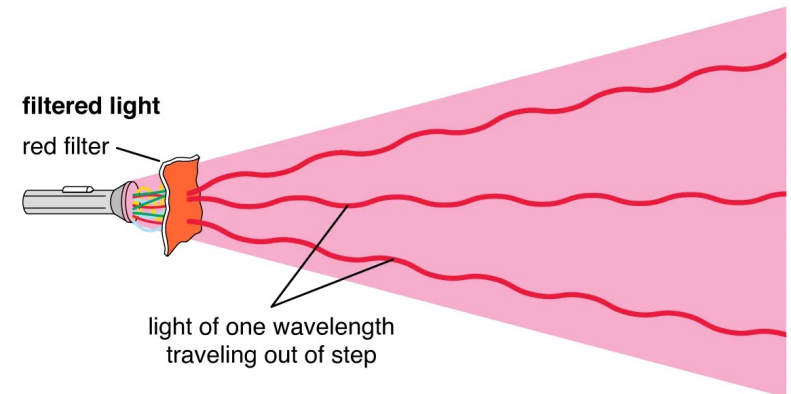
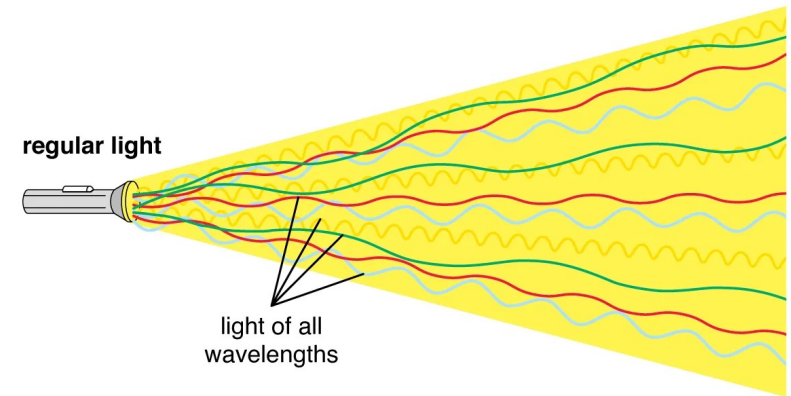


## L A S E R I N   O L E M U S

- Säteilyn lähtöaukko on pieni.
- Säteen kirkkaus eli **radianssi** on suuri.

# LASERIN FYSIIKKA

- **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation
- Valon vahvistaminen stimuloitun emission avulla.
- Laservalo on sähkömagneettista monokromaattista säteilyä.
- Monokromaattinen on yhtä aallonpituutta sisältävä valonlähde=Yhden väristä, aallonpituuskaista on hyvin kapea.
- Laseria vahvistettaessa aallonpituus, vaihe ja polarisaatio pysyvät muuttumattomina eli alkuperäinen signaali säilyy hyvin.

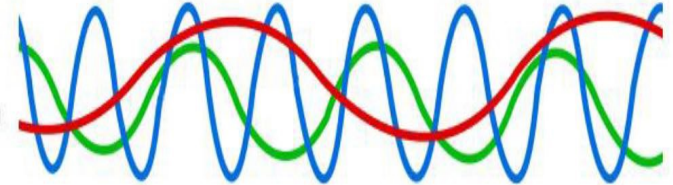


© Encyclopædia Britannica, Inc.

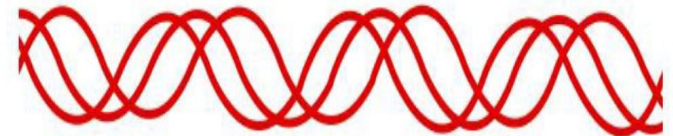
# L A S E R I N F Y S I I K K A

- Ionisoimatonta säteilyä
- Koherentti/kollimoitunut valo
- Lähes yhdensuuntainen valo, joka hajoo edetessään vain vähän -> Johtaa diffraktioon eli säteen leviämiseen
- Vertaa kaasulaser / puolijohdelaser -> Optiset laitteet esim. peilit

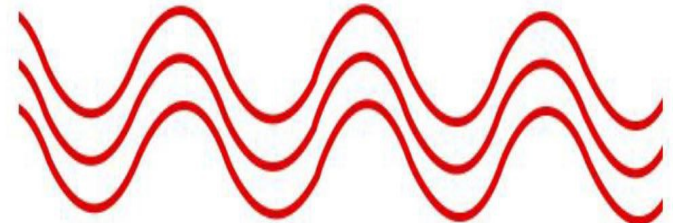
AURINGONVALO  
- järjestäytymätöntä ja  
- monta eri aallonpituutta

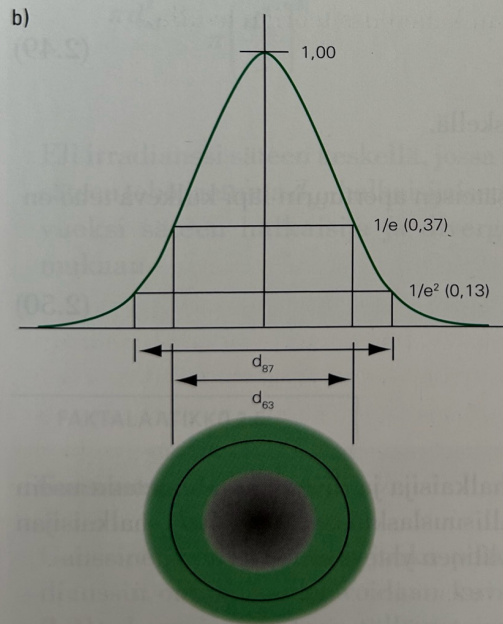
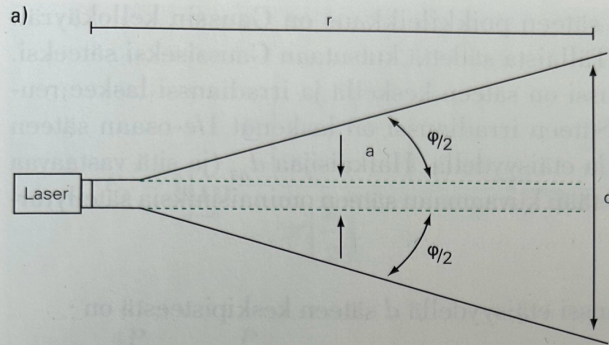


LED-VALO  
- monokromaattinen



LASERVALO  
- koherentti





Kuva 2.20 a) Lasersäde ja  
b) lasersäteen poikkileikkaus

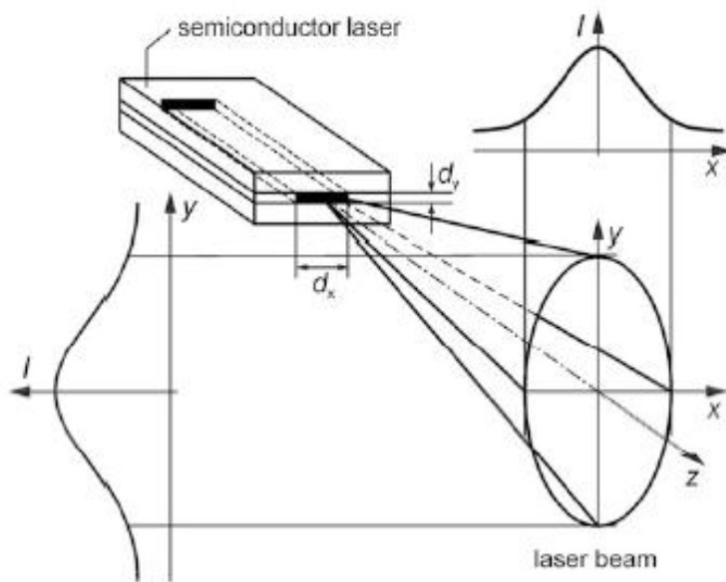
# L A S E R I N F Y S I I K K A



# KESKEISET TERMIT

Laser

Laser

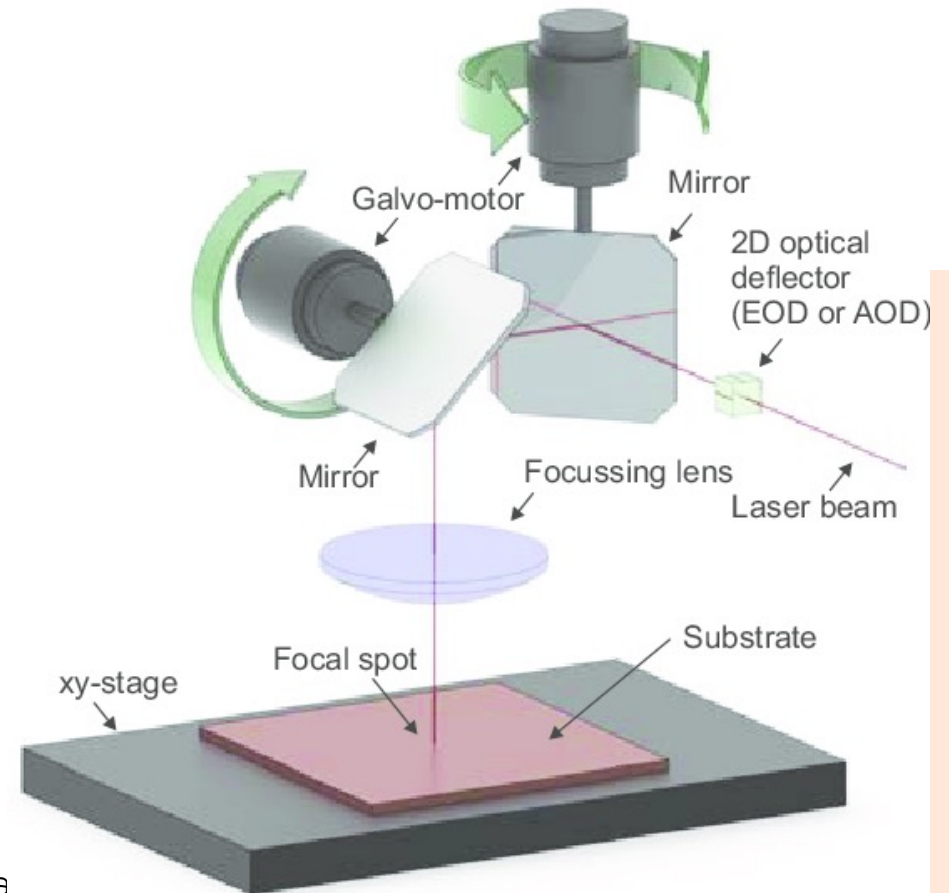


- **Divergenssi/Beam Diameter**

- Divergenssi kuvaa, miten valo edetessään hajoaa ympäristöön.
- Puolijohdelaserin epäsymmetrisyys lisää diffraktiota ja kasvattaa divergenssiä.
- Epäsymmetrisyyttä korjataan galvanometrillä liikuttaen peilejä, jolloin divergenssi puolestaan pienenee.
- Mrad=Milliradiaani

# KESKEISET TERMIT

- **KPPS**
- **K**ilo **P**oint **P**er **S**econd
- 1 KPPS=1000 PPS
- 40 kpps @ 8° (ILDA)
- Skannausnopeus määrittelee kuinka monimutkaista materiaalia laserilla voi projisoida.



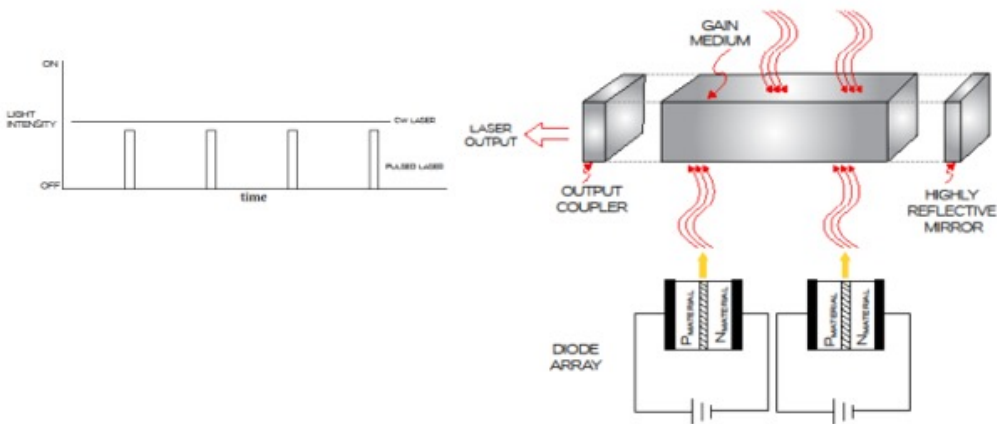
# KESKEISET TERMIT

- **ILDA**
- **I**nternational **L**aser **D**isplay **A**ssociation
- Perustettu 1986
- Tarkoittaa myös ilda-standardia laserin ohjaamiseen.
- ISP-DB25 (ILDA standard projector)



