

# Tähtenpeittojen ennusteiden historia

- Tähtenpeittojen ennusteiden varhaisia laatijoita
- Tähtenpeittojen matemaattinen perusta
- Tähtenpeittokoneet
- Tähtenpeittojen ennusteita laativia ja havaintoja käsitteleviä laitoksia
- Nykyisiä tähtenpeittoennusteita laativia ohjelmia

# Miksi tähdenpeitot ovat tärkeitä?

Tähdenpeittojen havaintoja käytettiin 1900-luvun alkupuoliskolla Kuun epäsäännöllisen liikkeen seurantaan. Tähdenpeitoista tuli tapa määrittää  $\Delta T$ :n arvo.  $\Delta T$  on Maan liikkeistä riippumattoman ajan ja Maan pyörimiseen perustuvan Yleisajan erotus.

# Ernest William Brown

- Professori Ernest William Brown kirjoitti vuonna 1919 teoksen **Tables of the Motion of the Moon**.
- Teoksessaan hän ehdotti maailmanlaajuista ohjelmaa, joka selvittäisi tähdenpeittojen avulla Kuun havaitun ja teorian ennustaman liikkeen eron syyt.
- Vuoteen 1930 mennessä oli selvinnyt, että erot johtuivat pääasiassa Maan epäsäännöllisestä pyörimisestä.

# Tähtienpeitot ja BAA

British Astronomical Associationin (BAA) jäsenet ottivat osaa tähtienpeittojen havainto-ohjelmaan. 1920- ja 1930-luvuilla yhdistyksen laskentajaosto ryhtyi laskemaan tähtienpeittojen ennusteita useille brittiläisen kansainyhteisön havaintopaikoille.

Laskentaa tekivät numeeriseen työhön tottuneet henkilöt logaritmitaulujen ja toisinaan mekaanisten laskukoneiden avulla.

# James Duncan McNeile

James Duncan McNeile (29.4.1879–5.1.1935) syntyi Beckenhamissa, Kentissä. Hänen isänsä oli everstiluutnantti John Magee McNeile. James opetti Man-saarella matematiikkaa ja tekniikkaa 1904–1905.

# James Duncan McNeile

James Duncan McNeile palasi maisteritutkinnon jälkeen Greshamin kouluun. Hän jätti koulun vuonna 1909 ja opetti 25 vuoden ajan Berkshiressä Wellington Collegessa. Hän kirjoitti vuonna 1911 differentiaali- ja integraalilaskentaa käsitelleen kirjan **A School Calculus**.

# James Duncan McNeile

James Duncan McNeile oli kiinnostunut tähtitieteellisestä laskennasta. Hän oli vapaaehtoisena **Astrographic Catalogue**-projektin valokuvien mittaajana. Hän kirjoitti 1911 lyhyen tutkielman nopealiikkeisistä himmeistä tähdistä.

# James Duncan McNeile

James Duncan McNeilestä tulee BAA:n jäsen  
1927.

Hän osallistui laskentajaoston töihin laskemalla  
komeettojen efemeriidejä.

Muita hänen tehtäviään oli valvoa pientä ryhmää,  
joka käsitteli tähdenpeittohavaintoja.



# James Duncan McNeile

James Duncan McNeilen jäsenyys BAA:ssa nousi  
10.1.1930 Fellow-tasolle.

Hän pelasi golfia, tennistä ja Eton Five -käsipalloa  
sekä hiihti joululomien aikana Sveitsissä.

Eton Five -pelissä kovaa palloa lyödään  
pehmustetuilla käsineillä kolmiseinäisessä tilassa.

# James Duncan McNeile

James Duncan McNeile siirtyi huhtikuussa 1934 eläkkeelle Wellington Collegesta.

Lokakuussa 1934 hänestä tuli BAA:n laskentajaoston johtaja.

Kolme kuukautta myöhemmin, 5.1.1935 hän menehtyi sydänkohtaukseen.

# Tähtenpeittojen matematiikkaa

Saksalainen tähtitieteilijä ja matemaatikko Friedrich Wilhelm Bessel (1784–1846) käsitteli tähtenpeittoja tähdestä nähtynä ilmiönä.

