

Augustin Jean Fresnel – meremeeste elude päästja¹

Tõnu Viik

1. Sissejuhatus

Olen pärit Soome lahe äärest ja juba lapsena jälgisin sageli majakatulesid pimedatel ja soojadel augustiõhtutel. Idas ja kirdes oli näha majakatulesid Pranglis ja Keris, loodes Aegna sadamakai otsas olevalt tulepaagilt, läänes mõlemate Naissaare majakate tulesid ja edelapool Kakumäe majaka tuld.

Olin näinud ka laevade pardatulede laternaid, millel on imeliku sakilise profiiliga klaasid. Kuid mul ei tekkinud küsimust, miks nad sellised on. Ja alles nüüd vanast peast tegin selle endale selgeks ja sain aru, millist osa majakate tulede heledamaks muutmisel ja seega ka meremeeste elude päästmisel oli mänginud prantsuse õpetlane Augustin Jean Fresnel. Olin ju ülikoolis õppinud Fresneli valemeid, seega üht-teist ma temast teadsin, kuid seda oli ikkagi väga vähe. Järgnev on see, mida ma tema kohta teada sain ja mida ma nüüd püüan ka teiega jagada.

2. Fresneli noorus

Augustin Jean Fresnel sündis Prantsusmaal, Normandias 10. mail 1788, kui tema isa – edukas Normandia arhitekt Jacques Fresnel renoveeris Normandia teise hertsogi ja Prantsusmaa marssali de Broglie lossi (muide, kuulus füüsik Louis-Victor-Pierre-Raymond de Broglie oli Normandia seitsmes hertsog). Isa oli kohanud lossi ülevaataja haritud ja jumalakartlikku tütart Augustine MÉRIMÉE'd ja temaga ka abiellunud. Neil sündis neli poega: Louis, Augustin Jean, Léonor ja Fulgence. Augustin sündis teise lapsena, kui maakonna nimi oli veel Normandia. Revolutsiooni käigus see nimi kadus, sest uus võim soovis sulatada erinevaid keeli rääkivaid rahvusrühmi üheks prantsuse rahvaks. Tõsi, hiljem Normandia nimi ikkagi taastati.

¹ Fresneli optika-alased uuringud on siin ainult põgusalt esindatud

Siinkohal sobib öelda, et Fresneli emapoolne onu oli kirjanik Prosper Mérimée isa.

1789.a revolutsioon tõi kaasa veel teisegi muutuse Fresnelide elus, sest hertsog põgenes Inglismaale ja renoveerimistööd sellega ka lõppesid. Jacques Fresnel pidi otsima endale uue töö ning ta leidis selle Cherbourgis sadama ehitusel. Kuid ka selle katkestas revolutsioon 1794.a ja isa kolis koos perega Mathieu'sse Caeni lähedal. Siin veetis Fresnel oma lapsepõlve veendunud jansenistidest vanemate mõju all ja sai siin ka esmase koolihariduse. Ta ei paistnud välja oma eriliste annete poolest, veel kaheksa-aastasena polevat ta osanud lugeda, kuid tal oli teatav praktiline leidlikkus, millega võitis enda poole kohalikud lapsed, kes teda geniuseks nimetasid. Asi oli selles, et Fresnel leidis katse-eksimuse meetodil parima puu vibu tegemiseks – nimelt leedri, ja laste vibulaskmine ägenes sedavõrd, et tõsiseid vigastusi kartnud vanemad keelasid selle ära.

12-aastaselt asus Fresnel koos oma kahe vennaga õppima Caeni École Centrale du Calvados'i, kus ta tutvus lähemalt täppisteadustega matemaatikaõpetaja F.J. Quesnot' käe all. Ka grammatika õpetaja P.F.T. Delarivière jättis Fresnelile tugeva mulje.

