



# Zobrazení

Geografická kartografie  
Přednáška 4

# ... kartografické zobrazení ...

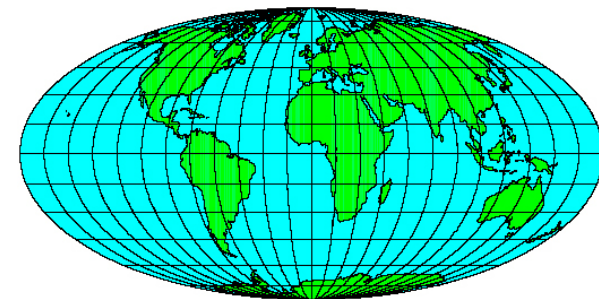
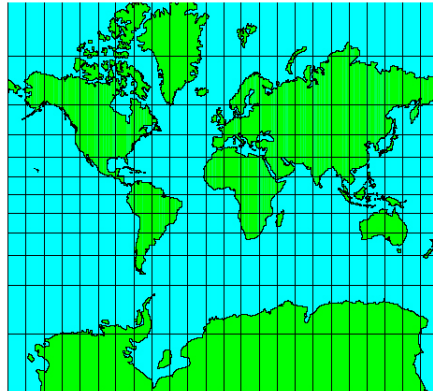
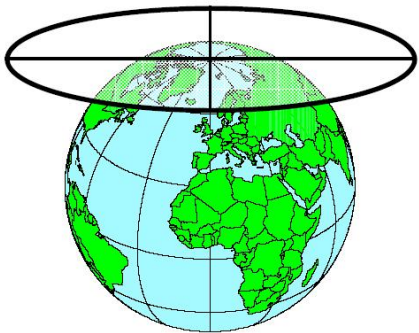
- ↘ způsob, který každému bodu na referenční ploše přiřazuje právě jeden bod na zobrazovací ploše (výjimkou jsou ovšem singulární body)
- ↘ různá zobrazení jsou nevyhnutelná, aby se zkreslení (úhly, délky a plochy) neměnilo nahodile a vztah mapy k referenční ploše byl zákonitý a vytvářel vhodný obraz
- ↘ zobrazení jsou určeny pomocí zobrazovacích rovnic
  - <sup>14</sup>/<sub>7</sub> vlevo bývají souřadnice v rovině mapy, vpravo funkce souřadnic na referenční ploše
  - <sup>14</sup>/<sub>7</sub> tvar těchto funkčních závislostí se mění podle vlastností zobrazení
  - <sup>14</sup>/<sub>7</sub> zobrazovací rovnice vznikly zpravidla odvozením z požadavků na zobrazení
- ↘ zobrazovací rovnice:
  - <sup>14</sup>/<sub>7</sub>  $x=f(\varphi,\lambda), y=f(\varphi,\lambda)$
- ↘ 3 parametry: délky, plochy, úhly
- ↘ nelze sestavit mapu, kde by byly všechny parametry zachovány

# Kartografické zobrazení

- ↘ převod referenční na zobrazovací plochu
- ↘ referenční plocha
  - $\frac{14}{7}$  *elipsoid, rovina*
  - $\frac{14}{7}$  koule (poloha bodu je vyjádřena v  $\phi$  a  $\lambda$ )
- ↘ zobrazovací plocha (poloha obrazu bodu v  $x$  a  $y$  nebo  $\rho$  a  $\varepsilon$ )
  - $\frac{14}{7}$  *rovina*
  - $\frac{14}{7}$  plášť válce
  - $\frac{14}{7}$  plášť kužele
- ↘ celkem existuje asi 300 zobrazení (z toho asi 50 je jednoduchých a 250 obecných)
- ↘ v praxi se však používá jen několik desítek zobrazení
- ↘ v atlasech jich bývá 5-10

# Klasifikace kartografických zobrazení

- ↘ 1) podle zobrazovací plochy
  - ↘ jednoduchá (pravá, prostá)
    - <sup>14</sup>/<sub>7</sub> převedení referenční roviny přímo do zobrazovací plochy
  - ↘ obecná (konvencionální, smluvní)
    - <sup>14</sup>/<sub>7</sub> konstrukci nelze názorně vysvětlit prostřednictvím zobrazovací plochy
  - ↘ geodetická
    - <sup>14</sup>/<sub>7</sub> speciální typy zobrazení se složitým matematickým výpočtem, používají referenční elipsoid





# Klasifikace kartografických zobrazení

## ↘ 2) podle polohy konstrukční osy

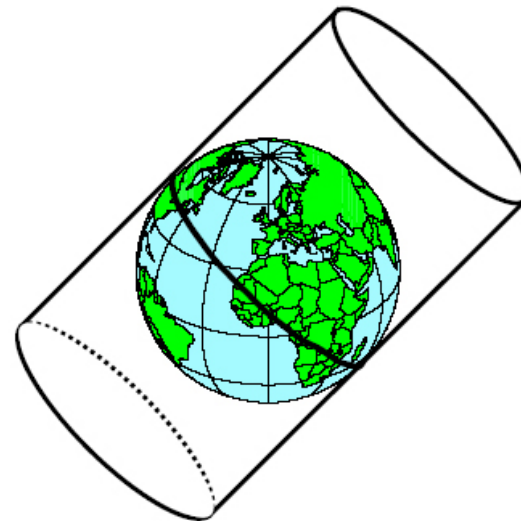
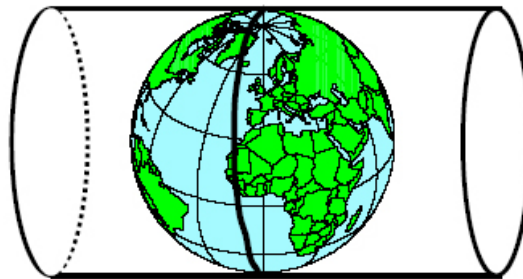
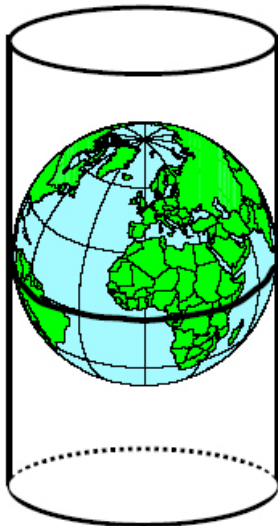
$\frac{14}{7}$  normální (polární) poloha

↘ mapy světa, mapy polárních oblastí

$\frac{14}{7}$  příčná (transverzální) poloha

↘ používá se nejméně, mapy polokoulí

$\frac{14}{7}$  šikmá (obecná) poloha



# Klasifikace kartografických zobrazení

- ↘ 3) podle vlastností z hlediska zkreslení
  - $\frac{14}{7}$  plochojevná (stejnoplochá, ekvivalentní)
  - $\frac{14}{7}$  úhlojevná (stejnoúhlá, konformní)
  - $\frac{14}{7}$  vyrovnávací (kompenzační)
    - ↘ včetně délkojevných (ekvidistatních) zobrazení
      - $\frac{14}{7}$  podle poledníků
      - $\frac{14}{7}$  podle rovnoběžek

# Jednoduchá kartografická zobrazení

## ↘ společné vlastnosti

<sup>14</sup>/<sub>7</sub> převod referenční plochy na jednoduché zobrazovací plochy (viz výše rovina nebo pláště válce či kužele)

<sup>14</sup>/<sub>7</sub> v zobrazovacích rovnicích se vyskytuje pouze jedna proměnná

↘ tedy každá z rovinných souřadnic se dá vyjádřit funkcí jediné sférické (zeměpisné) souřadnice

<sup>14</sup>/<sub>7</sub> v normální poloze

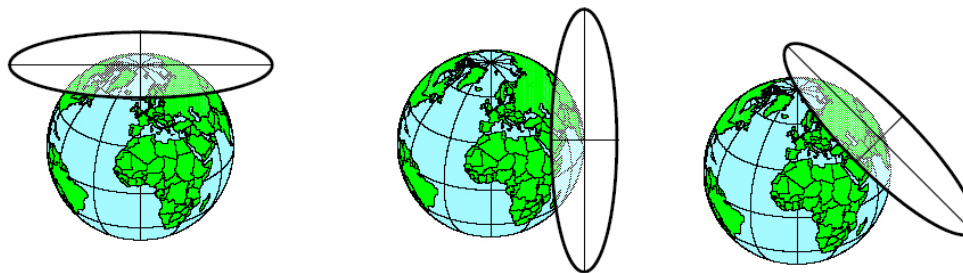
↘ přímkové obrazy poledníků

↘ kruhové či přímkové obrazy rovnoběžek

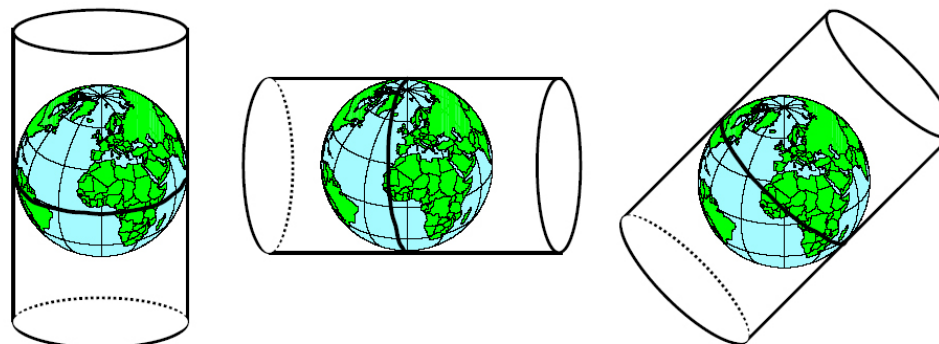
↘ protínání těchto obrazů pod pravými úhly (tzv. ortogonální zobrazení)

# Jednoduchá kartografická zobrazení

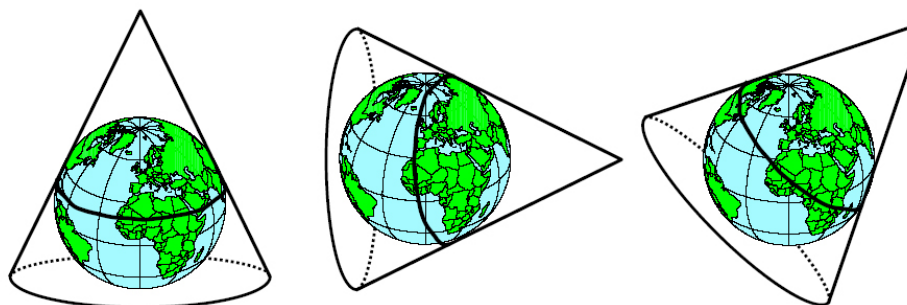
- ↘ azimutální
  - ↘ normální
  - ↘ příčná
  - ↘ šikmá



- ↘ válcová
  - ↘ normální
  - ↘ příčná
  - ↘ šikmá



- ↘ kuželová
  - ↘ normální
  - ↘ příčná
  - ↘ šikmá



# Azimutální zobrazení

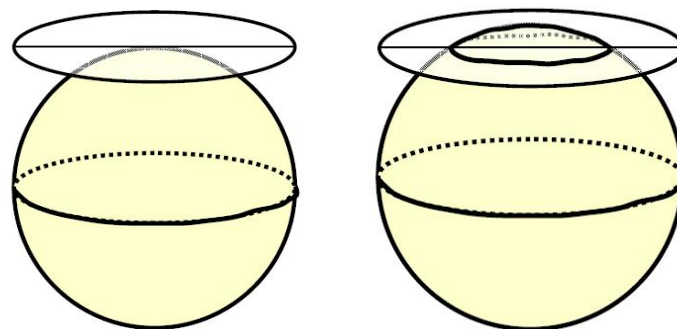
## ↘ společné vlastnosti:

- <sup>14</sup>/<sub>7</sub> zobrazení referenční plochy do roviny (tečné či teoreticky i sečné v různých polohách)
- <sup>14</sup>/<sub>7</sub> dotykový bod zároveň konstrukčním pólem
- <sup>14</sup>/<sub>7</sub> souřadnicová osa v obrazu základního poledníku
- <sup>14</sup>/<sub>7</sub> zobrazovací rovnice udávají polární rovinné souřadnice  $\rho$  a  $\varepsilon$
- <sup>14</sup>/<sub>7</sub> obrazy poledníků v normální poloze tvoří trs paprsků (polopřímek) vycházejících z pólu (úhel mezi poledníky je stejný v mapě jako na glóbu)
- <sup>14</sup>/<sub>7</sub> obrazy rovnoběžek v normální poloze tvoří soustředné kružnice se středem v pólu (pól je zobrazen jako bod)
- <sup>14</sup>/<sub>7</sub> pro území kruhového charakteru – nejvíce pro polární oblasti