Otto Suojanen / [otto@showlaser.fi](mailto:otto@showlaser.fi) / +358 50 5600 578

# KESKEISET TERMIT



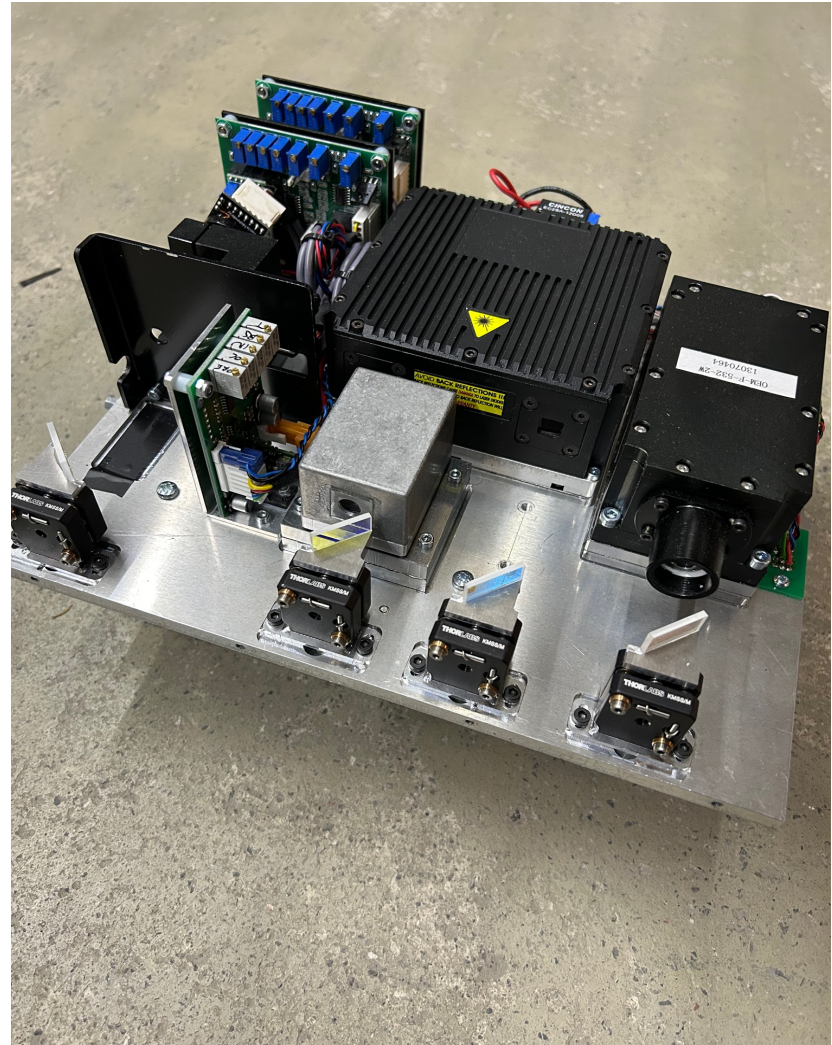
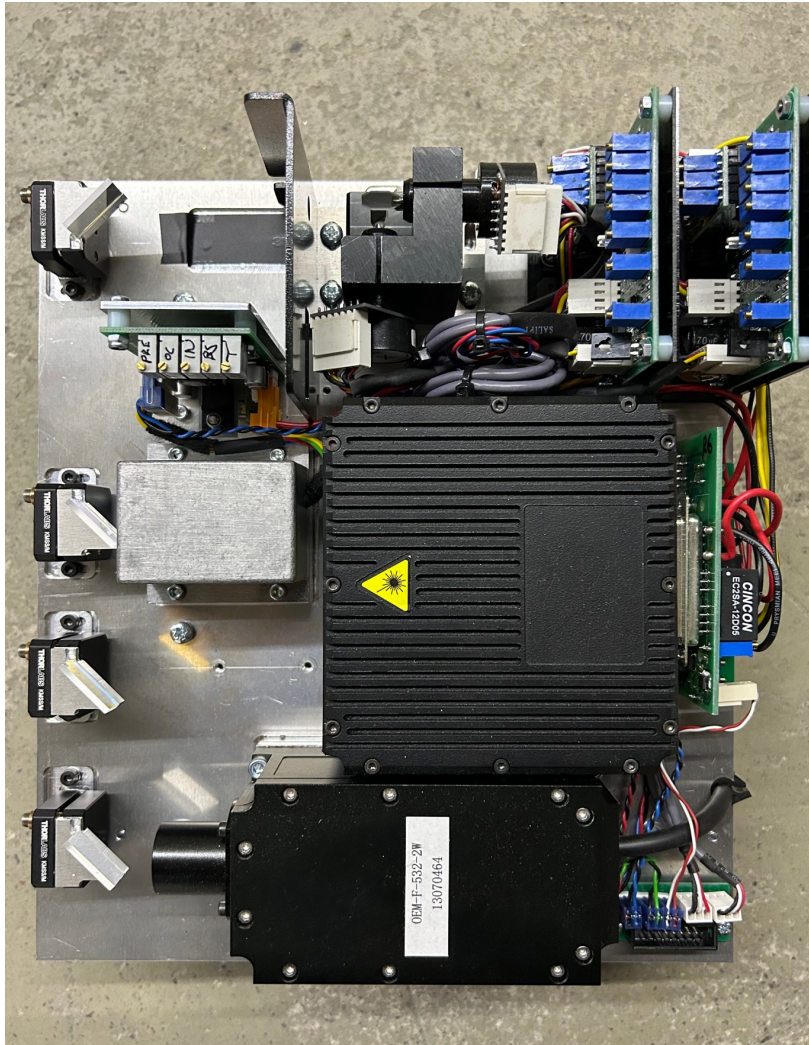
- **CW Laser**
- **Continous Wave**
- **DPSS Laser**
- **Diode Pumped Solid State**
- **OPSL Laser**
- **Optically Pumped Semiconductor Laser**
- **MPE**
- **Maximum Permissible Exposure**

# ILDA STANDARDI

- [https://www.ilda.com/resources/StandardsDocs/ILDA\\_ISP99\\_rev002.pdf](https://www.ilda.com/resources/StandardsDocs/ILDA_ISP99_rev002.pdf)

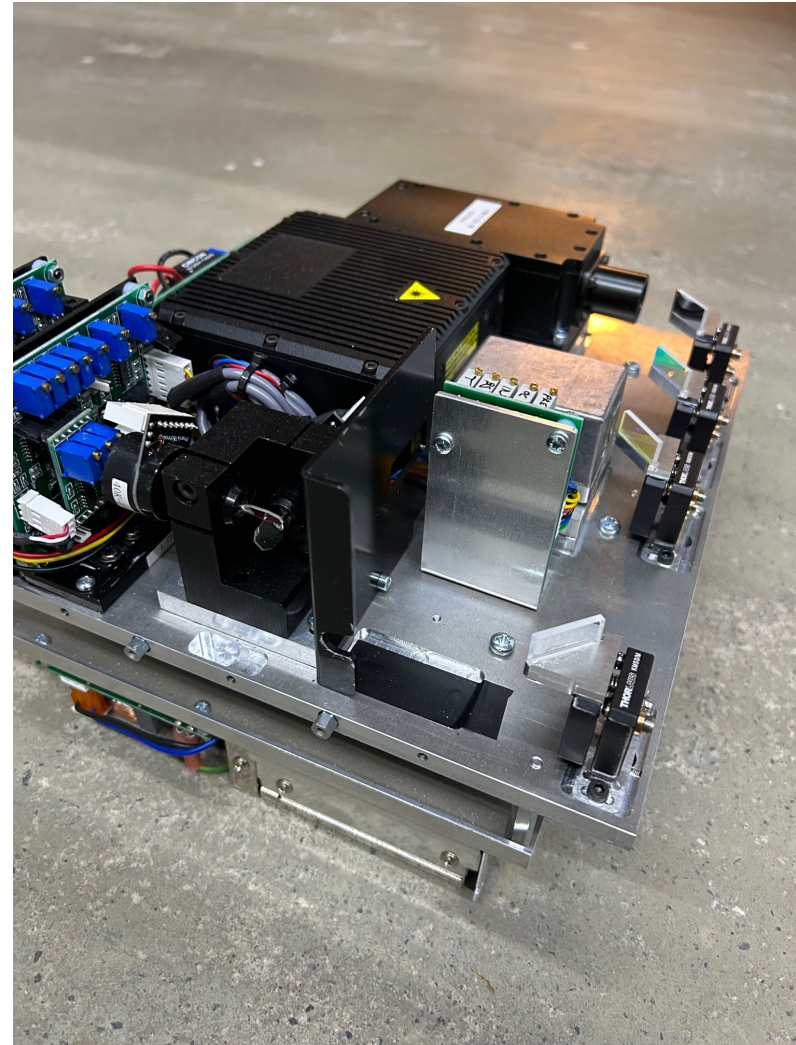
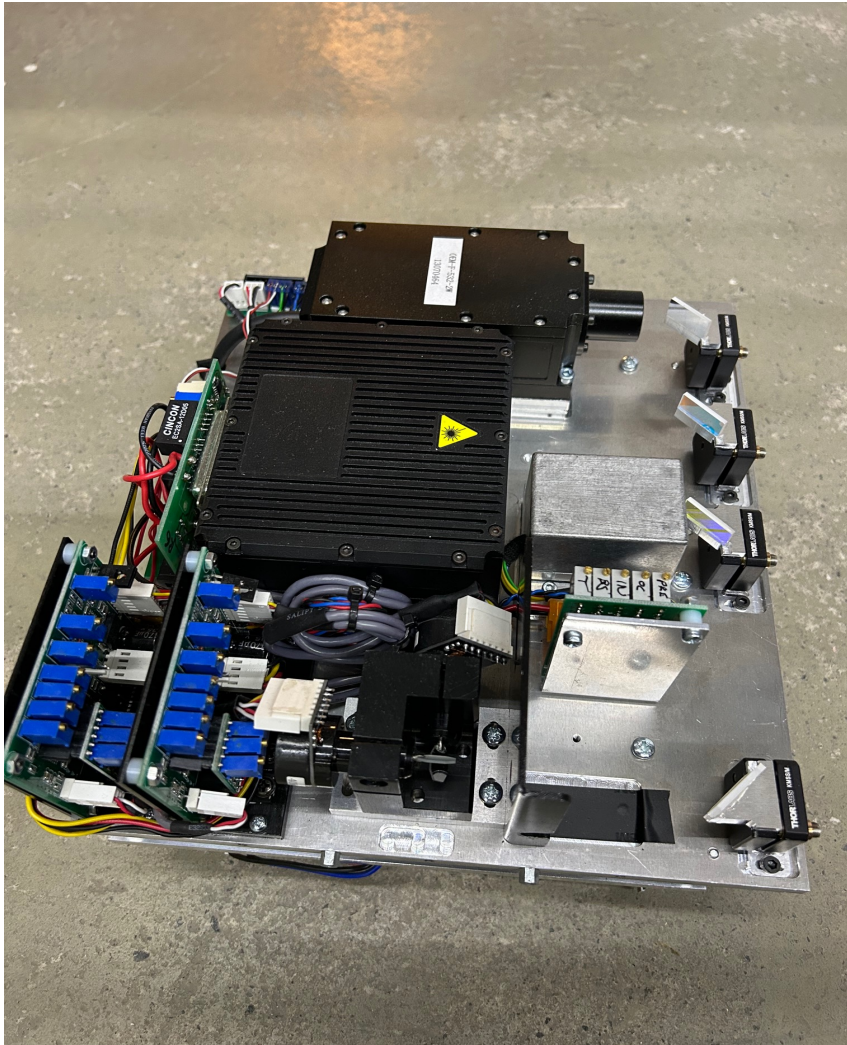


Pin Number	Signal Name
1	X+
2	Y+
3	Intensity +
4	Interlock A
5	R+
6	G+
7	B+
8	User-defined signal 1+
9	User-defined signal 2+
10	User-defined signal 3+
11	User-defined signal 4+
12	Projector return signal
13	Shutter
14	X-
15	Y-
16	Intensity -
17	Interlock B
18	R-
19	G-
20	B-
21	User-defined signal 1-
22	User-defined signal 2-
23	User-defined signal 3-
24	User-defined signal 4-
25	Ground



Otto Suojanen / otto@showlaser.fi / +358 50 5600  
578





Otto Suojanen / otto@showlaser.fi / +358 50 5600 578

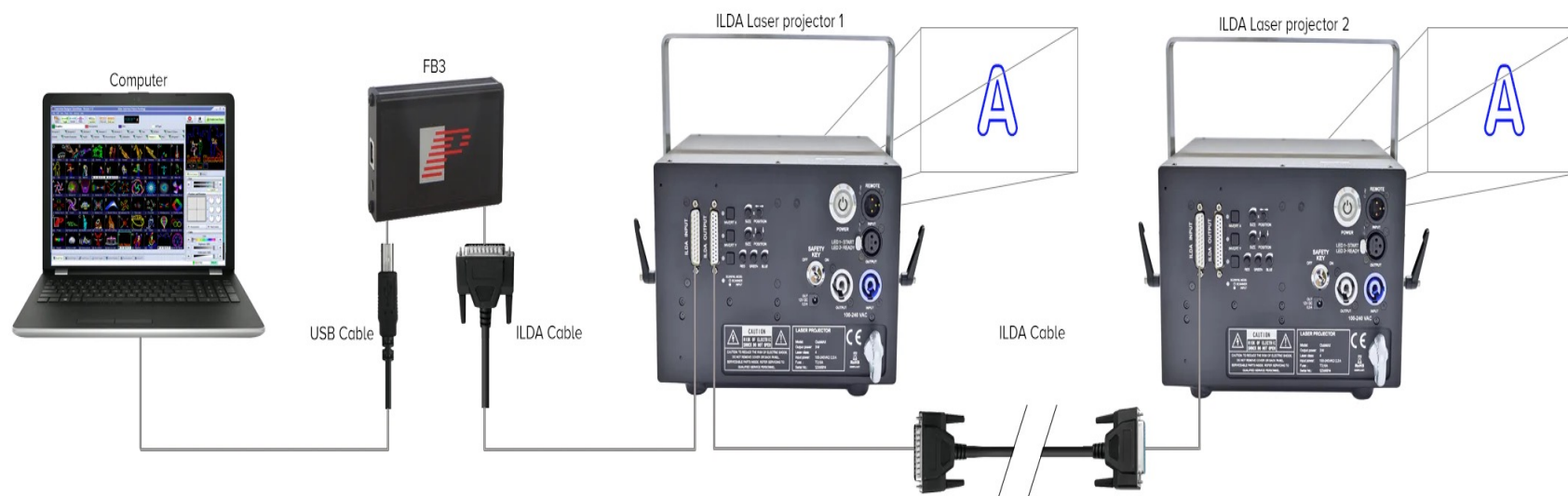




L A S E R T E K N I I K A N  
P E R U S T E E T  
E S I T Y S K Ä Y T Ö S S Ä  
1 5 . 4 . 2 4

Otto Suojanen / [otto@showlaser.fi](mailto:otto@showlaser.fi) / +358 50 5600 578

# SIGNAALITIE 1XFB3

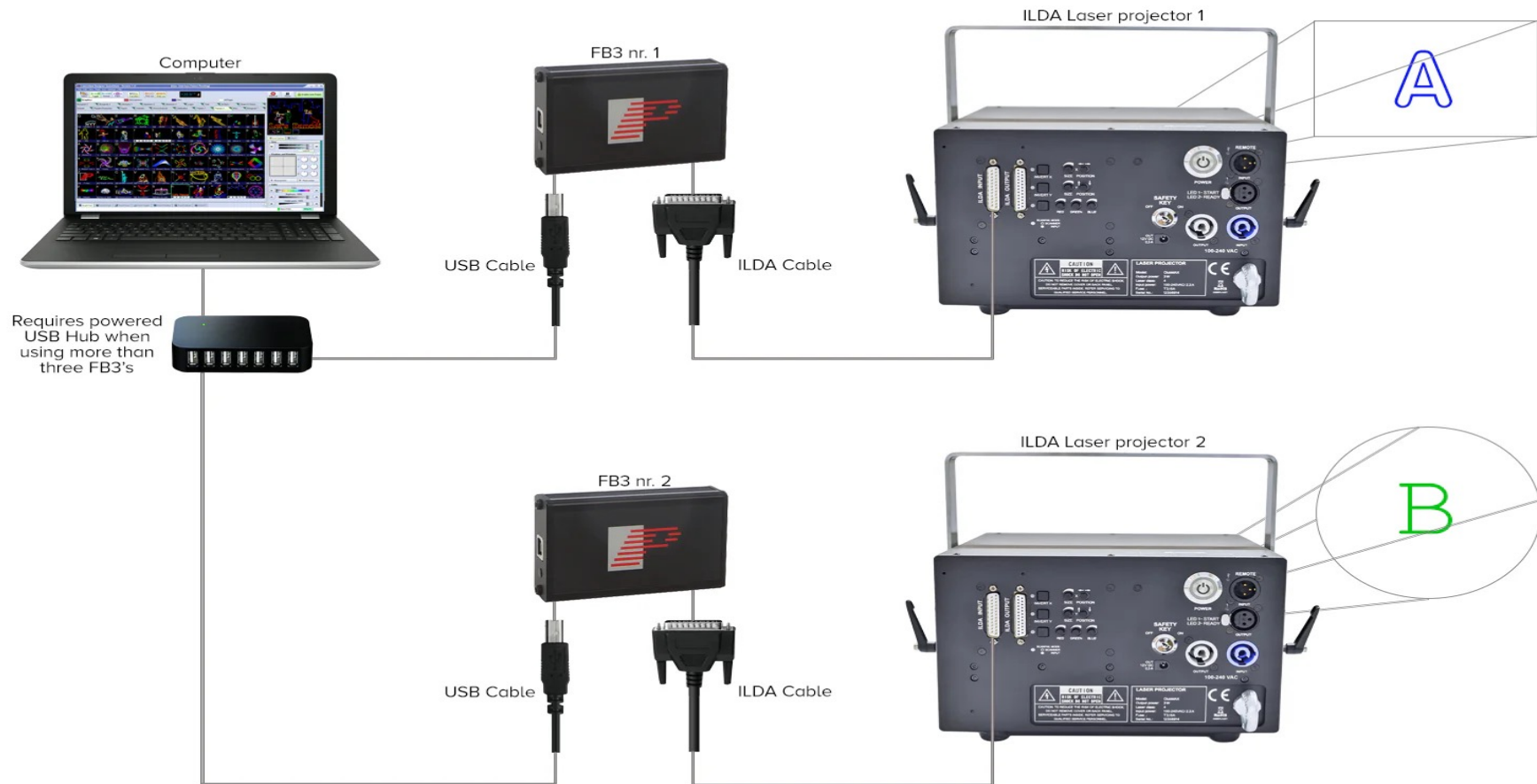


## SHARED CONTROL SETUP

In this setup we have two lasers connected to our PC via one FB3QS. Then we split the ILDA signal to both lasers (daisy chain). This is called shared control. As such, both lasers will do the same thing at the same time.