3. Kõrgem haridus ja töö algus

1804.a astus Fresnel École Polytechnique'i kavatsusega saada inseneriks. Kuna Caeni kool oli andnud väga tugeva aluse, siis sisseastumiseksamitel platseerus ta seitsmeteistkümnendaks kolmesajast. Ta õppis seal kaks aastat ja sai väga tugeva hariduse täppisteadustes. Edasi viis ta tee Sildade ja Teede Kooli, kus ta kolme aasta jooksul kuulus tehnikaloenguid ja sai praktilisi kogemusi inseneritöök. Pärast selle kooli lõpetamist saadeti ta tööle Vendéesse, kus ta rajas teid departemangu sidumiseks uue keskuse La Roche-sur-Yon'iga. Uus keskus rajati aga sellepärast, et Vendée oli keeldunud andmast 300000 meest vabariigi armeesse ning pannud kokku omaenda armee. Nii puhkes sisuliselt kaks aastat kestnud kodusõda, mis lõppes alles seetõttu, et vabariigi väed laastasid, tapsid ja põletasid kogu piirkonna. Kui Napoleon võimule tuli, polnud Vendée veel päris alistatud ning 1804.a asutas

Napoleon uue linna sõjaväebaasina. Sellest siis see uute teede rajamine. 1812.a saadeti Fresnel Nyoni, kus ta pidi abistama Hispaaniat ja Itaaliat ühendava maantee ehitamisel üle Col Montgenèvre'i mäekuru Alpides.

4. Hädas Napoleoniga

Alates 1814.aastast on Fresnelis huvi äratanud optika ning ta mõtiskles valguse lainehüpoteesi üle. Kuid kõik need mõtisklused jäävad kõrvale, kui Napoleon põgenes Elbalt. Kuna Fresnel oli jäänud kindlaks rojalistiks, siis lahkus ta oma ametikohalt ja pakkus oma teeneid rojalistidele. See aga ei olnud tark tegu, sest kui Napoleon impeeriumi taastas – küll lühikeseks ajaks, siis pandi Fresnel politsei valve alla ja ta kõrvaldatati töölt. Kuna Fresneli ülemus kostis tema eest ja nimetas teda erakordselt heaks inseneriks, siis lubati Fresnelil pöörduda tagasi Mathieu'sse. Teel sinna kohtus ta Pariisis esimest korda Aragoga ja meeste vahel tekkis sügav sõprus, isegi hoolimata sellest, et nad olid oma iseloomudelt täiesti erinevad. Fresnel alustas Mathieu's difraktsioonikatseid. Need kinnitasid tema veendumust, et valgus on laineoptsess. Kuid need katsed Mathieu's said kesta vaid lühikest aega, sest Napoleon sai lüüa Waterloo all ja ta pagendati Püha Helena saarele. Ja Fresnel tehti kangelaseks, kes jäi oma kuningale rasketel aegadel truuks ning ta suunati tagasi Nyoni, kus teda kolm kuud tagasi oli napoleonimeelsete poolt taga kiusatud. Fresnel sai aru selle lähetuse ohtlikkusest ja ta palus kaht kuud puhkust ning ta sai selle, sest teede ehitus oli peatatud.

5. Difraktsioonikatsed ja akadeemia

Mathieu's jätkas ta difraktsioonikatsed, ehitades pimeruumi, millesse päikesekiir sisenes vaid läbi väikese ava. Et saada hästi intensiivset kiirt, paigutas Fresnel ava ette suure läätse, mis koondas kiire avale. Kuid Päikese liikumise tõttu läätse fookuse asend muutus ning läätsest polnud enam kasu. Fresnel lahendas selle olukorra geniaalsel viisil, paigutades avasse tilga mett (Fresneli ema pidas mesilasi) ja see tilk toimis pea ideaalse läätsena. Fresnel kasutas mitmesuguse kujuga katsekehasid kiire ees, lastes difraktsioonipildi

valgele ekraanile ja mõõtes seal difraktsioonijoonte vahekaugusi. Sel viisil ei saanud ta aga vajalikku täpsust. Siis leidis ta, et kui ta ise oma silmaga vaatas difraktsioonipilti, siis nägi ta seda palju selgemalt. Fresneli katsed andsid suurepäraseid tulemusi, sest tema teoriast saadud difraktsioonijoonte asendite ja katsetest saadud asendite vahed olid vaid 0.2 mm!