## ↘ obecné rovnice

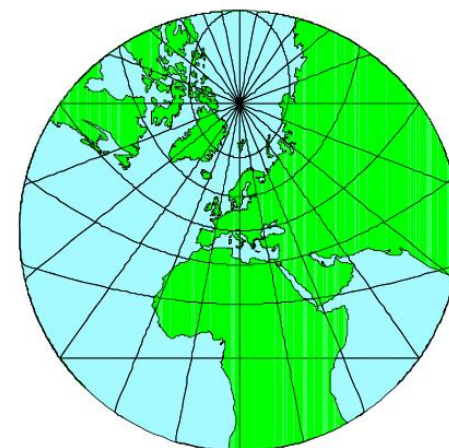
$$\rho = r^* f(\delta)$$

$$\varepsilon = \lambda$$

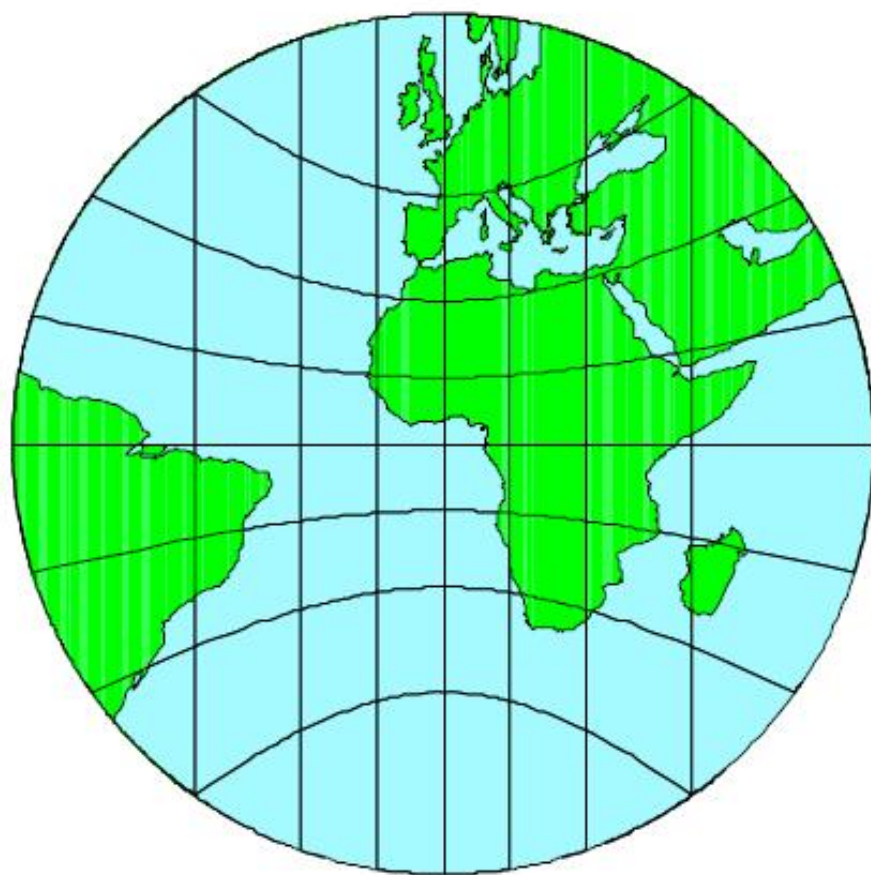
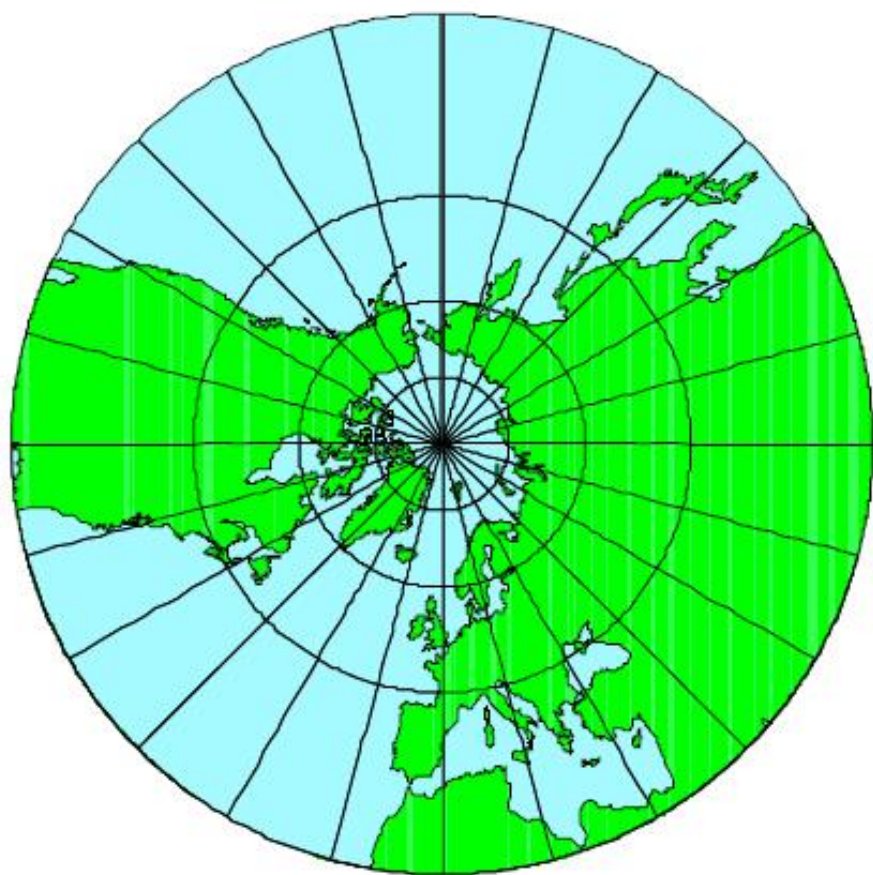


# Gnómonická projekce

- ↘ Thales z Milétu, 7. stol. př. n. l.
- ↘ jedná se o projekci ze středu Země
- ↘ poledníky a ortodromy (tedy všechny hlavní kružnice) se zobrazují jako přímky
- ↘ rovnoběžky se zobrazují jako kuželosečky (v normální poloze – kružnice)
- ↘ nelze zobrazit rovník – promítá se do nekonečna
- ↘ vzdálenosti rovnoběžek od středu rychle narůstají
- ↘ zkreslení od pólů k rovníku narůstá
- ↘ využívá se pro navigační účely a pro zákres ortodrom – do jiných zobrazení se překreslí průsečíky se zeměpisnou sítí
  
- ↘ zobrazovací rovnice  
 $\varepsilon = \lambda$   
 $\rho = \operatorname{tg} \delta$



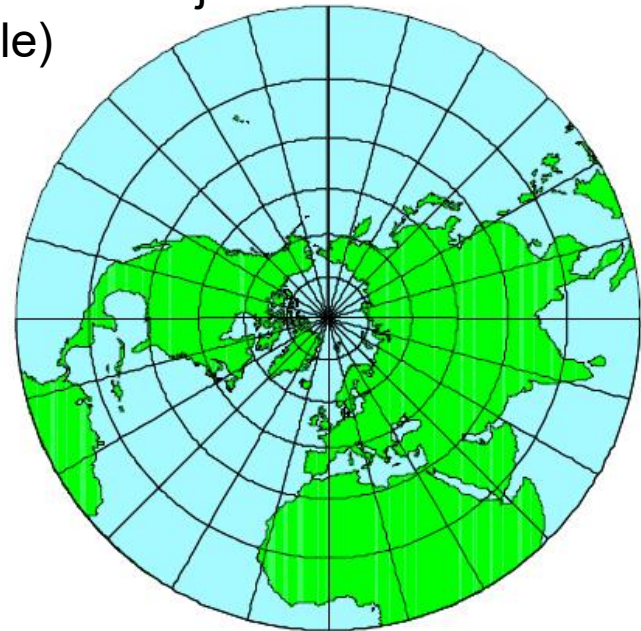
# Gnómonická projekce





# Stereografická projekce

- ↘ Hipparchos z Nikeje, 2. st. př. n. l.
- ↘ jedná se o projekci z bodu protilehlého dotykovému
- ↘ úhlojevné
- ↘ všechny kružnice na glóbu se zobrazují opět jako kružnice (přímkové obrazy hlavních kružnic, které procházejí dotykovým bodem, jsou speciální případy nekonečného poloměru kružnice)
- ↘ vzdálenosti rovnoběžek se od středu mapy postupně zvětšují
- ↘ poloměr obrazu rovníku je  $2r$  ( $r$  je poloměr polokoule)
- ↘ nelze zobrazit celý svět
- ↘ využití v geodézii a astronomii
  
- ↘ zobrazovací rovnice  
 $\rho = 2r * \operatorname{tg} \delta/2$   
 $\varepsilon = \lambda$

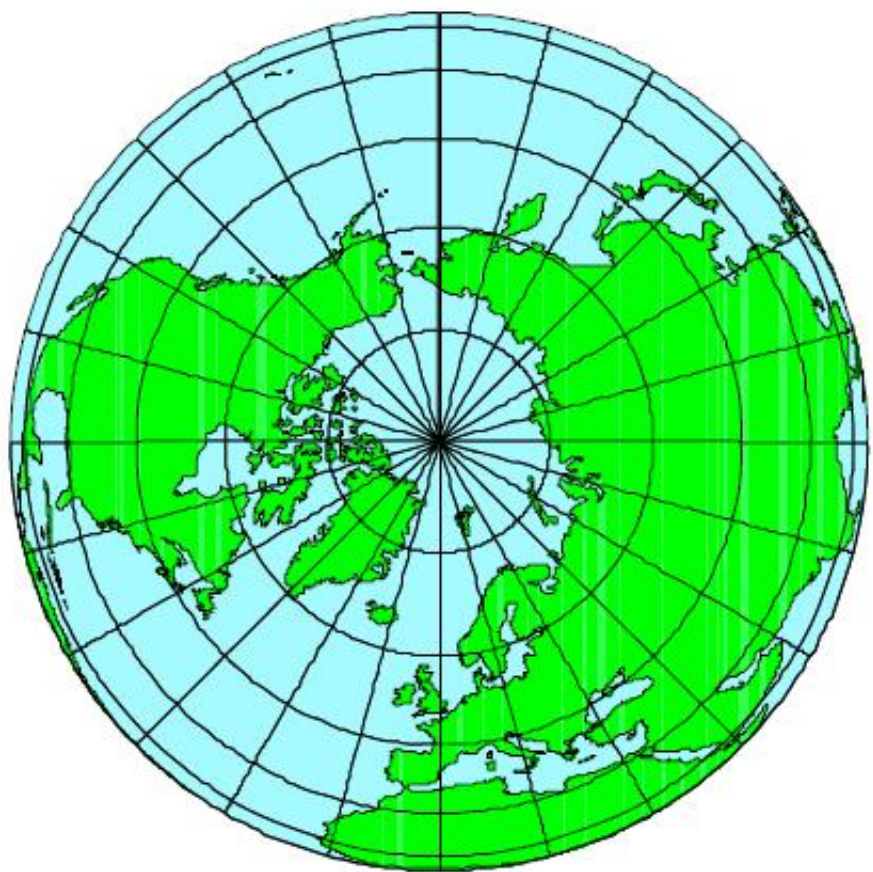
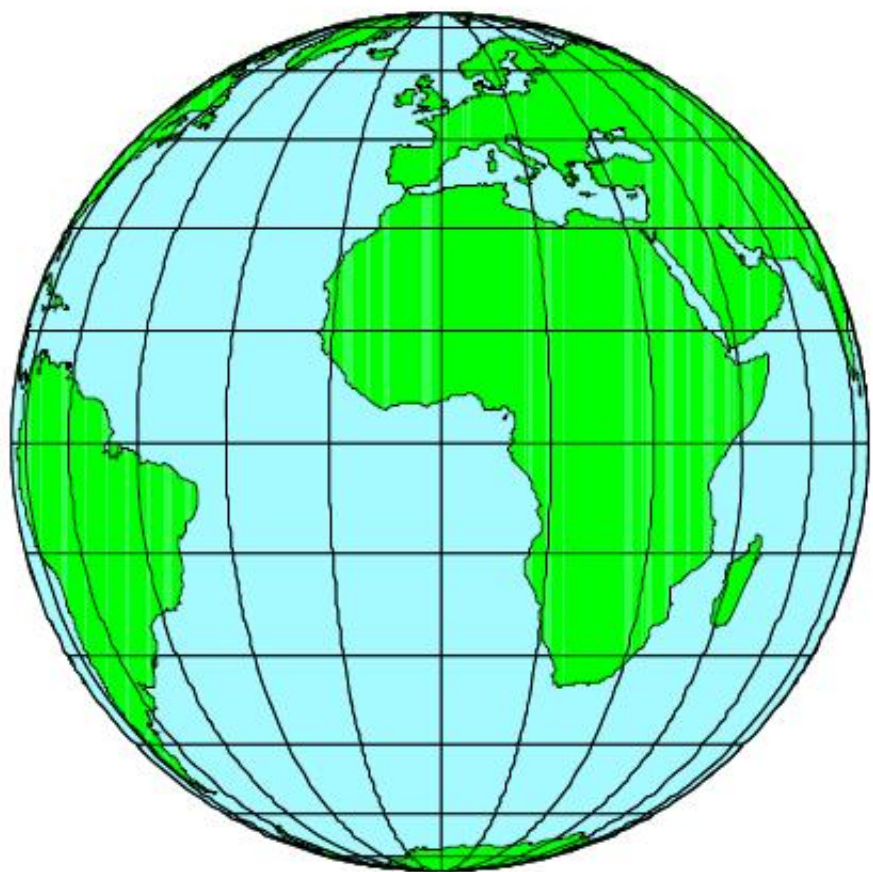