# SIGNAALITIE 2 X FB3

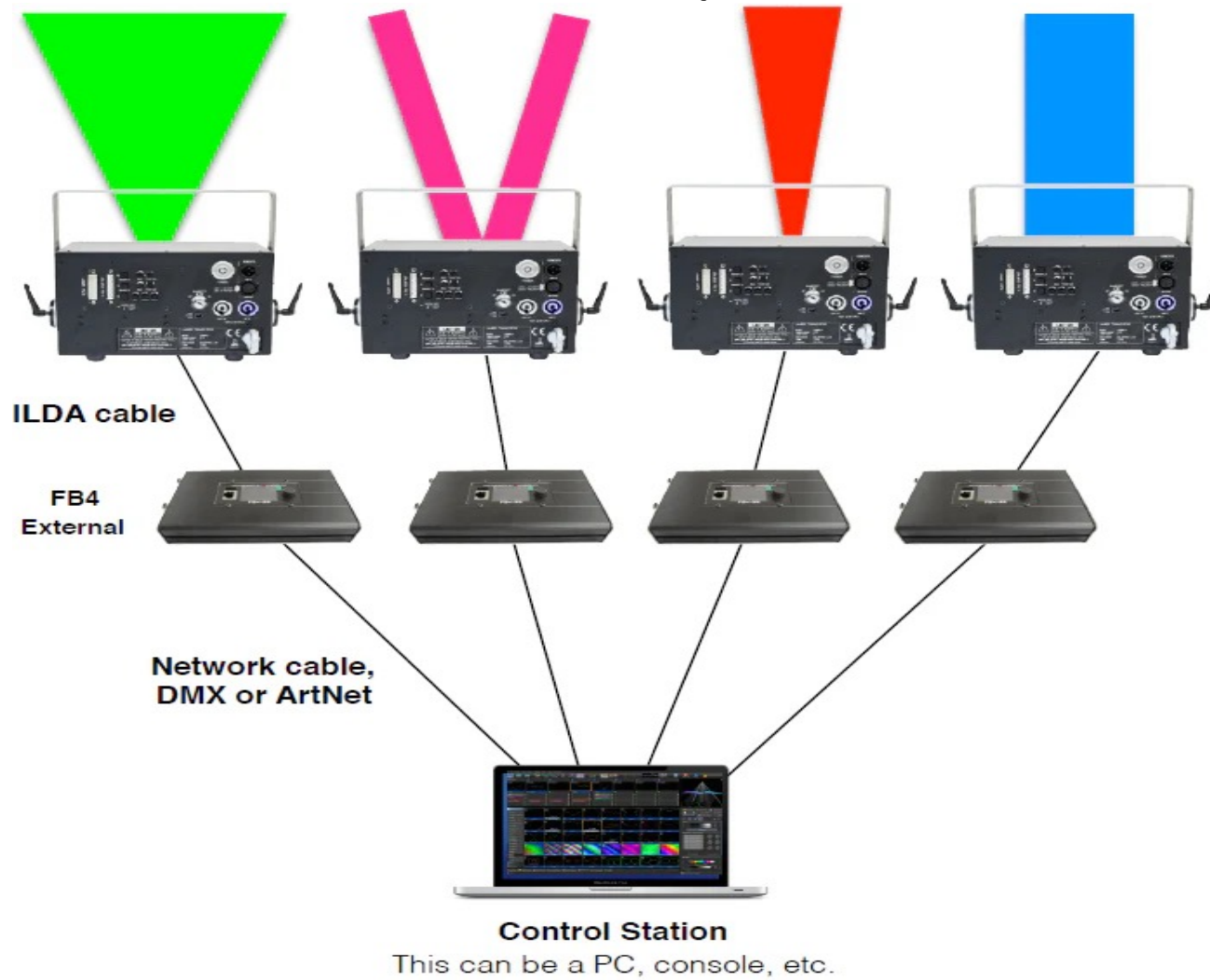


## INDEPENDENT CONTROL SETUP

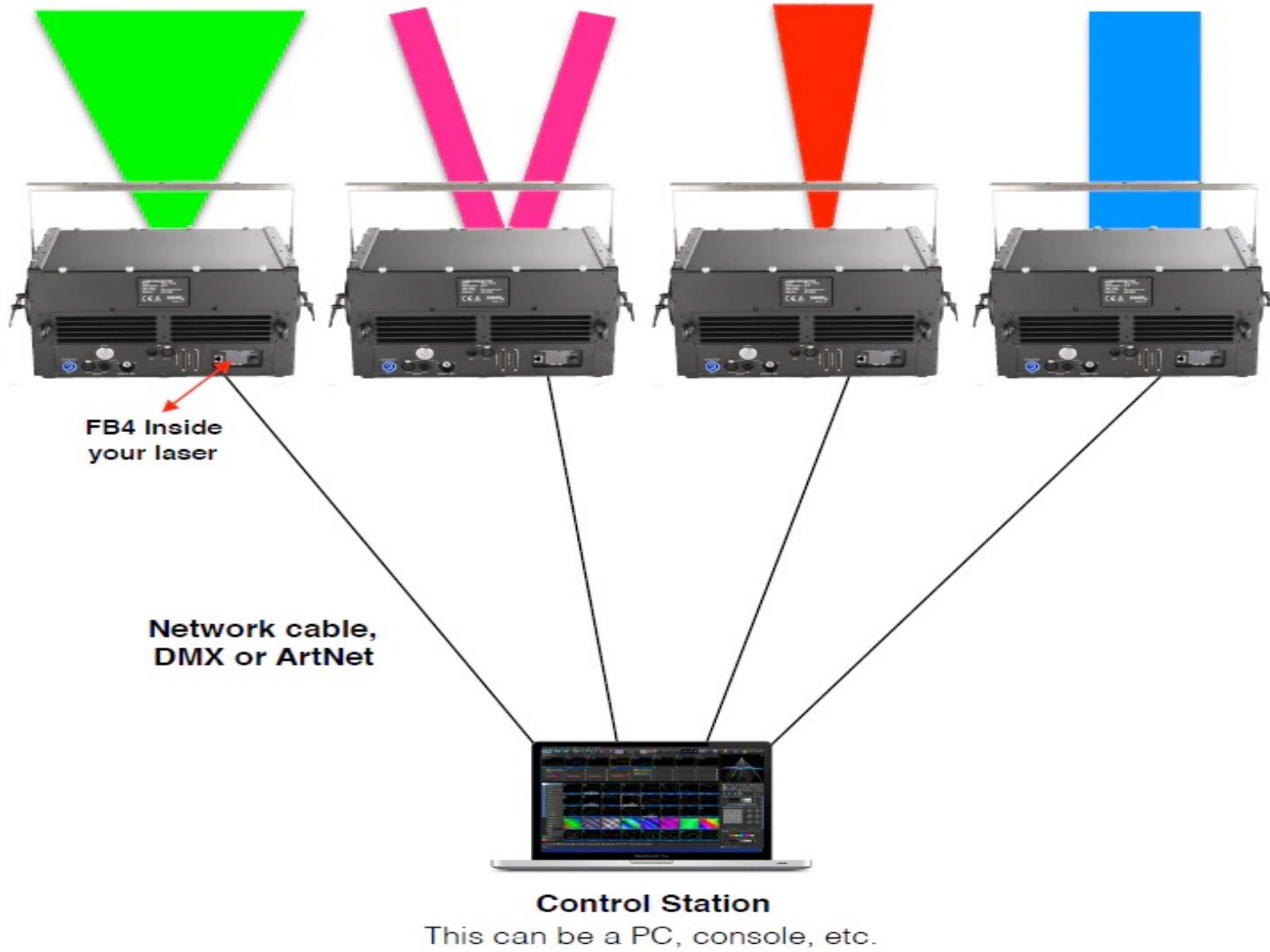
In this we have two lasers, each with their own FB3QS. This is called indecent control, as each laser can do something different at the same time, because they each have their own FB3QS connected.



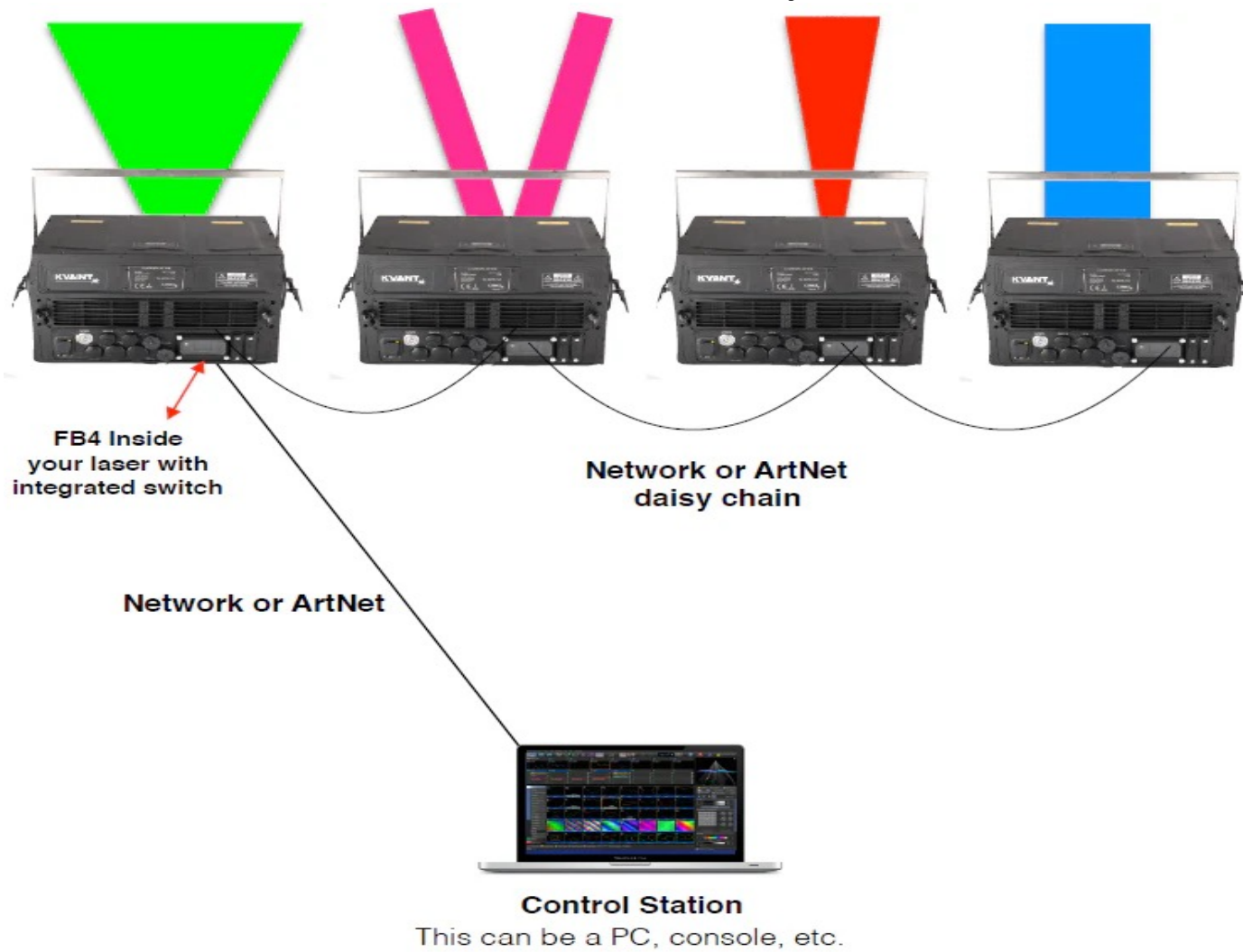
# SIGNAALITIE FB4 V1.