Ta saatis tulemused akadeemiasse, kust sai vastuse, et akadeemia suunas selle retsenseerimiseks Aragole.

Fresneli puhkus aga lõppes ja ta suunati teid ehitama Rennes'i, Bretagne'i poolsaare algusosas. Tema puhkuse avaldust ei võetud kuulda, kuid Arago abiga sai ta siiski veel kuu armuaega. See oli 1816.a, mida hakati nimetama ilma suveta aastaks, sest Indoneesias pursanud vulkaan paiskas välja tuhapilve, mis hajus üle terve maakera.

Arago innustas Fresneli kirjutama oma katsetest artikli ajakirja *Annales de chimie et de physique*. Arago oli käinud Fresneli katsete tulemustest ette kandmas ka Inglismaal, kuid seal öeldi, et Thomas Young on kõike seda juba ammu teadnud ja kirja pannud ning ei tahetud Fresnelist kuuldagi.

Ilma suveta aastale järgnes nälg ja Prantsusmaa valitsus rajas inimeste elushoidmiseks hulga nn *ateliers de charité* ehk heategevuslikud töökojad, kus puudustkannatavad inimesed aitasid ühiskondlikke töid teha.

Fresnel kutsuti Rennes'i tagasi ja ta pidi tegelema nii tee-ehituse kui ka heategevuslike töökodade personaliga, mis teda kui tagasihoidlikku inimest hirmsasti väsis.

1817.a kuulutas akadeemia välja preemia difraktsiooni uurimise alal. Aragol õnnestus Fresnel oma tutvuste kaudu Pariisi tagasi tuua, kus Fresnel oma katsete tulemusi vormistama hakkas. Ta esitas akadeemiale oma memuaari 20. aprillil 1818 ja kohe suunati ta Pariisile Ourcq'i jõest joogivee kanalit ehitama, sest Seine oli kohutavalt reostunud.

Akadeemias käis aga sõda valguse kui protsessi füüsikalise olemuse üle – kas see on osakeste või lainete levimine. Osakeste mehed olid põhiliselt Laplace, Biot ja Poisson ja nad ei tunnistanud isegi silmnähtavalt suurepäraselt kooskõla Fresneli teooria ning katsete vahel. Poisson tungis läbi Fresneli keeruliste võrrandite ja nn Fresneli integraalide rägastiku ning avastas oma arust fataalse vea Fresneli töös, sest näitas, et Fresneli teooria kohaselt peab

ümmarguse ketta varju keskel olema hele täpp, mis on niisama hele, nagu poleks ketast valguse ees üldse olnudki. See tundus olevat võimatu. Korraldati katse, mida jälgis akadeemia preemiakomisjon täies koosseisus. Ja ketta varju tsentris oligi hele täpp!

Vastased pidid alla andma ja Fresnel sai Grand Prix, peaaegu aasta pärast oma töö esitamist akadeemiale.

Arago palus Fresneli ülemust krahv de Molé'd suunata Fresnel Pariisi, et aidata Tuletornide komisjoni, mille Napoleon oli loonud 29. aprillil 1811. Krahv lubaski seda, kuid ajutiselt ja ainult sel ajal, kui ta polnud seotud Pariisi teede ehitusega.

6. Tuletornidest

Molé sai mereministeeriumi direktoriks (Ministère de la Marine) 1817.a ja Sildade ning teede korpuse uueks juhiks tõusis Louis Becquey. Otsemaid tuli mereministeeriumist aruanne, mis sisaldas muu hulgas ka pika nimekirja meremeeste kaebustest Prantsusmaa viletsate majakate kohta, mille tuled, erinevalt Inglismaa majakatest, ei paistnud kuigi kaugelt.

Algselt puid ja sütt põletatavate majakates võeti 1780.a kasutusele suitsuvabad õlilambid, mille autor oli Šveitsi füüsik Aimé Argand. Umbes samal ajal paigutati majakalambi taha peeglid, algul sfäärilised ja seejärel paraboolsed. Kasutati mitut peeglit, mis pandi ka pöörlema, nii et majakatuled kord kustusid ja siis jälle süttisid. Tulede perioodide pikkuse kaudu said meremehed aru, milline majakas parajasti näha on ja seega siis ka selle, kus nad merel asuvad.