Tähdestä lähteneet yhdensuuntaiset valon säteet tuottavat lieriön muotoisen Kuun varjon. Varjon ympyrän muotoinen reuna määrittää alueen, jolla havaitsija näkee tähden peittyvän Kuun taakse.

# Tähtien peittojen ennustamiseen tarvitaan

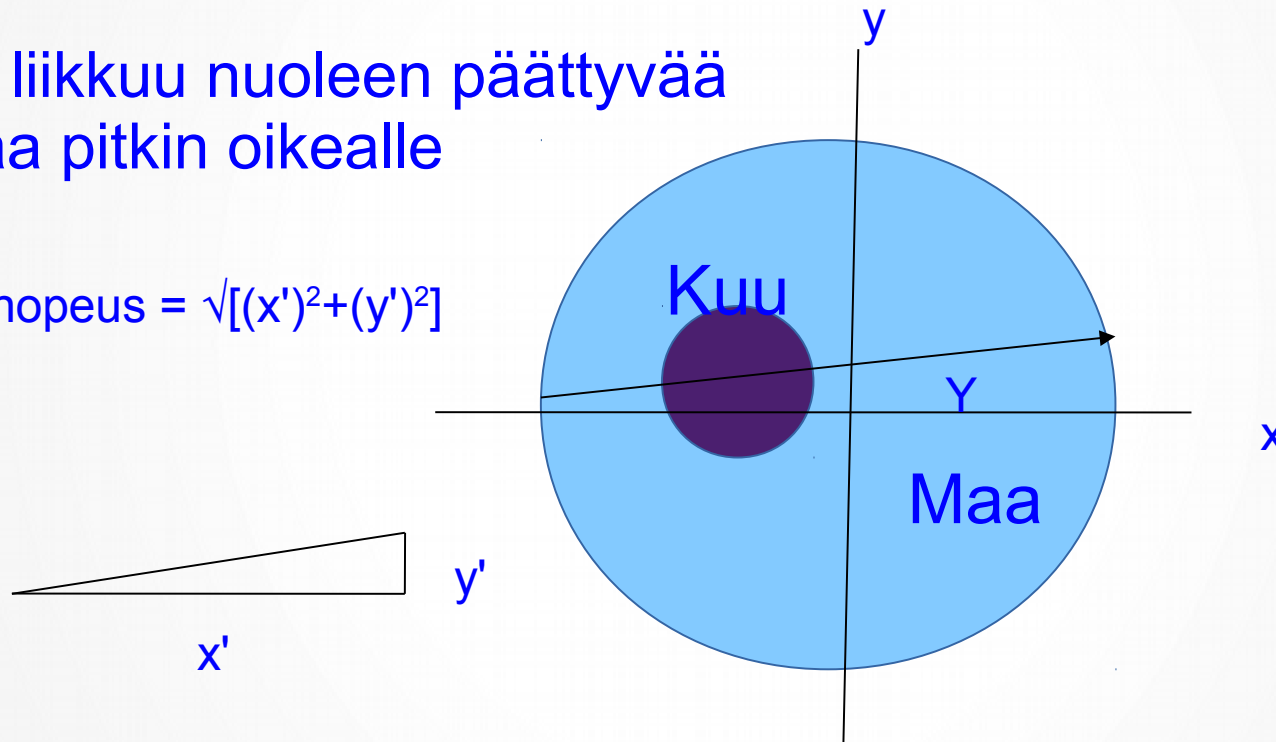
- Tähtien deklinaatio  $\delta$
- tähden ja Kuun geosentrinen konjunktio  $T_0$
- tähden tuntikulma  $H$
- tähden reitin leikkauspiste x-akselilla  $Y$
- Kuun nopeus rektaskension suhteen  $x'$
- Kuun nopeus deklinaation suhteen  $y'$

# Tähtenpeittojen matematiikkaa

## Tähtenpeiton malli Besselin mukaan

Kuu liikkuu nuoleen päättyvää viivaa pitkin oikealle

$$\text{Kuun nopeus} = \sqrt{[(x')^2 + (y')^2]}$$



Kuun oikealla reunalla tähti peittyi ja vasemmalla tulee esiin

# Puinen tähdenpeittokone

- McNeile oli myös taitava rakentelija. Vuosina 1928-29 hän rakensi puisen analogisen laskentalaitteen tähdenpeittojen simuloimiseen.
- Laite sisälsi 30 cm:n läpimittaisen karttapallon, joka pyöri napojen kautta kulkevan akselin ympäri. Paperinen mittanauha päiväntasaajalla kertoi tuntikulman tunnit ja kymmenet minuutit.
- Havaintopaikkoja vastasivat pallolle liimatut paperiset pyörylät.