# Ortografická projekce

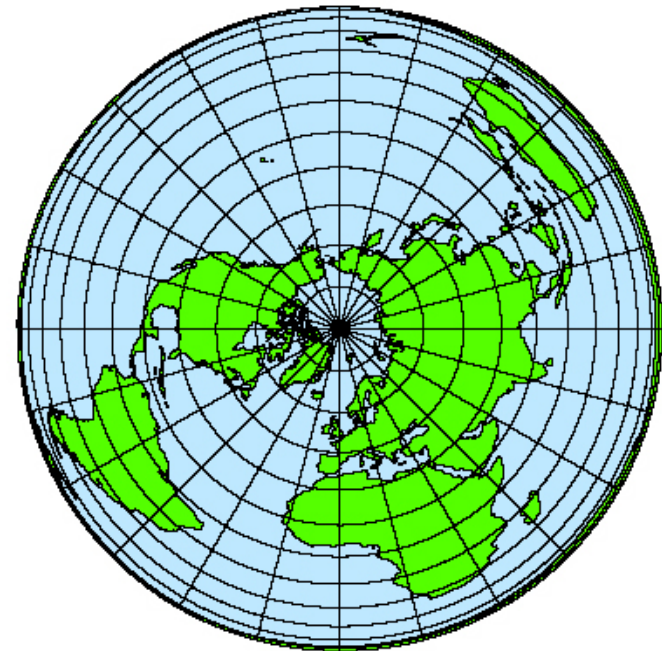
- ↘ Appollonius, 3. stol. př. n. l.
- ↘ jedná se o projekci z nekonečně vzdáleného bodu
- ↘ délkojevné podle rovnoběžek
- ↘ plošné zkreslení narůstá k rovníku
- ↘ v příčné poloze poledníky jako části elips a rovnoběžky jako rovnoběžné přímky
- ↘ v obecné poloze obojí jako elipsy
- ↘ vzdálenosti mezi obrazy rovnoběžek se rychle zmenšují od středu k okrajům
- ↘ lze zachytit maximálně jednu polokouli
- ↘ pro zobrazení jiných vesmírných těles – zobrazení je podobné pohledu pozorovatele ze Země
  
- ↘ zobrazovací rovnice  
$$\rho = r * \sin \delta$$
$$\varepsilon = \lambda$$

# Ortografická projekce



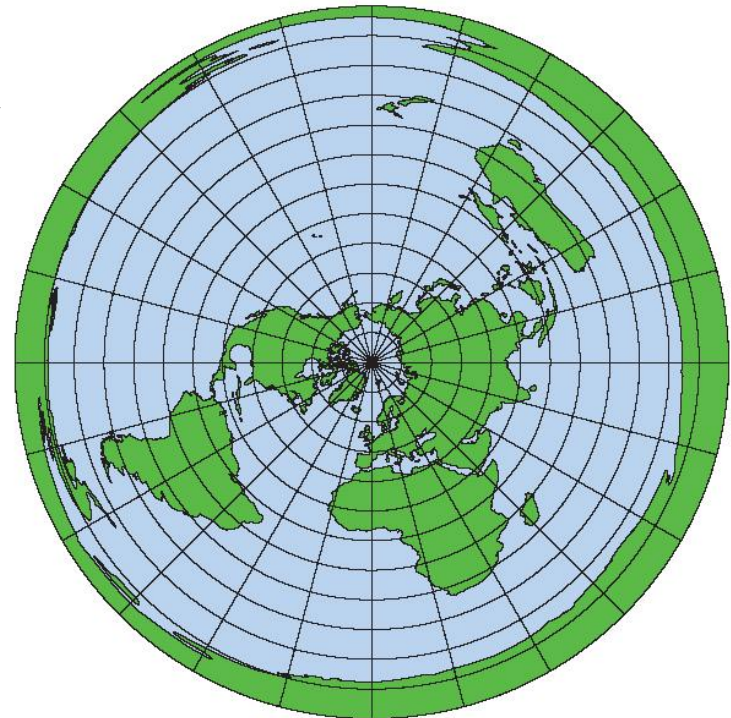
# Lambertovo zobrazení

- ↘ *Johann Heinrich Lambert (1772)*
- ↘ plochojevné
- ↘ často užívané ve školních atlasech (15% map)
- ↘ v příčné a obecné poloze mají obrazy poledníků i rovnoběžek složité křivky
- ↘ lze zobrazit celou Zemi, obvykle se však zobrazuje pouze polokoule, dále je obraz již značně zkreslený
- ↘ vzdálenosti mezi obrazy rovnoběžek se pozvolna zmenšují od středu k okrajům
- ↘ zobrazovací rovnice  
 $\rho = 2r * \sin \delta/2$   
 $\varepsilon = \lambda$



# Postelovo zobrazení

- ↘ *Guillaume Postel (1581)*
- ↘ konstrukčně nejjednodušší
- ↘ délkojevné podle poledníků
  - $\frac{14}{7}$  tedy vzdálenosti rovnoběžek jsou v jakékoliv poloze zobrazovací plochy na středním poledníku stejné
- ↘ umožňuje zobrazit celou Zemi
- ↘ v jiné než normální poloze jsou poledníky a rovnoběžky velmi složité křivky
- ↘ zobrazovací rovnice
  - $\rho = r * \text{arc } \delta$
  - $\varepsilon = \lambda$



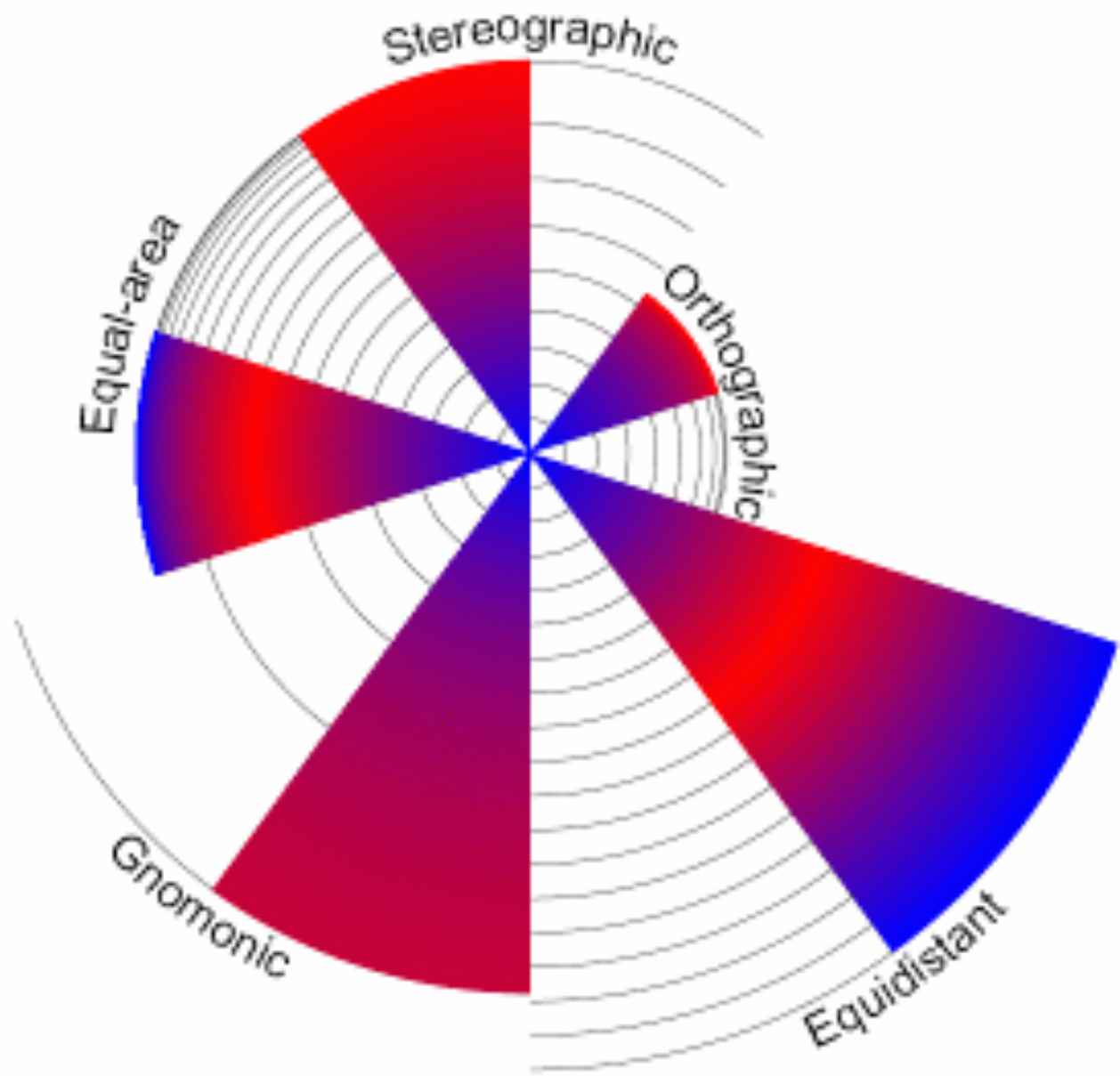
# Breusingovo zobrazení

- ↘ *Arthur Breusing, 1892*
- ↘ geometrický průměr Lambertova (plochojevné) a stereografického zobrazení (úhlojevné) – z rovnic pro  $\rho$
- ↘ typické vyrovnávací (kompenzační) zobrazení
- ↘ úhlové zkreslení je menší než u Postelova, ale plošné zkreslení větší užití u map malých měřítek

## ↘ zobrazovací rovnice

$$\varepsilon = \lambda \sqrt{2r^{\frac{3}{2}} \sin \frac{\alpha}{2} \cdot 2r^{\frac{3}{2}} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}$$

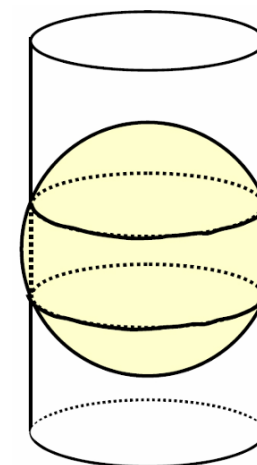
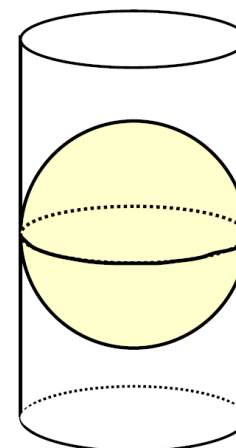




# Válcová zobrazení

## ↙ společné vlastnosti:

- <sup>14</sup>/<sub>7</sub> zobrazovací plochou je plášť válce
- <sup>14</sup>/<sub>7</sub> válec buď ovíjí referenční plochu podél některé hlavní kružnice (tečný válec) nebo jej protíná ve dvou vzájemně paralelních vedlejších kružnicích téhož poloměru (sečný válec)
- <sup>14</sup>/<sub>7</sub> dříve pro mapy světa, avšak u pólů většinou velká zkreslení, nahrazena v atlasech obecnými zobrazeními
- <sup>14</sup>/<sub>7</sub> dotyková kružnice se volí tak, aby tvořila osu zobrazovaného pásu území
- <sup>14</sup>/<sub>7</sub> většinou v normální poloze, v příčné poloze pro zobrazení dvojúhelníků na glóbu a pro geodetická zobrazení



