

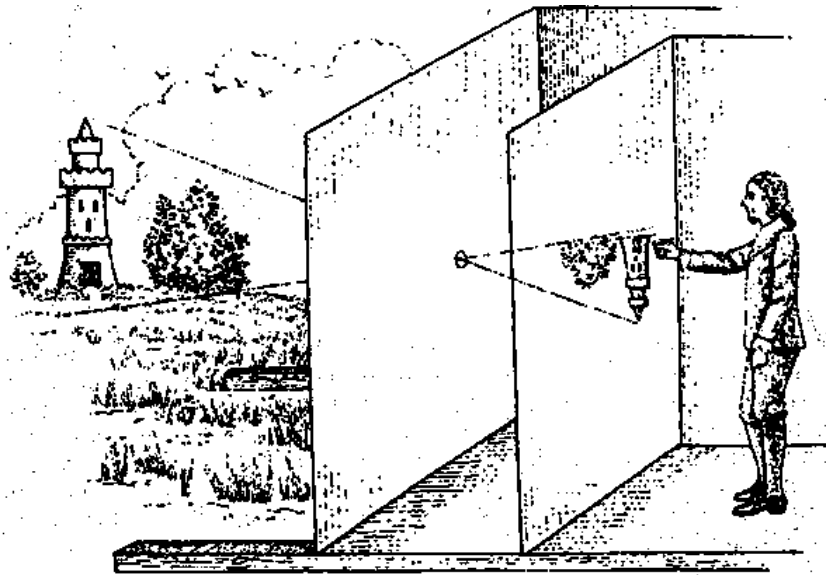
## Luento 3: Keskusprojektiokuvaus

### AIHEITA

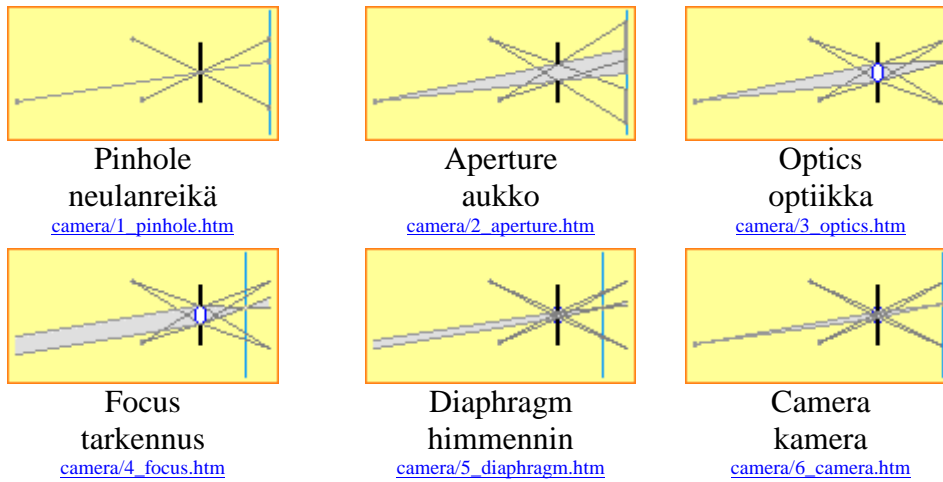
- [Keskusprojektiio](#)
- [Kuvauspoikkeamat eli aberraatiot](#)
- [Mittakamera](#)
- [Kuvausesimerkki](#)
- [Panoraamakuvat videokuvilla](#)
- [Keskusprojektion ominaisuuksia](#)
- [Perspektiivi](#)
- [Pakopisteet](#)
- [Kuvaustekniikoita](#)
- [Pankromaattinen ja monikaistakuvaus](#)
- [Käsitteitä](#)

### Keskusprojektiio

Kolmiulotteisen kohteen tallentaminen kaksiulotteiselle kuvalle edellyttää kohteen projisioimista. Yksinkertaisin projektiio on keskusprojektiio, jossa kuva syntyy yhden pisteen – projektiokeskuksen – kautta kulkevien valonsäteiden avulla. Kuvaus on suora ja kuva kääntyy projektion aikana nurinpäin.

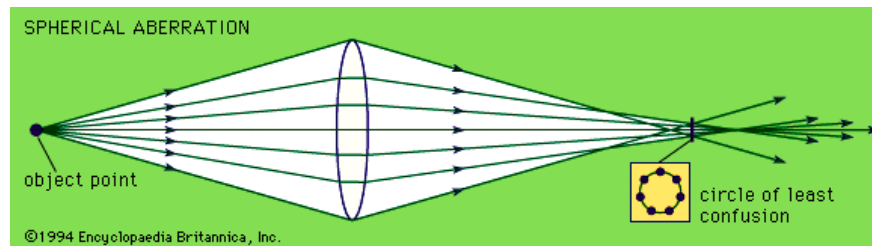


Neulanreikäkamera, *camera obscura* eli [pimeä huone](#), valomaalausta 1400-luvulla. Kuvalle piirrettiin maisema "oikean" muotoisena. Mitä pienempää reikää kamerassa käytettiin, sitä terävämpänä kuva näkyi heijastinkankaalla. Koska samalla kameran valovoima väheni, piirtäminen tehtiin pimeässä huoneessa, joka siirrettiin kuvauspaikalle. Keskeisperspektiivin käytön varhaisia tutkijoita olivat Leonardo da Vinci (1452-1528) ja Albrecht Dürer (1471-1528).

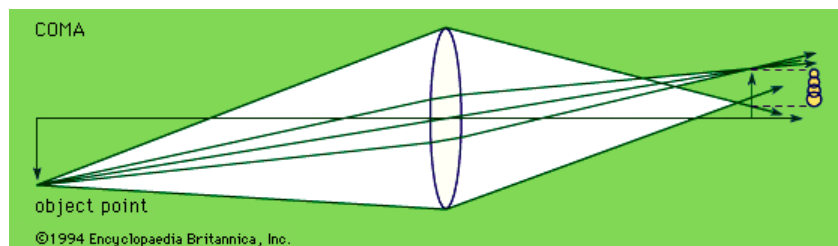


## Kuvauspoikkeamat eli aberraatiot

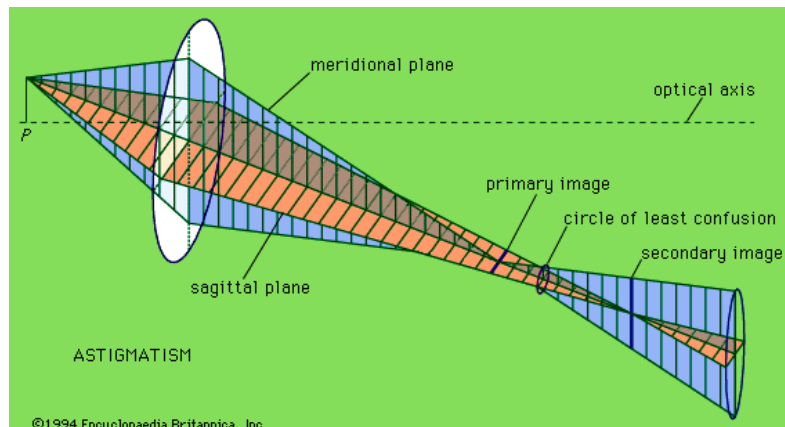
- Ideaalisen pallopinnan taittavat, pistelähteestä tulevat ja monokromaattiset paraksiaalisäteet muodostavat pistemäisestä esineestä pistemäisen kuvan. Laajasta ja monivärisestä kohteesta ei-paraksiaaliset säteet muodostavat kuvan, jossa esiintyy kuvauspoikkeamia eli [aberraatioita](#).
- Aberraatioita ovat palloaberraatio, koma, astigmatismi, kuvapinnan kaarevuus ja vääristymä.
- Kuudes linseissä esiintyvä aberraatio on värvirhe (kun valo ei ole monokromaattista eli sisältää useampia aallonpituuksia)



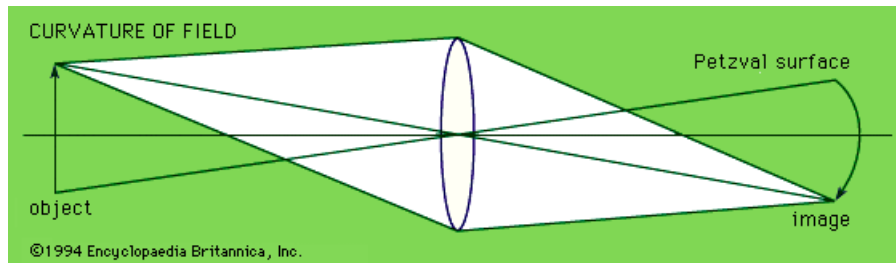
Palloaberraatio.



Koma.



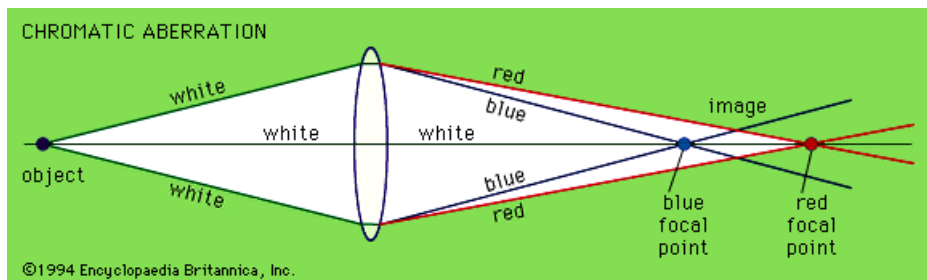
Astigmatismi



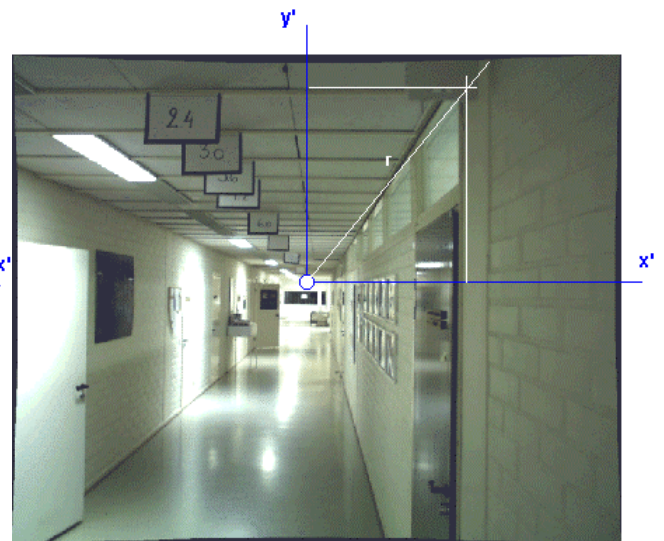
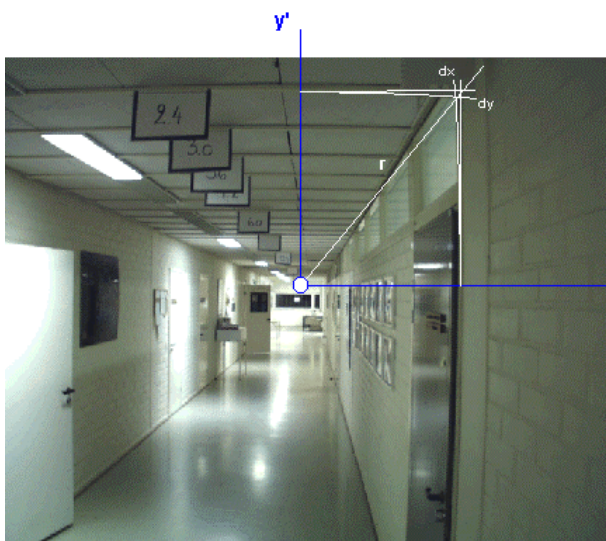
### Kuvapinnan kaarevuus



Kuvan vääristymä. (Kuvat: *Petteri Pöntinen*, 1998)



Värivirhe. Kuperassa linssissä lyhytaaltainen sininen valo taittuu nopeammin kuin pidempiaaltainen punainen valo. Värivirhe voidaan korjata linssiyhdistelmällä, jossa kuperaan linssiin liitetään kovera linssi.