# Tähdenpeittokoneet



Figure 2. McNeille's wooden Occultation Machine. (Science Museum/Science & Society Picture Library)

## Puinen tähdenpeittokone

12.03.2016

Matti Suhonen, Aurinkokuntatapaaminen,  
Orimattila, Artjärvi, Tähtikallio

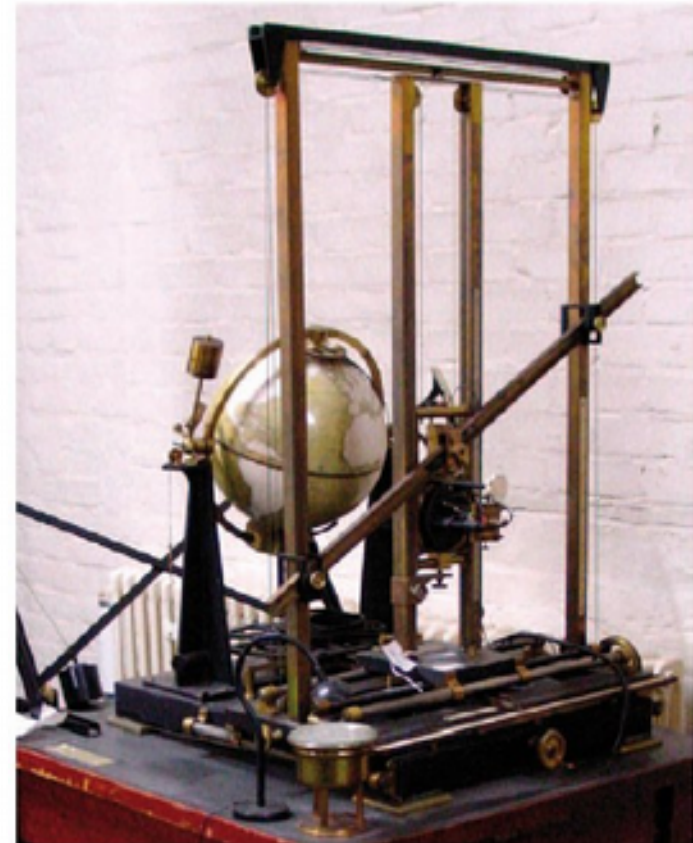


Figure 8. Wescott's metal Occultation Machine.  
(Courtesy of the National Maritime Museum, Greenwich, London.)

## Metallinen tähdenpeittokone

15

# Puinen tähdenpeittokone

- Pallon edessä oli 10 cm:n läpimittainen kondensorilinssi, joka projisoi vaakasuoran valoisan ympyrän pallon pinnalle. Ympyrän halkaisija vastasi Kuun halkaisijaa.
- Tähdien deklinaatio saatiin oikeaksi kallistamalla karttapalloa kulma-asteikon avulla.
- Karttapallon pyöritettiin, kunnes tähden tuntikulma oli oikea.



# Puinen tähdenpeittokone

- Lamppua nostettiin tai laskettiin kehyksessään, kunnes oikea Y-arvo on saavutettu.
- Laitteella saatu peittymis- tai esiintuloaika erosi oikeasta enintään kolme minuuttia.
- Puinen tähdenpeittokone oli käytössä kuusi vuotta, kunnes tähdenpeittojen ennusteiden laatiminen siirtyi Hänen Majesteettinsa Merenkulkijain Almanakan Toimistolle, HMNAO:lle.

# Leslie John Comrie

Leslie John Comrie (15.8.1893–11.12.1950) syntyi Pukekohessa, Auklandin lähellä Uudessa Seelannissa vuonna 1893. Hän opiskeli Auklandin yliopiston Collegessa, perusti tähtitieteellisen yhdistyksen ja valmistui vuonna 1916 kemian maisteriksi.