# SIGNAALITIE FB4 V2



# SIGNAALITIE FB4 V1.



# RGB LASER



Otto Suojanen / otto@showlaser.fi / +358 50 5600 578



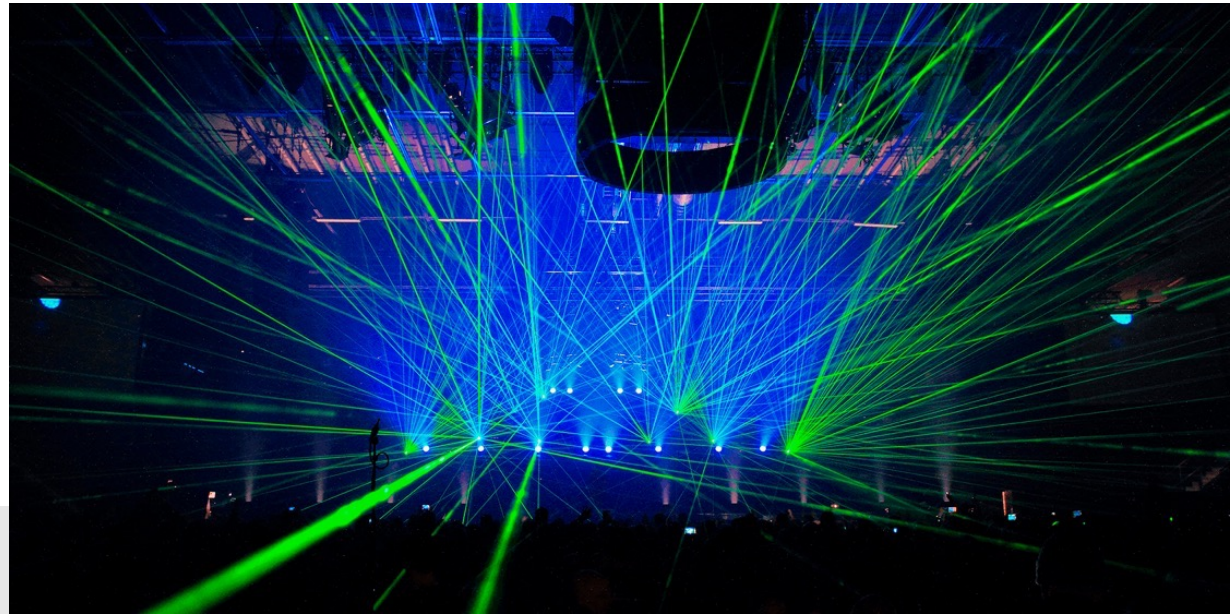
# BEAMBAR



Otto Suojanen / [otto@showlaser.fi](mailto:otto@showlaser.fi) / +358 50 5600 578



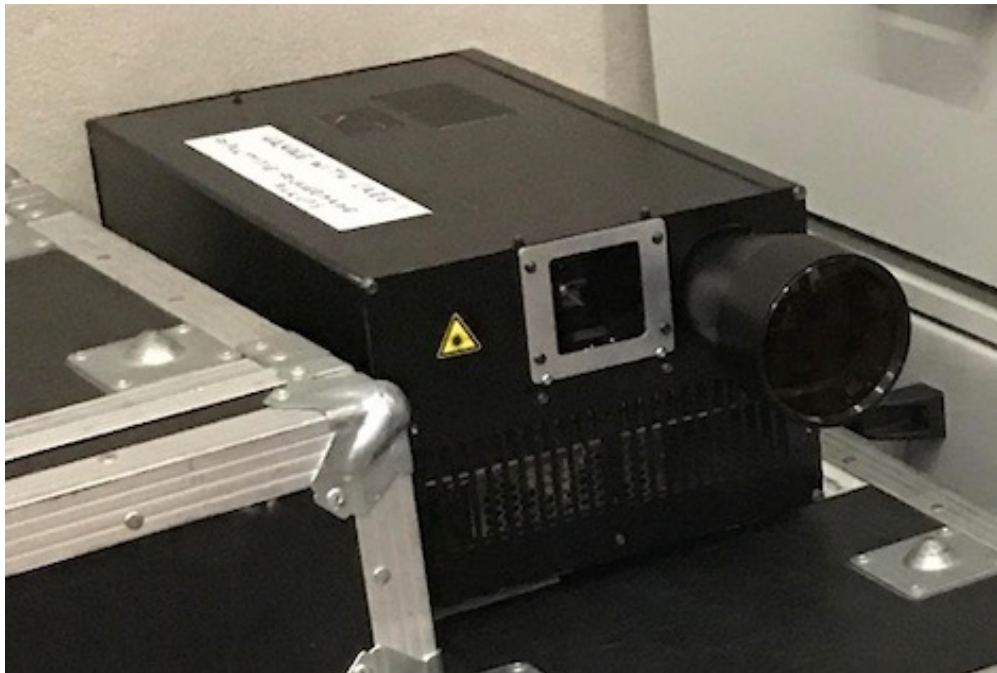
# BURST



Otto Suojanen / [otto@showlaser.fi](mailto:otto@showlaser.fi) / +358 50 5600 578



# S I N G L E   B E A M



Otto Suojanen / [otto@showlaser.fi](mailto:otto@showlaser.fi) / +358 50 5600 578



# LASERIN VAARAT

- Lasersäteilyn vaaralliset ominaisuudet:
- Säteen samansuuntaisuus ja hyvä fokusoitavuus
- Laserin vaarallisuus johtuu siitä, että lasersäteilyä synnyttävillä laitteilla on mahdollista kohdistaa suuria säteilyenergioita hyvin pieneen kudostilavuuteen erittäin lyhyessä ajassa.
- Lasersäteilyn tehotiheys ei myöskään vaimene nopeasti turvalliselle tasolle etäisyyden kasvaessa, vaan sillä voidaan kohdistaa hyvinkin kaukaa suuria tehoja haluttuun kohteeseen.



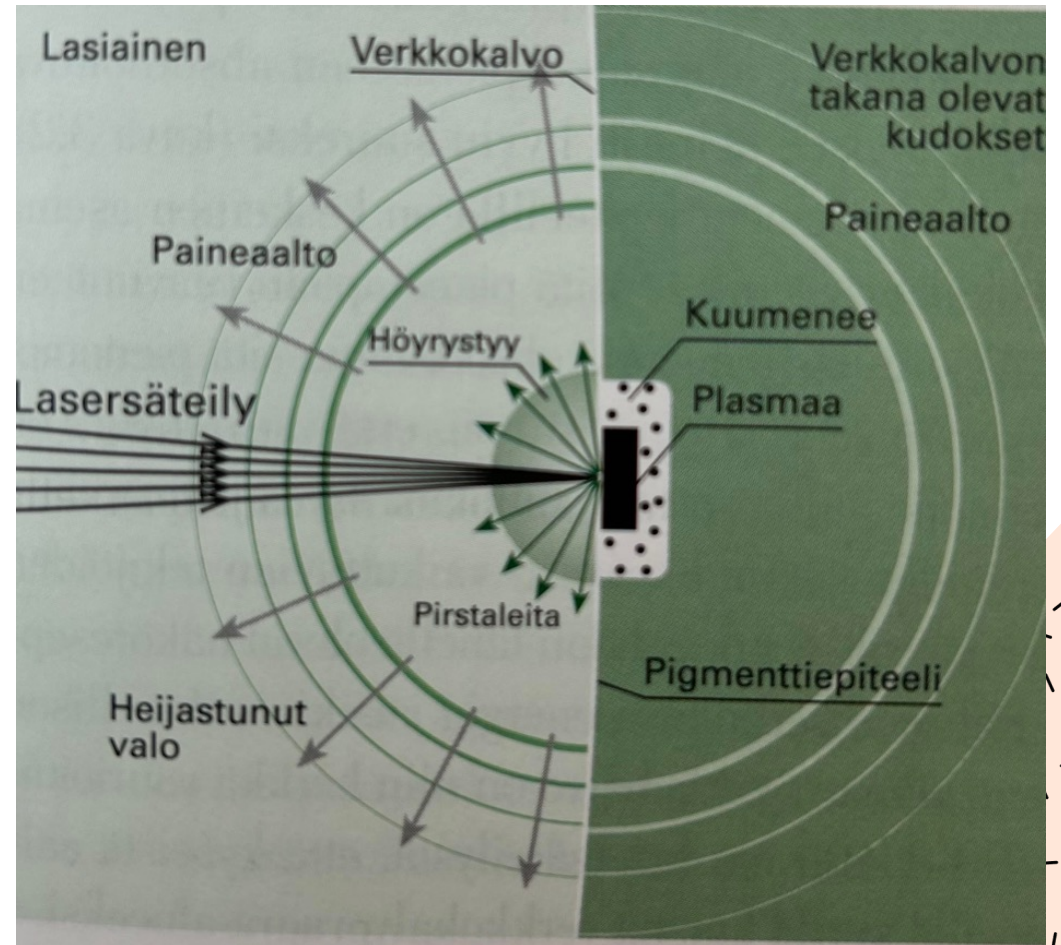
# LASERIN VAARAT

- Lasersäteily ei tunkeudu syväälle ihmiskehoon, minkä vuoksi sen aiheuttamat biologiset vaikutukset kohdistuvat lähes yksinomaan ihon ja silmän eri osiin.
- Silmään osuessaan pienitehoinenkin säde voi olla vaarallinen, koska se pystyy aallonpituudesta riippuen fokusoitumaan jopa verkkokalvolle asti vaurioittaen sitä.
- Laserlaitteiden turvallisen käytön edellytyksenä onkin aina, että käyttäjiin ja mahdollisiin sivullisiin kohdistuvan säteilyaltistuksen määrä tunnetaan hyvin eikä koskaan ylitä turvarajoja. Pienikin ylialtistus voi olla vaarallista.

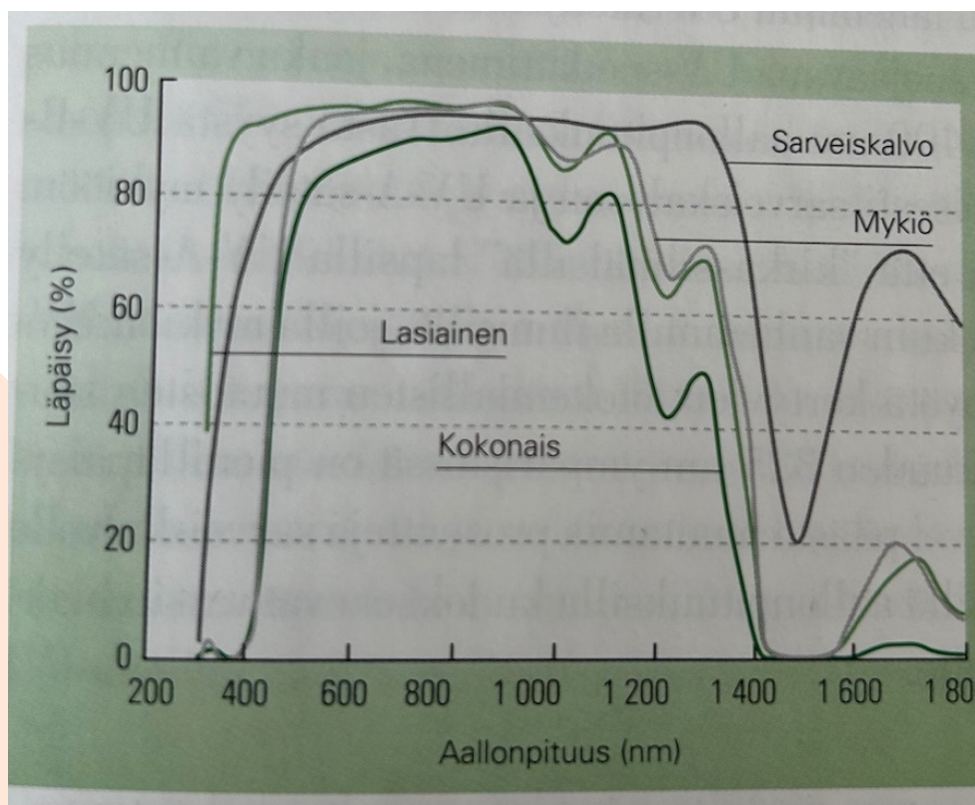


# LASERIN VAARAT

- Iho- ja **silmä**vauriot
  - ihon paikalliset palovammat
  - verkkokalvovauriot
- Palavat materiaalit
  - molton-kankaat
  - Heijastukset pinnoista
  - peilaavat matotukset
  - trussi- ja kattorakenteet
- Kalustovauriot
  - projektorit
  - kamerakalusto (kraana-, vaijeri-, robokamera)

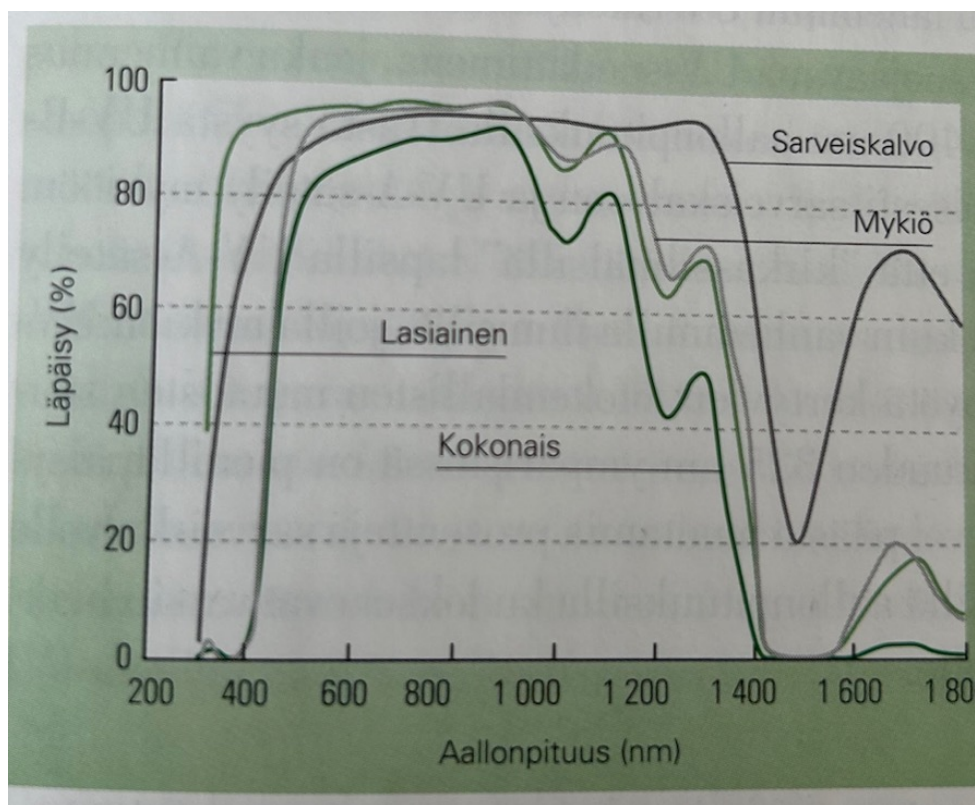


# LASERIN VAARAT



- Silmä läpäisee optista säteilyä erittäin hyvin näkyvän valon ja infrapunasäteilyn alueilla 400-1400nm.
- Silmän osien läpäisy ja verkkokalvon absorptio ja takaisineijastus vaikuttavat yhdessä verkkokalvolle absorboituneeseen tehoon ja sitä kautta myös lasersäteilyn enimmäisarvoihin.

# LASERIN VAARAT



- Vaikka laserin teho on hyvin pieni, on laserin (1mW) aiheuttama irradianssi ( $\text{W/m}^2$ ) silmän verkkokalvolla miljoonakertainen hehkulamppuun (100W) verrattuna ja monikymmenkertainen aurinkoon verrattuna.



# LASERIN VAARAT

- Lasersäteilyn altistusrajat perustuvat laajaan biologiseen tutkimukseen (1960 alkaen)
  - eläinkokeet
  - silmätapaturmat
  - silmien laserhoito
  - vapaaehtoiset koehenkilöt
- Altistumisrajojen ja minimivauriokynnyksen turvamarginaali on 2-10kertainen verrattuna altistumisrajaan.
- Suomessa ei ole tietävästi tapahtunut toistaiseksi sellaisia lasereiden aiheuttamia onnettomuuksia, joissa olisi syntynyt näköä haittaavia vammoja.



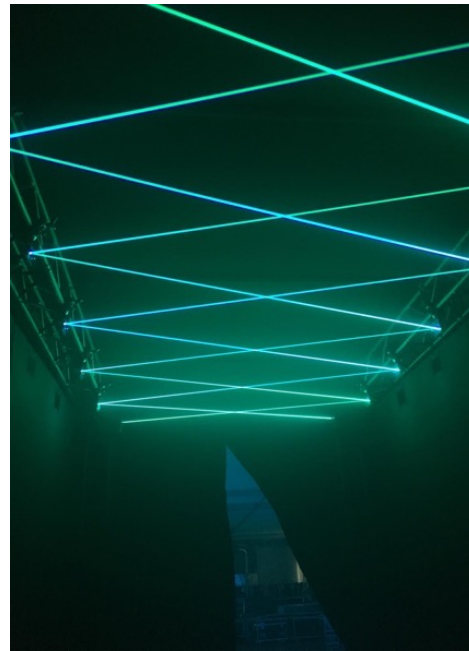
# LASERIN VAARAT

- Liian kirkkaan valon välähtäessä silmä pyrkii sulkeutumaan automaattisesti refleksinomaisesti.
- Laserstandardeja laadittaessa on laskettu, että käytännön altistumisaika näkyvällä valolla on korkeintaan 0,25 sekuntia.
- Tietävästi silmävaurioita ei ole havaittu, mikäli silmään osuneen lasersäteen teho on ollut  $< 1\text{mW}$



# LASERIN VAARAT

Ulkopuoliset tekijät



- Tärinät
  - subwoofers
  - liikenne
- Sääolosuhteet
- Heijastavat pinnat
  
- Päihteet



Supervision directly by an individual knowledgeable in laser safety.