"Oikean" muotoisen mittaamisen edellytyksenä on, että kuvat korjataan suoraviivaisiksi. Vääristymän määrä selvitetään kameran kalibroinnilla. Viitteitä

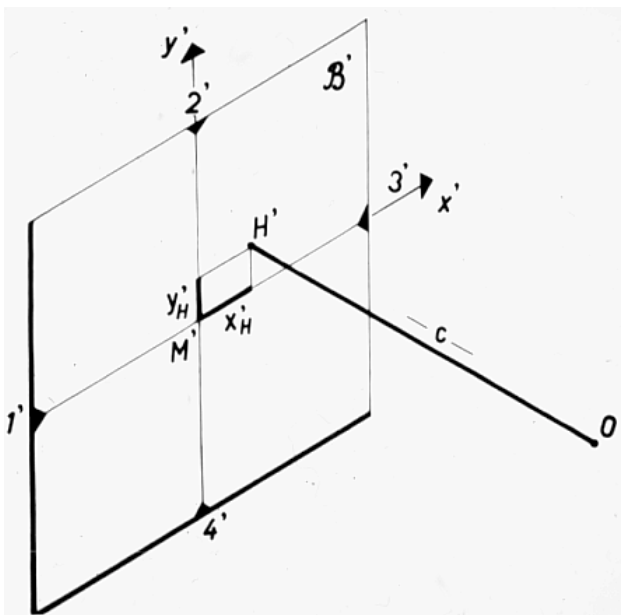
- <http://foto.hut.fi/opetus/260/luennot/11/11.html#Kamerakalibrointi>

## Mittakamera

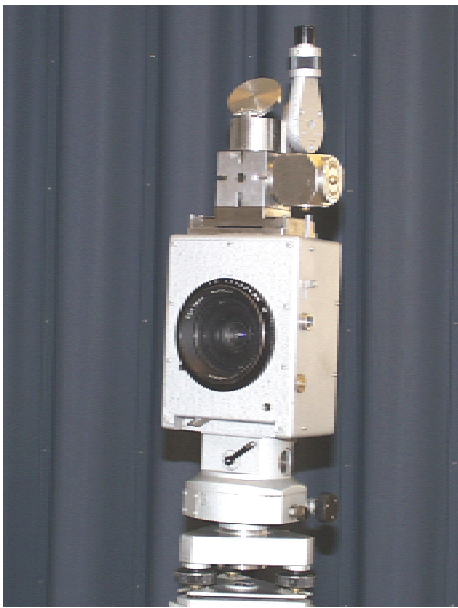
- Ominaisuuksista
  - Fotogrammetrisiin mittauksiin soveltuva, usein erikoisvalmisteinen kamera.
  - Mittakameran tärkeimmät osat ovat objektiivi eli projektiokeskus ja kuvaportti eli kuvataso.
  - Projektiokeskuksen tulee sijaita kuvaportin suhteen paikallaan.
  - Mittakamera fokusoidaan usein jo tehtaalla kiinteästi niille kuvausetaisyyksille, joihin sitä käytetään.
  - Projektiokeskuksen sijainti kalibroidaan ja tunnetaan kuvaportin suhteen tarkasti.
  - Tämän vuoksi mittakameran rungolta edellytetään erityistä tukevuutta ja geometrista stabiiliutta.



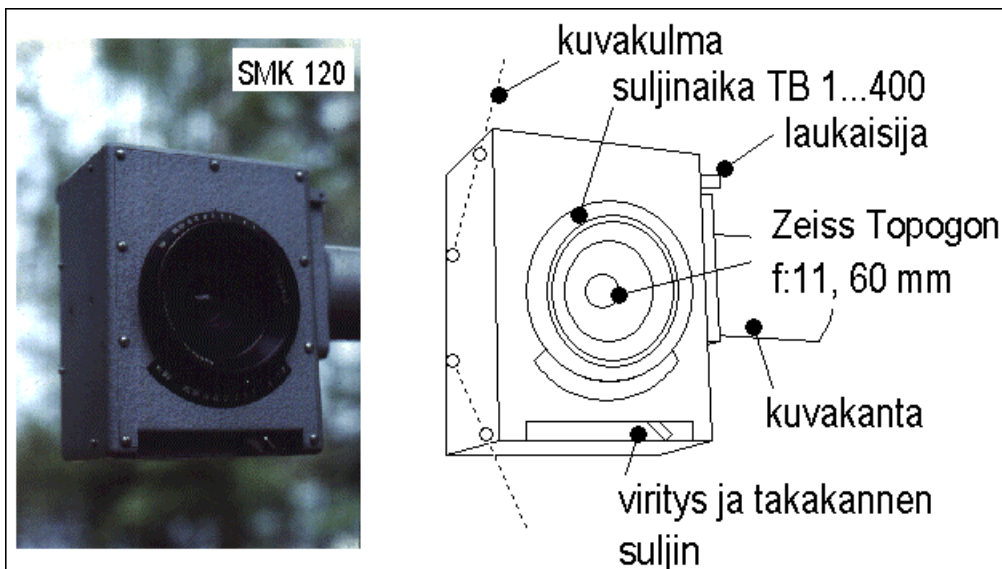
- Projektiokeskus merkitään tehtaalla mittakameran kuvaporttiin reunamerkein.
- Reunamerkit sijoitetaan yleensä symmetrisesti siten, että niiden kautta piirretyt suorat leikkaavat toisensa kuvan keskellä eli pääpisteessä.
- Pääpiste on projektiokeskuksesta kuvatasolle piirretyn normaalin kantapiste, eli se piste, jossa objektiivin optinen akseli leikkaa kuvatason.
- Kameravakio ilmaisee projektiokeskuksen etäisyyden kuvatasosta.
- Oheisessa kuvassa on reunamerkkeinä neljä ristiä, yksi kullakin kuvasivulla. Kameravakio on 59.65 mm.



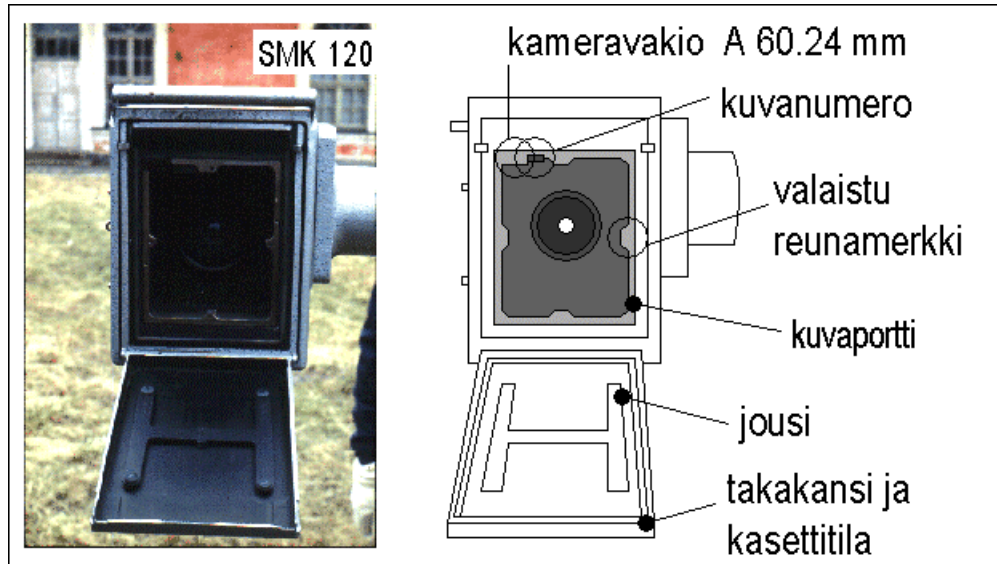
Mittakameran kameravakio  $c$  ilmaisee sen, miten etäällä projektiokeskus on kuvatasosta. Pääpiste  $H'$  sijaitsee kuvatasolla  $B'$  projektiokeskuksesta  $O$  piirretyn normaalin kantapisteessä. Mittakamerassa pääpiste on merkitty kuvaporttiin reunaan reuna- eli kehysmerkein  $1'$ ,  $2'$ ,  $3'$  ja  $4'$ . Reunamerkit kuvautuvat kuvalle ja niiden perusteella kameran pääpiste voidaan paikantaa kuvalta. Reunamerkkien mukaan määritetty pääpiste  $M'$  poikkeaa kuitenkin valmistus- ym. epätarkkuuksien johdosta pääpisteen "oikeasta" paikasta  $H'$ . Tarkoissa mittaustehtävissä tämä ero otetaan huomioon ns. epäkeskisyydevirheeseenä. Virhe voidaan määrittää kalibroimalla kamera säännöllisin väliajoin.



Mittakameroita. Maakuvakamera Zeiss TMK 6 ja stereomittakamera Zeiss SMK 40. Kameroiden polttopväli on 60 mm ja kuvakoko 70 mm x 90 mm. Stereokamera on rakenteeltaan kiinteäkantainen ja kannan pituus on 40 cm.



Stereomittakamera Zeiss SMK, kamera edestä.

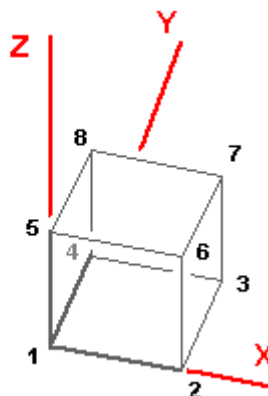


Kamera takaa, takakansi avattuna.