# Leslie John Comrie

- Lisääntyvästä kuuroudestaan huolimatta hän otti osaa ensimmäiseen maailmansotaan Uuden Seelannin nopean toiminnan joukoissa.
- Hän haavoittui vuonna 1918 vakavasti ja menetti toisen jalkansa.
- Ollessaan toipilaana Englannissa hän kiinnostui mekaanisista laskimista ja niiden käytöstä tähtitieteellisiin laskuihin.

# Leslie John Comrie



12.03.2016

Matti Suhonen, Aurinkokuntatapaaminen,  
Orimattila, Artjärvi, Tähtikallio

20

# Leslie John Comrie

- Comrie opiskeli Cambridgen yliopiston St. John's Collegessa vuonna 1920.
- Hänestä tuli vasta perustetun BAA:n laskentajaoston ensimmäinen johtaja.
- Suositettu **The Companion to the Observatory** -julkaisu lakkasi ilmestymästä ja tilalle tuli vuonna 1922 **Handbook of the British Astronomical Association**.

# Leslie John Comrie

- Comrie suoritti vuonna 1923 tohtorintutkinnon. Hänen väitöskirjansa aiheena oli **Planeettojen peittymisten ennustaminen ja Saturnuksen satelliittien ilmiöt.**
- Hän matkusti Yhdysvaltoihin ja opetti siellä numeerista analyysia kahdessa yliopistossa.
- Hän palasi vuonna 1925 Englantiin ja toimi HMNAO:n varatarkastajana.

# Leslie John Comrie

- Comrie jatkoi tutkimuksiaan kaupallisten mekaanisten laitteiden käytöstä tähtitieteellisten laskutoimitusten automatisoinnissa.
- Eläkkeelle siirtyneet valko- ja pitkäpartaiset cornwallilaiset virkamiehet laskivat tuohon aikaan **Nautical Almanac** -teoksen taulukot koirankorville kuluneiden 7-desimaalisten logaritmitaulukkojen avulla.

# Leslie John Comrie

- Comriestä tuli vuonna 1930 HMNAO:n ylitarkastaja.
- Hän uudisti laitoksen organisaation ja toimintatavat perusteellisesti.
- Uusi tekniikka korvasi logaritmitaulukot. Tilalle tulivat mekaaniset laskukoneet, reikäkorttikoneet ja kirjanpitokoneet.



# Leslie John Comrie

- HMNAO sai vuonna 1935 tehtäväkseen laatia ja julkaista maailmanlaajuisesti tähdenpeittoennusteet sekä vastaanottaa havainnot ja käsitellä ne.

# Metallinen tähdenpeittokone

- Leslie Comrie tutustui McNeilen tähdenpeittokoneeseen.
- Pitkällisen kirjeenvaihdon jälkeen hän sai 115 punnan määrärahan uuden tähdenpeittokoneen rakentamiseen.
- Uusi kone oli määrä rakentaa Greenwichin observatorion työpajassa.

# Metallinen tähdenpeittokone

- Observatorion puuseppä A. C. S. Wescott sai tehtäväkseen rakentaa laitteen.
- Metallinen tähdenpeittokone valmistui kesäkuussa 1934. Sen kustannukset olivat kaikkiaan 155 puntaa ja 17 shillinkiä.
- Testit osoittivat, että laite täytti kaikki vaatimukset. Ennusteet pitivät paikkansa 30 sekunnin tarkkuudella.

# Metallinen tähdenpeittokone

- Metallinen tähdenpeittokone toimi samojen periaatteiden mukaan kuin McNeilin kone.
- Tässäkin 30 cm:n läpimittainen karttapallo simuloi maapalloa. Auton lamppu ja 10 cm:n läpimittainen kondensori vastasivat tähteä ja Kuun varjoa.

# Metallinen tähdenpeittokone

- Metallinen tähdenpeittokone oli valmis, kun vuoden 1937 ennusteet piti laatia.
- Koneen ensimmäinen käyttäjä oli McNeile.
- Vuonna 1941 koneella tutkittiin 2511 tähteä. 1241 tähteä hylättiin ja 7999 tapahtumaa kirjattiin numeerista tarkastusta varten.
- Kone laski tähdenpeittoennusteita myös radioteleskooppeja varten.