Prantsusmaal oli kaks firmat, kes reflektoreid valmistasid – Étienne Lenoir, kes oli ehitanud esimese reflektoriga majaka Louis XVI jaoks 1788.a, mis paigutati Cordouani, Dordogne'i ja Garonne'i jõgede ühinemiskoha lähedale. Teine firma oli Isaac-Ami Bordier-Marcet, kes samuti reflektoreid tegema hakkas.

Kuid see kombinatsioon, lamp ja peegel ei rahuldanud meremehi, kes ikka kaebasid, et majakatulesid on kehvasti näha.

Arago ettepanekul otsustas komisjon kontrollida majakates kasutatavat

tehnoloogiat otsese testimise teel. Arago nõudis selleks Becquey' käest, et tema assistentideks oleksid Claude-Louis Mathieu ja Augustin Fresnel. Testimiseks pidi majakalambid tõstma alles ehitamisel oleva Triumfikaare tippu. Fresnel kaebas, et tal tuli mitmeid kordi päevas kaare tippu tõusta, et tulesid justeerida.

Kuid ta sai kohe aru, milles on kasutusel oleva süsteemi probleem – nimelt peegel, mis ainult poole sellele langevast valgusest tagasi peegeldas, ülejäänu neeldus peeglis. Enamasti neeldus isegi rohkem.

7. Peeglite asemele läätsed

Fresnel otsustas peeglid läätsedega asendada, sest need poleks neelanud kaugeltki nii palju valgust, kui peegel. Kuid siin ilmnis kohe suur probleem – et murda kiired paralleelseks, pidi läätses kõverusraadius suur olema, seega siis lääts ise keskosast väga paks. Inglise olid läätses katsetanud 1789.a, kuid loobusid otsemaid, sest lääts oli keskelt viis ja pool tolli paks ning neelas palju rohkem kui mistahes peegel. Oleks ju võimalik läätses lambist kaugemale paigutada ja sellega oleks saanud läätses õhemaks teha, kuid sel juhul oleks läätses läbimõõt pidanud olema väga suur, palju suurem kui tol ajal valmistada osati.

Siis mõtles Fresnel välja tsonaalse läätses, jagades läätses kontsentrilisteks tsoonideks, mis olid nagu kontsentrilised valgust murdvad prismad. Kõik need kontsentrilised prismad murdsid lambi kiiratud valgust sellisel viisil, et tekkis ühtlane paralleelne kiirtekimp nagu ühestainsast läätsesest lambi ees. Kuid Fresneli läätses oli palju-palju õhem ja seega ka kergem. Ta ise nimetas seda läätses „astmeliseks“ – *lentilles à échelons*.

Selle ideega tuli Fresnel välja 1819.a augustis majakate komisjoni istungil, kus ta esitas aruande peeglite kasutamisest majakates (ja leidis selle olevat ebarahuldava). Komisjoni liige Charles arvas end olevat lugenud midagi sellist krahv Buffoni töödes. Fresnel kurvastas väga, et keegi oli temast jälle ette jõudnud (tuletagem meelde Thomas Youngi töid valguse lainelise olemuse kohta), kuid hiljem selgus, et Buffoni idee oli ikkagi teistsugune. Komisjoni veenmiseks otsustas Fresnel valmistada töötava mudeli.

8. Klaas ja lambid

Ta otsustas kasutada originaalläätse tasakumerat lääts (Buffoni kaksikkumera lääts asemel) ja lääts materjalina kroonklaasi, mille refraktsiooniindeks oli küll väiksem, kuid klaas ise palju kergem.

Fresnel küsis komisjoni käest 500 franki, kuid isegi see, tolle aja kohta suur summa ei suutnud panna projektist huvituma Saint-Gobaini – Prantsusmaa riiklikku klaasivabrikut. Töö võttis ette Choisy-le-Roi kompanii, kuid tulemus oli jube: tervet lääts nad teha ei suutnud, vaid ainult väiksemate polügoonidena ja isegi need olid täis mulle ja vööte.