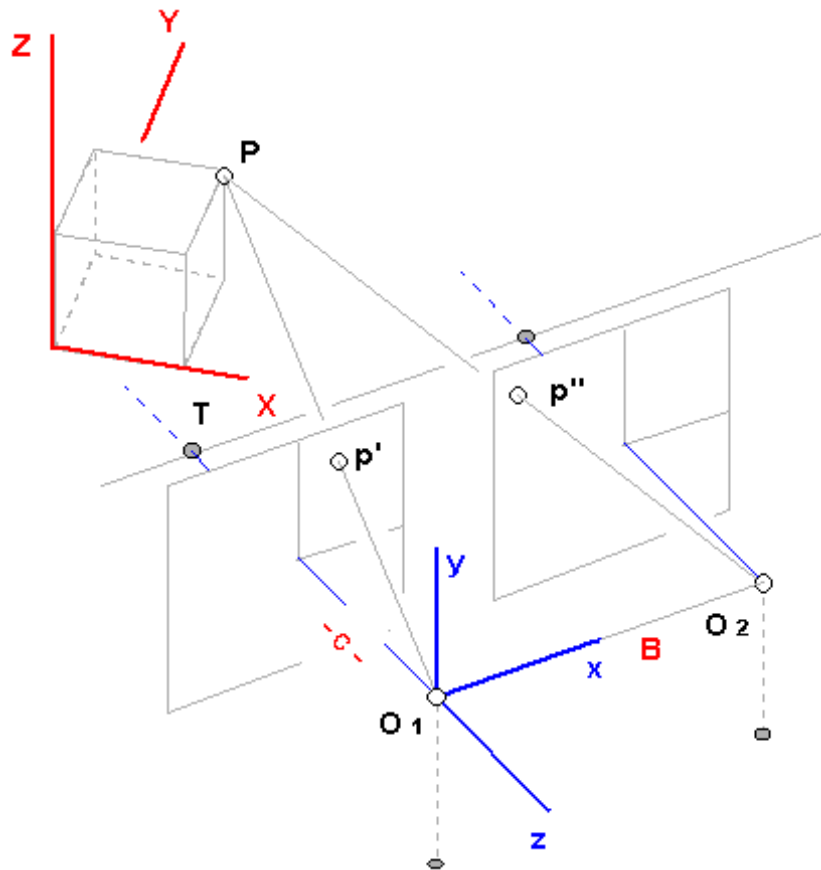
## Kuvausesimerkki

- Seuraavassa esimerkissä käymme keskusprojektiokuvauksen läpi vaiheittain. Laskemme kohteen kuvakoordinaatit normaaliasentoiselle stereokuvaparille.
- Lähtötilanteessa määrittelemme kohteen, kameras ja kuvausgeometrian.
  - Kohde määritellään kohdekoordinaatistossa. Tässä esimerkissä se on kuutio, jonka nurkkapisteiden koordinaatit tunnetaan.
  - Kamera määritellään kamerakoordinaatistossa. Kameran kameravakio on  $c$ .
  - Kuvausgeometria määritellään kuvanottopisteenä  $O_1$  ja kuvaussuuntana. Kuvaussuuntana on piste  $T$ . Stereokuvauksen normaalitapauksen mukainen kuvakanta on  $B$ .
- Työvaiheet ovat:
  - Ratkaisemme kohde- ja kamerakoordinaatiston välisen muunnoksen.
  - Muunnamme kohdepisteet kamerakoordinaatistoon.
  - Projisioimme kohdepisteet kuvatasolle.
  - Siirrämme kameras kuvakannan toiseen päähän.
  - Projisioimme kohdepisteet stereokuvalle.
- Esitystekniikkaan liittyviä huomioita:
  - Seuraavassa esimerkissä piirrokset esittävät yleistä periaatetta eivätkä siis esitä sellaisenaan taulukossa lasketun esimerkin mukaista tilannetta.
  - Kohdekoordinaatisto on esitetty punaisella
  - Kamerakoordinaatisto on esitetty sinisellä

	X	Y	Z
1	0	0	0
2	100	0	0
3	100	100	0
4	0	100	0
5	0	0	100
6	100	0	100
7	100	100	100
8	0	100	100



Kuutio sijoitetaan kohdekoordinaatiston  $XYZ$  siten, että sen yksi nurkka on origossa ja tästä lähtevät särmät asettuvat positiivisille koordinaattiakseleille. Kuution sivunpituus on 100 yksikköä.



	X	Y	Z
O	-160	-280	160
T	50	50	50

c	120
B	30

	i	j	k
$O_1T$	210	330	-110
$O_1T_{XY}$	210	330	
$O_1T_{XYw}$	0,536875	0,843661	
$O_1O_{2w}$	0,843661	-0,53688	0
$O_1O_2$	25,30984	-16,1063	0

	X	Y	Z	x	y	z
T	50	50	50	0	0	-406,325
O <sub>1</sub>	-160	-280	160	0	0	0
O <sub>2</sub>	-134,69	-296,106	160	30	0	0

Stereokamera  $O_1O_2$  vastaa kuvausgeometrialtaan normaaliasentoista stereokuvausta. Kameravakio  $c$  ja kuvakanta  $B$  määrittävät kameras kuvageometrian. Kamerakoordinaatisto  $xyz$  on oikeakätinen ja sen origo sijaitsee vasemman kameras projektiokeskuksessa  $O_1$ , sen positiivinen  $z$ -akseli osoittaa kuvaussuuntaan, ja kantavektori  $O_1O_2$  sijaitsee positiivisella  $x$ -akselilla. Kameras orientointi määritetään projektiokeskuksen  $O_1$  sijainnin ja tähtäyspisteen  $T$  avulla. Kuvakanta ja kuvasivut oletetaan vaakasuoriksi. Kantavektori lasketaan kääntämällä tähtäys suunnan vektorin  $O_1T$  projektiio  $XY$ -tasolla kohtisuoraan oikealle. On huomattava, että tällä kuvausjärjestelyllä ei kyetä käsittelemään tarkkaa nadiirikuvausta, koska tällöin vektorin  $O_1T$  projektiio  $XY$ -tasolla on nollavektori. Edellä esitetyllä tavalla kaikki kolme kuvauksen kannalta oleellista pistettä  $T$ ,  $O_1$  and  $O_2$  tulevat määritellyiksi sekä kohde- että kamerakoordinaatistossa.

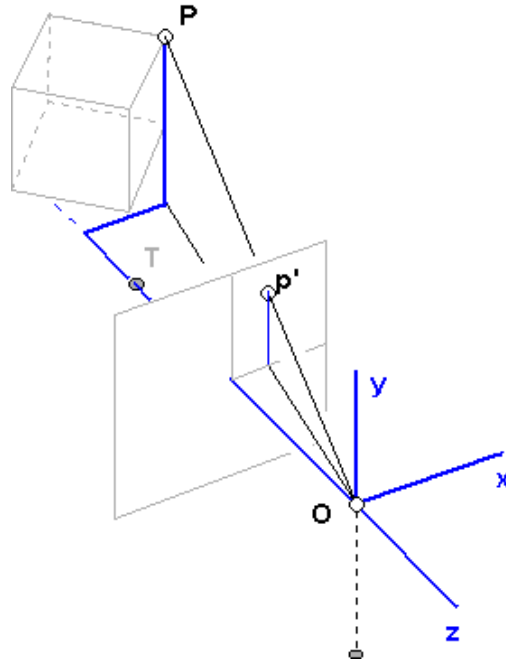




	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>X</b>	0	100	100	0	0	100	100	0
<b>Y</b>	0	0	100	100	0	0	100	100
<b>Z</b>	0	0	0	0	100	100	100	100

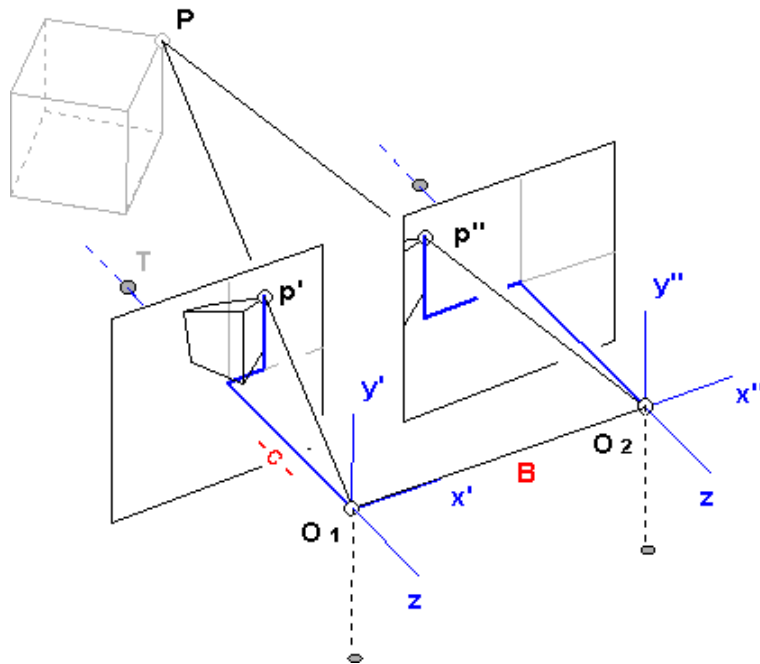
<b>(x)</b>	0	84,36615	30,6786	-53,6875	0	84,36615	30,6786	-53,6875
<b>(y)</b>	0	14,53425	37,37379	22,83954	96,26583	110,8001	133,6396	119,1054
<b>(z)</b>	0	-51,6828	-132,899	-81,2158	27,07193	-24,6108	-105,827	-54,1439

Kohdekoordinaatisto **XYZ** kierretään suuntaan **(x)(y)(z)**, joka on yhdensuuntainen kamerakoordinaatiston **xyz** kanssa.



<b>x</b>	-15,3393	69,02685	15,3393	-69,0268	-15,3393	69,02685	15,3393	-69,0268
<b>y</b>	-66,8198	-52,2856	-29,446	-43,9803	29,44602	43,98027	66,81981	52,28556
<b>z</b>	-353,412	-405,094	-486,31	-434,627	-326,34	-378,023	-459,238	-407,556

Kierretty kohdekoordinaatisto **(x)(y)(z)** siirretään kamerakoordinaatistoon **xyz**.

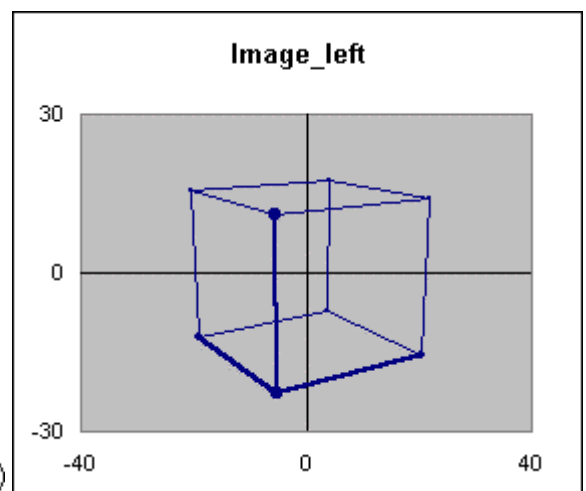
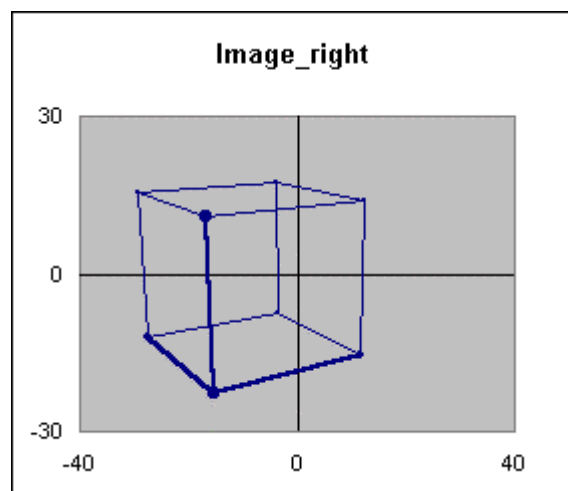
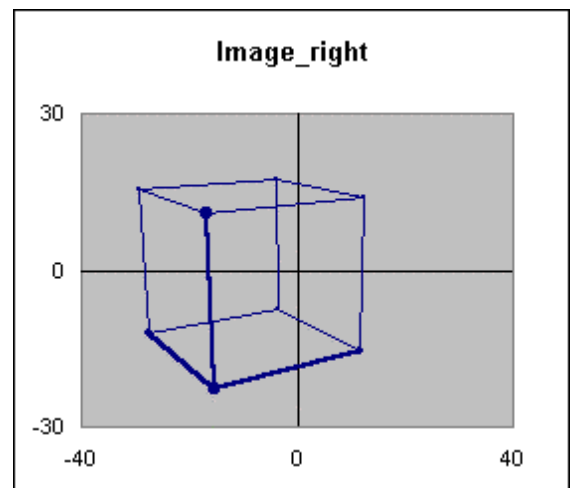
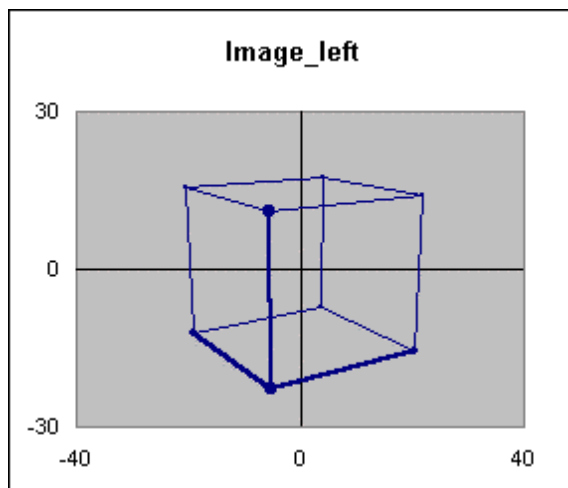


