Kartprojeksjoner

Johnsen, Narve E.; Freo, Mylene;
Aasum, Jon-Henning; Maers, Rafael L.

7. mai 2014

Innhold

1 Generelt

En *kartprojeksjon* er en systematisk transformasjon av overflaten til en sfære eller ellipsoide til et plan. I det generelle kan man komme med mange eksempler på mulige kartprojeksjoner, men vi skal se utelukkende på det spesielle tilfellet av å avbilde overflaten til jorden på et kart i tradisjonell forstand. I denne seksjonen skal vi se nærmere på bakgrunnen for, utfordringene ved å lage og hvordan vi på en enkel måte kan analysere kart.

1.1 Bakgrunn

Det er vanskelig å finne opprinnelsen til kart, men det er utvilsomt knyttet til navigasjon, som er den mest åpenbare nytteverdien til kart. Hvis man befinner seg i et relativt lite område hele livet, vil man lære seg området å kjenne med erfaring. Selv større områder (som for eksempel et fylke) kan navigeres kun ved hjelp av himmelretninger, oppfang (landmerker) og enkle veiledninger. Det byr imidlertid på problemer så fort man skal navigere over enda større områder som land, kontinent og over hav. Navigasjon med overnevnte metoder blir ineffektivt og små feil kan gjøre store utslag. Dermed blir det et behov for kart, som kan løse disse og andre problemer med navigasjon på kloden.

Det bør imidlertid også nevnes at kart er mer enn bare navigasjon. Det bidrar blant annet til hvordan vi - i underbevisstheten - betrakter jordens overflate, og kan også brukes som et verktøy i religion. Dette skal vi se nærmere på i neste seksjon, men først kartprojeksjoner generelt.

1.2 Forutsetninger

Et kart er en avbildning av jordens overflate på det begrensede, kartesiske plan. Det er ingen opplagt, enkel transformasjon, og det kan således være lurt å se nærmere på hva dette vil innebære. Videre skal vi se på fremgangsmåter for å lage kartprojeksjoner, og til slutt hvordan vi enkelt kan analysere kart.

1.2.1 Utfordringer

Hvis vi allerede har et kart, så skal det være mulig å brette dette rundt en klode (representativ modell av jorden). For enkelhets skyld kan man prøve et A4-ark rundt en appelsin, og man vil raskt oppdage at det er så og si umulig å dekke appelsinen med arket uten at det får brettekanter eller andre deformasjoner. Dette kan selvfølgelig skyldes vår egen mangel på evne til å brette arket riktig rundt appelsinen.

La oss så sammenligne kartesisk og sfærisk geometri. Hvis vi har to punkter i det kartesiske planet, så er den korteste veien mellom punktene unik. Det vil si at alle andre veier mellom punktene er minst like lange som den korteste veien, og hvis en annen vei er like lang så er den identisk. Det samme gjelder i hovedsak mellom to punkter på en sfære, men om punktene er antipodale (kan forbindes med en linje gjennom sentrum av sfæren), så er den korteste veien mellom punktene ikke unik. Den korteste veien fra nord- til sørpolen går langs en lengdegrad, og siden det er uendelig mange lengdegrader, så finnes det uendelig mange veier som er like korte og forskjellige.

Tilsvarende er det også forskjeller mellom kartesisk og sfærisk trigonometri. Summen av alle vinkler i en trekant i det kartesiske planet er alltid 180°, mens summen av alle vinkler i en trekant på overflaten til en sfære er større enn 180° og mindre enn 540°.

Vi observerer at problemet (å lage en kartprojeksjon) - i tillegg til ikke å ha en opplagt, enkel løsning - også byr på store utfordringer. Hvis avstanden mellom nord- og sørpolen skal være lik i alle retninger, må sørpolen være en sirkel (og ikke ett punkt). Hvis vinkelsummen til en trekant på kartet skal være likesom på kloden, kan ikke sidene bestå av rette linjer. Ikke minst ønsker vi å gjøre alt dette samtidig, og det blir naturlig å stille spørsmål ved om det i det hele tatt er mulig.

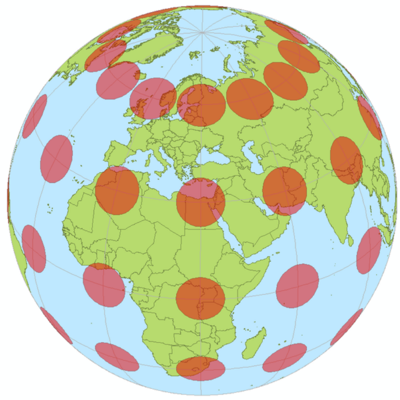
Svaret på det spørsmålet er "nei", og ble bevist av den tyske matematikeren Carl Frierich Gauss (1777 - 1855) i 1828. Resultatet betyr ikke at det er umulig å lage kart (vi har tross alt kart), men at det er umulig å lage et kart som bevarer alle egenskaper samtidig. Det vil si at uansett hvor hardt vi prøver, så vil kartet vi lager forvrenge en eller flere egenskaper sammenlignet med virkeligheten.

Til tross for at resultatet begrenser nytteverdien av kart, så er det godt å ha avklart problemet slik at vi ikke trenger å søke etter en perfekt kartprojeksjon for gjeves. Dernest blir det naturlig å stille spørsmål om hvilke egenskaper vi kan (eller ikke kan) bevare. De viktigste, som vi skal fokusere på, er følgende: areal, avstand, form og retning. Vi kan bevare alle egenskapene, men ikke samtidig. Det er også mulig å bevare ingen av egenskapene, som resulterer i et kompromisskart. Det er også verdt å merke seg at forvrengelsene blir mindre, jo mindre område man avbilder. Lokale kart er mer nøyaktige enn globale kart; ikke fordi de viser flere detaljer, men fordi alle egenskaper blir bedre bevart.