Require storage or disabling of lasers when not in use.



All windows, doorways, open portals, etc., of an enclosed facility should be covered or restricted to reduce any escaping laser beams below appropriate ocular MPE level.



The beam path of the laser must be located and secured above or below eye level for any standing or seated position in the facility.



Appropriate laser protective eye wear must be provided all personnel within the laser controlled area.

Entry of any noninvolved personnel requires approval.



A beam stop of an appropriate material must be used to terminate all potentially hazardous beams.



Use diffusely reflecting materials near the beam, where appropriate.



Otto Suojanen / otto@showlaser.fi / +358 50 50 50 50



# LASERTURVALLISUUS



Säteilylaki.



19. luku. Ionisoimaton säteily



Suuritehoisen laserlaitteen käyttöön valotehosteena, mainoksessa, taideteoksessa tai muussa näihin rinnastettavassa esityksessä tai pelissä, on oltava Säteilyturvakeskuksen lupa, jos väestö voi oleskella laitteen käyttöpaikalla tai tilassa, jossa lasersäteet kulkevat.



# L A S E R T U R V A L L I S U U S



Lupa myönnetään, jos toiminnassa käytetään vaatimusten mukaisia laitteita ja toimintaa voidaan harjoittaa turvallisesti. Säteilyturvakeskus voi liittää lupaan turvallisuuden varmistamisen ja valvonnan kannalta tarpeellisia ehtoja.



Toiminnanharjoittajan on etukäteen ilmoitettava Säteilyturvakeskukselle suuritehoisen laserlaitteen jokaisesta käyttökerrasta 165§:ssä tarkoitetussa toiminnassa.



Toiminnanharjoittajan on järjestettävä 165 §:ssä tarkoitettu toiminta siten, että väestölle ei tahattomasti tai helposti aiheudu raja-arvoa suurempaa altistusta lasersäteilylle.

# L A S E R T U R V A L L I S U U S



Toiminnanharjoittajan on huolehdittava siitä, että suuritehoisen laserlaitteen käytön omavalvonta on järjestetty toiminnan luonteeseen ja laajuuteen nähden riittävästi. Käyttöä on valvottava jatkuvasti, jos säteet kulkevat alle kuuden metrin korkeudella tilassa, jossa väestö voi oleskella.



Säteilyturvakeskus muuttaa 165 §:ssä tarkoitettua luvan lupaehtoja, jos turvallisuuden varmistamisen kannalta välttämättömät syyt sitä vaativat. Säteilyturvakeskus peruuttaa luvan, jos toiminnanharjoittaja on lopettanut toimintansa.



Säteilyturvakeskus voi peruuttaa luvan, jos luvan myöntämisen edellytykset eivät täyty tai luvanhaltija on toistuvasti tai olennaisesti rikkonut lupaehtoja tai tämän lain tai sen nojalla annettuja säännöksiä tai määräyksiä, eikä ole kehotuksesta huolimatta korjannut puutteita tai menettelyään määräajassa.

# VALVONTAMAKSUT



## 4. Ionisoimattoman säteilyn käytön valvontamaksu

Ionisoimattoman säteilyn käytön valvontamaksu peritään suuritehoisen laserlaitteen käytöstä säteilylain 167 §:ssä tarkoitetussa toiminnassa.

Valvontamaksu muodostuu toimintakohtaisesta perusmaksusta ja säteilylähdekohtaisesta lisämaksusta.

Toimintakohtainen perusmaksu määräytyy seuraavasti:

Toiminnan maksuluokka	Toiminta
A	Suuritehoisen laserlaitteen käyttö (sisältäen yhteen paikkaan kiinteästi asennetun suuritehoisen laserlaitteen käytön)

Säteilylähdekohtainen lisämaksu määräytyy säteilylähteestä ja sen käytöstä seuraavasti:

Säteilylähteen maksuluokka	Säteilylähde
E	Siirrettävä suuritehoinen laserlaitteisto



# VALVONTAMAKSUT

## 1. Maksuluokat ja niiden mukaiset maksut

Maksuluokkia ovat toiminnan maksuluokka ja säteilylähteen maksuluokka.

Toimintakohtaiset perusmaksut ovat:

Toiminnan maksuluokka	Toimintakohtainen perusmaksu
A	180 €
B	620 €
C	1 680 €
D	1 680 €
E	4 130 €
F	10 040 €
G	22 300 €
H	450 €
I	1 120 €

Säteilykohtaiset lisämaksut ovat:

Säteilylähteen maksuluokka	Säteilylähdekohtainen lisämaksu
A	40 €
B	80 €
C	140 €
D	390 €
E	560 €
F	840 €
G	1 120 €
H	3 350 €
I	6 030 €

Otto Suojanen / otto@showlaser.fi / +358 50 5600  
578

# SÄTEILYTURVAKESKUKSEN SUORITTEISTA PERITTÄVÄT MAKSUT (SOSIAALI- JA TERVEYSMINISTERIÖN ASETUS)

## 5. Suuritehoiset laserlaitteet

**Taulukko 5.1.** Maksut suurtehoisia laserlaitteita koskevista suoritteista.

Suorite	Perusmaksu, €	Lisämaksu, €/h	Huomautus
Lupa	515	160	
Luvan muutos	195	160	
Lupa-asiaan liittyvä tarkastus	370	160	
Lupa-asiaan liittyvä laajempi tarkastus	590	160	Jos säteitä kohdistetaan yleisöön tai säteitä päätetään taivaalle.

L A S E R L A U S U N T O M A K S U T / F I N T R A F F I C  
L E N N O N V A R M I S T U S O Y

- Laserlausunnot tuotetaan asiakaskyselyn perusteella tapauskohtaisena palveluna. Ilmailulain (864/2014) 159§ mukaisesti ulkoilmalasersertoimintaa suunnittelevan toimijan tulee ilmoittaa suunnitellusta lasertoiminnasta Fintraffic lennonvarmistus Oy:lle, joka tekee arvion laserin vaikutuksesta ilmaliikenteelle. Fintraffic lennonvarmistus antaa lausunnon asiakkaan pyynnöstä. Pyyntö tulee esittää Fintraffic lennonvarmistukselle 10 viikkoa ennen suunniteltua käyttöä. Nopeutetussa käsittelyssä pyyntö tulee esittää Fintrafficin lennonvarmistukselle 4 viikkoa ennen suunniteltua käyttöä.

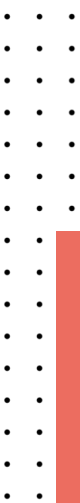
Normaali käsittely 340€ + ALV 24 % (yli 10 vko)

Nopeutettu käsittely 750€ + ALV 24% (yli 4vko)



# SÄTEILYTURVAKESKUKSEN MÄÄRÄYS SUURITEHOISTEN LASERLAITTEIDEN KÄYTÖSTÄ

- Laserien käytöstä yleisötilaisuuksissa ei ole säädetty sitovasti Euroopan unionin lainsäädännössä eikä velvoitteita johdu kansainvälisistä sitovista sopimuksista.
- Kansainvälisesti laserien käyttöön sovelletaan International Electrotechnical Commission:n teknisessä raportissa IEC/TR 60825-3:2008 Safety of laser products, Part 3, Guidance for laser displays and shows annettuja menettelytapoja.
- Lasersäteilyn väestön altistuksen raja-arvot on annettu kansallisesti ICNIRP:n tekemien suositusten mukaisesti Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa ionisoimattoman säteilyn väestölle aiheuttaman altistuksen rajoittamisesta (1045/2018).



# SÄTEILYTURVAKESKUKSEN MÄÄRÄYS SUURITEHOISTEN LASERLAITTEIDEN KÄYTÖSTÄ (STUK S / 10 / 21) (SÄTEILYLAIN NOJALLA)

## 1 § Soveltamisala

Tätä määräystä sovelletaan säteilylain (859/2018) 165 §:ssä tarkoitettuun toimintaan.

## 2 § Lupahakemuksessa on esitettävä:

1. hakijan tiedot ja yhteystiedot;
2. hakijan tai tämän puolesta laserlaitetta käyttävän henkilön koulutus ja kokemus laserturvallisuudesta;
3. muut hakijan yksilöimiseksi tarpeelliset tiedot.



---

### **3 § Lupahakemuksessa esitettävät tiedot suuritehoisesta laserlaitteesta ja sen suunnitellusta käytöstä**

Lupahakemuksesta on käytävä ilmi haetaanko lupaa:

1. määräajaksi vai toistaiseksi voimassa olevana;
2. kiinteästi yhteen paikkaan asennettavalle vai siirrettävälle laitteistolle;
3. lasereiden käytölle sisällä vai ulkona;
4. suunnataanko säteitä taivaalle tai yleisöön.



## 4 § Riskiarvio

- Toimintaa koskevassa riskiarviossa on tunnistettava ja arvioitava suuritehoisen laserlaitteen käyttöön liittyvät riskit ja mahdolliset säteilyturvallisuuspoikkeamat ja niistä aiheutuva potentiaalinen altistus.
- Riskiarviossa on lisäksi esitettävä toimenpiteet säteilyturvallisuuspoikkeamien estämiseksi ja suunnitelma säteilyturvallisuuspoikkeamien varalta.



---

## 5 § Lupahakemuksessa esitettävät tiedot vastuuhenkilöstä

- Lupahakemuksessa on ilmoitettava säteilylain 168 §:ssä tarkoitetun vastuuhenkilön nimi.



## 6 § Suuritehoisen laserlaitteen käytöstä ilmoittaminen

Luvanhaltijan on ilmoitettava suuritehoisen laserlaitteen käytöstä Säteilysurvakeskukselle viimeistään viisi päivää ennen laitteen aiottua käyttöajankohtaa. Luvanhaltijan on ilmoitettava:

- 1.suuritehoisen laserlaitteen käyttöpaikka;
- 2.yhteystiedot suuritehoisen laserlaitteen käyttöpaikalla;
- 3.suuritehoisen laserlaitteiden käyttäjä;
- 4.suuritehoisen laserlaitteen asennus- ja käyttöajankohta;
- 5.ajankohta, jolloin esitys voidaan tarvittaessa tarkastaa;
- 6.käytettävät suuritehoiset laserlaitteet ja niiden säteilysurvallisuuteen liittyvät tekniset tiedot;
- 7.asennussuunnitelma, josta ilmenee suuritehoisten lasereiden sijainti sekä säteiden suuntaus, kulku ja päättäminen.

---

## 6 § Suuritehoisen laserlaitteen käytöstä ilmoittaminen

Jos säteet päätetään taivaalle, on luvanhaltijan ilmoitettava lisäksi:

1. suuritehoisen laserlaitteen käyttöpaikan maantieteellinen sijainti koordinaateissa;
2. säteiden suuntaus; vaakasektori kompassisuuntina sekä korkeussuuntauksen ala- ja yläraja;
3. silmäturvallisuus- ja häikäisyetäisyydet sekä näiden suurimmat arvot vaaka- ja pystysuoraan.



---

## 7 § Toiminnan muutoksista ilmoittaminen

- Luvanhaltijan on ilmoitettava Säteilyturvakeskukselle etukäteen säteilylain ([859/2018](#)) 165 §:n 2 momentin 1 kohdan mukaisten yhteystietojen muutoksista viipymättä ja 2-4 kohdassa tarkoitetuista muutoksista 30 päivää ennen muutoksia.

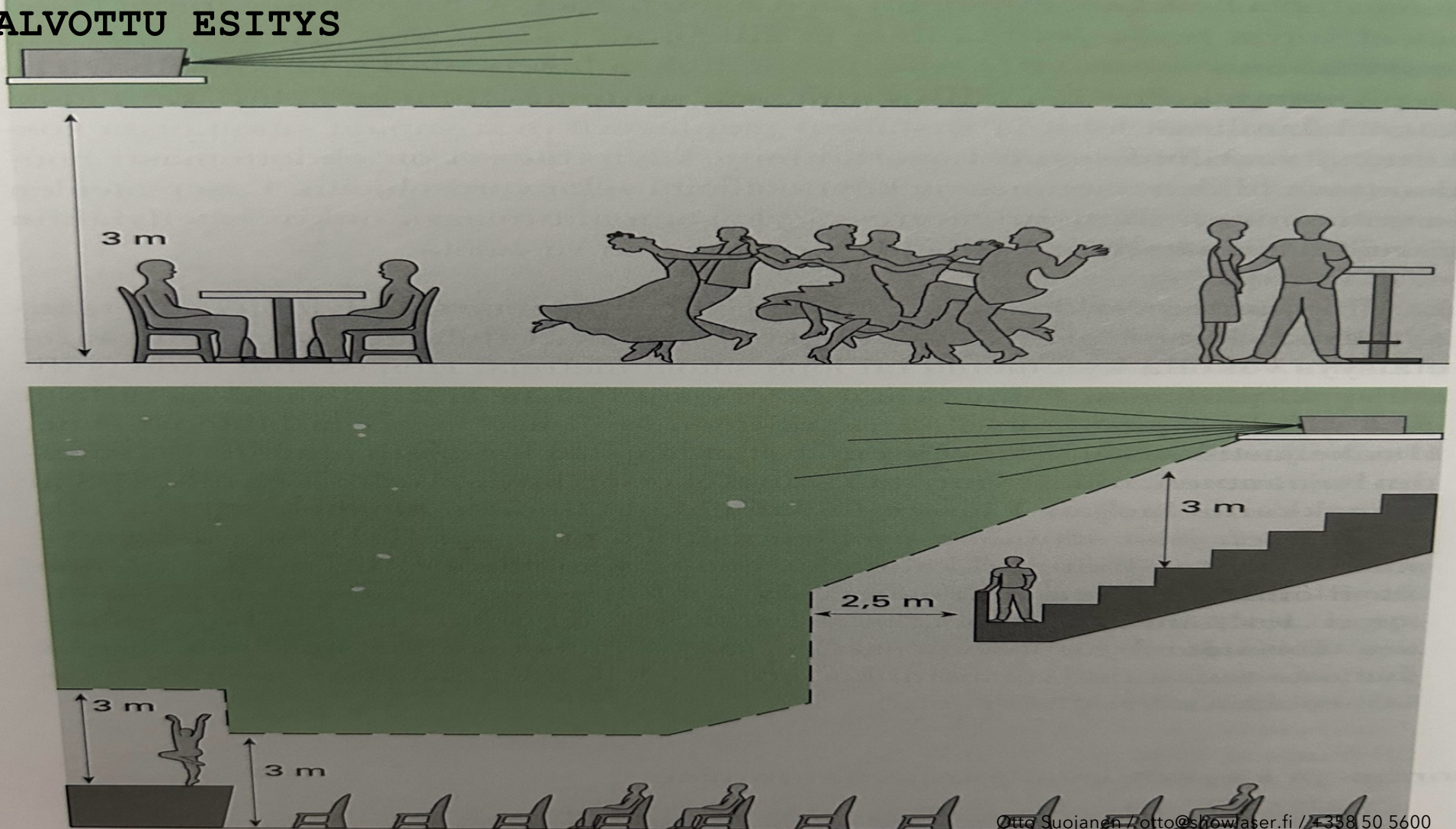


## 8 § Altistumisraja-arvojen suojaama alue

- Lasersäteilylle altistuminen pitää olla pienempi kuin altistuksen raja-arvot kolmen metrin korkeuteen asti pystysuorassa suunnassa ja kahden ja puolen metrin etäisyyteen vaakasuorassa suunnassa alueella, jossa väestö voi oleskella.
- Lisäksi tilassa, jota ei jatkuvasti valvota, lasersäteilylle altistuminen pitää olla pienempi kuin altistuksen raja-arvot kuuden metrin korkeuteen asti pystysuorassa suunnassa.
- Jos lasersäteitä suunnataan tai lasersäteet heijastuvat 1 ja 2 momentissa tarkoitetuille alueille, toiminnanharjoittajan on ennen kutakin käyttökertaa varmistettava mittaamalla, etteivät altistuksen raja-arvot ylity. Mittauksissa on käytettävä käyttötarkoitukseen soveltuvaa mittaria.