$m = -c / z$	0,339547	0,296227	0,246756	0,276099	0,367715	0,317441	0,261302	0,294438
--------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

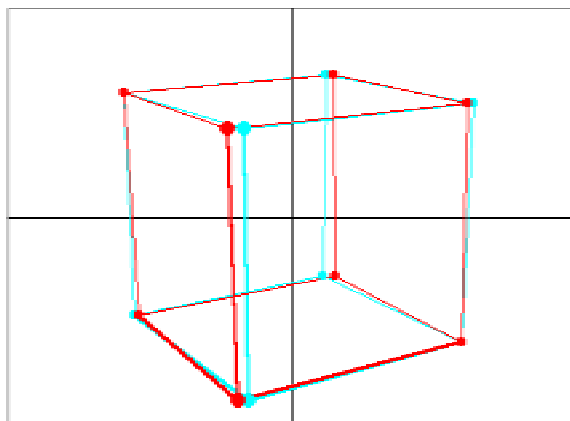
$x'$	-5,20842	20,44763	3,785065	-19,0582	-5,64049	21,91198	4,008193	-20,3242
$y'$	-22,6885	-15,4884	-7,26598	-12,1429	10,82774	13,96116	17,46017	15,39488
$z$	-120	-120	-120	-120	-120	-120	-120	-120

$x''$	-15,3948	11,56081	-3,61762	-27,3412	-16,6719	12,38874	-3,83087	-29,1573
$y''$	-22,6885	-15,4884	-7,26598	-12,1429	10,82774	13,96116	17,46017	15,39488
$z$	-120	-120	-120	-120	-120	-120	-120	-120

Kuution kuvaus keskusprojektionä kuvatasolle lasketaan mittakaavaa muuttamalla. Kuvaukset tasoille  $p'$  ja  $p''$  määritellään  $z = -c$ , jolloin kohdepisteiden  $P$  kuvamittakaavat lasketaan . Oikean kuvan pisteet  $p''$  siirtyvät parallaksin  $p_x$  verran, , ja niille lasketaan  $x''$ -koordinaatit, .



Lopuksi kuvat esitetään stereogrammina. Kuvakehykset pirretään sopivaan kokoon, tässä vaakasuoraan  $\pm 40$  ja pystysuoran  $\pm 30$  yksikköä. Kun kuvat esitetään "vasen vasemmalla" ja "oikea oikealla", oikea stereovaikutelma saadaan katsomalla kuvia yhdensuuntaisin silmänakselein (ylempi kuvapari). Kun kuvien järjestys vaihdetaan, oikea vaikutelma saadaan ristikkäisin silmänakselein (alempi kuvapari).



Kuvapari esitettynä anaglyfikuvana.

- Excel-sovellus stereokuvaukselle
  - Kuvausesimerkki on laskettu ohjelmalla, joka on kopioitavissa
    - [ktorlegard\\_stereo\\_photography.xls](#), tai [ktorlegard\\_stereo\\_photography.zip](#)
  - Esimerkin kohde on kuutio (pisteet 1-8).
  - Esimerkin kuvausgeometriasta voi muuttaa kuvanottopistettä **O**, kameravakiota **c** ja kuvakantaa **B**. Tähtäyspiste **T** on sijoitettu kuution keskelle eikä sitä voi muuttaa.
  - Esimerkki ei toimi silloin, kun pisteillä **O** ja **T** on samat **X**- ja **Y**-koordinaatit. Tällöin on kyse tarkasta pystykuvauksesta, eikä kuvakannan **OIO2** suuntaa voi määrittää.
- Excel-sovellus yhden kameran kuvaukselle
  - Kuvausesimerkki on laskettu ohjelmalla, joka on kopioitavissa
    - [./../301/luennot/6/alfa\\_nyy\\_kappa.xls](#), tai [./../301/luennot/6/alfa\\_nyy\\_kappa.zip](#)
  - Sovelluksella voi havainnollistaa yhden kameran kuvausta vertaamalla kahta kuvaa **p'** ja **p''** keskenään. Kuvan **p''** ulkoista orientointia voi muuttaa kameran paikan ja kuvaussuunnan osalta, suureet **do''**, **dT''** ja **dangle''**.
- Kiertomatriisin laskeminen
  - [keskusprojektiokuvaus\\_kiertomatriisi](#).
- Viitteet
  - Henrik Haggrén, 2002. Seven pictures for stereography. URL: [http://foto.hut.fi/publications/paperit/hhaggren/bildtechnik\\_2002/stereo\\_photography.htm](http://foto.hut.fi/publications/paperit/hhaggren/bildtechnik_2002/stereo_photography.htm)

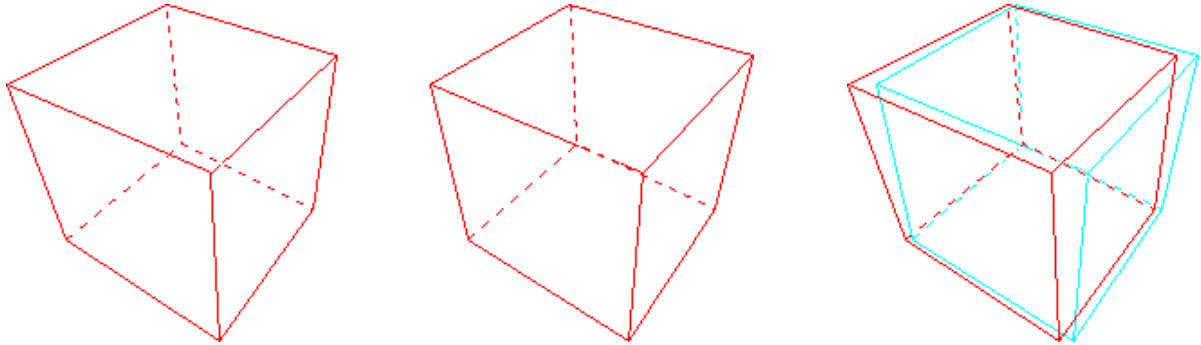
## Keskusprojektion ominaisuuksia

- Projektiokeskus, jonka kautta kuvaussäteet kulkevat, kokoaa sädekimpun.
- Kuvataso, johon kuva rekisteröidään, leikkaa sädekimpun.
- Piste kuvautuu pisteeksi.
- Suora kuvautuu suoraksi, tai pisteeksi.
- Taso kuvautuu tasoksi, tai suoraksi.
- Käyrän asteluku säilyy, tai laskee.
- Janojen kaksoissuhde säilyy.
- Projisioinnin toistaminen säilyttää projektiivisuuden.
- Suorat, jotka ovat kohteessa yhdensuuntaisia, leikkaavat kuvalla toisensa pakopisteissä.

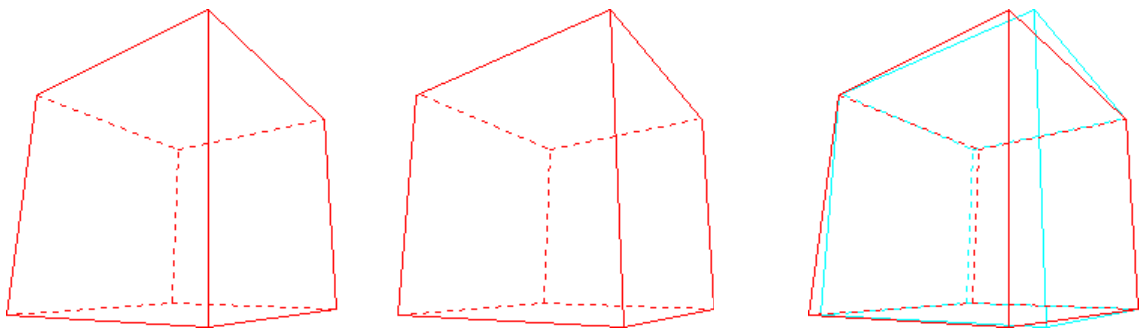
## Perspektiivi

- Ilmiö, jossa esine näyttää sitä pienemmältä, mitä kauempaa sitä katsotaan. latinaksi *percipi'cere* 'katsoa läpi'. (Tuulikki Hanste, 1983)
  - "Jos keskusprojektiokuvauksen lähtöjoukkoa rajoitetaan siten, että huomioon otetaan vain jommalla kummalla puolella katoamistasoa oleva puoliavaruus, kutsutaan keskusprojektiolla muodostettua kuvaa perspektiivikuvaksi. (Simo Kivelä, 1989, s. 135)

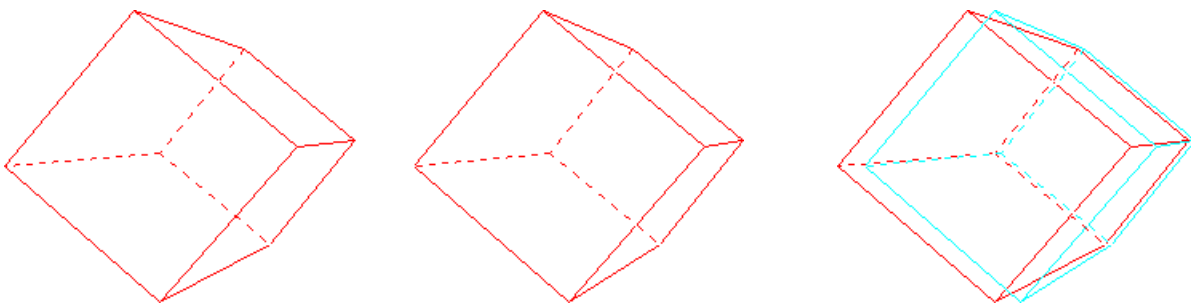
- "Geometrisesti perspektiivi merkitsee menetelmää, jolla kolmiulotteiset kohteet ja tilasuhteet voidaan kuvata tasoon tai matalaan tilaan siten, että luonnonmukainen vaikutelma esineiden kolmiulotteisuudesta säilyy." (Tuulikki Hanste, 1983)
- Eri perspektiivejä
  - viiva- eli lineaariperspektiivi
  - keskeis- eli sentraaliperspektiivi
  - suuntais- eli paralleeliperspektiivi
  - sammakko-, lintu-, kavaljeeriperspektiivi
  - ilmaperspektiivi



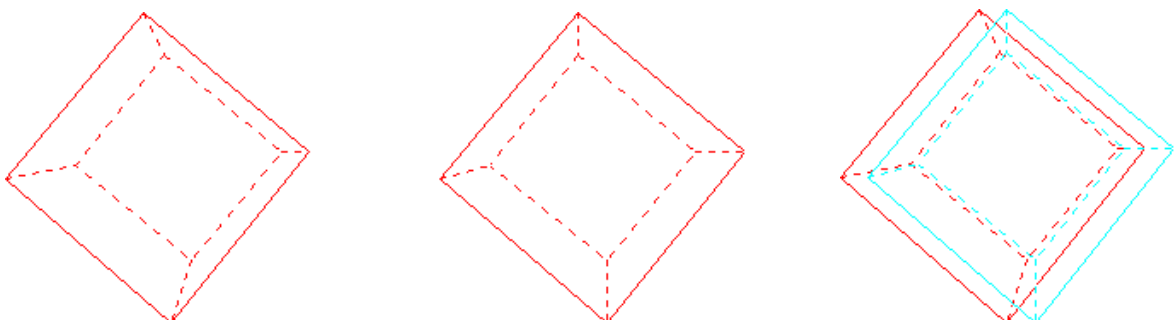
Lintuperspektiivi.