1.2.2 Konstruksjoner

Det finnes mange forskjellige fremgangsmåter for å lage kartprojeksjoner. Vi skal ikke gjøre rede for alle, men heller ta for oss tre kategorier.

Geometriske konstruksjoner. Denne kategorien av fremgangsmåter tar utgangspunkt i en geometrisk konstruksjon for å fremstille et kart, og er benyttet i flere velkjente kartprojeksjoner. For eksempel kan man sette en klode i en sylinder og avbilde overflaten til kloden på innsiden av sylinderen. Deretter kan sylinderen "klippes" opp på langsiden og brettes ut til å danne et plan. Et annet eksempel å tilnærme en klode med et icosahedron (20 sider), likesom man kan tilnærme en sirkel med trekanter. Tilnærmingen kan så brettes ut til et plan, og man får et kart.



Figur 1: Tissots ellipser på kloden.

Figur 2: Tissots ellipser på en kartprojeksjon.

Matematiske konstruksjoner. Denne kategorien av fremgangsmåter tar utgangspunkt i en matematisk relasjon mellom alle punkter på kloden med punkter i planet, og er typisk gitt ved en eller flere formler. For eksempel stereografisk projeksjon, der man avbilder enhetssfæren i $\mathbb{R}^3$ på det utvidete planet $\mathbb{R}^2 \cup \{\infty\}$. Hvis ethvert punkt på enhetssfæren er gitt ved (x, y, z) slik at $x^2 + y^2 + z^2 = 1$, så er punktet (X, Y) i planet gitt ved $X = \frac{x}{1-z}$, $Y = \frac{y}{1-z}$. Resultatet er et kart som avbilder kloden på hele planet og nordpolen som punktet i det fjerne (∞).

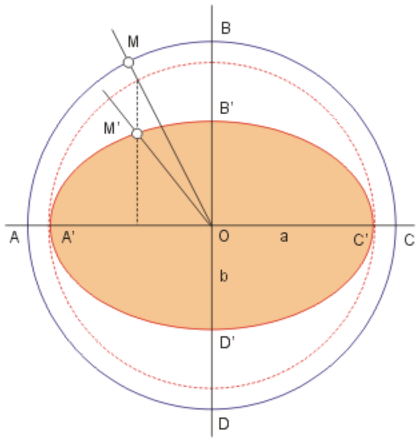
Andre metoder. Denne kategorien av fremgangsmåter er for kartprojeksjoner som er hverken geometriske eller matematiske konstruksjoner. Det kan for eksempel være en kartprojeksjon som er definert ved en tabell av verdier, eller andre tilnærminger som gir et kart med ønskede egenskaper.

1.2.3 Tissots ellipser

I 1859 presenterte den franske matematikeren Nicolas Auguste Tissot en metode for å visualisere forvrengelser til en kartprojeksjon, som siden er kjent som Tissots ellipser. Den går ut på å plassere identiske sirkler på en en klode slik som på figur 1, og se på forandringer i størrelse og form på projeksjonen slik som på figur 2. Forvrengelser i areal, avstand og form kan oppdages ved hjelp av Tissots ellipser.

La sirkelen gitt ved punktene $ABCD$ på figur 3 være en sirkel på kloden og ellipseen gitt ved $A'B'C'D'$ være en ellipse å kartprojeksonen. Vi kan da måle forvrengelsen til hver egenskap ved å se på forholdet mellom forskjellige mål på figuren.

Areal. Hvis arealet til sirkelen $ABCD$ er ulik arealet til ellipsen $A'B'C'D$, så er det en forvrengelse i areal.



Figur 3: Hjelpefigur for visualisering av forvrengelse i form.

Avstand. Hvis lengden til linjen OM er ulik lengden til OM', så er det forvrengelse i avstand.

Form. Hvis $\angle AOM$ er ulik $\angle AOM'$, så er det en forvrengelse i form.

Forklaringene ovenfor gjør rede hvordan vi kan analysere forvrengelser i areal, avstand og form (vinkler) ved å sammenligne mål på kloden med tilsvarende mål på kartprojeksjonen. I praksis vil det derimot ofte være nok å se på Tissots ellipser på kartprojeksjonen slik som på figur 2. Det gjør oss i stand til å gjennomføre en innledende, kvalitativ analyse av en kartprojeksjon. Hvis

i) to sirkler/ellipser har forskjellig areal, må det være forvrengelse i areal.

ii) man har en ellipse som ikke er en sirkel, eller to sirkler har forskjellig radius, må det være en forvrengelse i avstand.

iii) man har en ellipse som ikke er en sirkel, så må det være forvrengelse i form.