# Válcová zobrazení

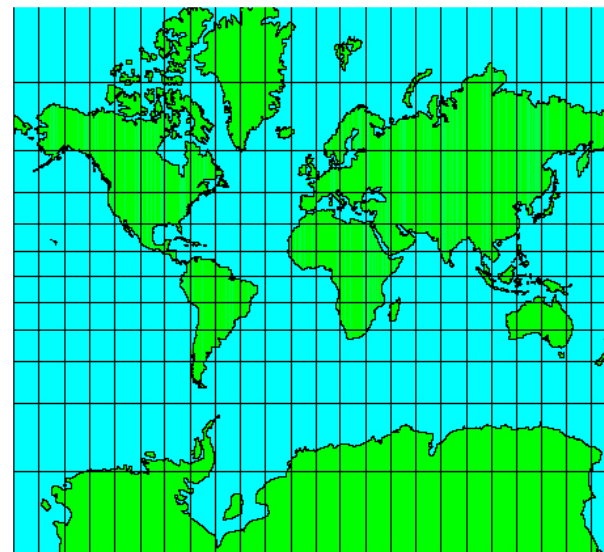
- ↘ válcovým projekcím se říká perspektivní zobrazení válcová
- ↘ používá se pravoúhlých rovinných souřadnic  $x$  a  $y$
- ↘ rovník jako přímka (osa  $x$ ) a základní poledník jako přímka (osa  $y$ ) kolmá na rovník
- ↘ obrazy poledníků v normální poloze tvoří úsečky rovnoběžné s osou  $y$ , obrazy rovnoběžek v normální poloze tvoří úsečky rovnoběžné s osou  $x$  a jejich délka je rovna délce obrazu rovníku či zachované rovnoběžky
- ↘ v příčné a šikmé poloze vytvářejí obraz zeměpisné sítě složité křivky

- ↘ obecné rovnice

$$x = r * \text{arcl}\lambda \text{ (tečný válec)}$$

$$x = r * \text{arcl}\lambda * \cos \phi_0 \text{ (sečný válec)}$$

$$y = r * f(\phi)$$





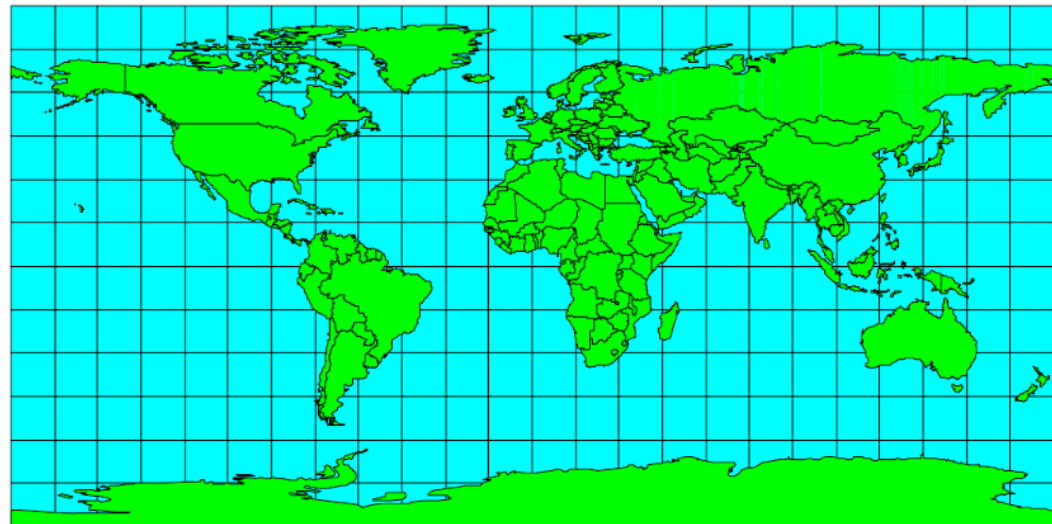
# Marinovo zobrazení

- ↘ *Marinos z Tyru (120)* – použito však již Archimédem ve 3. st. př.n.l.
- ↘ někdy nazýváno čtvercové zobrazení
- ↘ tečný válec
- ↘ délkojevné podél poledníku a rovníku
- ↘ velké zkreslení u pólů
- ↘ v příčné poloze se používá pro glóbové pásy

- ↘ zobrazovací rovnice

$$x = r * \text{arc } \lambda$$

$$y = r * \text{arc } \varphi$$



# z Marinova zobrazení jsou odvozeny

## ↘ **Cassiniho-Soldenerovo**

<sup>14</sup>/<sub>7</sub> vznik 1745

<sup>14</sup>/<sub>7</sub> pomocí Marinova zobrazení v příčné poloze na elipsoidu byly vytvořeny katastrální mapy (v měřítku 1 : 2 880) českých zemí v 19. stol., použito několik válců (tedy tzv. víceplošné zobrazení)

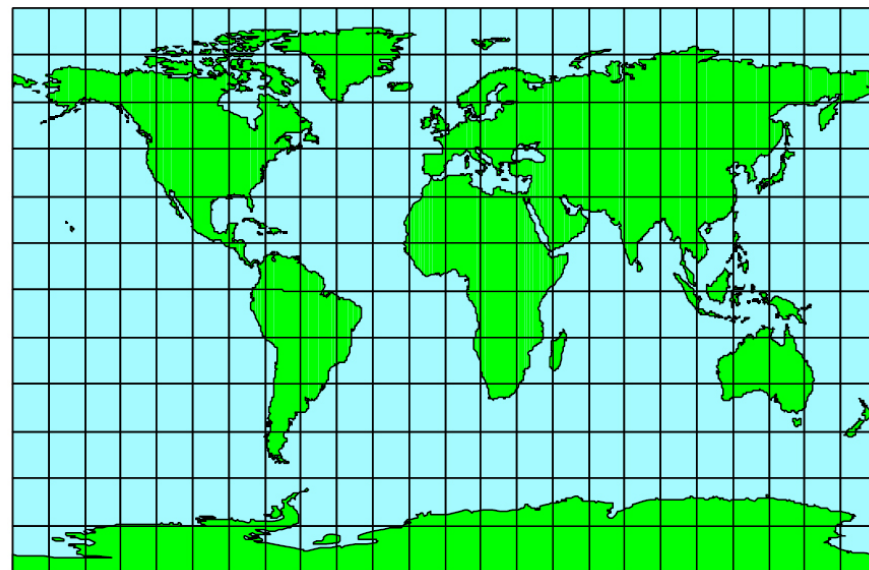
## ↘ Obdélníkové zobrazení

<sup>14</sup>/<sub>7</sub> sečný válec ( $\varphi_0 = \pm 40^\circ$ )

<sup>14</sup>/<sub>7</sub> délkojevné v polednicích a ve dvou sečných rovnoběžkách

<sup>14</sup>/<sub>7</sub> tedy obrazy rovnoběžek se zkrátí, ale obrazy poledníků zůstanou zachovány

<sup>14</sup>/<sub>7</sub> kompenzační

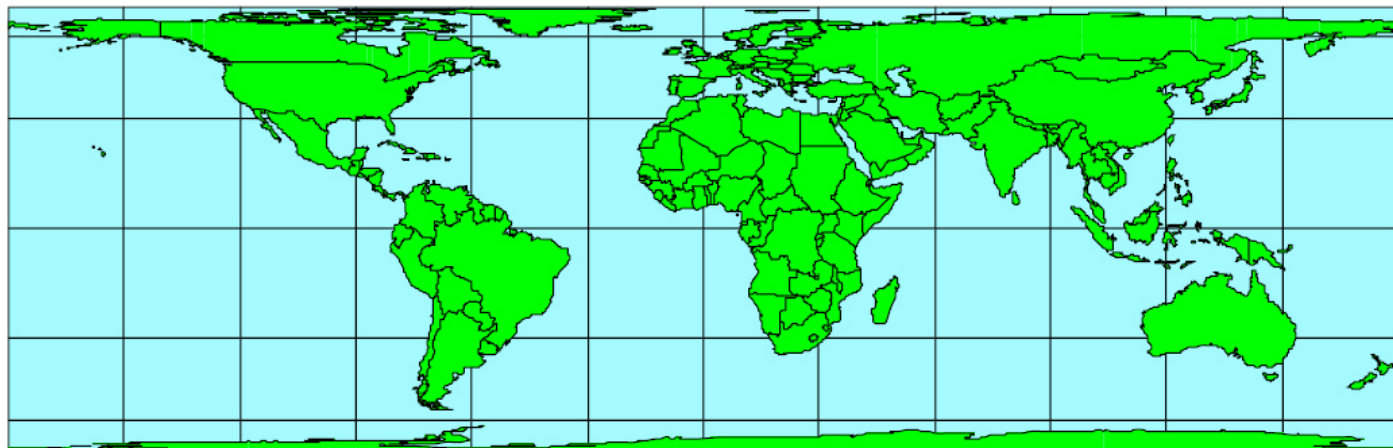


# Lambertovo zobrazení

- ↘ *Johann Heinrich Lambert (1772)*
- ↘ jedná se o ortografickou projekci na plášť válce
- ↘ plochojevné
- ↘ délkojevné podél rovníku
- ↘ nepoužívá se, protože má u pólů velké úhlové zkreslení
  
- ↘ zobrazovací rovnice

$$x = r * \text{arc } \lambda$$

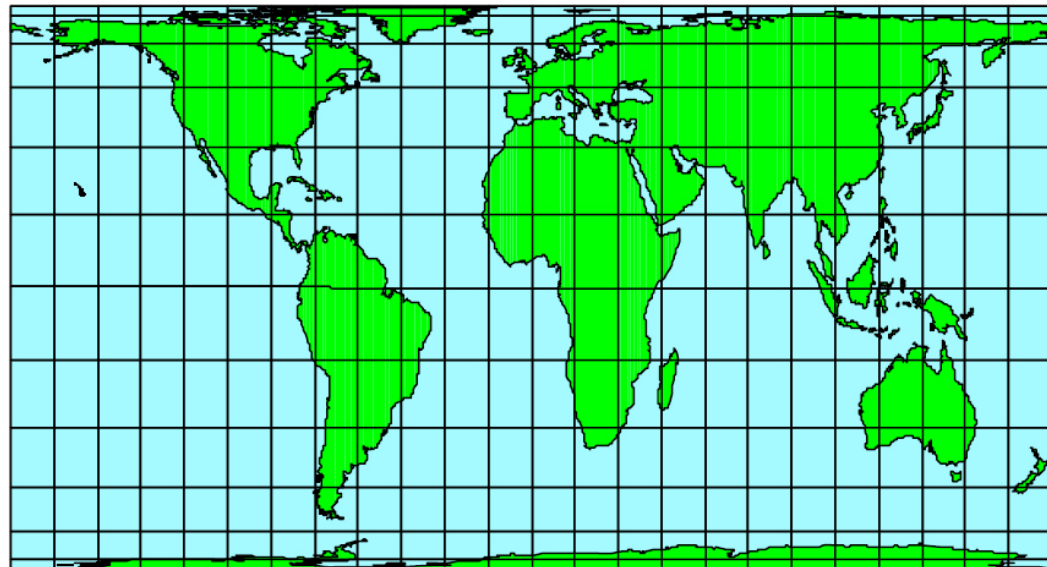
$$y = r * \sin \varphi$$



- ↘ plochojevnost v Lambertově zobrazení se zachová, jestliže afinně zkreslíme mapu tak, že souřadnici  $x$  násobíme koeficientem  $n$  a souřadnici  $y$  hodnotou  $1/n$
- ↘ položíme-li se  $n = \cos \varphi_0$ , budou délkově zachovány rovnoběžky  $\pm \varphi_0$ .
- ↘ tedy zobrazovací rovnice jsou
$$x = r * \text{arcl}\lambda * n$$
$$y = r * \sin\varphi * 1/n$$
- ↘ vzniknou tak další zobrazení:  
Behrmannovo, Čtvercové plochojevné, ...

# Behrmannovo zobrazení

- ↘ *Walter Behrmann (1909)*
- ↘ aplikace Lambertova zobrazení pro  $\varphi_0 = \pm 30^\circ$
- ↘ získá se početní úpravou Lambertova zobrazení, kdy se rovnoběžky  $\cos \varphi_0$  – krát zkrátí a poledníky  $1/\cos \varphi_0$  – krát prodlouží
- ↘ mapa světa je oproti Lambertovu zobrazení užší a vyšší
- ↘ zůstává tedy plochojevnost
- ↘ délkojevnost podél sečných rovnoběžek ( $\varphi_0 = \pm 30^\circ$ )
- ↘ úhlové zkreslení menší než u Lambertova z.
  