Siis pöördus Fresnel François Soleil poole ja see meister oli ülesande kõrgusel, sest ta suutis klaasi kuumutamise teel kõrvaldada mullid ja triibud (isegi praegu ei teata täpselt, kuidas ta seda tegi). Soleil suutis isegi prismsid kaarekujulisteks painutada, nii et nad paremini astmelise lääts moodustaksid. Probleeme tekkis ka nende polügoonide kokkukleepimisega, sest väga tugev valgus sulatas tuntud liimid. Asi paranes, kui Arago kusagilt mingit kaladest saadud liimi hankis.

Ka lambiga oli tegemist, sest see pidi olema valgusvõimas ning samal ajal kerge. Arago ja Fresnel lahendasid selle probleemi nii, et lambis põles leek neljal kontsentriselt paigutatud tahil, mille koguläbimõõt oli vaid kolm ja pool tolli.

9. Eksamid

Märtsiks 1820 oli katseseade valmis ja selle demonstratsiooniks kutsus Fresnel kokku nii palju majakate komisjoni liikmeid kui võimalik. Kuigi Fresnelil oli kasutada vaid üksainus paneel astmelist lääts, oli katse väga edukas ja Becquey tellis veel seitse paneeli, et terve aparaadi kokku saaks. Aasta pärast oli aparaat kokku pandud ja Arago korraldas 13. aprillil 1821

omapärase võistluse Fresneli seadme ja Lenoir'i ning Bordier-Marcet reflektorite vahel. Fresneli läätsed paigutati ühele poole Pariisi observatooriumit ja konkurentide seade teisele poole observatooriumit. Pealtvaatajad kogunesid Montmartre'i kõrgendikule, kus ka kogu majakate komisjon oli tulnud katset jälgima ja mida võistlejad pidid oma seadmetega valgustama. Ka meremehi oli kohale kutsutud, kui tõelisi arbiitreid hindama võistluse tulemust. Katse tulemuses polnud muidugi mingit kahtlust, sest Fresnel võitis mäekõrguselt. Becquey oli võlutud ja teatas, et Fresneli läätsed mitte ainult ei päästa tuhandeid meremehi, vaid aitab ka Inglismaale koha kätte näidata.

Cordouan tuletorn oli mitmel korral olnud kohaks, kus hakati rakendama moodsaid meetodeid. Nii ka seekord valiti Cordouan välja Fresneli läätsede katsetamiseks tegelikes tingimustes. Kuid esmalt pidid Fresnel ja Soleil läätsede ehitust parandama, sest Fresnel tahtis, et tasapinnalised läätsede paneelid tuleb asendada kumeratega, mis tuletorni lampi silindri kujul ümbritseksid – nii läheks valgust minimaalselt kaotsi. Pealegi oleks selline süsteem praktiliselt kaotanud sfäärilise aberratsiooni. Jällegi ei suutnud Choisy-le-Roi kompanii selliseid läätsi valmistada ja tuli pöörduda Saint-Gobaini poole. Nüüd ei saanud nad enam ära öelda, sest neid palus Sildade ja teede korpuse peamees ise. Prismad hakkasid Fresneli töökotta saabuma kaarjate lõikudena, mida Fresnel siis hoolega kontrollis ja üsnagi suur hulk neist tuli tagasi saata.

Fresneli abistasid lisaks Soleil'le ka noor insener Jacques Tabouret, kuid Fresneli suurimad abimehed olid ta kaks venda – Léonor ja Fulgence.

Fresnel täiendas oma seadet veel kaheksa peegliga ülal ja 128 peegliga all – ikka sellepärast, et lambi valgusest nii suur osa kui võimalik suunata paralleelsesse kiirtekimpu. Juuliks 1822 oli asi niikaugel, et seadme sai toimetada taas Triumfikaare juurde. Becquey otsustas katsetuse lükata edasi, kuni Louis XVIII tagasitulekuni kuu aega kestnud äraolekust. Fresnel muidugi oli salaja enne oma seadet proovinud ja ta tunnistas vennale, et üsna mitmed pariislased olid öisel ajal Champs-Élysées jalutades järsku hirmunult sattunud päikesepaistesse.