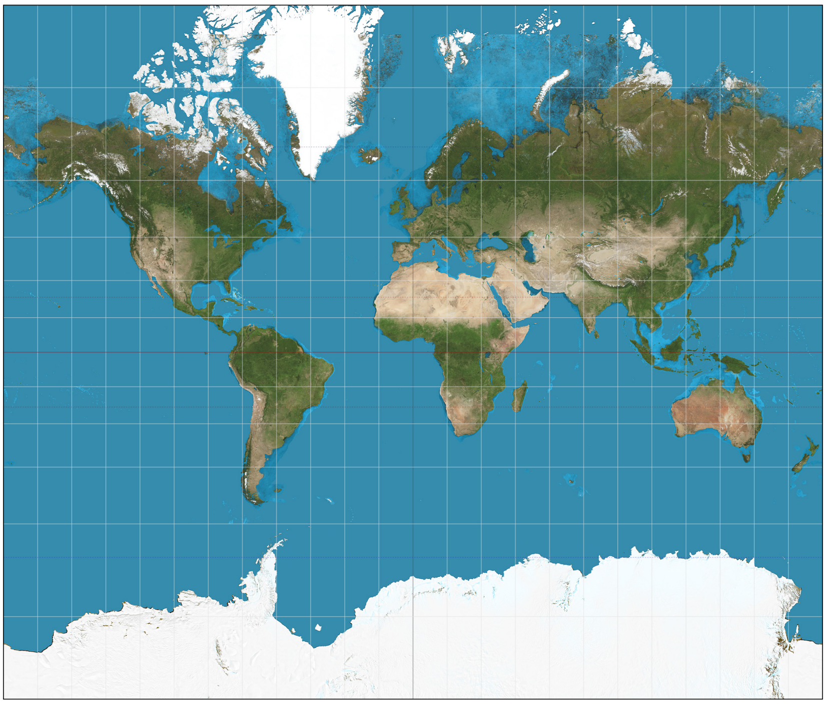
Den oppmerksomme leser har merket seg at det er en egenskap vi har utelatt: retning. Den lar seg ikke analysere ved hjelp av Tissots ellipser, og det viser seg at den faktisk er umulig å bevare hvis korteste vei mellom alle par av punkter skal avbildes som rette linjer. Altså kan vi dedusere at et slik kart vil ha forvrengelser i retning; og omvendt, at et kart der retning er bevart vil avbilde minst én korteste vei som en ikke-rett kurve. Eksempler på dette skal vi se nærmere på i neste seksjon.

2 Kartprojeksjoner

I denne seksjonen skal vi se nærmere på et utvalg av kartprojeksjoner som er interessante i seg selv, og som viser seg å være svært nyttige til bestemte oppgaver.

2.1 Mercator-projeksjonen

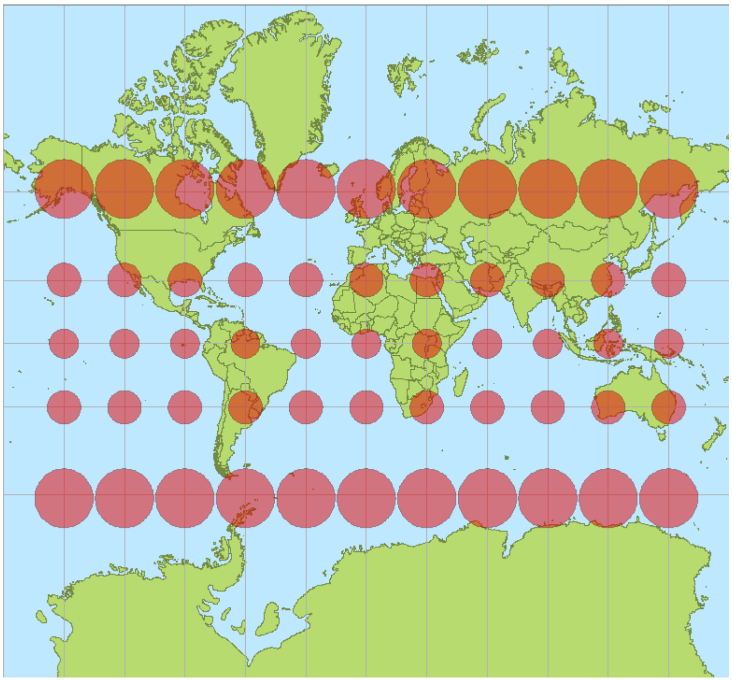
Den belgiske kartografen Gerardus Mercator (1512 - 1594) presenterte i 1569 en kartprojeksjon, som siden har vært kjent som Mercator-projeksjonen.



Figur 4: Merkator-projeksjonen.

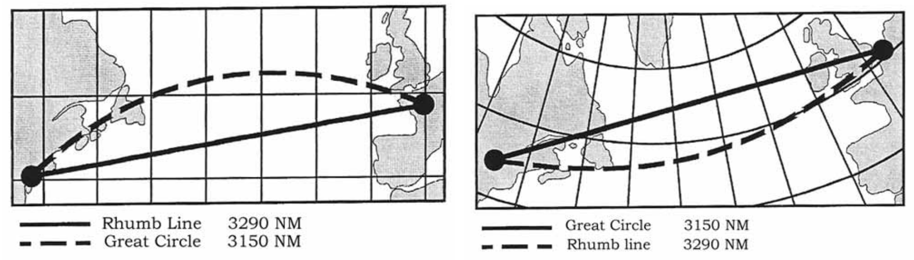
Kartprojeksjonen har en geometrisk konstruksjon, der kloden blir plassert i en sylinder slik at ekvator berører sylinderen og nord-sør-aksen til kloden går langs med sylinderen. Punkter på kloden blir så avbildet på innsiden av sylinderen, som deretter blir "klippet" opp på langsiden og brettet ut til et kart. En slik avbildning vil nødvendigvis medføre at meridianer (linjer på kloden med samme lengdegrad) og paralleller (linjer på kloden med samme breddegrad) står vinkelrett. Siden omkretsen til sylinderen er lik omkretsen til kloden, og lengden til parallellene minker fra ekvator, så vil det nødvendigvis medføre en forvrengelse i avstand langs alle breddegrader utenom ekvator. Ved å innføre en tilsvarende forvrengelse i avstand langs lengdegrader, så er resultatet Mercator-projeksjonen.