- ↘ zobrazovací rovnice  
$$x = r * \arccos \lambda * \cos \varphi_0$$
$$y = r * \sin \varphi / \cos \varphi_0$$



# Čtvercové plochojevné válcové zobrazení

- ↘ aplikace Lambertova zobrazení pro  $n \rightarrow \sqrt{\frac{2}{\sqrt{2}}}$
- ↘ hodnota zhruba odpovídá  $\varphi_0 = \pm 37^\circ$  z.š.
- ↘ tedy také plochojevné
- ↘ polokoule se zobrazí do čtverce, mapa světa je tedy obdélník s poměrem stran 2:1

# Mercatorovo zobrazení

- ↘ *Gerhard Mercator (1569)*
- ↘ úhlojevné, využívá se mj. pro geodetické mapy
- ↘ velké plošné zkreslení
- ↘ loxodroma jako přímka, ortodroma jako oblouk
- ↘ póly nelze zobrazit, kompletní zobrazení by zabralo nekonečně dlouhý pás o šířce zobrazeného rovníku
- ↘ vzniklo z potřeb námořní dopravy
  - $\frac{14}{7}$  námořní mapy
  - $\frac{14}{7}$  navigační letecké mapy

- ↘ zobrazovací rovnice

$$x = r * \text{arc}\lambda$$

$$y = \frac{r}{\log e} \frac{3}{2} \log \cot g \frac{\phi}{2}$$



# Wetchovo zobrazení

- ↘ středové promítání (gnómonická projekce) na tečný válec
- ↘ vzdálenosti rovnoběžek prudce narůstají směrem od rovníku
- ↘ nelze zobrazit póly
- ↘ na pohled podobné Mercatorovu

- ↘ zobrazovací rovnice

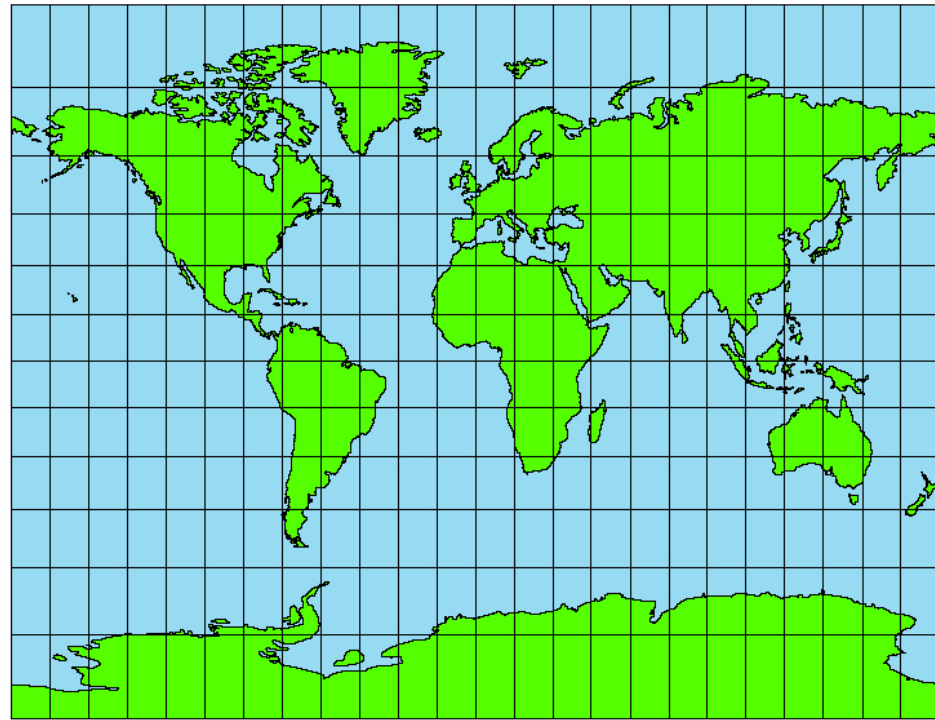
$$x = r * \operatorname{arcl}$$

$$y = r * \operatorname{tg}\varphi$$



# Gallovo zobrazení

- ↘ *James Gall (1885)*
- ↘ délkojevné v sečných rovnoběžkách  $\varphi_0 = \pm 45^\circ$
- ↘ vzniká promítáním na sečný válec ( $\varphi_0 = \pm 45^\circ$ ) z protilehlého bodu na rovníku (tedy obdoba stereografické projekce)
- ↘ vyrovnávací (kompenzační)
  
- ↘ zobrazovací rovnice  
$$x = r * \arcl \lambda * \cos \varphi_0$$
$$y = r * (1 + \cos \varphi_0) * \operatorname{tg} \varphi / 2$$



# Braunovo zobrazení

- ↘ jedná se o Gallovo zobrazení pro tečný válec ( $\varphi_0 = 0$ )
- ↘ stereografická projekce na plášť válce
- ↘ délkojevné podél rovníku
- ↘ v porovnání s Gallovým je zobrazení širší a nižší

- ↘ zobrazovací rovnice

$$x = r * \text{arcl}$$

$$y = 2r * \text{tg}\varphi/2$$

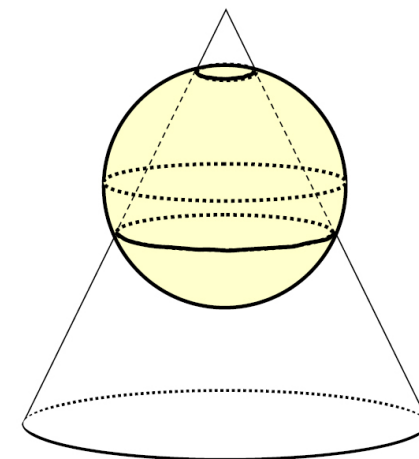
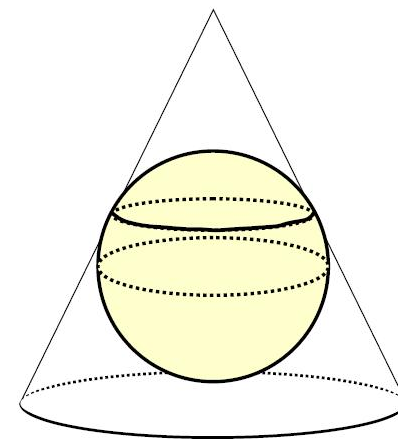
další válcová zobrazení

- ↘ **Gauss** – Krügerovo
- ↘ **UTM**

# Kuželová zobrazení

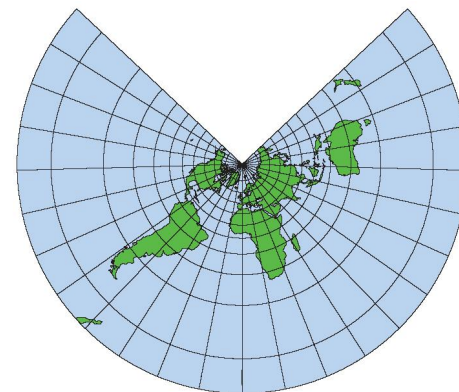
## ↘ společné vlastnosti:

- <sup>14</sup>/<sub>7</sub> vznikají zobrazením referenční plochy na plášť kužele (zobrazovací plocha), přičemž mají s referenční plochou společnou buď jednu nebo dvě vzájemné soustředné vedlejší kružnice
- <sup>14</sup>/<sub>7</sub> tyto kružnice mohou a nemusí být dotykové, v případě dvou zachovaných kružnic se nemusí jednat o sečný kužel
- <sup>14</sup>/<sub>7</sub> v normální poloze
  - ↘ je délkově zachovaná nějaká rovnoběžka
  - ↘ obrazy poledníků tvoří trs paprsků (polopřímek) procházejících počátkem souřadnicového systému (kartografickým pólem)
  - ↘ obrazy rovnoběžek tvoří části soustředných kružnic se středem v počátku souřadnic



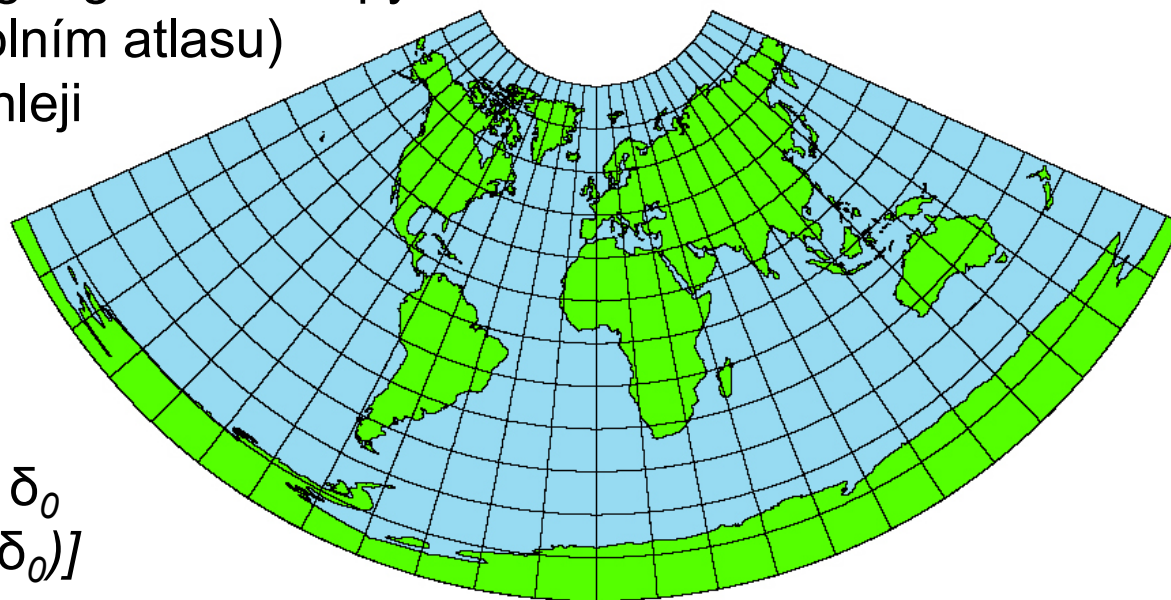
# Kuželová zobrazení

- ↘ v příčné (nepoužívá se) a šikmé poloze jsou obrazy poledníků a rovnoběžek složité křivky
- ↘ používají se poměrně často (v normální poloze), především pro mapy částí světadílů ve středních zeměpisných šířkách
- ↘ v obecné poloze pro protáhlá území podél vedlejších kružnic (ČSR, *Japonsko*)
- ↘ zobrazovací rovnice udávají polární rovinné souřadnice  $\rho$  a  $\varepsilon$  bodu v mapě tak, že osu souřadnice tvoří polopřímka ležící v obrazu základního poledníku, ovšem počátek souřadnic nemusí ležet v pólu (leží v obrazu vrcholu kužele - kartografický pól)
  
- ↘ obecné rovnice
- ↘  $\rho = r * f(\delta)$
- ↘  $\varepsilon = n * \lambda$ 
  - $\frac{14}{7}$  kde  $0 < n < 1$
  - $\frac{14}{7}$   $n$  závisí na parametrech zobrazení



# Ptolemaiovo zobrazení

- ↙ Ptolemaios (1. stol. př. n. l.)
- ↙ tečný kužel
- ↙ obrazem pólu je část kružnice
- ↙ délkojevné podél poledníků
- ↙ délkojevné podle dotykové rovnoběžky  $\varphi_0$
- ↙ velmi používané pro geografické mapy (až 40 % map ve Školním atlasu)
- ↙ zkreslení přibývá rychleji k pólu než k rovníku

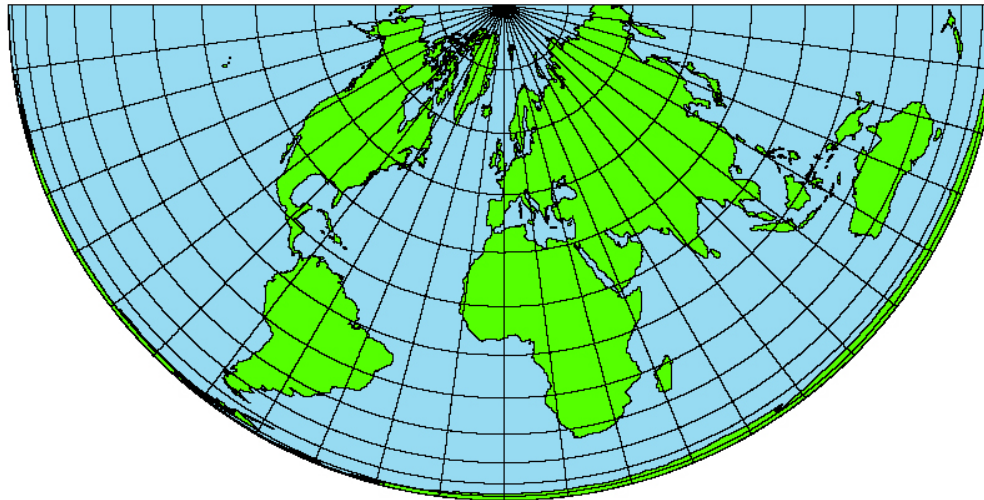


- ↙ zobrazovací rovnice
- ↙  $\varepsilon = n * \lambda$ , kde  $n = \cos \delta_0$
- ↙  $\rho = r * [\text{tg}\delta_0 - \text{arc}(\delta - \delta_0)]$