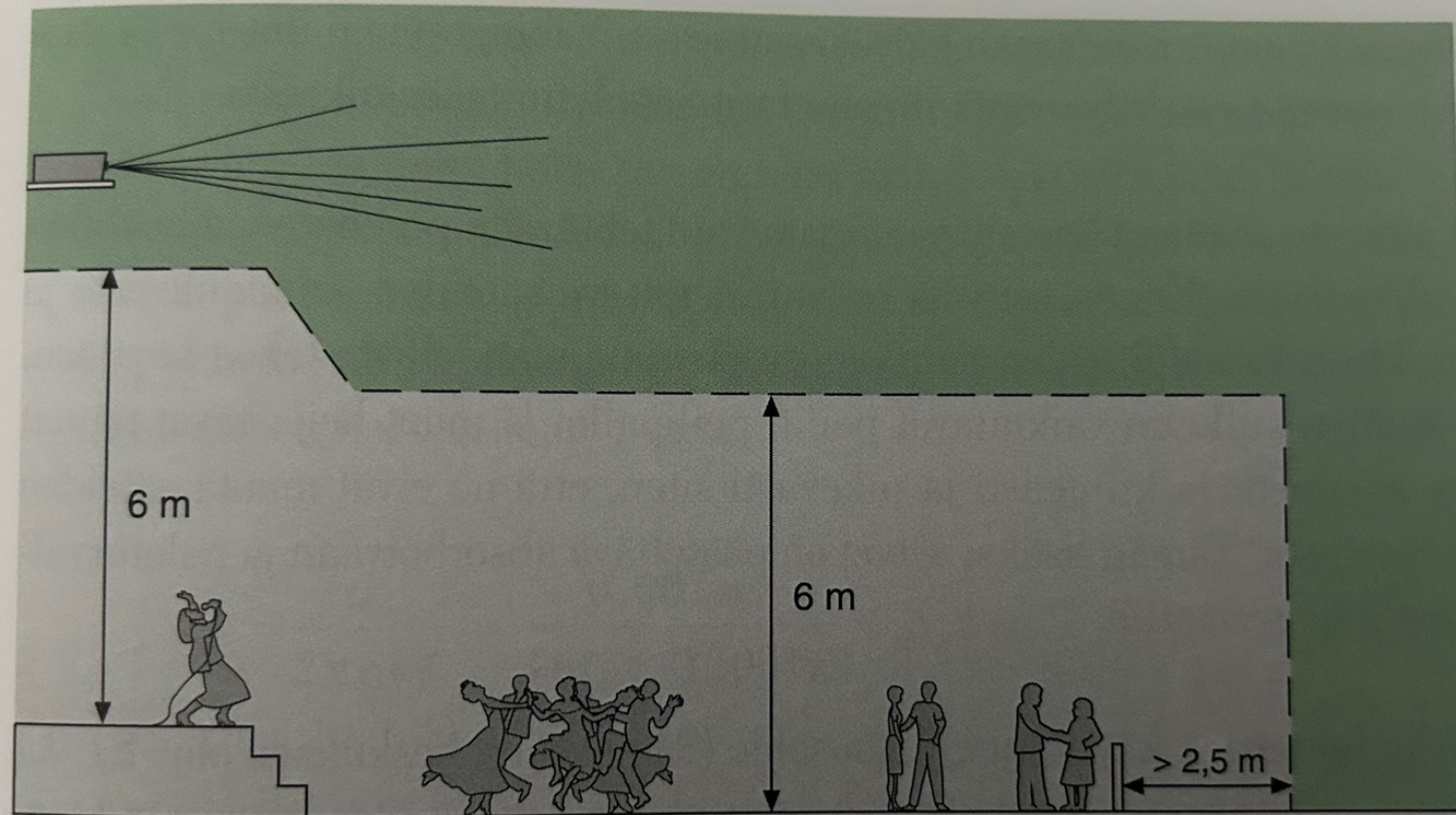
# VALVOTTU ESITYS



Otto Suojanen / otto@showlaser.fi / +358 50 5600 578

Kuva 4.3 Lasersäteiden etäisyydet yleisötilasta valvotussa esityksessä

## VALVOMATON ESITYS



**Kuva 4.4 Lasersäteiden etäisyydet yleisötilasta valvomattomassa esityksessä**

Otto Suojanen / otto@showlaser.fi / +358 50 5600 578

Valvomattomassa esityksessä lasersäteitä ei saa olla alueella, jota rajaavat turvaetäisyy-

## 9 § Voimaantulo ja siirtymäsäännös

- Tämä määräys tulee voimaan 1 päivänä huhtikuuta 2021 ja on voimassa toistaiseksi.
- Tämän määräyksen voimaan tullessa vireillä oleviin asioihin sovelletaan tätä määräystä.
- Tällä määräyksellä kumotaan suuritehoisen laserlaitteen käytöstä annettu Säteilyturvakeskuksen määräys (STUK S/4/2018).



S U U R I T E H O I S E N L A S E R L A I T T E E N K Ä Y T T Ö  
Y L E I S Ö E S I T Y K S I S S Ä /  
T O I M I N N A N H A R J O I T T A J A ( 2 7 . 4 . 2 0 2 3 )

- **Toiminnanharjoittaja** vastaa toiminnan säteilyturvallisuudesta. Tätä vastuuta ei voi siirtää toiselle henkilölle tai taholle. Toiminnanharjoittajalle kuuluvia velvollisuuksia ei vähennä se, että suuritehoisen laserlaitteen käyttöön on nimetty säteilylain vaatima vastuuhenkilö.
- Jos toiminnanharjoittajalla ei ole yritys- ja yhteisötunnusta, esimerkiksi jos hän toimii kevytyrittäjänä, on toiminnanharjoittajan annettava henkilötunnus. Myös yksityisen elinkeinonharjoittajan on annettava Y-tunnuksen lisäksi henkilötunnus.



S U U R I T E H O I S E N   L A S E R L A I T T E E N   K Ä Y T T Ö  
Y L E I S Ö E S I T Y K S I S S Ä   /  
T O I M I N N A N H A R J O I T T A J A

- Toiminnanharjoittajan on kuvattava lupahakemuksen yhteydessä vastuuhenkilön tai tämän puolesta laserlaitetta käyttävän henkilön laserturvallisuuteen saama koulutus ja kokemus laserturvallisuusasioissa.
- **Suomessa ei järjestetä laserturvallisuudesta koulutusta,** jonka suorittamalla sopivat tiedot laserturvallisuudesta saataisiin. Tämän vuoksi tietämys laserturvallisuudesta arvioidaan yleensä yleistietojen ja itseopiskellun tietämyksen perusteella. Ulkomailla (mm. Saksassa ja Englannissa) on laserturvallisuuskursseja, jotka on tarkoitettu nimenomaan yleisötilaisuuksissa käytettävien laserien operaattoreille.



# SUURITEHOISEN LASERLAITTEEN KÄYTTÖ YLEISÖESITYKSISSÄ / LASERTURVALLISUUSKURSSIT



- ILDA Laser Safety Officer (LSO)
- ER Productions

# SUURITEHOISEN LASERLAITTEEN KÄYTTÖ YLEISÖESITYKSISSÄ / KONSERTTI

- Tyypillinen yksittäinen tilaisuus, jossa käytetään suuritehoista laserlaitetta, on ulkomaisen esiintyjän konsertti. Tällöin konsertin mukana kiertävä laseroperaattori on suunnitellut laserasennuksen ja käyttää laserlaitteita.
- Suositeltava menettelytapa tällaisiin tilaisuuksiin on se, että konsertin järjestäjä hankkii laseresityksestä vastaamaan toiminnanharjoittajan, jolla on toistaiseksi voimassa oleva lupa suuritehoisten laserlaitteiden käyttöön. Voimassa olevan luvan haltija huolehtii siitä, että esitys täyttää laserin käyttöön liittyvät turvallisuusvaatimukset ja tekee tarvittavat ilmoitukset.



# L A S E R L U V A T ( 4 . 3 . 2 0 2 4 )

- Seuraavilla toiminnanharjoittajilla on toistaiseksi voimassa oleva lupa suuritehoisen laserlaitteen käyttöön:
- Capital AV / Jaakko Peltomäki Oy  
Cyber Solutions Finland Oy  
ER Productions  
Henry Geitel  
JT-Laser Oy  
Jyväs Media Oy  
Klosse J. Wistbacka  
Laserimage AB  
Luntio Oy  
Mixa Oy  
Oy Pyroman Finland Ltd  
Sillanpää Juha  
Space Zoo Oy  
ST Sportservice GmbH  
Suomen Videoviestintä SVV Oy  
Teatteri yhdistys Taikateatteri 13 ry  
Topwork OÜ  
Xiter Ab  
XYZ Deziqns Oy



Otto Suojanen / [otto@showlaser.fi](mailto:otto@showlaser.fi) / +358 50 5600 578

# SUURITEHOISEN LASERLAITTEEN KÄYTTÖ YLEISÖESITYKSISSÄ / KONSERTTI

- Konsertin järjestäjä voi tarvittaessa hakea lupaa suuritehoisten laserlaitteiden käytölle yksittäiseen tilaisuuteen ja toimia itse toiminnanharjoittajana.
- Lupamaksu on maksettava erikseen jokaisesta luvasta. Lupamaksu on yksittäiselle tai toistaiseksi voimassa olevalle luvalla samansuuruinen.
- Yksittäisten esitysten kohdalla STUK tekee maksullisen tarkastuksen pääsääntöisesti aina.





S U U R I T E H O I S E N  
L A S E R L A I T T E E N  
K Ä Y T T Ö  
Y L E I S Ö E S I T Y K S I S S Ä  
/ R I S K I A R V I O

Toiminnanharjoittajan on liitettävä lupahakemukseen toimintaa koskeva riskiarvio.

Riskiarvio ei ole kertaluonteinen arvio, joka tehdään toimintaa aloitettaessa. Riskiarvion ylläpidon tulisikin olla jatkuva prosessi, jossa toiminnan turvallisuutta parannetaan koko ajan.

Laserlaitteen asennusvaiheen, suuntauksen ja käytön aikaiset riskit tulee arvioida riskiarviossa.

S U U R I T E H O I S E N  
L A S E R L A I T T E E N  
K Ä Y T T Ö  
Y L E I S Ö E S I T Y K S I S S Ä  
/ R I S K I A R V I O

Käyttövaihe	Riski	Vaara	Vakavuus	Riskiryhmä	Toimenpiteet
Suuntaus	Lasersäde osuu ihmisiin suuntauksen aikana	Silmävaurio	Suuri	Laserin käyttäjät	Laserin silmäturvaetäisyys tiedetään.  Vaara-alue on määritetty ja vaara-alueella käytetään silmäsuojaimia.  Suuntaus tehdään pienimmällä mahdollisella teholla.  Suuntaus aloitetaan suuntaamalla säteet mahdollisimman turvalliseen suuntaan.
				Muu henkilökunta	Vain laserin suuntaamiseen tarvittavat henkilöt ovat tilassa laserien suuntauksen aikana.
				Yleisö	Yleisö ei ole tilassa suuntauksen aikana.



# SUURITEHOISEN LASERLAITTEEN KÄYTTÖ YLEISÖESITYKSISSÄ / SUUNTAUS

- Lasersäteet on suunnattava niin, ettei niistä aiheudu vaaraa.
- Säteiden suuntauksen lisäksi on pidettävä huolta siitä, että säteet päätetään (eli tiedetään täsmällisesti mistä ja minne säde kulkee).
- Säteiden päättämispinnasta ei saa tulla heijastuksia ja päättämispinnan on kestettävä lasersäteiden teho (palovaara).



# SUURITEHOISEN LASERLAITTEEN KÄYTTÖ YLEISÖESITYKSISSÄ / VALVONTA

- Laserlaitteen käytön aikana laserin käyttäjä valvoo, että laserin käyttö on turvallista. Tämä tarkoittaa sitä, että laserin käyttäjä valvoo jatkuvasti sitä, että laserien suuntauksessa ja asennuksessa ei tapahdu muutoksia, laserlaitteet toimivat suunnitellusti ja ihmiset eivät ole lasersäteiden vaara-alueella.
- Tarvittaessa laserin käyttäjän on sammutettava laserit välittömästi. Laserien käyttö on laserien käyttäjän päätehtävä lasereiden ollessa käytössä.
- Tilassa, jota ei jatkuvasti valvota, lasersäteilylle altistuminen pitää olla altistuksen raja-arvoja pienempi kuuden metrin korkeuteen saakka. Laserin käyttäjän tulee kyetä tarvittaessa sammuttamaan laser viivytyksettä.



# SUURITEHOISEN LASERLAITTEEN KÄYTTÖ YLEISÖESITYKSISSÄ / VALVONTA

- Tilanteet, joissa lasersäde päätetään laserlaitteen ja yleisön väliin, tulee arvioida aina tapauskohtaisesti. Esimerkki tällaisesta päättämisestä on säteen suuntaaminen ylä- ja alakatsomon väliseen parveen. Tällöin suuntauksen turvallisuuden arvioinnissa on otettava muun muassa huomioon parven ja muun katsomon mittasuhteet ja materiaali, parven etäisyys laserlaitteesta, laserlaitteen asennuksen tukevuus ja lasersäteen suuntauksessa käytettävät fyysiset säteen rajoittimet.
- Perusperiaatteena on, ettei yllä mainituille alueille suunnata lasersäteitä. Jos säteitä suunnataan tai lasersäteet heijastuvat yllä mainituille alueille, toiminnanharjoittajan on käyttöpaikalla mittaamalla varmistettava, etteivät altistuksen raja-arvot ylity. Mittaus on tehtävä ennen jokaista käyttökertaa. Mittauksissa on käytettävä mittauksiin soveltuvaa mittaria.



# SUURITEHOISEN LASERLAITTEEN KÄYTTÖ YLEISÖESITYKSISSÄ / SUUNTAUS YLEISÖÖN

- Yleinen laserefekti, jossa säteitä suuntautuu yleisöön, on diffraktio- tai burst-efektin käyttö. Näissä efekteissä lasersäde on hajautettu diffraktioelementin avulla useaan eri säteeseen. Näissä efekteissä suoraan eteenpäin suuntautunut säde on voimakkain, ja mitä enemmän sivulle säde on suuntautunut, sitä pienempi yksittäisen säteen teho on.
- Suurempitehoiset säteet suunnataan yleisöalueen ulkopuolelle, ja osa efektin sivukeiloista suuntautuu yleisöön. Näistä säteistä toiminnanharjoittajan on mittauksella osoitettava, etteivät altistuksen raja-arvot ylity. Mittaus tehdään pysäyttämällä efekti ja mittaamalla yksittäisten säteiden teho alueella, jossa yleisö voi oleskella.
- Mittaus tehdään jatkuvan tehon mittauksella, ja altistuksen raja-arvona käytetään silmän 0,25 sekuntin suojautumisrefleksin mukaista altistumisrajaa 2,55 mW/cm<sup>2</sup> (1 mW:n teho halkaisijaltaan 7 mm:n aukkaan mitattuna).