Sammakkoperspektiivi.



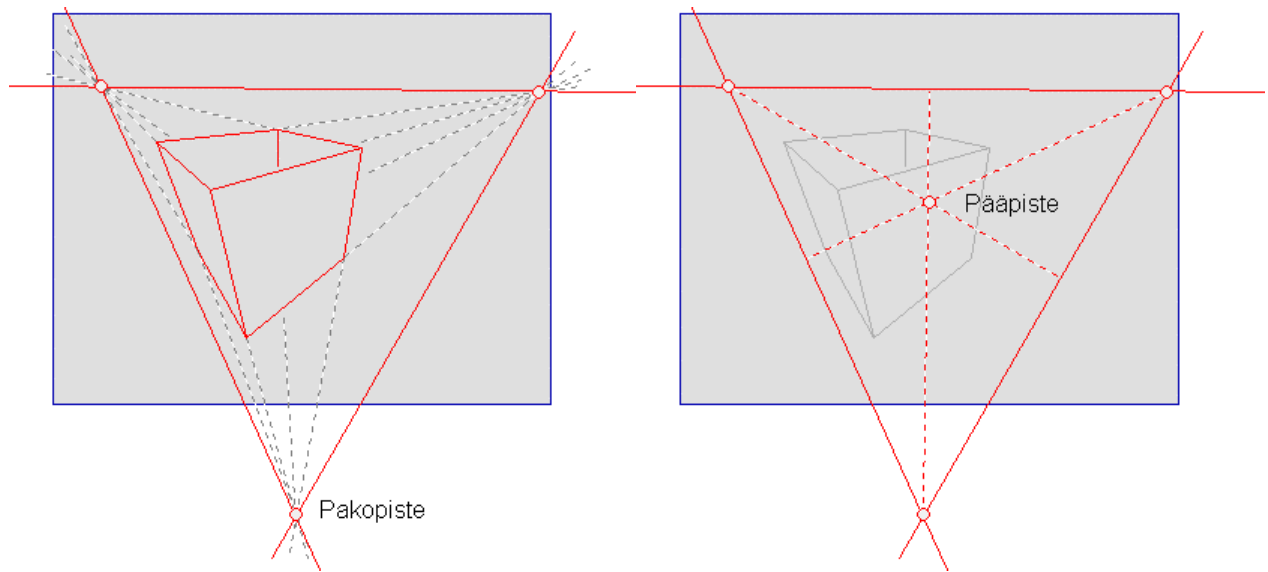
Pystykuva, laatikon sivusta, kuvaussuunta nadiiriin. Pystykuvalle on tunnusomaista vaakasuorien tasojen sisäinen kulmatarkkuus. Tässä tämä ilmenee esimerkiksi siten, että vaakatason suuntaiset ja suorakulmaiset kuviot säilyttävät suorakulmaisuuutensa.



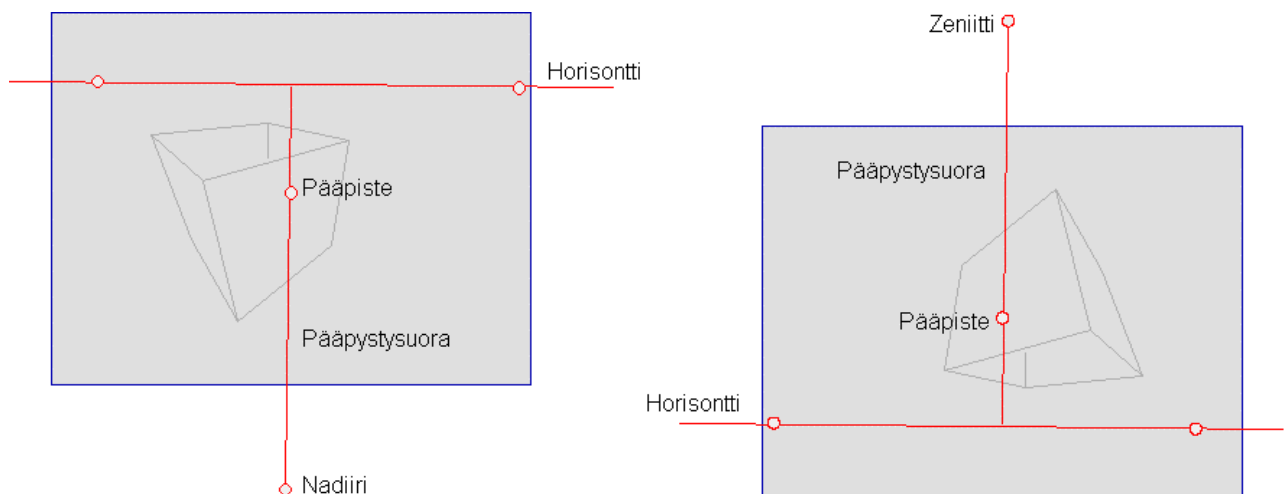
Sama kuin edellä, mutta kuvaus laatikon sisälle. Jos tätä kuva katsoo "väärinpäin", laatikko kääntyy jakkaraksi. Edellisessä kuvassa tämä käänös on vaikeammin havaittavissa, koska "perspektiivi" ei salli sitä.

## Pakopisteet

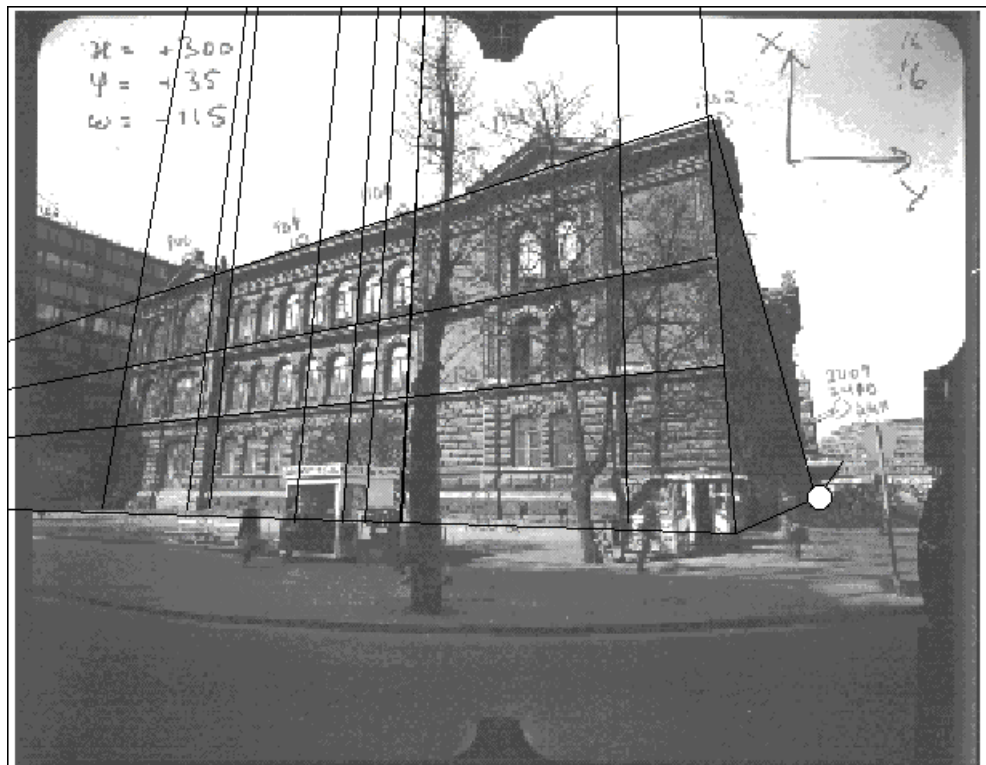
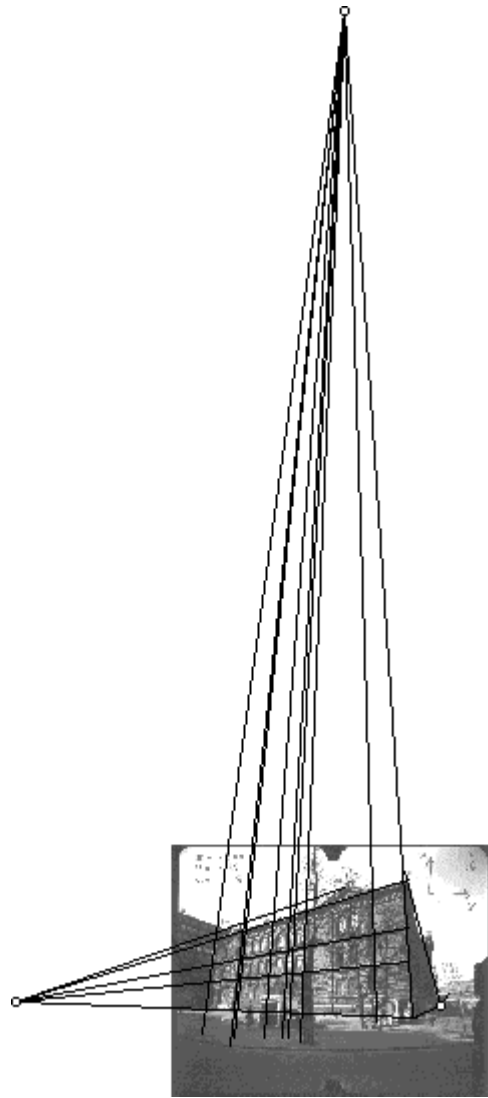
- Suorat, jotka ovat yhdensuuntaisia kohteessa, leikkaavat kuvalla toisensa pakopisteissä, vaakasuorat horisontissa, pystysuorat joko nadiri-pisteessä tai zenit-pisteessä.
- Horisontti piirtyy kuvalle vaakasuorien yhdensuuntaisten suorien leikkauspisteiden urana.
- Nadiri-piste piirtyy kuvalle pystysuorien leikkauspisteeseen silloin, kun kuvaussuunta on horisontista alspäin.
- Zenit-piste piirtyy kuvalle pystysuorien leikkauspisteeseen silloin, kun kuvaussuunta on horisontista ylöspäin.



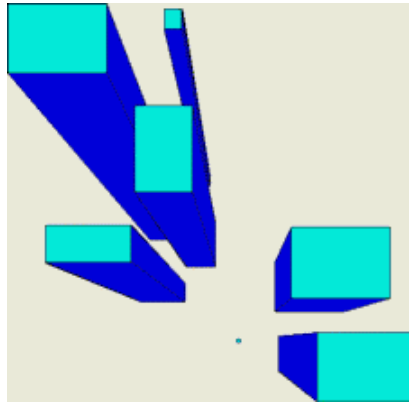
Pakopisteet ja pääpiste.



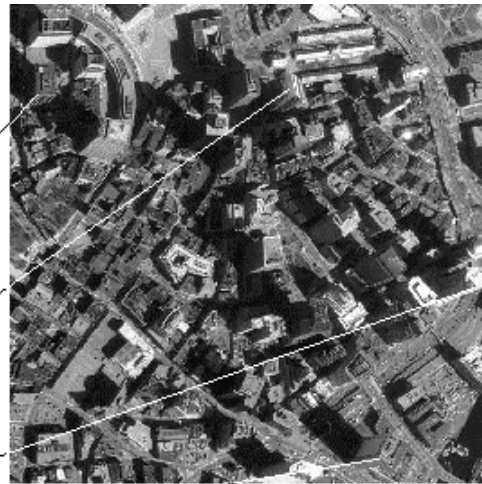
Horisontti, pääpystysuora, nadiiri ja zenitti.



Pakopisteet kuvalla "Ateneum, kuva 16". Yksityiskohta edellisestä kuvasta.