# Lambertovo zobrazení

- ↘ *Johann Heinrich Lambert (1772)*
- ↘ plochojevné
- ↘ obrazem pólu je bod
- ↘ délkojevné v rovnoběžce  $\varphi_0$  (není však dotyková)
- ↘ velké úhlové zkreslení, proto se využívá málo
- ↘ vzdálenosti rovnoběžek se směrem od bodového obrazu zmenšují

$$\varepsilon = \lambda \cdot \cos^2 \frac{\delta_0}{2}$$
$$\rho = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\delta}{2} : \cos \frac{\delta_0}{2}$$
$$n = \cos^2 \frac{\delta_0}{2}$$

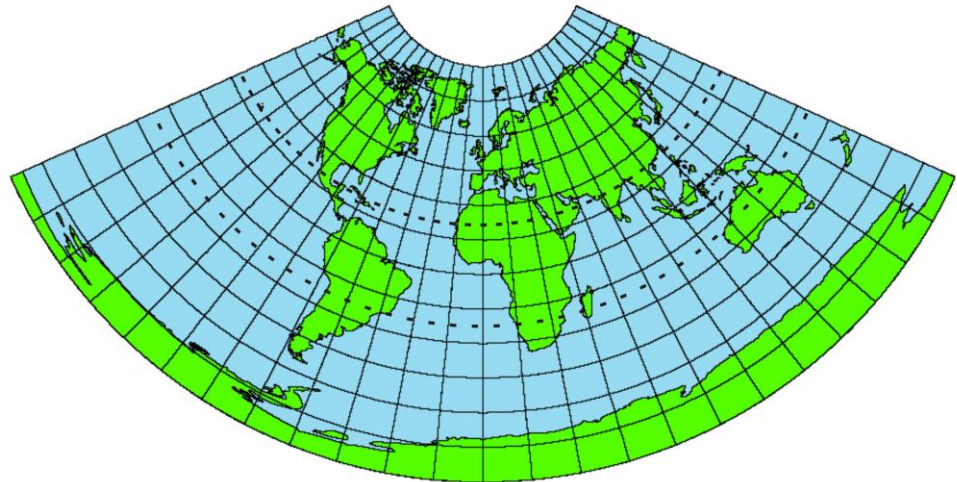


# Delisleovo zobrazení

- ↘ *Josef Nicholas de l'Isle (1745)*
- ↘ 2 délkojevné rovnoběžky ( $\varphi_1$  a  $\varphi_2$ ), nejsou ale sečné
- ↘ délkojevné podle poledníků
- ↘ a tedy vzdálenosti mezi rovnoběžkami stejné
- ↘ obrazem pólu je část kružnice
- ↘ vyrovnávací
- ↘ plochy a úhly zkresluje méně než Ptolemaiovo

$$\varepsilon = \lambda \cdot \frac{\sin \delta_1 - \sin \delta_2}{\arcsin(\delta_1 - \delta_2)}$$

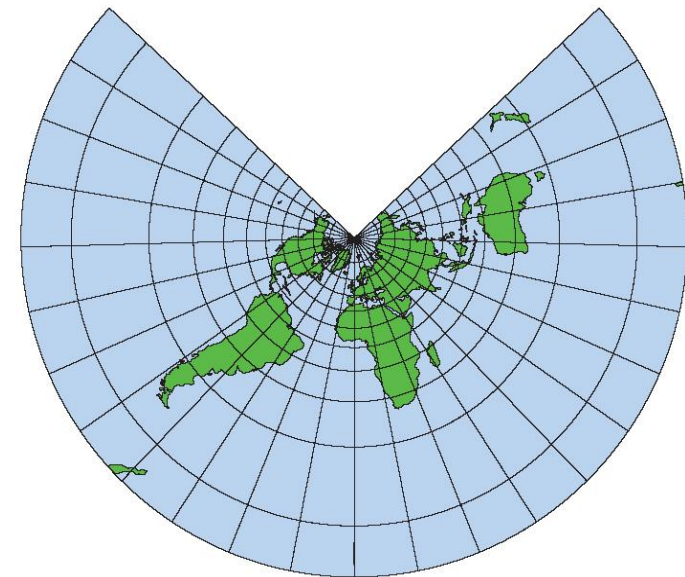
$$\rho = r \cdot \left( \frac{\arcsin \delta_2 \cdot \sin \delta_1 - \arcsin \delta_1 \cdot \sin \delta_2}{\sin \delta_2 - \sin \delta_1} + \arcsin \delta \right)$$





# Gaussovo zobrazení

- ↘ Karl Friedrich Gauss (publikováno Lambertem v r. 1772, zavedeno 1822)
- ↘ úhlojevné
- ↘ obrazem pólu je bod
- ↘ délkojevné podél  $\varphi_0$  (dotyková)
- ↘ široké využití:
  - $\frac{14}{7}$  v geodézii a v letectví (na elipsoidu)
  - $\frac{14}{7}$  v šikmé poloze bylo použito pro podrobné topografické mapy našeho území (tzv. Křovákovo zobrazení)
  - $\frac{14}{7}$  Mezinárodní letecká (aeronavigační) *mapa 1 : 1 000 000*
  - $\frac{14}{7}$  Mezinárodní mapa světa 1 : 1 000 000

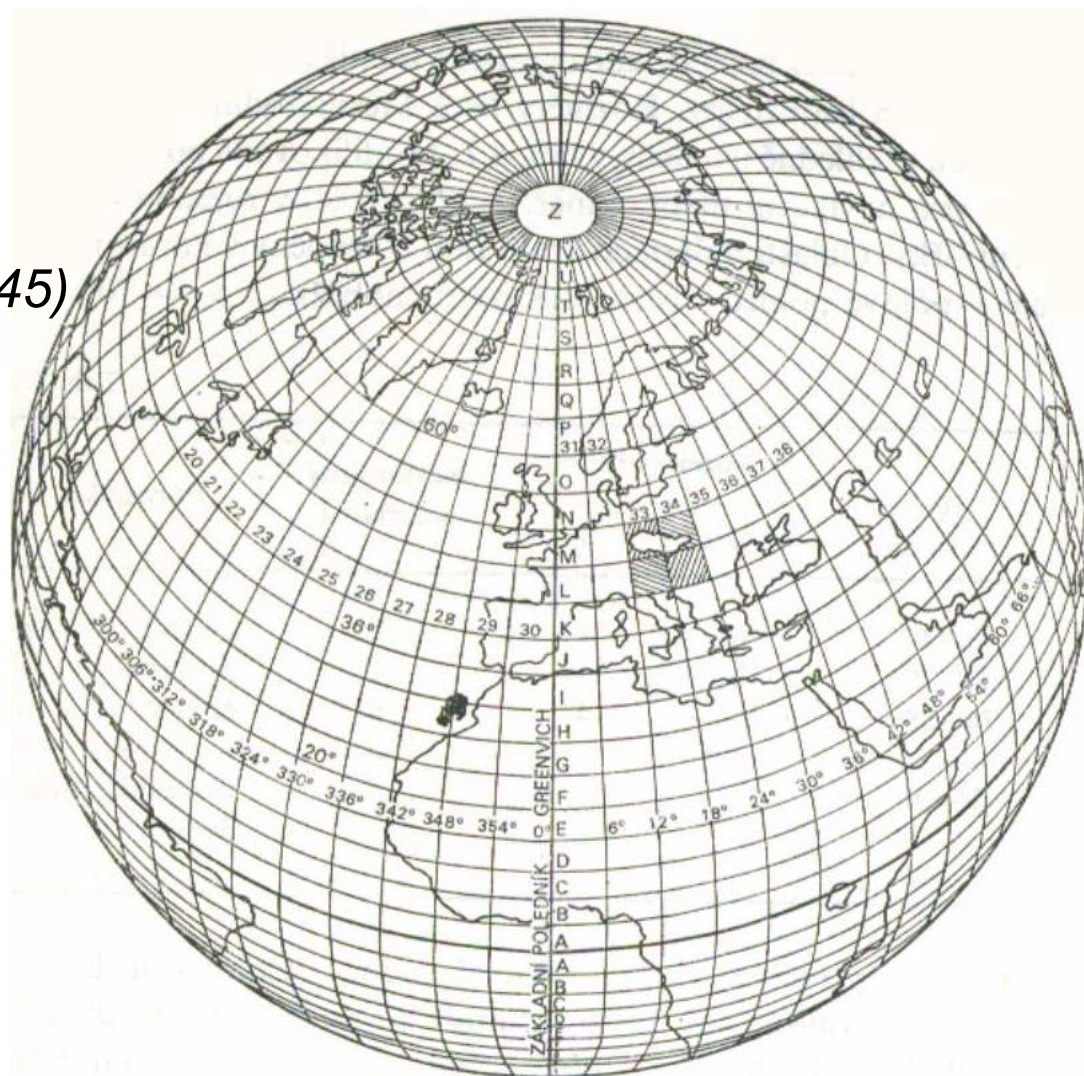


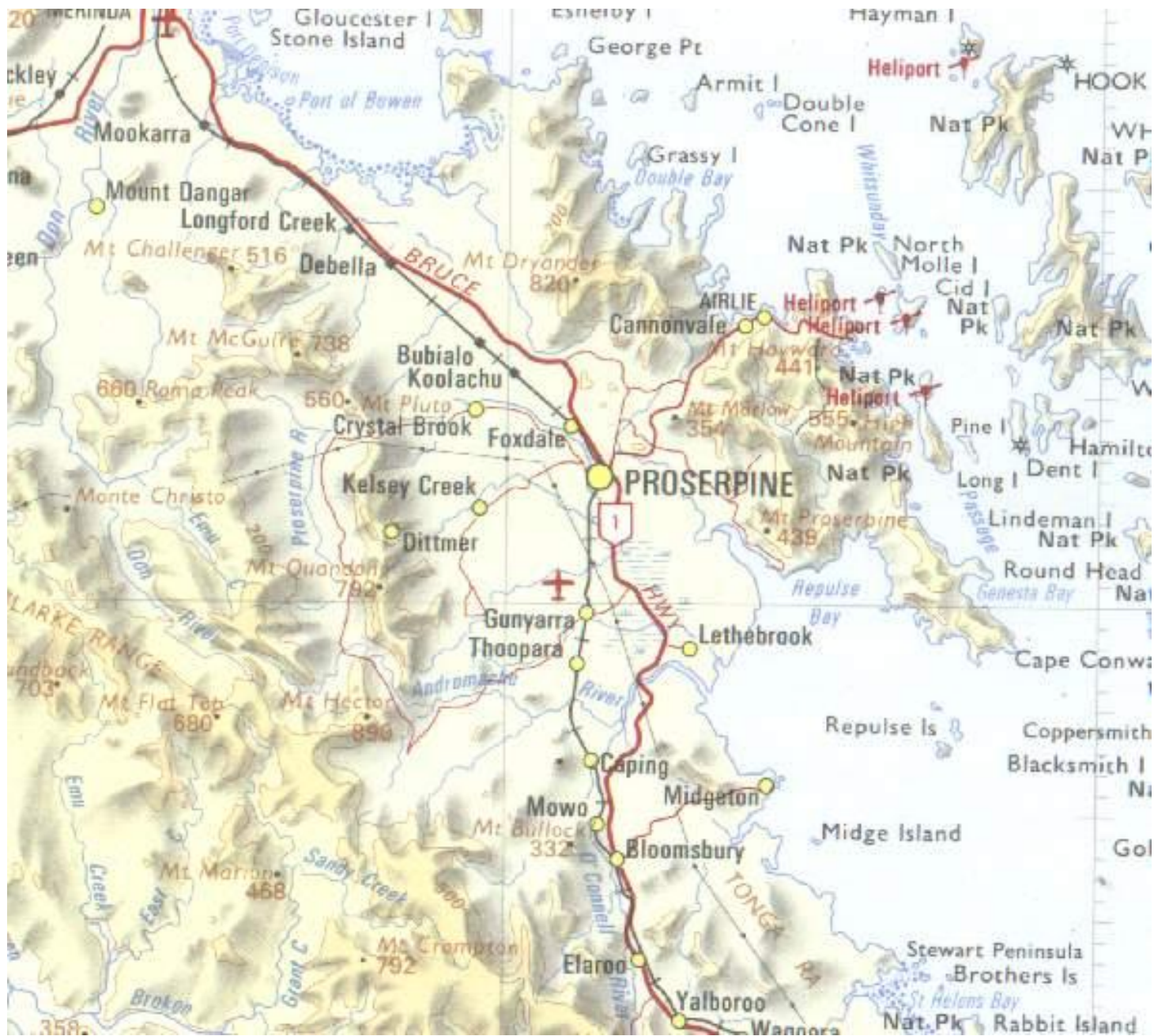
$$\varepsilon = \lambda \cdot \cos \delta_0$$
$$\rho = r \cdot \operatorname{tg} \delta_0 \left( \operatorname{tg} \frac{\delta}{2} \cdot \operatorname{cot} g \frac{\delta_0}{2} \right)^{\cos \delta_0}$$