# Tähdenpeittokoneiden nykyiset olinpaikat

- Puinen tähdenpeittokone on Lontoossa Science Museumissa, sen pienten ja keskisuurten kappaleiden varastossa.
- Metallinen tähdenpeittokone on National Maritime Museumissa Lontoon Greenwichissä.

# Kehittyneemmät ennusteet

- Metallisen tähdenpeittokoneen toiminta päättyi 1960-luvun aikana.
- HMNAO sai vuonna 1959 ICT 1201 -tietokoneen. Sen tehtäviin kuului mm. tähdenpeittoennusteiden laatiminen.
- Vuonna 1966 hidas, tehoton ja vaikeasti ohjelmoitava ICT 1201 korvattiin 1909-mallilla, joka vähitellen sai tehtäväkseen laskea kaikki tähdenpeittoennusteet.

# ICL 1909 – NIO

- Gordon E. Taylor kertoi heinäkuussa 1970 Nautical Almanac Officen teknisessä selosteessa no 18 (13 sivua) sivuavien tähtenpeittojen ennusteiden laatimisesta.
- Ohjelma koostuu osista NIOA, NIOB ja NIOE.
- Ohjelma saa lähtötietonsa magneettinauhalla, paperinauhalla ja reikäkorteilla.
- Tulosteet ovat magneettinauhan lisäksi teksti ja graafinen tulostus.



# ICL 1909 – NIO

- Lähtötietoina ovat Kuun rataelementit, Kuun elongaation ääriarvot, laskenta-askelten väliaika, laskennan ensimmäinen ja viimeinen juliaaninen päivämäärä, tähtien järjestysnumerot, tähtien kirkkauksien rajat, tähden pienin korkeus, leveysasteiden rajat, Auringon korkeuden rajat, tieto mahdollisesta kuunpimennyksestä, Delta T:n määrittämisen tiedot.

# ICL 1909 – NIO

- Seloste kertoo tarkasti, millä laskurutiineilla haluttuun tulokseen päästään. Laskumenetelmä ei ole kovin hankala.
- Yhden peittymisen tiedot on mahdollista laskea funktiolaskimella, kynällä ja paperilla.
- Koko vuoden maapallon laajuinen laskenta vie ICL 1909 -tietokoneella runsaat kolme tuntia.

# Kehittyneemmät ennusteet

- HMNAO:n tehtävät siirtyivät vuonna 1981 US Naval Observatorylle.
- Tähtienpeittohavaintojen vastaanotto ja edelleen käsittely siirtyi vuonna 1992 Japanin Merenkulun turvallisuuslaitoksen geodesian ja geofysikaaliseen osastoon perustettuun International Lunar Occultation Centreen.
- ILOC toimi maaliskuuhun 2009 saakka.

# Kehittyneemmät ennusteet

- Henkilökohtaisten tietokoneiden käyttäjiä varten BAA:n laskentajaosto avusti omia ennusteita laativia.
- Laskentajaoston johtaja Gordon Taylor antoi ohjelmakirjastolle laskentaohjelman, joka toimii MS-DOS-käyttöjärjestelmän alaisuudessa.

# Ennusteiden jakelu 1990-luvulla

- US Naval Observatory laati tähdenpeittoennusteita vielä 1990-luvulla.
- International Occultation Timing Associationin presidentti David Dunham kuljetti usein suuren määrän ennusteita rivikirjoitintulosteina mm. eurooppalaisten havaitsijoiden ESOP-tapahtumiin.
- Suomalaisten havaitsijoiden ennusteet olivat kymmeniä sivuja pitkiä.

# Omien ennusteiden tarve

- US Naval Observatory ja International Lunar Occultation Centre lopettivat toimintansa.
- Oli tullut aika laatia suurista laitoksista riippumattomat ennusteet.
- IOTA-ES:n piiristä löytyi osaavia henkilöitä
- Tuloksena ollut PC-Evans-ohjelma vaati, että kutakin vuotta varten oli laadittava tähdenpeittojen Besselin elementtejä sisältävä levyke.

# Omien ennusteiden tarve

- Hollantilainen Eric Limburg osallistui elokuussa 1993 Rodenissa, Hollannissa pidettyyn ESOP XIII -tapahtumaan.
- Symposiossa oli esillä useita tähdenpeittoja laativia ohjelmia. Useimmilla oli vain yksi käyttäjä.