Vi kan allerede ut i fra konstruksjonen si noe om egenskapene til kartprojeksjonen. Det vil være forvrengelse i avstand på alle breddegrader utenom ekvator; og siden forvrengelsen er like stor i alle retninger, så vil vinkler bevares, mens areal forvrenges. Ved å se på Tissots ellipser på Mercator-projeksjonen, slik som vist på figur 5, så ser vi at våre mistanker er korrekte. Der ser vi også at forvrengelsen i avstand og areal øker med absoluttverdien til lengdegraden, men at den er det samme langs breddegraden. Når vi nærmer oss polene, er forvrengelsen svært stor. For eksempel ser Grønnland ut til å være omtrent like stort som Afrika, mens Afrika faktisk er 14 ganger større enn Alaska i virkeligheten.



Figur 5: Tissots ellipser på Merkator-projeksjonen.

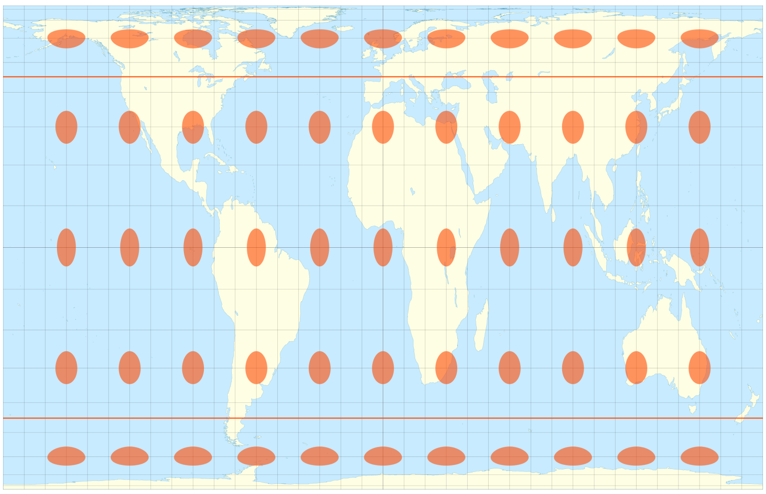
Til tross for kartprojeksjonens åpenbare mangler, så var den et svært viktig gjennombrudd i sjønavigasjon. Den korteste veien mellom to punkter på kloden går langs en stor sirkel (snittet mellom kloden og et plan gjennom sentrum), men er problematisk fordi kursen (vinkelen mellom nordpolen og destinasjonen) varierer langs veien. Alternativet er å dra langs en rhumblinje, som danner en fast vinkel mellom nordpolen og destinasjonen, og således gir en fast kurs. Det innebærer som regel lengre reisevei, men er i mange tilfeller ubetydelig og er langt enklere å navigere. Eksempelvis kan man se på reiseveien ved en fjerdedels jordomseiling langs en breddegrad. Ved $20°$ nord er forskjellen cirka $1,5\%$, mens ved $60°$ nord er forskjellen cirka $8,5\%$. Fordelen med Merkator-projeksjonen er at rette linjer på kartet gir rhumblinjer på kloden, slik som på figur 6. I praksis kan man dra en rett linje mellom avreisepunktet og destinasjonen, måle vinkelen mellom linjen og en meridian, og sette og holde kursen frem til destinasjonen.



Figur 6: Veien mellom to punkter langs en stor sirkel og en rhumblinje avbildet på Mercator-projeksjonen (t.v.) og kloden (t.h.).

2.2 Sinusodial

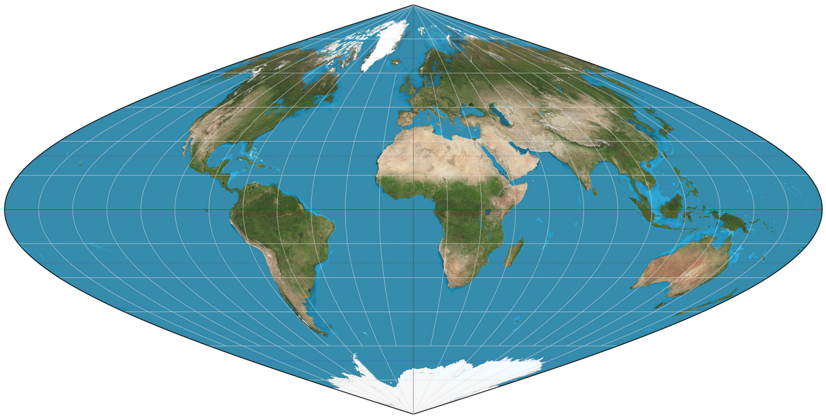
Mercator-projeksjonen forvrenger størrelser slik at landmasser som ligger nærme ekvator virker mindre enn de er i virkeligheten. Dette fører til at underutviklede land som typisk er nære ekvator ser mindre ut på kartet. Enkelte mener at dette er en rest fra europeisk imperialisme fordi det bidrar til at vi tilskriver disse delene av verden som mindre viktige. Det har blitt foreslått mange alternativer til Mercator-projeksjonen som av en eller annen grunn er mer sosialt rettferdige. Det mest populære alternativet er Gall-Peters-projeksjonen som vist på figur 7.