# Mezinárodní mapa světa

- ↘ 1891 - 5. mezinárodní geografické konference
- ↘ *Albrecht Penck (1858-1945)*
- ↘ 2500 mapových listů v měřítku 1 : 1 000 000
- ↘ v r. 1913 vytvořena *pravidla pro tvorbu*
- ↘ od roku 1980 už není tvorba požadována
- ↘ nedokončena



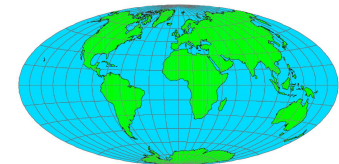




# Obecná kartografická zobrazení

## ↘ společné vlastnosti:

- <sup>14</sup>/<sub>7</sub> zobrazovací plochou nemusí být rovina, plášť válce ani plášť kužele
- <sup>14</sup>/<sub>7</sub> převod referenční plochy do roviny se provádí matematicky nebo geometricky tak, že se jednoduché plochy buď vůbec nepoužije nebo se použije více takových ploch současně
- <sup>14</sup>/<sub>7</sub> v normální poloze obsahuje alespoň jedna zobrazovací rovnice dvě proměnné, a to  $\phi$  a  $\lambda$
- <sup>14</sup>/<sub>7</sub> některá nemají zobrazovací rovnice vůbec
- <sup>14</sup>/<sub>7</sub> používají se nejčastěji pro mapy světa na jednom listu a většinou v normální poloze
- <sup>14</sup>/<sub>7</sub> většinou se jedná o plochojevná, vyrovnávací zobrazení
- <sup>14</sup>/<sub>7</sub> v normální poloze bývají obrazy rovníku a středního (základního) poledníku přímkové, navzájem kolmé



# Obecná zobrazení

## ↘ I. Nepravá

### <sup>14</sup>/<sub>7</sub> Pseudoazimutální

- ↘ vznikají z azimutálních afinní transformací
- ↘ křivkové obrazy poledníků a rovnoběžek

### <sup>14</sup>/<sub>7</sub> Pseudocylindrická (pseudoválcová)

- ↘ přímkové obrazy rovnoběžek a křivkové poledníků

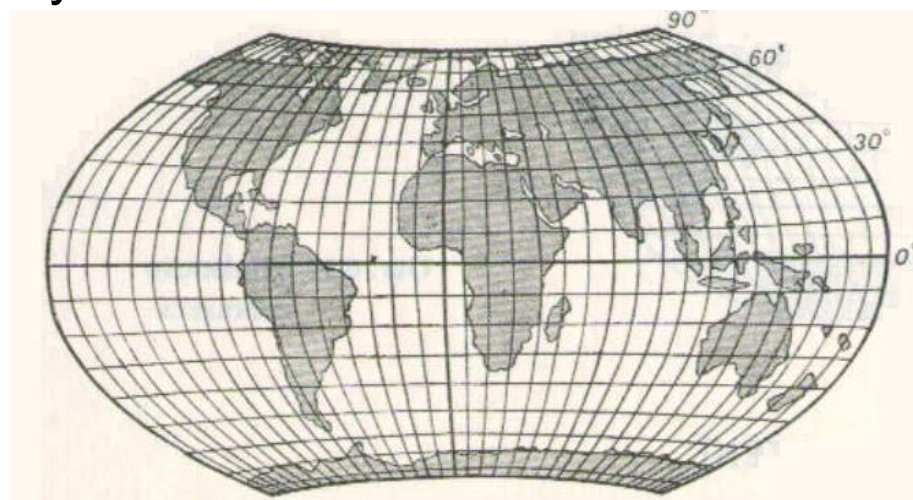
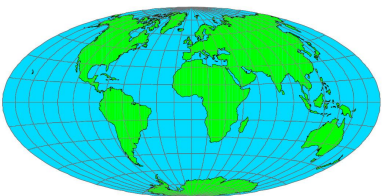
### <sup>14</sup>/<sub>7</sub> Pseudokonická (pseudokuželová)

- ↘ kruhové obrazy rovnoběžek a křivkové poledníků

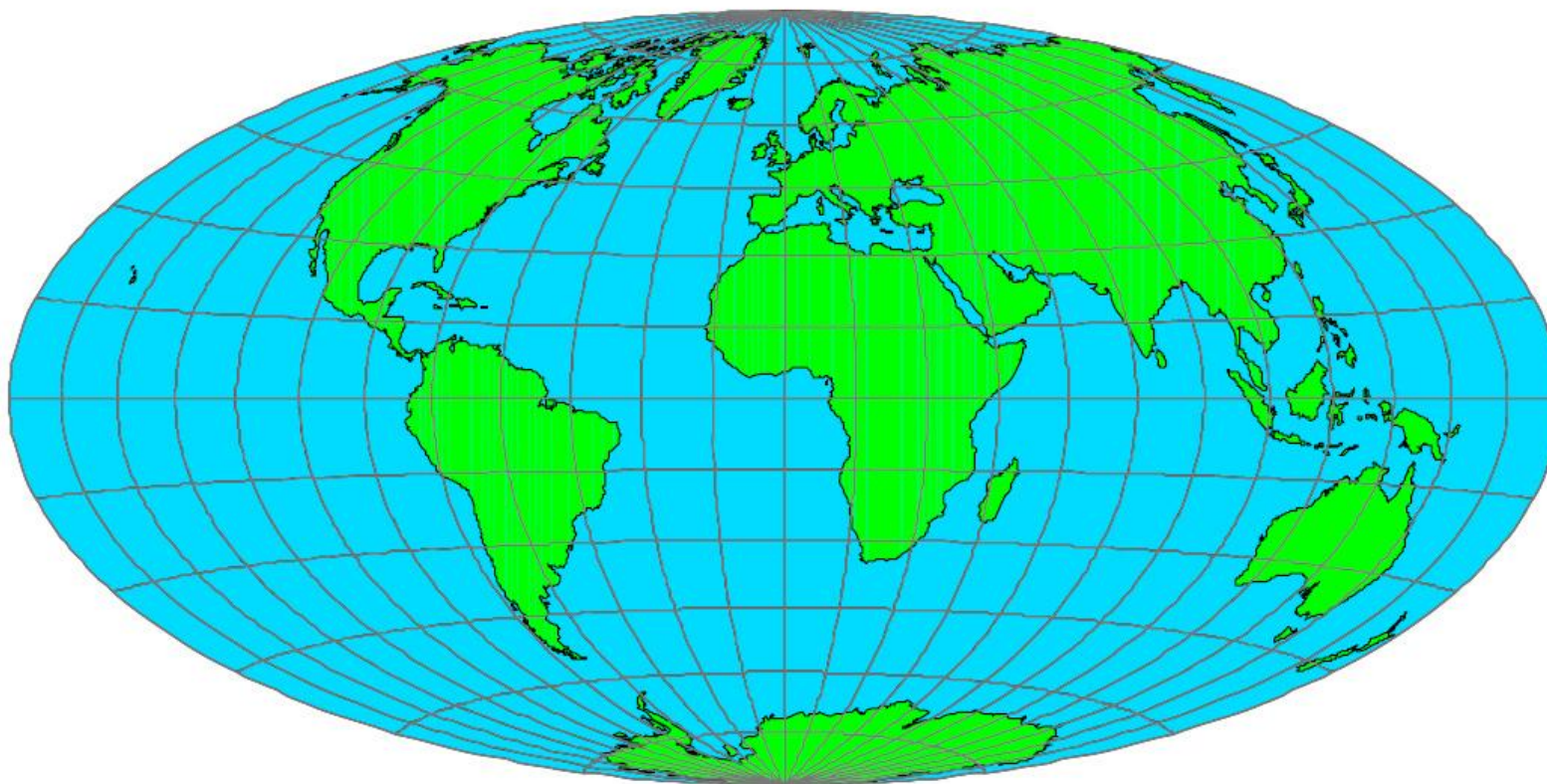
# Hammerovo zobrazení

- ↘ Ernest von Hammer (1892)
- ↘ pseudoazimutální
- ↘ z Lambertova zobrazení v příčné poloze
- ↘ y-souřadnice průsečíků sítě se ponechají a x-souřadnice se dvojnásobí (obrazy poledníků se přečíslují na dvojnásobek)
- ↘ plochojevné – vzájemný poměr poloos je možné měnit
- ↘ svět zobrazen do elipsy
- ↘ rovnoběžky se zobrazují jako křivky
  
- ↘ modifikace, kde póly se zobrazí jako křivky se nazývá Wagnerovo zobrazení

$$x = \frac{2 \cdot \sqrt{2} \cdot r \cdot \cos \varphi \cdot \sin \frac{\lambda}{2}}{\sqrt{1 + \cos \varphi \cdot \cos \frac{\lambda}{2}}}$$
$$y = \frac{\sqrt{2} \cdot r \cdot \sin \varphi}{\sqrt{1 + \cos \varphi \cdot \cos \frac{\lambda}{2}}}$$



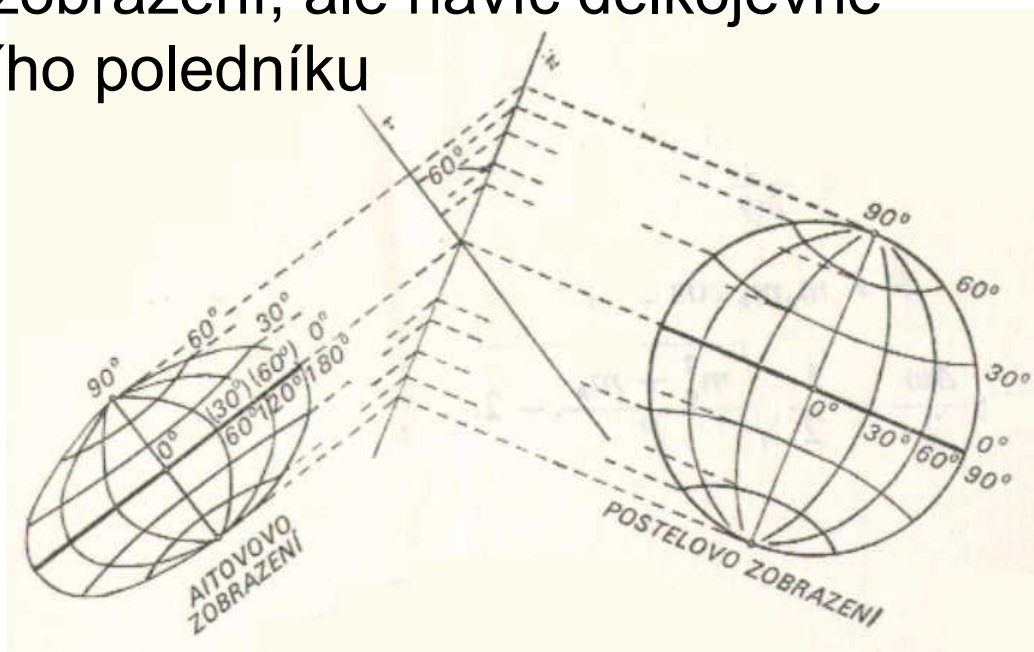
# Hammerovo nepravé azimutální zobrazení



# Aitowovo zobrazení

- ↘ *David Aitow, Rusko, 19. stol.*
- ↘ pseudoazimutální
- ↘ afinní transformace Postelova zobrazení
- ↘ podobné Hammerovu zobrazení, ale navíc délkojevné podél rovníku a středního poledníku
- ↘ vyrovnávací

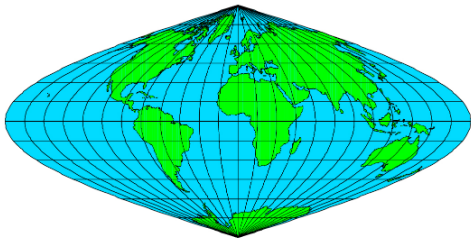
$$x = r \cdot \arccos \left[ \cos \varphi \cdot \cos \frac{\Delta \lambda}{2} \right] \cdot \cos D$$
$$y = 2 \cdot r \cdot \arccos \left[ \cos \varphi \cdot \cos \frac{\Delta \lambda}{2} \right] \cdot \sin D$$