# MPE

## Maximum Permissible Exposure (MPE)

The MPE of a laser depends on the characteristics of the laser and the time of exposure. Tables 5a – 5f in ANSI z136.1 provide the comprehensive list of formulas for calculating the MPEs for the different possible exposures.

### Continuous Wave Laser:

Determination of the MPE for incidental direct viewing of a visible laser:

$$MPE(H): 1.8t^{0.75} \frac{mJ}{cm^2}$$

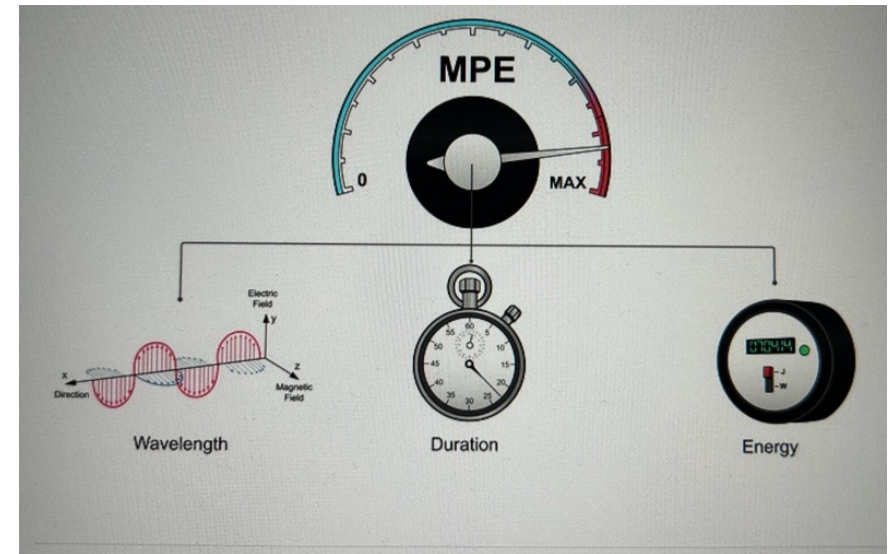
$$\text{Where: } E = \frac{H}{t}$$

$$\text{And: } MPE(E): \frac{MPE(H)}{t}$$

For an incidental exposure to a visible laser, we are able to reference Table 1 to determine the exposure time of 0.25 seconds.

$$MPE(H): 1.8(0.25)^{0.75} \frac{mJ}{cm^2} = 0.636 \frac{mJ}{cm^2}$$

$$MPE(E): \frac{0.636 \frac{mJ}{cm^2}}{0.25 s} = 2.55 \frac{mW}{cm^2}$$



# SUURITEHOISEN LASERLAITTEEN KÄYTTÖ YLEISÖESITYKSISSÄ / ILMOITUSAJAT

- Laserlupaa tulee hakea hyvissä ajoin ennen toiminnan aloittamista. Luvan myöntämiselle ei ole määräaikaa. Tavanomainen aika luvan käsittelymiseen on **30 päivää** siitä, kun kaikki luvan käsittelymiseen kannalta tarpeelliset dokumentit on toimitettu Säteilyturvakeskukseen
- Luvanhaltijan on ilmoitettava STUKille laserlaitteiden käytöstä viimeistään **viisi päivää** ennen laitteen aiottua käyttöajankohtaa.
- Jos lasersäteet päätetään taivaalle, on lasereiden käytöstä ilmoitettava Fintraffic Lennonvarmistus Oy:lle **10 viikkoa (nopeutettu käsittely 4 vko)** ennen suunniteltua käyttöajankohtaa. Fintraffic Lennonvarmistus Oy:n tarvitsemat tiedot tulee ilmoittaa samaan aikaan myös Säteilyturvakeskukselle, joka tarkastaa ilmoituksessa esitetyt laskelmat.

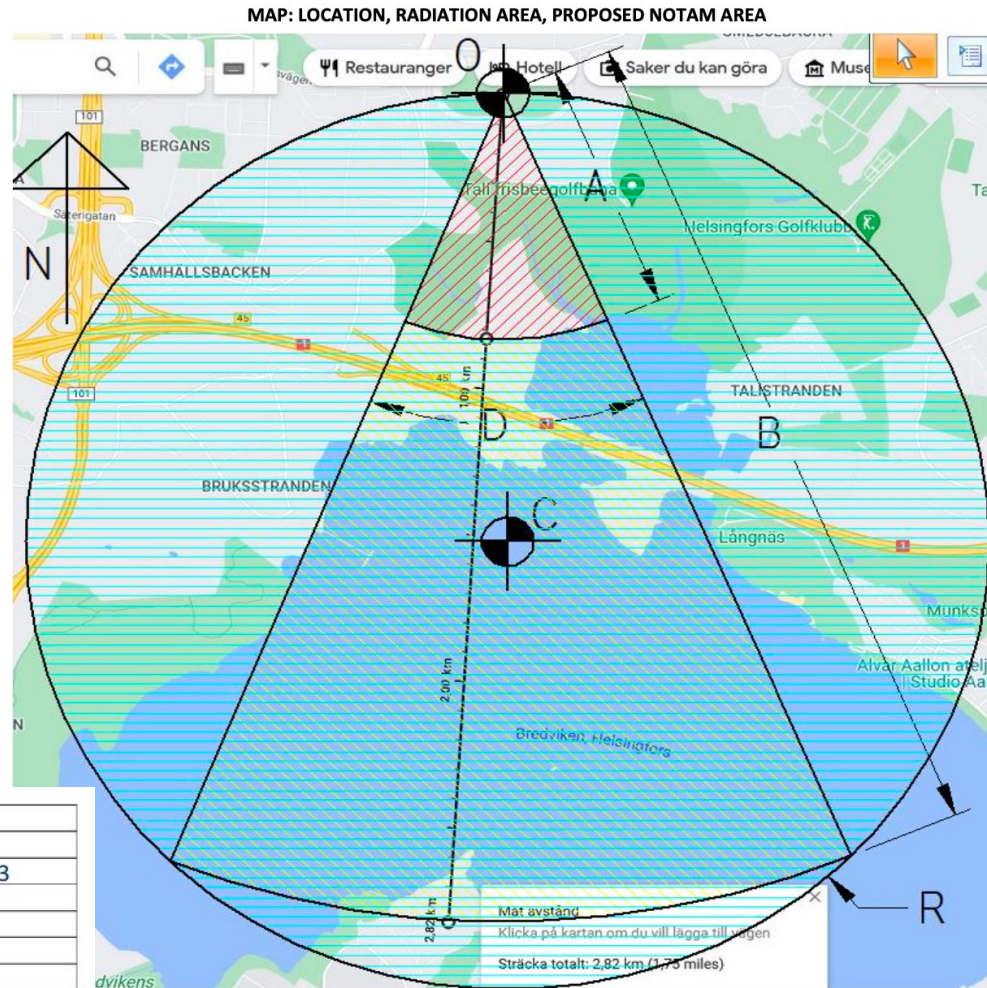


TAIVAALLE  
SUUNNATTAVAT  
SÄTEET

- LFFZ Laser Beam **F**ree **F**light **Z**one
- LCFZ Laser Beam **C**ritical **F**light **Z**one
- LSFZ Laser Beam **S**ensitive **F**light **Z**one
- NOHD **N**ominal **O**cular **H**azard **D**istance
- SZED **S**ensitive **Z**one **E**xposure **D**istance
- CZED **C**ritical **Z**one **E**xposure **D**istance
- LFED Laser **F**ree **E**xposure **D**istance



NOTAM  
NOTICE TO AIRMEN



POI	Latitude	Longitude	Altitude /ft
Laser location (O)	60° 12' 57" N	24° 50' 24" E	13
Centre NOTAM-area (C)	60° 12' 10" N	24° 50' 27" E	13+4620=4633
Radius NOTAM-area (R)	0,82 NM		
NOHD (A)	2733 ft		
SZED (B)	9240 ft		
AZIMUTH (D)	157-202°		

# MUU LAIN SÄÄDÄNTÖ

- Laserlaitteita koskeva yhdenmukaistettu standardi EN 60825
- Eu-direktiivi 2006/25/EY
- Sähköturvallisuuslaki (1135/2016)
- Pienjännitedirektiivi (2014/35/EU)
- Ilmailulaki (864/2014) 159 §
- Sosiaali- ja terveysministeriön päätös Ionisoimaton säteily, altistuksen enimmäisarvot 1474/1991
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus Ionisoimaton säteily, altistumisen rajoittaminen (1474/1991)
- Työsuojelu. Optinen säteily



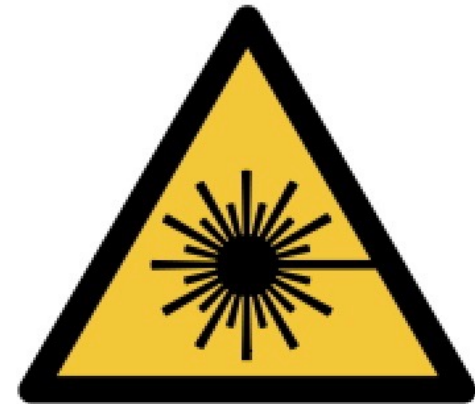
TURVALLISUUSSTANDARDIT  
JA -SUOSITUKSET

- SFS (suomalainen)
- CENELEC (eurooppalainen)
- IEC (kansainvälinen)
- ANSI (amerikkalainen)
- ICNIRP (kansainvälinen)
  
- IEC VALMISTELEEE -> CENELEC OTTAA KÄYTTÖÖN



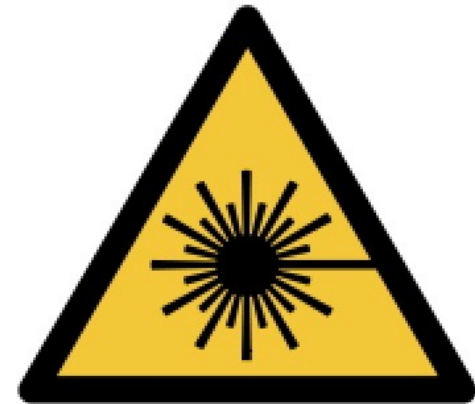
TURVALLISUUSLUOKAT  
( I E C )  
**LASERLUOKKA 1**

- UV/näkyvä valo/IR
- Heikkotehoinen
- suuntausvapaa
- ei aiheuta vaaraa normaalissa käyttötilanteessa
- Esim. lelut, lasertulostimet, cd-levyt, dvd-levyt
  
- Suurin sallittu säteilyteho 0,39mW (500-700nm)



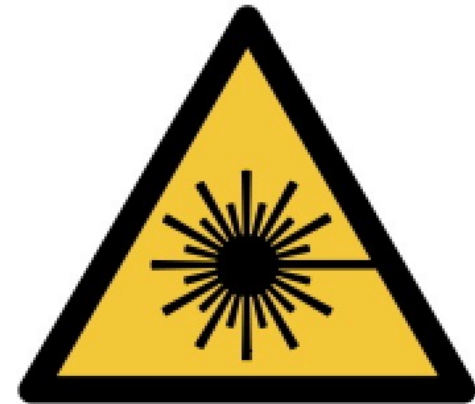
# TURVALLISUUSLUOKAT ( I E C ) LASERLUOKKA 1M

- UV/näkyvä valo/IR
- M=magnification=suurennus/suurennuskyky
- Lasersäde on optisesti levitetty/hajoitettu
- Säteellä on suuri halkaisija
- Voi olla silmälle vaarallinen, mikä sädettä katsellaan optisella apuvälineellä
  
- Suurin sallittu säteilyteho  $500\text{mW}=0,5\text{W}$
  
- Luokka **1C** käytössä ihon käsittelyssä (C=contact)  
(turvallinen silmälle, ihovaurion riski mahdollinen)



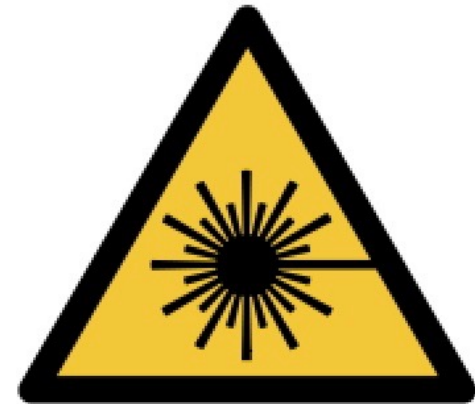
TURVALLISUUSLUOKAT  
( I E C )  
**LASERLUOKKA 2**

- Näkyvä valo 400-700nm
- Silmän sulkeutumisrefleksi (reagointiaika 0,25s) suojaa vaurioitumiselta
- Voi aiheuttaa vaurion suunnattaessa silmään, mikäli säteeseen katsomista pitkitetään tietoisesti
- Esim. Laserosoittimet, viivakoodinlukijat
  
- Suurin sallittu säteilyteho 1mW



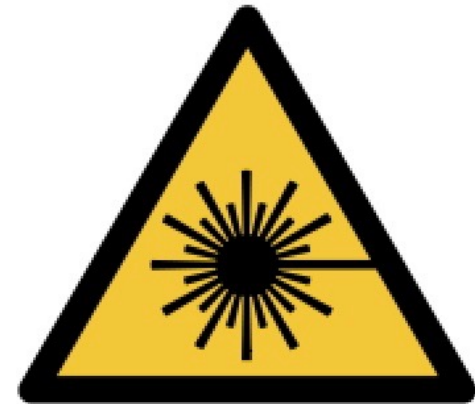
TURVALLISUUSLUOKAT  
( I E C )  
**L A S E R L U O K K A 2 M**

- Vrt. 1M
- Näkyvä valo
- Voi aiheuttaa vaurion suunnattaessa silmään, mikäli säteeseen katsomista pitkitetään tietoisesti
- Esim. taso- ja suuntauslaserit
  
- Suurin sallittu säteilyteho 500mW



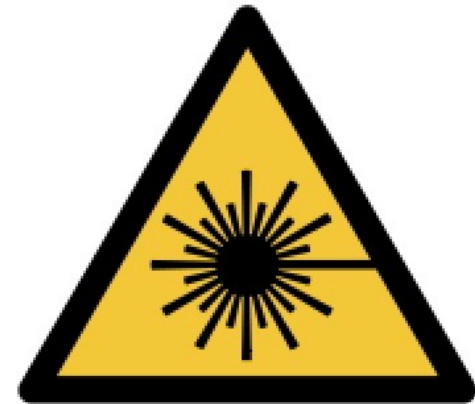
# TURVALLISUUSLUOKAT ( I E C ) **LASERLUOKKA 3R**

- Näkyvä valo
- Voi ylittää 5-kertaisesti luokan 1 ja 2 emissiorajat.
- Voi ylittää altistuksen raja-arvot ja aiheuttaa silmävaurion riskin.
- Vaurioita ei käytännössä synny tai todennäköisyys on pieni (turvamarginaali).
- Esim. Laserosoittimet, rakennusmittaus, Minuit Une (IVL Photon/Dice)
  
- Suurin sallittu säteilyteho 5mW



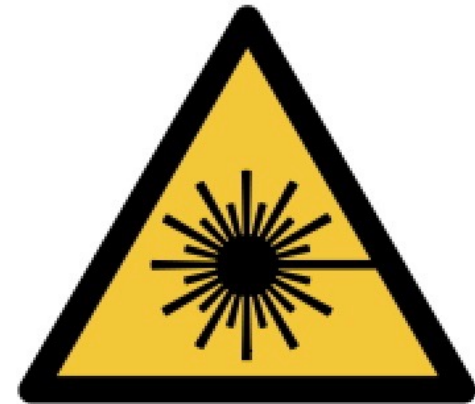
TURVALLISUUSLUOKAT  
( I E C )  
**L A S E R L U O K K A 3 B**

- Näkyvä valo
  - Ylittää luokan 3R rajat.
  - Voi aiheuttaa silmä- ja ihovaurioita.
  - Esim. tutkimuslaitokset
- 
- Suurin sallittu säteilyteho 500mW



TURVALLISUUSLUOKAT  
( I E C )  
**L A S E R L U O K K A 4**

- Näkyvä valo
- Ylittää luokan 3B emissiorajat.
- Pysyvän silmävaurion riski
- Palovammariski iholle
- Tulipaloriski suojaamattomille materiaaleille
  
- Teholle ei ole määritetty ylärajaa.