Figur 7: Tissots ellipser på Gall-Peters-projeksjonen.

Denne projeksjonen bevarer størrelsen på arealet. Det innebærer at alle størrelsesforhold er korrekte. Arno Peters klarte på 70-tallet å popularisere kartet i sin kamp mot sosialt urett og fremstilte dette kartet som det beste alternativet som fantes. Likevel har kartet to fundamentale svakheter. Den ene tingen er felles for alle sylindriske projeksjoner, nemlig at de strekker områder rundt polene slik at formen blir veldig forvrengt, og at selve polpunktene blir strukket i en så ekstrem grad at de dekker hele øvre og nedre kant av kartet. Den andre svakheten er at selv om kartet viser landmassene med riktige proporsjoner, så er formen på de ulike landmassene ganske så forvrengt. Ironisk nok sammenfaller de delene av kartet som har relativt liten grad av forvrengning veldig godt med de industrialiserte landene, og slik sett favoriserer kartet disse, om enn på en annen måte enn Mercator-projeksonen.

Det finnes mange såkalte psuedosylindriske-projeksjoner som er gode alternativer til Gall-Peters-prosjeksjonen. Ett av dem er sinusodial projeksjon, som vist på figur 8.

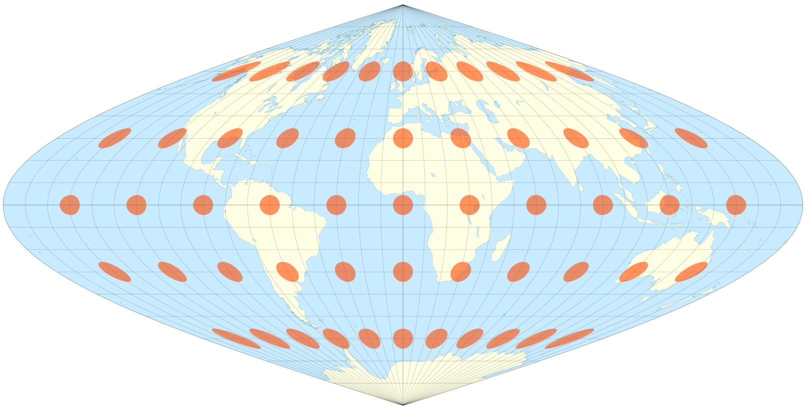


Figur 8: Sinusodial projeksjon.

I sinusoidale projeksjoner er polene punkter i stedet for linjer og det ligner mer på en jordklode selv om det viser hele jorde, en det en sylindrisk projeksjon gjør. Denne projeksjonen har den egenskapen at alle avstander langs breddegradslinjene er korrekte i forhold til hverandre. Disse avstandene stemmer også overens med avstandene langs den sentrale meridianen. Dette fører til at kartet blir akkurat dobbelt så bredt som høyt. Avstandene mellom to punkter som ligger på de forskjellige andre meridianene er ikke korrekte, men det er like vel ganske lett å finne disse avstandene, fordi de er lik den parallelle avstanden langs den sentrale meridianen. Projeksjonen får navnet sitt fra formen på meridianene, fordi de er en halv sinusbølge mellom de to polene, med forskjellig amplituder. avstand Grunnen til at dette kartet kan virke bra som et "rettferdig" verdenskart er at også på dette kartet er alle like store områder vist like stort. Det har en viss forvrengning av formen på landmassene, men denne forvrengningen er størst nærmest kanten av kartet, og i eksempelet over er det hovedsakelig havområder. Store deler av kartet er derfor relativt korrekt i formen. Noe tilsvarende gjelder for retninger, da dette ikke er korrekt på en sinusoidal projeksjon, selv om det for små avstander er grovt sett riktig.

Sinusoidale projeksjoner har vært brukt som verdenskart lenge. Et tidlig eksempel er Jean Cossin sitt verdenskart fra 1570, som vist på figur 10.

Likevel ser kartet i dag, relativt liten bruk. Et område hvor det blir brukt en del i er som kart som skal avbilde en eller annen fordeling på jordkloden, men hvor det er viktig at områdenes relative størrelse er korrekt. Et eksempel på det kan være en oversikt over CO_2-utslipp i forskjellige deler av verden. Om man i stede hadde bruk Mercator-projeksjonen, så hadde man fått mange feil. For eksempel



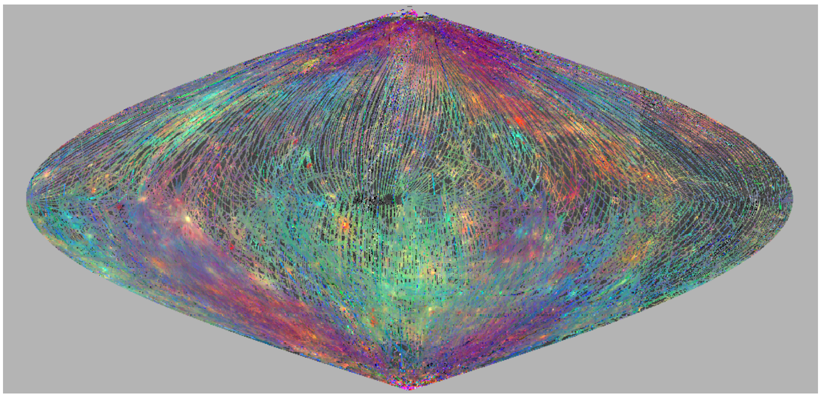
Figur 9: Tissots ellipser på sinusodial projeksjon.