# Oma tähdenpeitto-ohjelmani

- Laadin 1980-luvulla Sharp PC 1500 -taskutietokoneelle ohjelman, joka laski 500 tähdenpeittohavainnon oikeellisuuden.
- Lähtötietoina olivat havaitsijan nimi, havaintoaika ja -paikka, tähden nimi, kirkkaus ja koordinaatit. Kuun paikan ohjelma laski itse.
- Tulostus tapahtui neljällä värillisellä lyhyellä kuulakärkikynällä paperinauhalle tekstinä ja grafiikkana. Tallennus tapahtui kasettinauhalle.

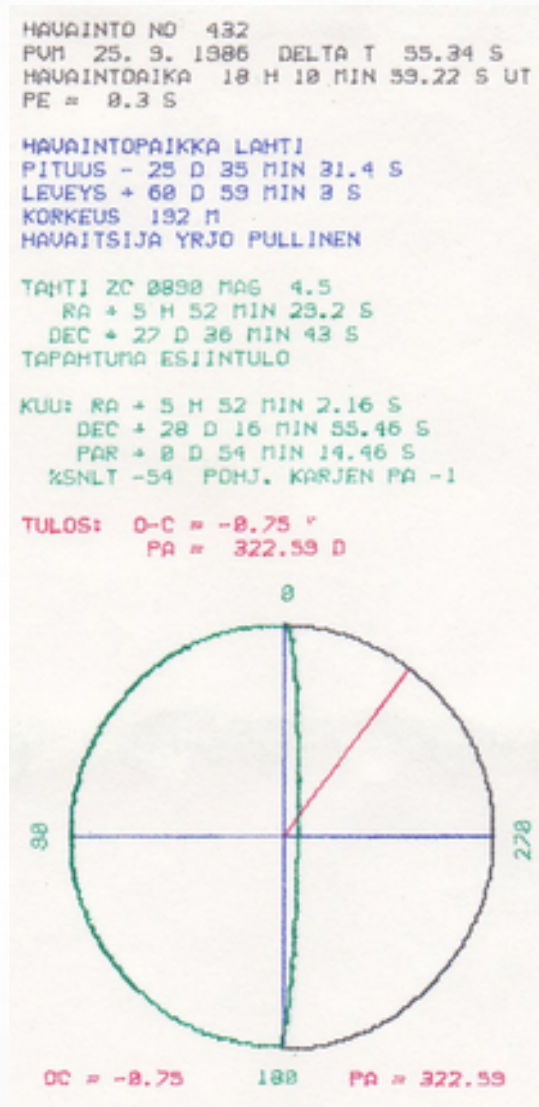


# Oma tähdenpeitto-ohjelmani

Tähdenpeitto numero 432,  
25.9.1986, ZC 0890, 136  
Tauri, mag 4,5. esiintulo.  
Havaittaja oli Yrjö Pullinen  
Lahden Ursan tähtitornissa.

Mustalla on tulostettu  
havainnon numero,  
päivämäärä, Delta T,  
havaintoaika yleisajan  
mukaisena ja havaintoajasta  
vähennetty havaitsijan  
aikavakio.

Sinisellä on tulostettu  
havaintopaikka  
koordinaatteineen ja  
havaitsijan nimi.



Vihreällä on tulostettu  
tähdn nimi, koordinaatit ja  
tapahtuman tyyppi  
sekä  
Kuun koordinaatit,  
valaistuna näkyvän osan  
suuruus ja sirpin pohjoisen  
kärjen suuntakulma.

Punaisella on tulostettu  
tähdn havaitun ja  
lasketun paikan erotus O-C  
sekä tapahtumapaikan  
suuntakulma taivaan  
pohjoisnavan suhteen.

Grafiikka kertoo lisäksi  
Kuun ekvaattorin ja  
keskimeridiaanin asemat.

# Lunar Occultation Workbench

- Eric Limburgia ei tyydyttänyt tilanne, että tähdenpeittoa varten ei ollut kaikille sopivaa ohjelmaa. Hän alkoi laatia Windowsin alaisena toimivaa ohjelmaa.
- Uuden ohjelman versio 1.0 oli valmis 1995.
- Versio 2.0 oli saatavilla syyskuussa 1997.
- Tammikuun 1998 lopussa ohjelma oli ladattavissa Internetin kautta.
- Vuoden 2001 lopussa versio 3.1 oli valmiina.
- Nykyinen versio on 4.1.