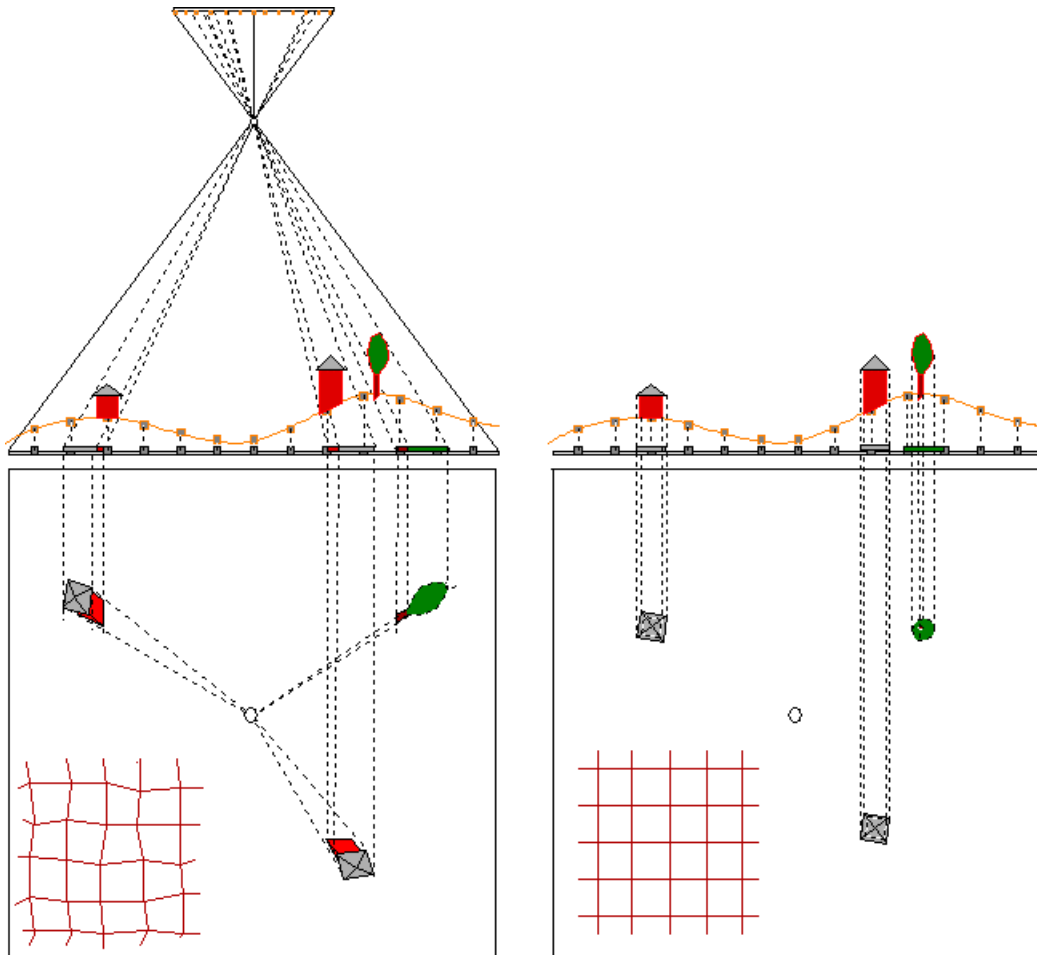
Osakuva pystyilmakuvasta.  
Nadiripiste sijaitsee kuvalla  
pystysuorien leikkauspisteessä



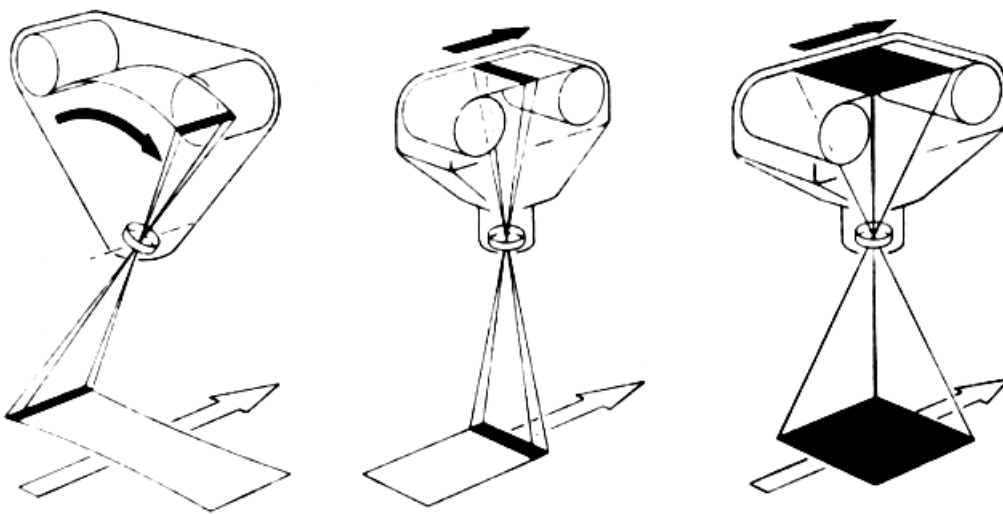
Kuvanadiri näkyy kuvalla maastonkohdassa, jossa kaikki pystysuorat viivat leikkaavat toisensa. Pystyilmakuvalla kuvanadiri on kuvan pääpisteessä.

## Kuvaustekniikoita

- Keilainkuvaus (=> Digitoitu kuva)
  - kohdetta pyyhkivät ilmaisimet
  - piste-, rivi- tai kuva-anturi
  - projektiokeskus liikkuu kuvauksen aikana (keilaus)
  - monikaistakuvausta (MSS: Multi Spectral Scanner)
  - passiivista tai aktiivista kuvausta
  - myös mikroaalloilla
- Videokuvaus (=> Digitoitu kuva)
  - CCD-puolijohdeilmaisimilla kuvaavat videokamerat
  - joko kuva-anturi tai rivianturi
  - mustavalko-, väri- ja väärävärikuvausta
- [SPOT animation](#) (1.17 Mbytes)
- Julkaisuja:
  1. [Tietoa ympäristöstämme satelliiteilta](#) (Maanmittauslaitos, satelliittikuvakeskus)
  2. [Apollo Camera Equipment](#)
  3. [Kari A. Kinnunen Digitaalinen valokuvaus: Uusi hyötykäyttö geologin PC-tietokoneelle](#)
    - [Digitaalinen valokuvaus antaa mahdollisuudet kuvankäsittelyyn, kuva-analyysiin, arkistointiin, multimediaan, tietoverkkolevitykseen ja kuvansiirtoon.](#)

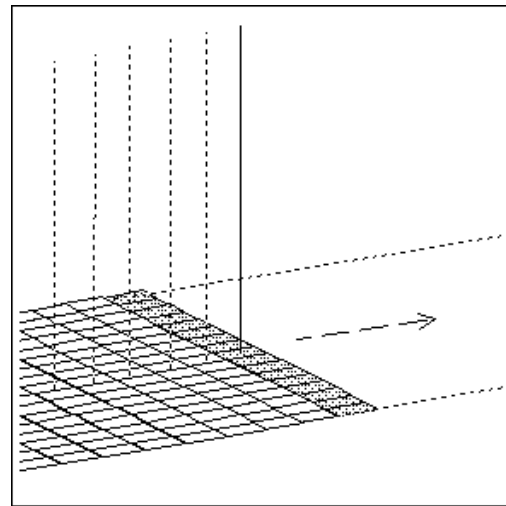
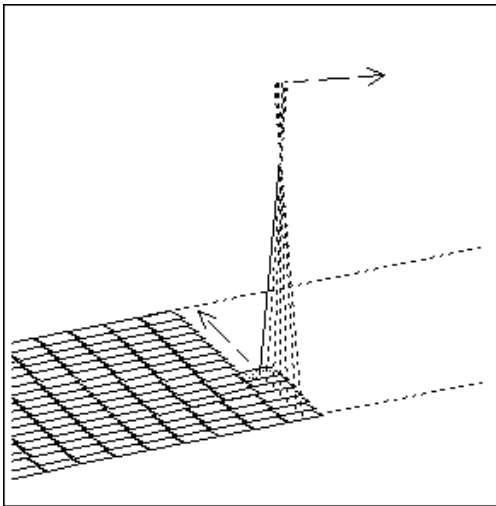
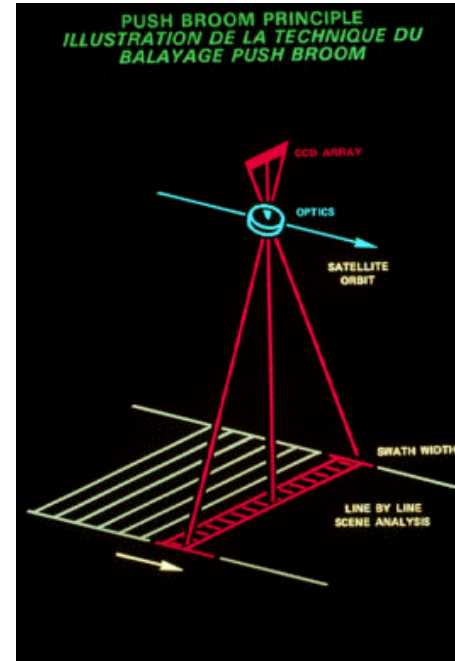
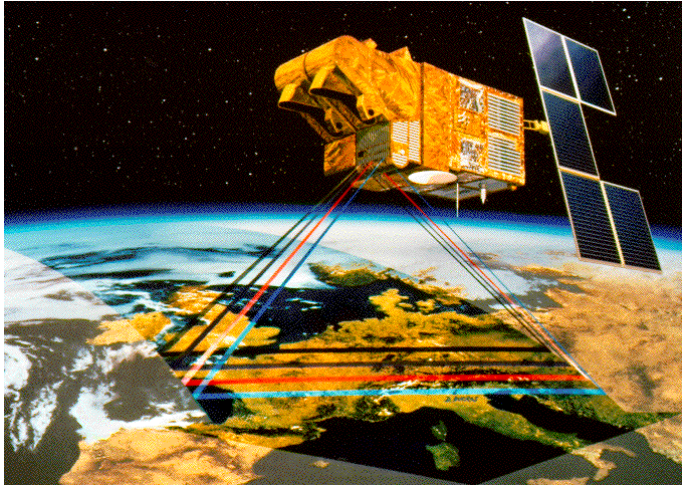


Valokuva on keskusprojektio kohteesta, kun taas kartta on yhdensuuntaisprojektio. Valokuvassa tieto kohteen kolmiulotteisesta muodosta säilyy. Projektiokeskus kuvautuu kuvan pääpisteeseen, jonka suunnassa korkeuserot kuvautuvat suhteessa toisiinsa ns. "maastovirheenä". Kartassa tätä kolmiulotteisuutta ei näy, koska kaikki projisoidaan samaan vaakatasoon. Kartalla korkeuserot esitetään ominaisuustietoina, korkeusluvin ja korkeuskäyriin.



Kaikissa kameroissa kuvaus ei ole molempiin suuntiin keskusprojektio. Panoraamakamerassa ja rakokamerassa filmin suuntainen liike toteutetaan siirtämällä joko objektiivia tai filmiä kuvauksen aikana.