Figur 10: Sinusodial projeksjon fra 1570.

hadde Grønnland virket å ha 14 ganger så stor innvirkning på CO_2-utslippene som det faktisk har.

Et nyere bruksområde for denne projeksjonen er som et redskap for å fremstille overflaten av himmellegemer. På denne måten får man vist hele overflaten til himmellegemet i et todimensjonalt bilde, samtidig som det har korrekt fremstilling av areal. Det blir brukt blant annet for å vise overflaten av måner og planeter slik vi ser dem, altså via det synlige lyset, men også å vise forskjellige egenskaper som magnetisme og stråling fra ulike deler av planetene.

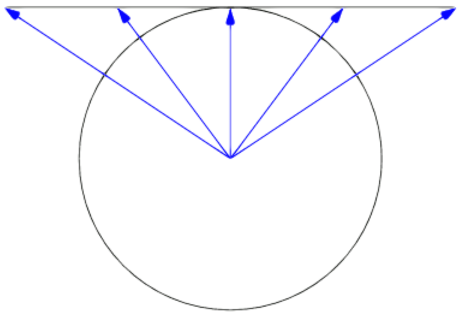
Figur 11 er et kart over Merkur som forteller noe om hva slags stoffer som finnes på overflaten. Relativ nye overflatestoffer vises i gult grønn og rødt, mens de områdene som vises i blått har stoffer med ganske høyt innhold av jern.



Figur 11: Sinusodial projeksjon av Merkur.

2.3 Gnomonisk

Den gnomoniske kartprojeksjonen sies å ha blitt utviklet av Thales fra Milet (624–547 f.Kr) for bruk til stjernekart og regnes derfor som den eldste kartprojeksjonen.

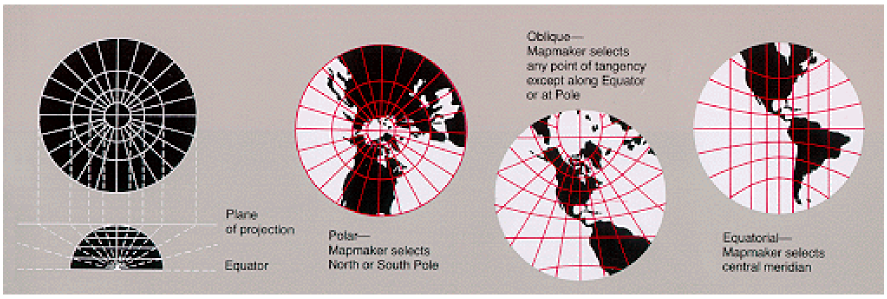


Figur 12: Konstruksjon av gnomonisk projeksjon.

Denne kartprojeksjonen har en geometrisk konstruksjon slik som vist på figur 12; der man lar et plan tangere jorden i et tangentpunkt, og hvert punkt på kartet kommer fra en vektorlinje fra senter av jordkloden, gjennom klodens overflate og på kartplanet.

Dette fører til at retningen fra tangentpunktet til ethvert annet punkt på kartet er bevart, og vi sier at projeksjonen er asimutal. I tillegg er alle store sirkler (f.eks. meridianer og ekvator) på kloden avbildet som rette linjer på kartet. Tilsammen gjør disse egenskapene det veldig enkelt å finne retningen til korteste vei fra tangentpunktet. Ulempene er at forvrengelsene i både areal, og avstand og retning mellom andre punkter, øker med avstanden fra tangentpunktet. Projeksjonen har også bare mulighet til å kartlegge under halvparten av jordkloden om gangen.

Utseende til kartet avhenger av tangentpunktet, slik som vist på figur 13. Det er



Figur 13: Konstruksjon av gnomonisk projeksjon for forskjellige tangentpunkt.

imidlertid enkelte fellestrekk for de alle. Siden ekvator og meridianene er store sirkler, vil disse alltid bli avbildet som rette linjer på projeksjonen.

i) Hvis tangentpunktet er på en av polene, så er meridianene utstrukket i en bue og med lik avstand fra hverandre. Ekvator ligger på utkanten av kartet og er ikke synlig. Parallellene til ekvator er konsentriske sirkler med tangentpunktet som sentrum på kartet.

ii) Hvis tangentpunktet er på ekvator, så er meridianene rette, parallelle linjer, med ulik avstand fra hverandre. Ekvator avbildes som en rett linje vinkelrett på meridianene, og paralleller avbildes som hyperbler.

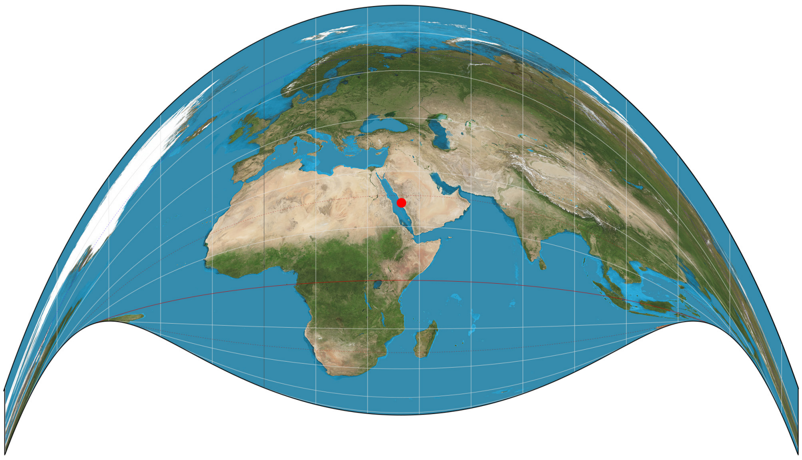
iii) Hvis punktet ligger hvor som helst bortsett fra de to første tilfellene, så er ekvator og meridianen gjennom tangentpunktet rette linjer som står vinkelrett på hverandre. De andre meridianene avbildes som rette linjer ut ifra en av en av polene med ulik avstand fra hverandre, og parallellene avbildes som hyperbler.