Suur katse toimus 20. augustil 1822, kuid kuninglik seltskond koos majakate

komisjoni liikmetega kogunes Mortefontaine'i külakese katedraali juurde, 32 km põhjapool Pariisi. Öö oli kuuta, mis veelgi võimendas katse tulemusi. Kuningas koos komisjoniga kuulutas katse edukaks, sest valguskiir oli isegi nii kaugel pimestav.

10. Cordouan

Fresnel pakkis oma seadme ja saatis selle Bordeaux'sse. Cordouani majakale sai läheneda vaid väga vaikse ilmaga ja tavaliselt viidi selle meeskonnale pooleaastane toiduvaru. Järelikult pidi uue seadme ülespanek ootama talve möödumist.

Fresnel kasutas seda aega maksimaalsel viisil – ta kirjutas terve seeria artikleid, kus pani kirja valguse kui laineprotsessi põhjaliku teooria. Võib arvata, et selle loomingulise purske taga oli hirm oma tervise pärast, mis just sellel talvel hakkas kiiresti halvenema.

Kuid kevadel olid need hirmud selleks korraks möödas ja Fresnel sõitis Cordouani oma seadet üles panema. Kohalikud töölised olid tal pigem tüliks kui abiks ja tegelikku abi sai ta optika alal vaid Taburet'lt ja lambi pöördemehhanismi osas kelleltki härra Hansult, kelle oli pöördemehhanismi valmistaja Bernard-Henri Wagner talle appi saatnud.

25. juuliks 1823 oli majakas töös. Fresnel sõitis lähedal asuvad sadamad läbi, kus kõik tema majaka tule heledust imetlesid. Fresnel ikka veel kahtles ja ta küsis ka hollandi meremeestelt arvamust, kuid see oli samuti äärmiselt positiivne. Pole ka ime, sest Fresneli seadeldis oli sama hele kui 38 inglise parimat reflektorit ja tarvitas seejuures kaks korda vähem õli. Cordouani majaka tuli 64-meetrisest tornist oli selgesti näha suurema purjelaeva mastikorvist 61 km kaugusel!

Majakatulede nähtavuse kohta vahetas Fresnel kirju Robert Stevensoniga, kes oli Šotimaa põhjapoolsete majakate nõukogu esimees ja ühtlasi kuulsa kirjaniku Robert Louis Stevensoni vanaisa. See mees teadis majakate kohta kõike, sest oli neid Šotimaa randadesse ehitanud kokku 16.

1823.a valiti Fresnel teaduste akadeemia liikmeks ja järgmisel aastal andis valitsus talle Auleegioni ordeni.

Kuid Fresnel ei jäänud loorberitele puhkama. Talle tegi muret asjaolu, et isegi tema täiustatud seadmes läks vähemalt pool lambi valgusvoost kaduma, sest lambist kõrgemal ja allpool paiknevad prismad ei suutnud murda kiiri suurema kui 45-kraadise nurga all. Sinna paigutatud peeglitest oli kasu küll, kuid vähe. Fresnel mõtles välja briljantse lahenduse – asendada peeglid ikkagi prismadega, kuid sellistega, milles toimus täielik sisepeegeldumine. Nii sai ta katadioptrilise aparraadi, kus toimub nii kiirte refraktsioon (dioptriline osa) kui ka peegeldumine (katoptriline osa). Fresnel tegi läbi rehkendused ja valmistas väikese töötava mudeli, mis paigutati Saint-Martini kanalis, kuhu see ka tööle jäigi.

11. Carte des phares

Nüüd oli Prantsusmaa valmis alustama projekti, mis pidi selle riigi rannad varustama Fresneli läätsedel töötavate tuletornidega. Fresnel, kes oli selle ajani olnud majakate komisjoni ilma palgata ajutine abiline, sai nüüd Becquey käsul komisjoni sekretäriks, kes ainsana komisjonist hakkas palka saama. Koos admiral Rosseli ja meremeeste esindajatega tegid nad kindlaks, kuhu, kui palju ja milliseid majakaid oli tarvis ehitada. 1825.a sai majakate kaart valmis, kus oli ettenähtud 51 majakat (selle ajani oli majakaid 13). Majakates kasutatavad läätsed jagati järkudesse – esimene järk, süsteemi läbimõõt ligi kaks meetrit, teine järk – 1.4 m, kolmas järk – 0.5 m ja neljas – 0.3 m. Nende lambid olid ka vastavad: 1. järk – nelja tahiga, 2. järk kolme tahiga, 3. järk kahe tahiga. Suurem osa majakaist uues plaanis – kokku 28 - olid esimest järku.