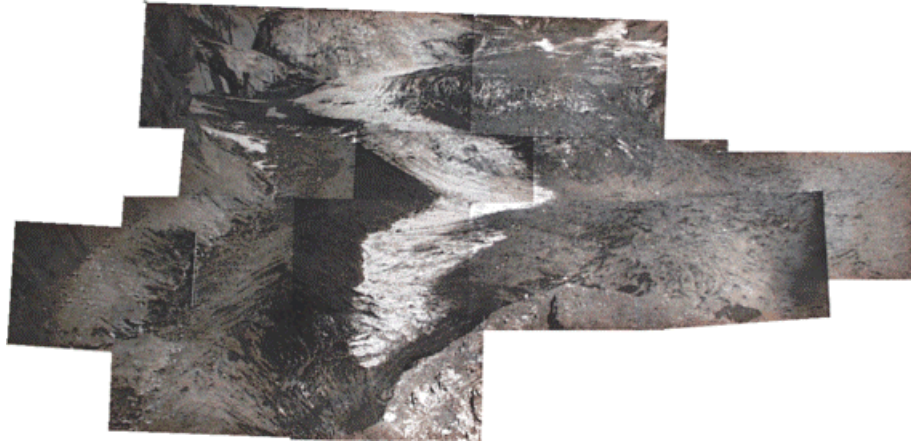




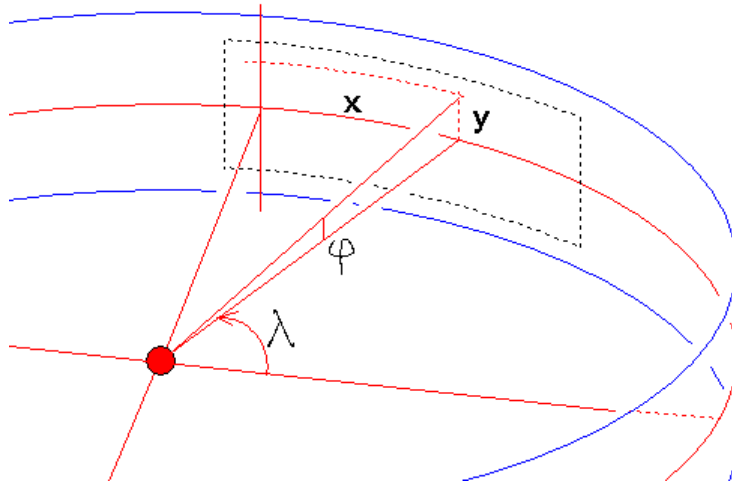
Satelliitit kuvaavat yleensä keilaimella. Keilaus voidaan toteuttaa pisteittäin, jolloin jokaisella havaitulla kuvapisteellä on oma projektiokeskuksensa (whiskbroom scanner). Rivianturiin perustuvassa keilaimessa (pushbroom scanner) keskusprojektiokuvaus toteutuu vain yhdessä suunnassa samoin kuin rakokamerassa. Digitaalisessa kartoituskamerassa on yhä useimmin kaksiulotteinen kuva-anturi, jolloin se toimii tavallisen kameran tavoin ja kuvaa kohteen kaksiulotteiselle keskusprojektiokuvulle (frame camera).

## Panoraamakuvaus

- Panoraamakuva on yhdestä pisteestä koottu kuvasarja, jonka kuvakulma on 360 astetta ja kattaa näkymän horisontista horisonttiin. Niiden käyttö on yleistynyt havainnollistettaessa kolmiulotteisia tilamalleja tietokoneeseen kuvaruudulla.
- Ks. myös
  - Maa-57.260 Fotogrammetrian erikoissovellutukset
    - URL: <http://foto.hut.fi/opetus/260/luennot/8/8.html#Panoraamakuvaus>
  - Panoraamakuvat videokuvilla
    - URL: [http://foto.hut.fi/publications/paperit/hhaggren/videometrics\\_pontinen\\_mononen/San\\_Jose\\_99.html](http://foto.hut.fi/publications/paperit/hhaggren/videometrics_pontinen_mononen/San_Jose_99.html)



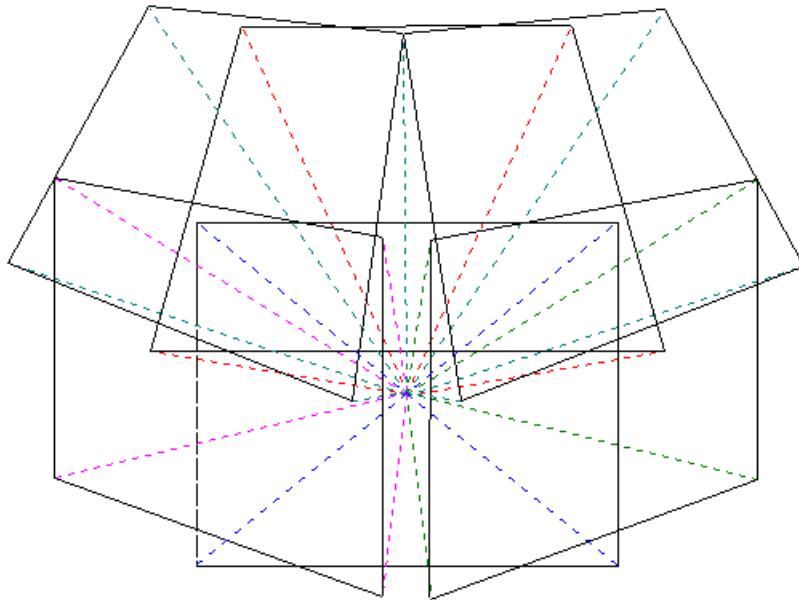
Kuva 1. Samakeskeinen panoraamakuva Mt. Rainier-vuoren Nisqually-jäätiköstä. Kuvaamiseen on käytetty kinofilmikoon kameraa, jonka objektiivin polttoväli on ollut 500 millimetriä. Kuvausetäisyys on lyhimmillään vajaan kilometrin. Kuvat on otettu jäätikön aineskuljetuksen kartoittamiseksi. Saman kuvakulman olisi tässä tapauksessa saanut tallennettua myös yhdellä noin 150 millimetrin polttovälisellä objektiivilla, mutta vastaavasti vähemmällä yksityiskohtaisuudella. (Kuva: *Kari Kajuutti, 1995*)



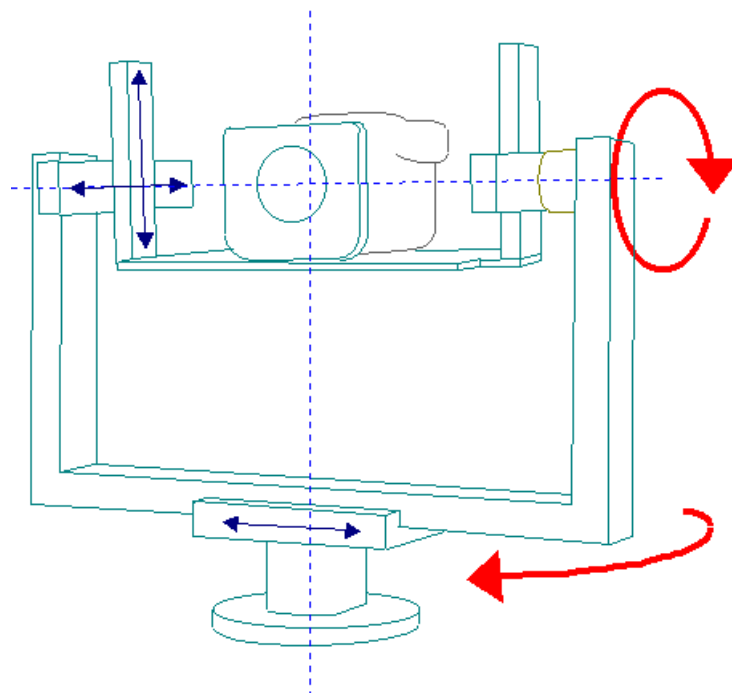
Panoraamakuva visualisoi kohteen horisontista horisonttiin. Mittakuvaksi oikaistua panoraamakuvaa voi käyttää myös mittaus- ja kartoitustehtäviin. Jos lieriölle projisoidun 360 asteen kuvan rivit jakaa 360 yhtä suureen osaan, saa kuvalle vaakakehän. Samaa astejakoa noudattaen voi tämän jälkeen piirtää kuvalle myös pystykehän. Tällaisena panoroitu mittakuva toimii teodoliitin tavoin. Kun kuvalta osoittaa jotain kohteessa näkyvää yksityiskohtaa, kuvan rivi- ja sarakekoordinaatit voidaan lukea yhtä hyvin vaaka- ja pystykulmina. Eli olemme saaneet aikaiseksi fototeodoliitin ilman teodoliittia.



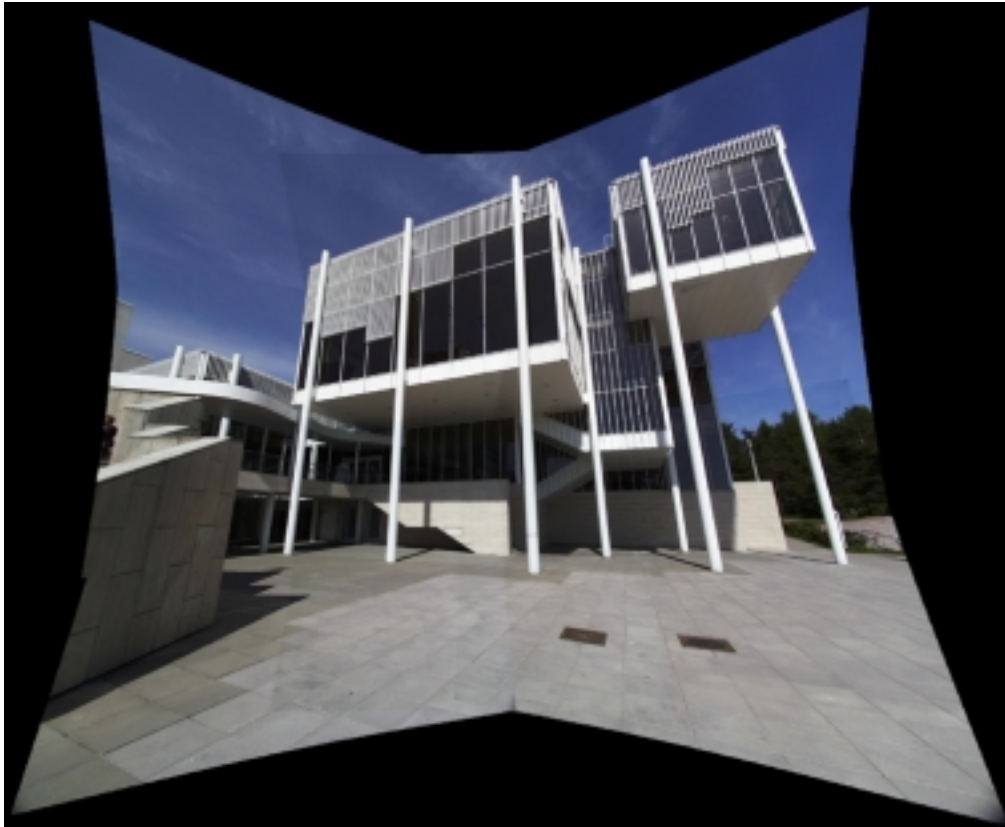
Panoraamakuva lieriön pinnalla. Espoon Kulttuurikeskus Tapiolassa.  
(Kuva: *Petteri Pöntinen & Antero Kukko*)



Mittakuvan panorointi. Koska keskusprojektiokuva tallentaa kuvaussuunnat, neulanreikäkuvaus voidaan tehdä samakeskisillä keskusprojektiokuvilla. Samasta rei'ästä otetut kuvat liitetään toisiinsa niin, että suuntahavainnot säilyvät myös yhdistelmäkuvasa oikeina täydet 360 astetta. Panorointi voidaan tehdä kuvaa vääristämättä, koska neulanreikäkameran kuvissa perspektiivi pysyy koko ajan paikallaan eikä kolmannella dimensiolla eli etäisyydellä ole merkitystä. (Kuva: Antero Kukko)



Pallopanoraamajalusta. Kamera keskistetään jalustaan niin, että sen projektiokeskus sijoittuu jalustan pysty- ja vaaka-akselien leikkauspisteeseen. (Kuva: Antero Kukko)