Den store fordelen med denne kartprojeksjonen er at retning fra tangentpunktet er bevart, og alle rette linjer fra tangentpunktet er store sirkler på kloden. Dette fører til at den kan bli brukt i flere sammenhenger. Den er for eksempel ofte brukt ved seismisk måinger, siden seismiske bølger går som regel langs store sirkler på kloden. Den blir også brukt av sjøfarere for å finne retning ved bruk av radiosignaler, fordi radiosignaler også går langs store sirkler. Sist, men ikke minst, blir kartet også brukt i navigasjon, fordi den enkelt og greit gir retningen til den korteste veien fra avreisepunktet (tangentpunktet) til destinasjonen.

Selve teknikken for gnomonisk projeksjon blir også brukt i fotografiske teknikker for å oppnå "fish-eye"-effekten og for å lage panoramabilder.

2.4 Retro-asimutal

Den gnomoniske projeksjonen er, som sagt, asimutal. Det vil si at retningen fra sentrum (tangentpunktet) er bevart, og er nyttig i mange sammenhenger. Andre ganger kan det derimot være nyttig å vite retningen til et bestemt punkt, fra alle andre punkter på kartet. Slike kart kalles retro-asimutale.



Figur 14: Craig-/Mekka-projeksjonen.

Bruksområdene til retro-asimutale kart består blant annet av radiosamband, siden man får best dekning når en rettet antenne (stråler mest i én retning) står vendt i riktig retning. Motivasjonen bak førstkommende projeksjon er imidlertid religion.

Ordet "qibla" er arabisk for retningen en muslim må venne seg mot når han/hun ber, spesielt i Salah (de fem daglige bønnene). Siden 622 e.Kr. har den vært mot Kaaba, en kube formet bygning i Mekka, Saudi Arabia. Moskeene er vendt mot qibla, og muslimene gravlegges med ansiktet mot qibla. Og siden alle muslimer ber mot Kaaba (Mekka), så er dette ansett som et symbol på enheten blant alle verdens muslimer.

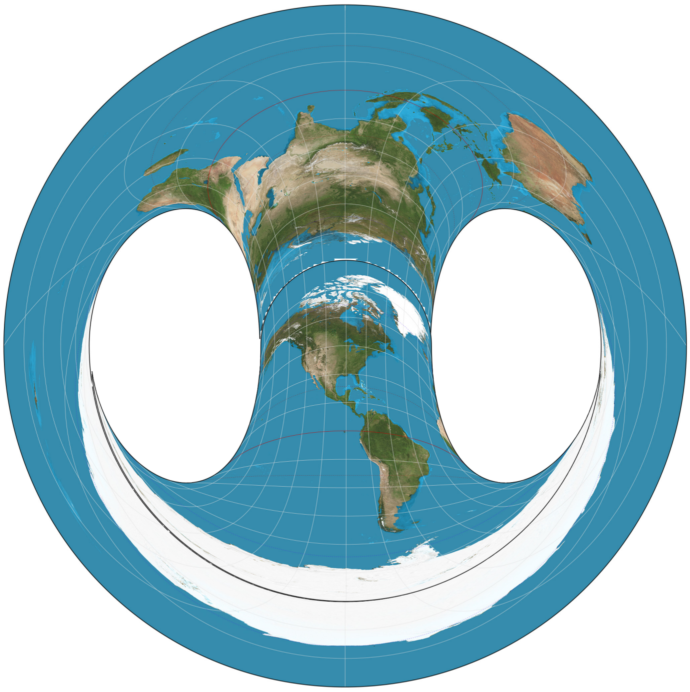
2.4.1 Craig-projeksjonen

I 1909 presenterte James Ireland Craig en retro-asimutal projeksjon som vist på figur 14. Craig, som var kartograf, hadde jobbet i Egypt og utarbeidet dette for å hjelpe muslimene til å finne sin qibla. Derfor kalles den også Mekka-projeksjon, og er konstruert matematisk.

Projeksjonen avbilder meridianene som rette linjer med lik avstand og vinkelrett på basen. Parallellene på høyere breddegrader er konkave og på lavere breddegrader er konvekse, slik at projeksjonen viser riktig retning til sentrum. Som en følge av dette vil de konvergere på endene og gi ekstrem forvrengelse i areal og form på yttersidene. Projeksjonen blir dermed begrenset til et brukbart område.

For å finne riktig retning til Mekka, må man finne vinkelen mellom meridianen til brukeren og den rette linjen som forbinder brukeren med Mekka.

Denne projeksjonen er til stor hjelp for muslimene fra de muslimske landene utenom Saudi–Arabia, slik at de kan finne den riktige retningen mot Mekka.



Figur 15: Hammer-projeksjonen.

Craig foreslo også at marineskipene kunne bruke denne projeksjonen med hjemmebasen sin som senter for å finne retningen til basens radiostasjon.