# Lunar Occultation Workbench



- Ohjelman tekijä,  
hollantilainen Eric  
Limburg  
Niepolomicessa,  
Puolassa 30.8.2009  
järjestetyssä ESOP  
2009 -tapahtumassa

# Lunar Occultation Workbench

- Ohjelman algoritmit hyödyntävät teorioita Kuun ja planeettojen liikkeistä sekä teorioita nutaatiosta ja libraatiosta.
- Myös Jean Meeusin algoritmit ovat mukana.
- Tähdet valitaan XZ80P- ja Guide Star -luetteloista.
- Kuun reunan määrittelee kolme tietokantaa.

# Lunar Occultation Workbench

- Ohjelma määrittää havaitsijan iän, ilmoitetun kokeneisuuden, kaukoputken ominaisuuksien ja havaintomenetelmän avulla millaisia tähtiä otetaan huomioon ennusteiden laadinnassa.
- Laskettavia kohteita voidaan rajata useiden tekijöiden perusteella. Laskettaviksi kohteiksi voidaan valita tähdet, planeetat, planeettojen kuut tai muut kohteet.

# Lunar Occultation Workbench

- Ennusteiden tiedot ovat yhteenvetotaulukko, yksityiskohtainen taulukko ja kuva peittyvästä tähdestä Kuun reunalla.
- Grafiikkaan saa erilaisia asteikkoja, peittyvän tähden nimen, taustatähtien nimet, Kuun asennon ja Kuun liikkeen suunnan.
- Grafiikan saa talletettua kuvatiedostoksi.

# Occult-ohjelma

- Tekijä australialainen David Herald.
- Ohjelma siirtyi versiosta 2 versioon 3.11 vuonna 1996.
- Occult tuottaa Kuun ja asteroidien peittymisennusteet sekä käsittelee havainnot.
- Antaa tietoja pimennyksistä, ylikuluista ja planeettojen kuiden tapahtumista.
- Laskee efemeridejä.

# Occult-ohjelman tekijä

- Australialainen David Herald oli 30.8.2009 kuva- ja ääni-yhteydessä Puolassa, Niepolomicessä pidettyyn ESOP 2009 -tapahtumaan





# Occult-ohjelma

- Occult-ohjelma saa tiedot havaintopaikoista SITE-tiedostoista, esim. Finland.site.
- Se sisältää havaintopaikan nimen, koordinaatit, aikavyöhykkeen, kaukoputken halkaisijan, rajamagnitudin korjauksen, sivuavan tähdenpeiton havaitsijan pisimmän matkan havaintopaikalle, tuleeko paikka mukaan ohjelman laatimalle kartalle tai Google Maps -kartalle.

# Occult-ohjelma

- Havainnot ja laskentatulokset arkistoidaan Centre de Données astronomiques de Strasbourg -laitoksen VizieR-tietokantaan.
- Vanhoja havaintoja voi tutkia ohjelman avulla.
- Ohjelman uusia versioita on ilmestynyt tiheästi.
- Nykyinen käytössäni oleva versio on 4.1.6.1 ja vielä tuoreempi versio lähettää havainnot valokäyrineen käsiteltäväksi ja arkistoon.

# Lähteitä

- Sain aiheen tämän esityksen kirjoittamiseen **Occultation Newsletter**in numerosta Vol. 8, Number 4, January 2002, jossa Eric Limburg kertoi laatimansa ohjelman syntyvaiheista artikkelissa **Lunar Occult Workbench 3.1: stellar occultations tailor-made to your needs.**

# Lähteitä

- Useat Occultation Newsletterin numerot kertoivat ennusteohjelmien siirrosta suurkoneista PC-ympäristöön ja ohjelmien eri versioiden ominaisuuksista.

# Lähteitä

- Tietoja varhaisista tähdenpeittojen ennusteiden laatijoista antoi **Journal for Occultation Astronomy**, Vol. 14, Number 2, April-June 2014, pdf-versio, sivut 3–17: **Alex R. Pratt: The Occultation Machine of HM Nautical Almanac Office.**