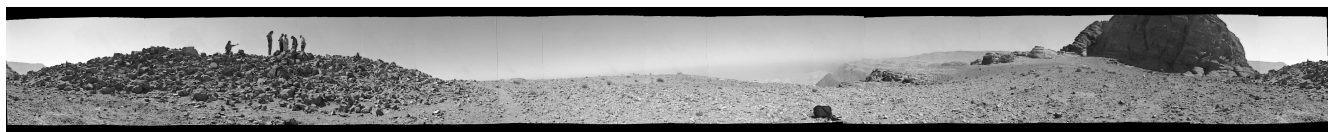
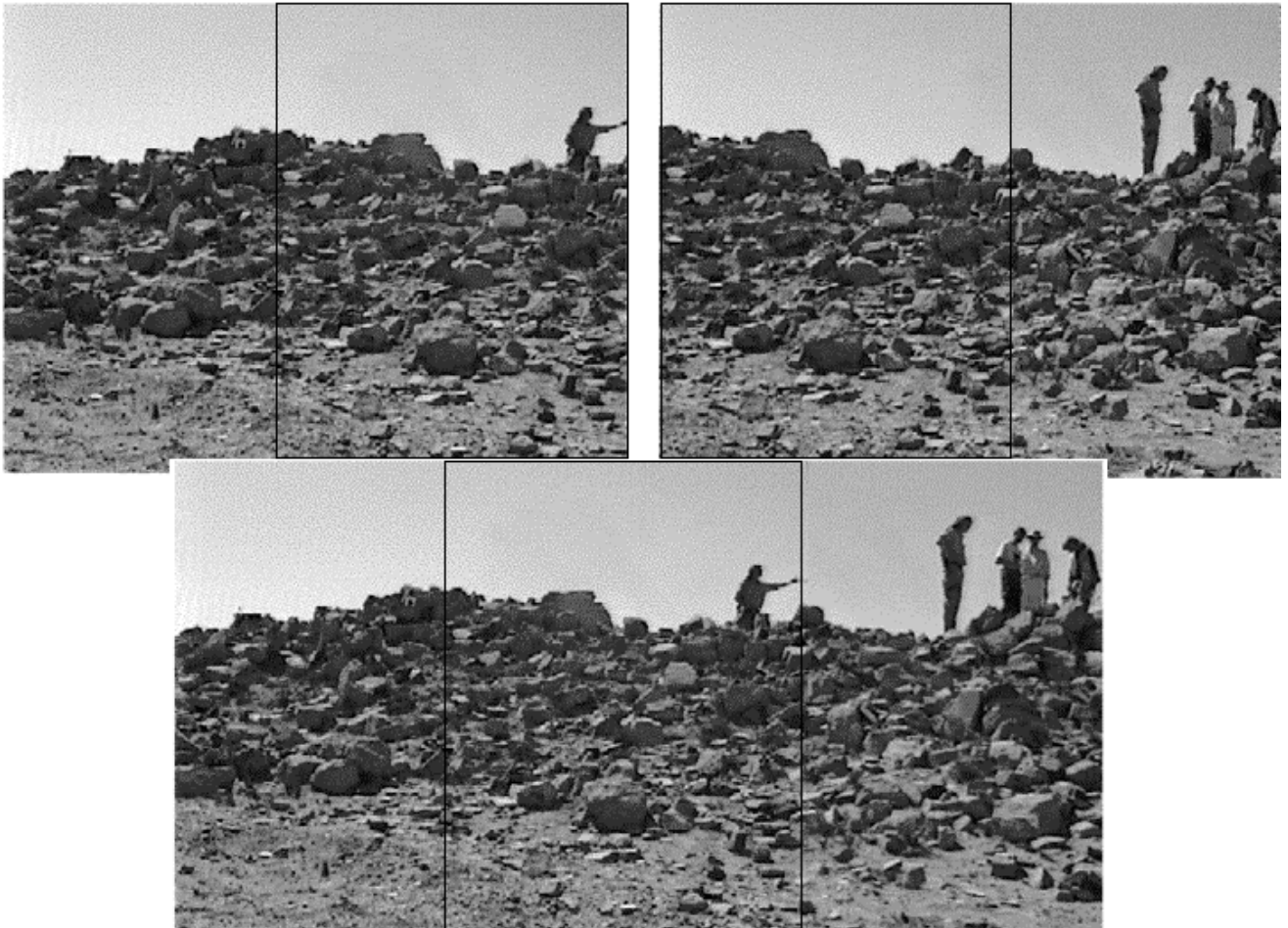


Espoon Kulttuurikeskus, (Kuva: Petteri Pöntinen ja Antero Kukko)

Kuvat projisioidaan ensin yhteen pareittain tasolle ja sen jälkeen kaikki yhdessä toisen asteen pinnalle. Tasoprojektiot tehdään oikaisemalla kuva naapurikuvaan. Oikaisu on tarkka, jos näiden kahden kuvan yhteisesti näkemä kohdealue kohdistuu tarkasti päällekkäin. Koska kuvia ei voi koko täysympyrän osalta projisioida peräperää yhdelle tasolle, taso käännetään ensin neulanreikää kiertäväksi lieriöksi. Tämä lieriö avataan ja oikaistaan jälleen tasoksi. Tuloksena saadaan panoraamakuva, jossa mittasuhteet säilyvät oikeina.



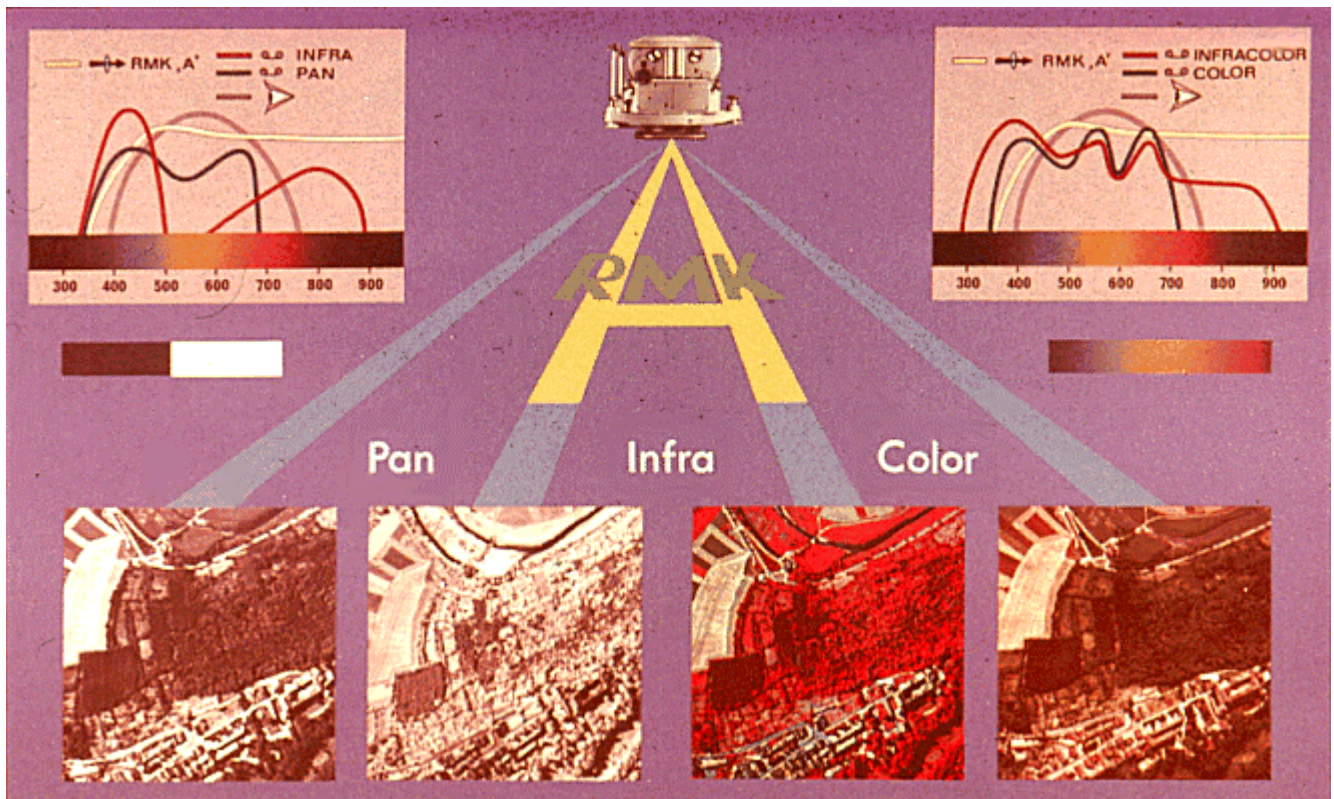
Pallopanoraamakuva oikaistuna lieriölle. Raaseporin linna, Snappertuna. (Kuva: Petteri Pöntinen ja Antero Kukko)



Sulkeutuva panoraamakuva, jonka kuvakulma on vaakatasossa 360°. Kuvat on otettu videokameralla ja nauhasta on valittu kuvat siten, että peräkkäiset kuvast peittävät toisiaan noin 60 %. (Kuvat: *Petteri Pöntinen*, 1998)

## **Pankromaattinen ja monikaistakuvaus**

- Kaikki kuvaukset tehdään tarkkaan määrättyllä aallonpituuskaistalla. Mitä laajempaa kaistaa käytetään, sitä paremmin kohteesta heijastuva tai sen emittoima vähäinenkin säteily havaitaan. Keilaimilla kuvatessa pankromaattinen kuva antaa parhaan spatiaalisen erotuskyvyn.
- Monikaistakuvauksessa (MSS, multi spectral scanning) keilaus toteutetaan useilla samanaikaisesti toimivilla ilmaisimilla, joista jokainen on herkistetty tietylle aallonpituuskaistalle.
- Ilmakuvakamerassa pankromaattista ja monikaistakuvausta vastaavat kuvaukset mustavalkoiselle ja värifilmille.



## Käsitteitä

- Kuvan pääpiste
  - Se kuvapistee, jonka kuvaussäde on kohtisuorassa kuvatasoa vastaan ja muodostaa kuvausakselin. Mittakamerassa kuvan pääpisteen tulee yhtyä geometriseen kuvausakseliin.
- Kameravakio  $c$ 
  - Projektiokeskuksen etäisyys kuvatasosta. Kalibroidussa mittakamerassa kameravakion arvo on usein merkitty kuvaporttiin ja kuvautuu negatiivin reunaan.
- Reunamerkki
  - Mittakameran kuvaportin merkki, jonka suhteen projektiokeskuksen sijainti on kalibroitu. Reunamerkit sijaitsevat usein pääpisteen suhteen symmetrisesti kuvan nurkissa ja kuvasivujen keskellä, jolloin pääpiste on niiden painopisteessä.
- Kuvataso
  - Keskusprojektiokuvauksen leikkaus tasolla, johon kuva muodostuu. Kuva rekisteröidään kuvatasolla joko filmille tai puolijohteiselle kuva-anturille.

## Kirjallisuutta

- *Tuulikki Hanste*, 1979. Perspektiivi, Otavan Suuri Ensyklopedia, 7. osa, Otava, Keuruu 1979.
- Simo Kivelä, 1990. Algebra ja Geometria, Otatieto 523, Karisto Oy, Hämeenlinna 1990.
- "Aberration." Encyclopædia Britannica . 2004. Encyclopædia Britannica Online. 19 Jan. 2004 < <http://search.eb.com/eb/article?eu=3367>>.

---

Maa-57.300 [Fotogrammetrian perusteet](#)

[1](#) [2](#) [3](#) [4](#) [5](#) [6](#) [7](#) [8](#) [9](#) [10](#) [11](#) [12](#) [13](#)

---