2.4.2 Hammer-projeksjonen

Omtrent samtidig som Craig jobbet med sin projeksjon, så jobbet Ernst Herman Heinrich Hammer med en tilsvarende projeksjon som vist på figur 15. Hammers modell er en modifisert retro-asimutal og ble foreslått i 1910. Likesom Mekka-projeksjonen, bevarer Hammer-projeksjonen også riktig retning fra ethvert punkt til sentrum. Denne projeksjonen bevarer imidlertid også avstand mellom punktene, og ser derfor merkelig ut; ekstremt forvrenging i form og areal. Projeksjonen er konstruert matematisk.

Hammer-projeksjonen avbilder både meridianene og parallellene som konkave kurver, bortsett fra den sentrale meridianen (gjennom sentrum) som er en rett linje. For å finne retningen til Mekka, må man finne vinkelen mellom en vertikal linje gjennom brukerens ståsted (ikke langs meridianen) og den rette linjen mot Mekka.

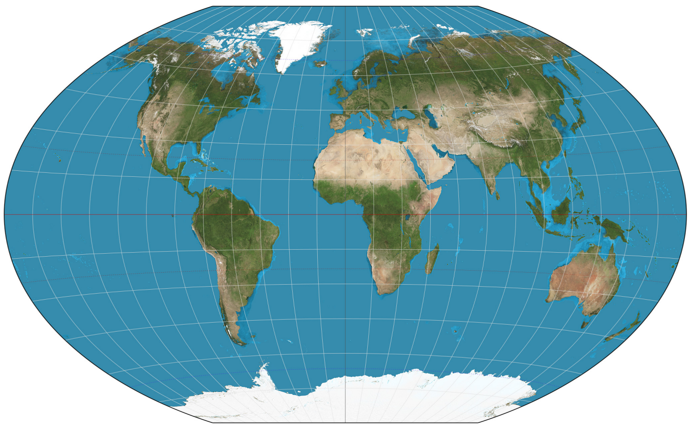
Fordelen med Hammer-projeksjonen er at den også bevarer avstander, slik at man kan finne retningen til den korteste veien fra et punkt til sentrum. Det er spesielt viktig dersom man jobber med langdistanse radiosamband, fordi man ikke bare er interessert i retningen, men også at avstanden er så liten som mulig.

I tillegg avbilder projeksjonen hele kloden, slik at den ofte kan brukes fra punkter som ikke er avbildet på Mekka-projeksjonen.

2.5 Winkel Tripel

Den tyske kartografen Oswald Winkel (1874 - 1953) presenterte i 1921 tre forskjellige kartprojeksjoner, og en av de var Winkel Tripel-projeksjonen. Tidligere har mange brukt Mercator-projeksjonen som verdenskart, og til tross for dens gode egenskaper, så har den store forvrengelser i areal nær polene og er således ikke et representativt verdenskart. Kartografer anerkjente dette problemet tidlig, og man søkte derfor etter et kart som var mer virkelighetsnært.

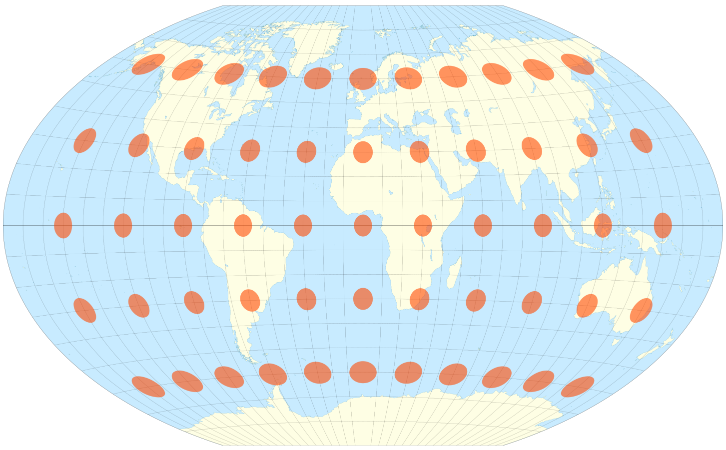
Kartprojeksjonen er konstruert ved å ta gjennomsnittsverdien av koordinatene til to andre kartprojeksjoner: den ekvirektangulære (merdianer og paralleller er rette linjer som danner like store rektangler) og Aitoff-projeksjonen. Begge er matematiske konstruksjoner, som medfører at Winkel Tripel-projeksjonen også er det.



Figur 16: Winkel Tripel-projeksjonen.

Det som gjør kartprojeksjonen interessant, er at den har generelt lite forvrengelser. Ved å se på figur 17, så ser vi at det er forvrengelser i både areal, avstand og form; men i langt mindre grad enn andre kartprojeksjoner. Nærmere analyse viser at dette stemmer, og at det er få kart som kan måle seg med Winkel Tripel-projeksjonen. Det gjør kartprojeksjonen til en god representasjon av kloden.

Til slutt bør det nevnes at kartprojeksjonen bevarer ingen egenskaper fullstendig, som gjør den til et kompromisskart. Ordet "Tripel" i navnet henviser faktisk til Winkels mål om å minimalisere forvrengelser i de tre overnevnte egenskapene. Siden 1998 har kartet vært standardprojeksjonen for verdenskart laget av National Geographic Society, som er organisasjonen bak det verdenskjente magasinet ved samme navn.



Figur 17: Tissots ellipser på Winkel Tripel-projeksjonen.