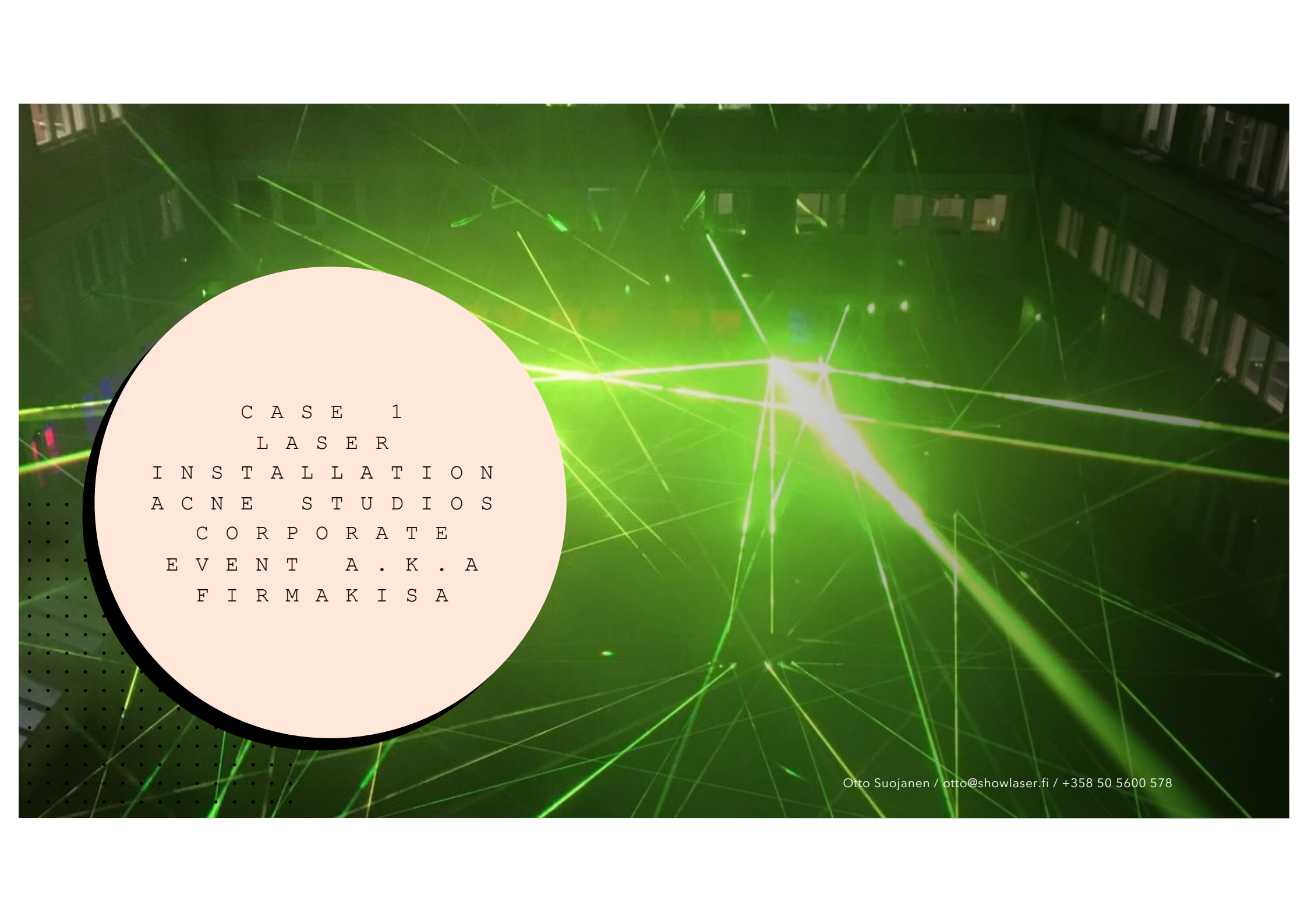
L A S E R T E K N I I K A N

P E R U S T E E T

E S I T Y S K Ä Y T Ö S S Ä

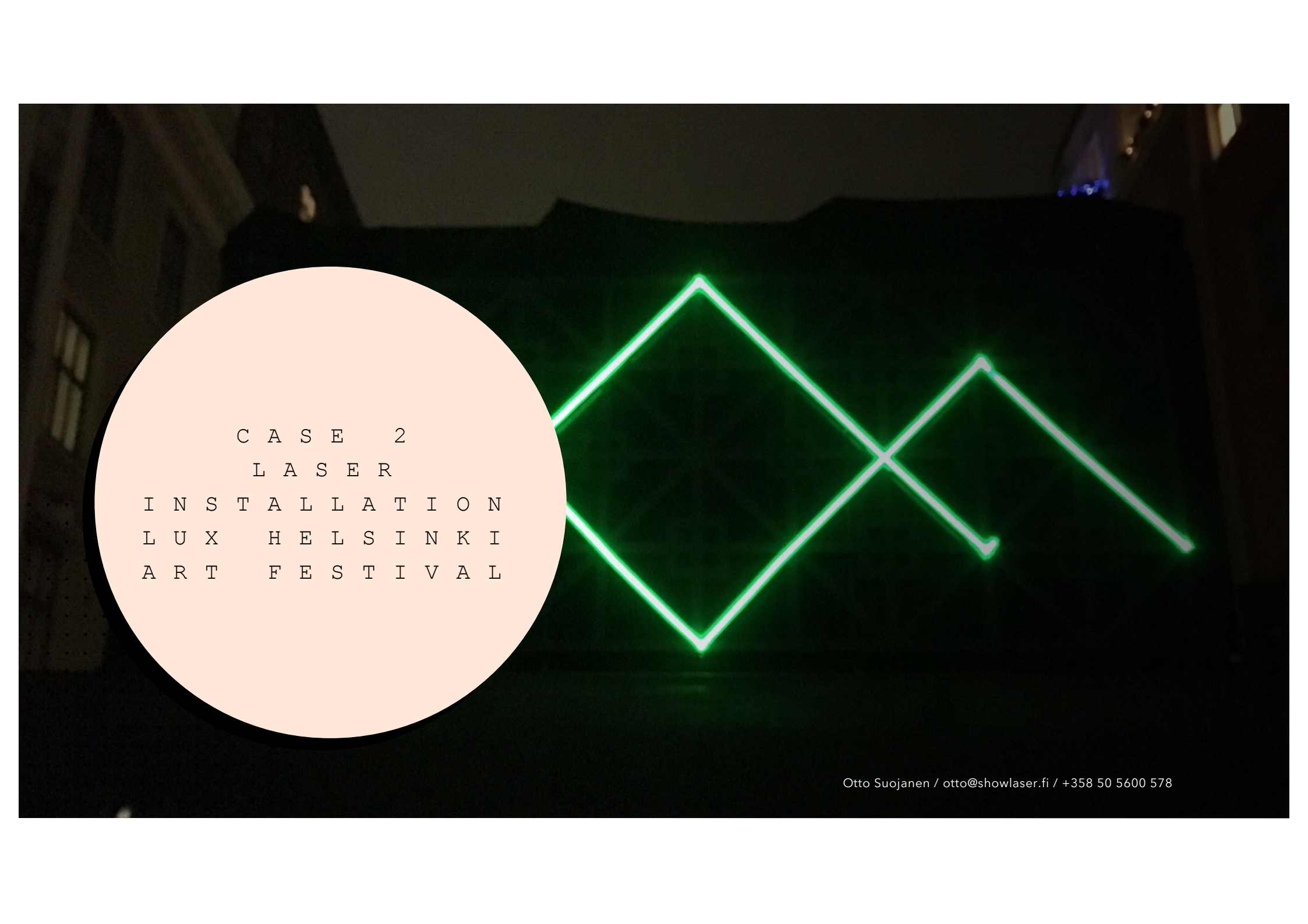
2 2 . 4 . 2 4

C A S E - E S I M E R K I T



C A S E 1  
L A S E R  
I N S T A L L A T I O N  
A C N E S T U D I O S  
C O R P O R A T E  
E V E N T A . K . A  
F I R M A K I S A

Otto Suojanen / [otto@showlaser.fi](mailto:otto@showlaser.fi) / +358 50 5600 578



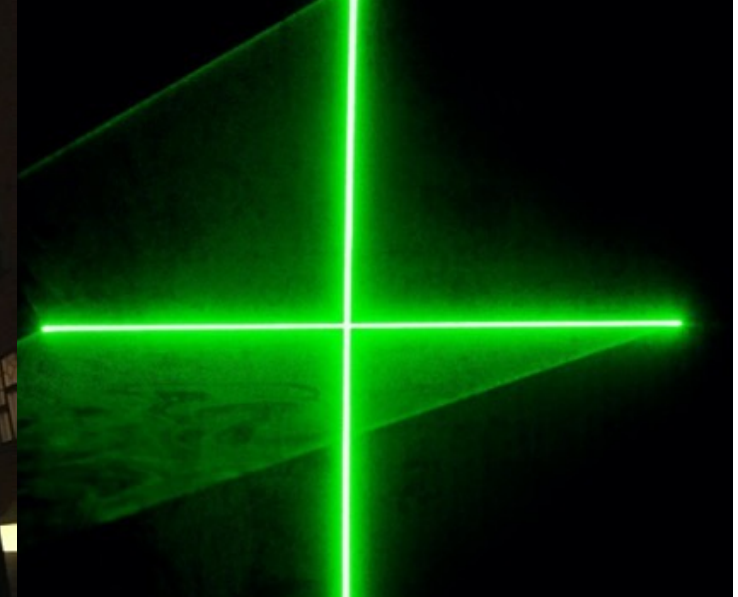
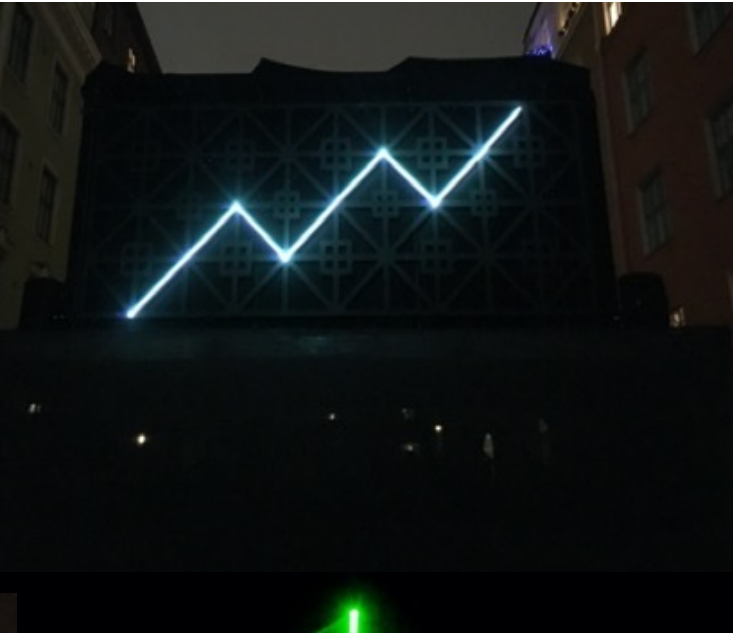
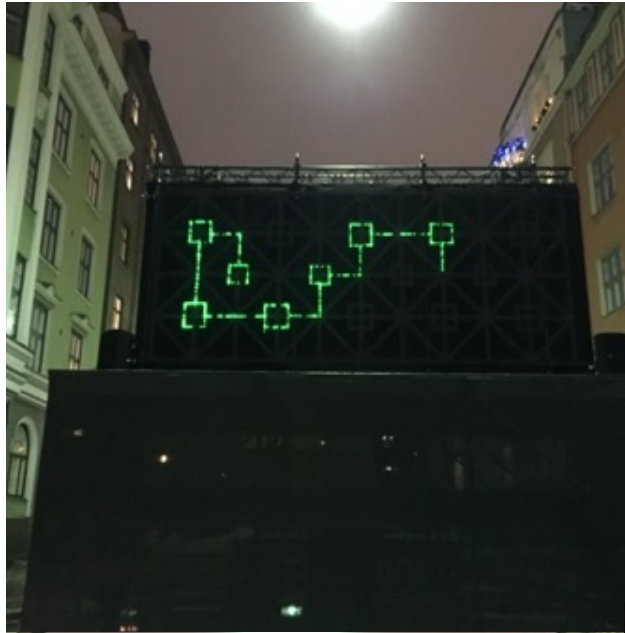
C A S E 2


L A S E R

I N S T A L L A T I O N

L U X H E L S I N K I


A R T F E S T I V A L






C A S E 3  
L A S E R S H O W  
T U R U N  
Y L I O P I S T O  
P U B L I C  
E V E N T

Otto Suojanen / [otto@showlaser.fi](mailto:otto@showlaser.fi) / +358 50 5600 578




C A S E 4  
T A I V A S L A S E R  
S I B E L I U S F A N T A S I A  
Y L E I S Ö T A P A H T U M A

Otto Suojanen / otto@showlaser.fi / +358 50 5600 578



CASE 5  
KONSERTTI  
APULANTA  
HKI  
JÄÄHALLI

Otto Suojanen / [otto@showlaser.fi](mailto:otto@showlaser.fi) / +358 50 5600 578



C A S E 6  
L A S E R  
I N S T A L L A T I O N  
A U R O R A  
B O R E A L I S


Otto Suojanen / [otto@showlaser.fi](mailto:otto@showlaser.fi) / +358 50 5600 578



CASE : SUNN O ) ) )  
/ ANNE WECKSTRÖM

[HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=V666UDTIVRW](https://www.youtube.com/watch?v=v666udtivrW)

Otto Suojanen / otto@showlaser.fi / +358 50 5600 578



C A S E 7  
L A S E R M A P P I N G  
S Ö D E R H A M N N Y E  
Y L E I S Ö T A P A H T U M A

Otto Suojanen / [otto@showlaser.fi](mailto:otto@showlaser.fi) / +358 50 5600 578