Majakatulede vilkumise tekitas pöördemehhanism, mille kiirused olid igal majakal isesugused, nii et meremehed teadsid majakatulesid nähes otsekohe, kus nad parajasti asuvad.

Järgmine Fresneli läätsedega majakaks sa Dunkirkis asuv Leughenaer. Seadme üleapaneku ajal sai Fresnel tuttavaks kellaspepp Augustin Henry'ga, kellest edaspidi sai Fresneli majakatele mehaaniliste komponentide tarnija, ühtlasi uuendas ta oluliselt tulede pöörlemismehhanismi. Nii käis Fresnel läbi pea kõik Prantsusmaa majakad ja aitas seal üles panna oma seadme.

Kuid nende tootmine oli aeglane, sest vajalike astmeliste läätsede lihvimine käis käsitsi. Ja alles 1826. a lõpul kasutati aurumasinat lihvimiseks, kuid see jäi ainult katseks.

Suur mereriik Inglismaa ei jäänud selles majakate „võistluses“ pealtvaatajaks. Kuigi neil puudus selline ühtne riiklik süsteem nagu Prantsusmaal – neil palju eramajakaid, mis meremeestelt raha lausa välja pressisid, hakkasid nad seda looma ja Robert Stevenson tuli Prantsusmaale, et näha Fresneli läätsede valmistamist oma silmaga. Kohtumine oli väga sõbralik, kuid mõnevõrra takistatud, sest kumbki ei osanud teise keelt. Tagasi Šotimaal, tellis Stevenson kaks suurt Fresneli läätse ja ühe lambi, kuid ta ei kiirustanud sugugi neid üles panema. Üks põhjuseid oli David Brewster, kes oli vankumatult jäänud valguse osakeste teooria juurde ja võitles vihaselt ja isegi hullumeelsuseni ulatuvalt laineteooria ja seega ka Fresneli vastu.

12. Lõpetuseks

Fresnel ei saanud kaua nautida oma loomingut Prantsusmaa randades, sest ta tervis halvenes kiiresti ja ta suri 14. juulil 1827, revolutsiooni aastapäeval, oma ema käte vahel.

Ent majakate revolutsioon sellega ei peatunud, sest Fresneli vend Léonor jätkas alustatud.

Oma teaduslike saavutuste eest sai Fresnel mitmeid tunnustusi. 1823. a valis Prantsuse teaduste akadeemia Fresneli üksmeelselt oma liikmeks. Ta oli Šveitsi Füüsika ja Loodusteaduste ajaloo Seltsi välisliige ja Londoni Kuningliku seltsi korrespondentliige. Oma viimasel eluaastal sai ta sellelt seltsilt Rumfordi medali.

Tema nimi on üks seitsmekümne kahest, mis on kirjutatud Eiffeli tornile. Ja kuul on tema nimi jäädvustatud Fresneli neeme (Promontorium Fresnel) ja sellest läänes asuva Fresneli väina (Rimae Fresnel) kaudu.

Kasutatud kirjandus

1. Theresa Levitt, A Short Bright Flash: Augustin Fresnel and the birth of the modern lighthouse, W.W. Norton & Company, New York-London, 2013.
2. https://en.wikipedia.org/wiki/Augustin-Jean_Fresnel
3. <http://www.encyclopedia.com/people/science-and-technology/physics-biographies/augustin-jean-fresnel>
4. Julia Elton, A Light to Lighten our Darkness: Lighthouse Optics and the Later Development of Fresnel's Revolutionary Refracting Lens 1780-1900, Int. J. for the history of Eng.&Tech., Vol. 79, No. 2, 183-144, 2009.