# Sansonovo nepravé válcové zobrazení

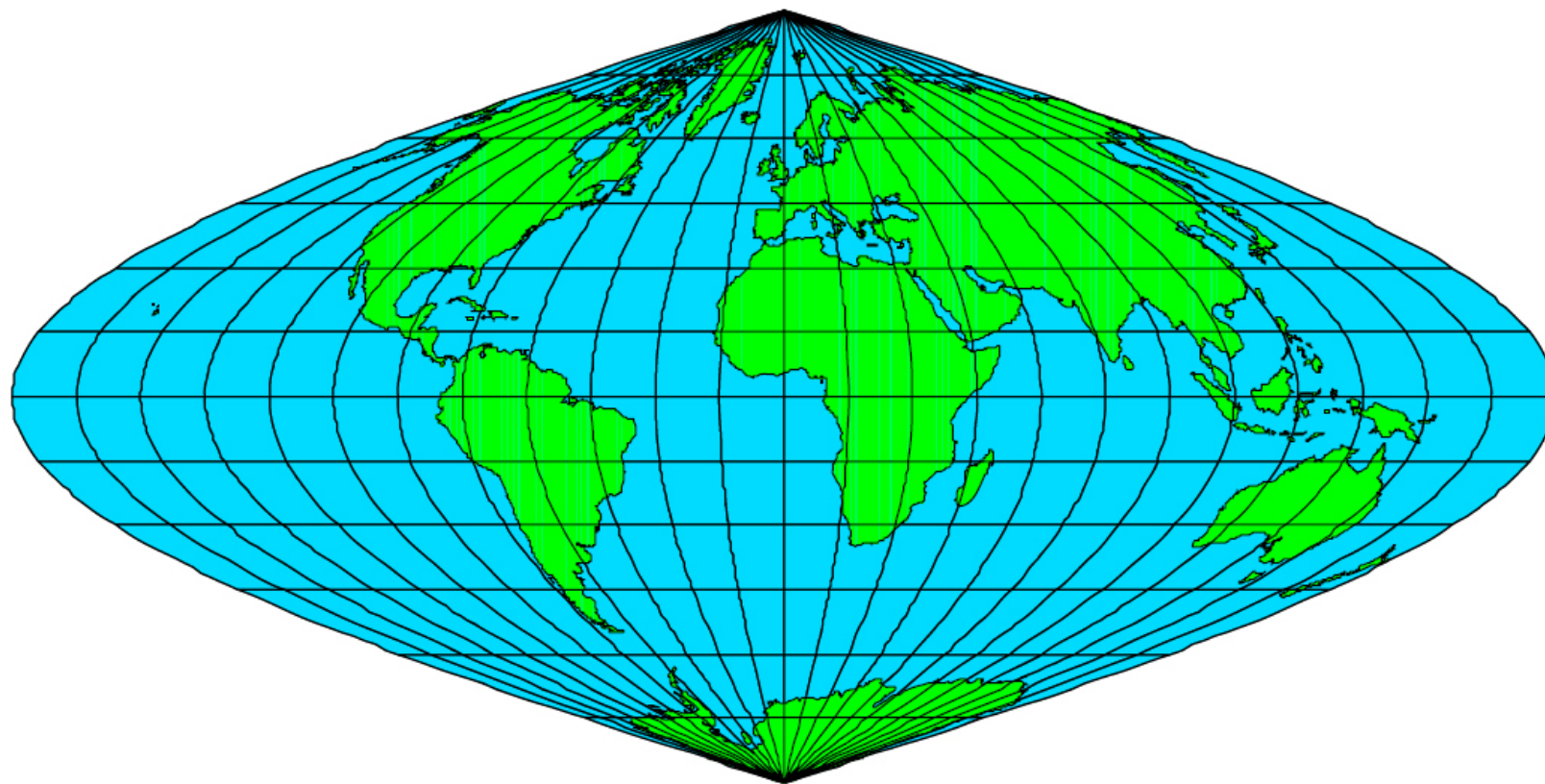
- ↘ Nicolas Sanson (velké užití), ale autor Jean (Johan) Cossin
- ↘ pseudocylindrické
- ↘ vychází z Marinova zobrazení tak, že se přímkové obrazy rovnoběžek zkrátí po obou stranách, aby byly zachována délkojevnost
- ↘ jejich rozdělením na stejné díly se dosáhne průsečíků s poledníky
- ↘ obrazy poledníků jsou poloviny sinusoid (Sinusoidální zobrazení)
- ↘ plochojevné
- ↘ délkojevné podél všech rovnoběžek a středního poledníku
- ↘ u pólu velké úhlové zkreslení, používají se většinou pouze výřezy



$$x = r \cdot \text{arc} \lambda \cdot \cos \varphi$$
$$y = r \cdot \text{arc} \varphi$$



# Sansonovo zobrazení

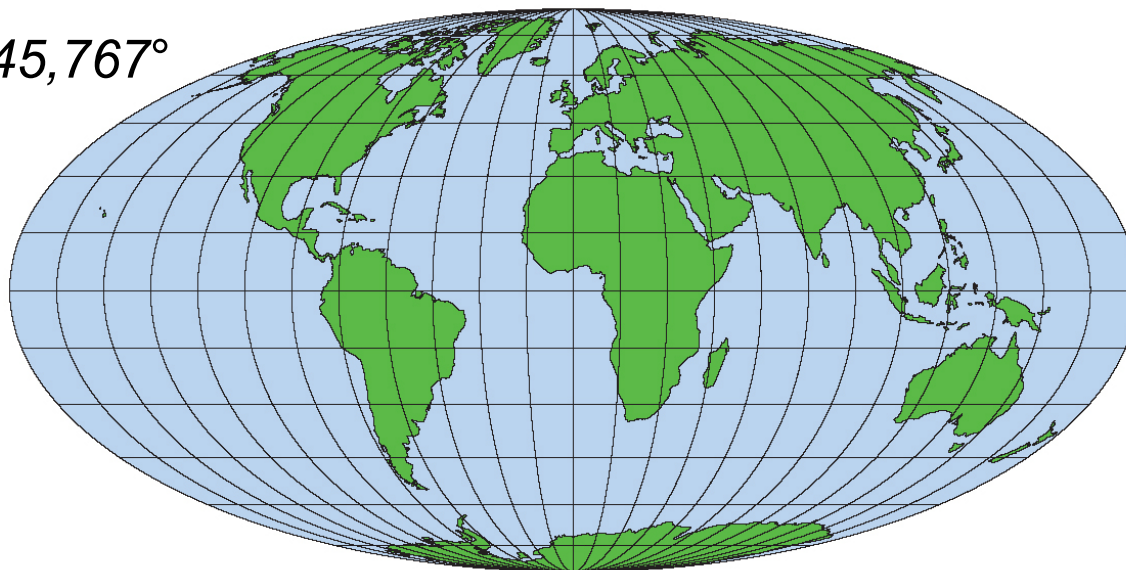


# Mollweidovo nepravé válcové zobrazení

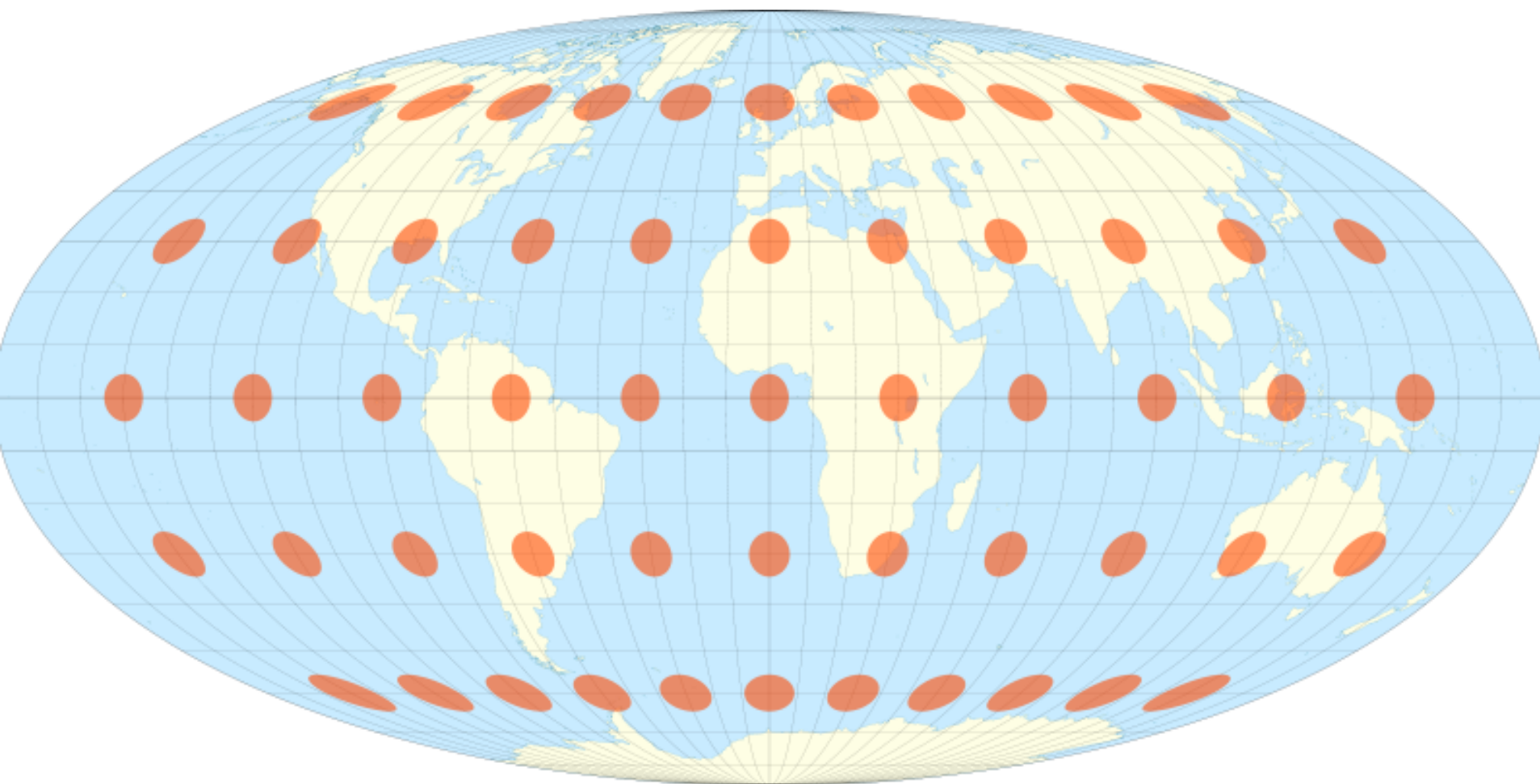
- ↘ *Karl Brandan Mollweide*
- ↘ pseudocylindrické
- ↘ obrazy rovnoběžek jsou přímkové, kolmé na střední poledník, zhušťují se k pólům
- ↘ střední poledník je přímkový, ostatní eliptické
- ↘ plochojevné
- ↘ délkojevné podél  $\varphi_0 = \pm 45,767^\circ$
- ↘ svět v elipse (2:1)

$$x = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot r \cdot \cos \psi \cdot \text{arc} \lambda$$

$$y = r \cdot \sqrt{2} \cdot \sin \psi$$



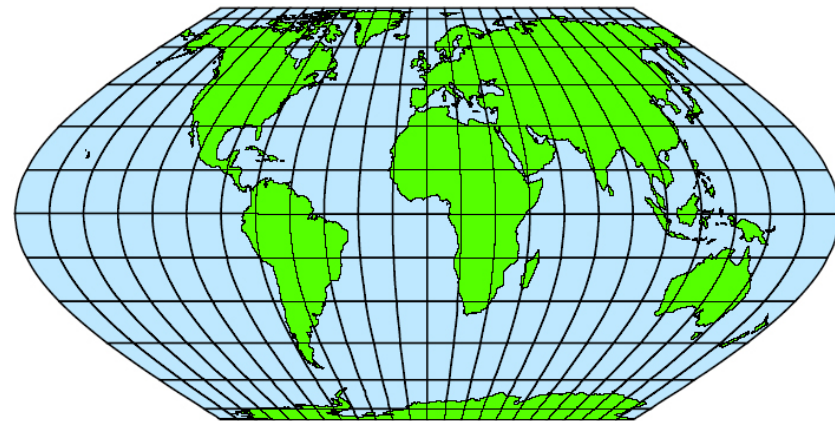
# Mollweidovo nepravé válcové zobrazení



# Eckertovo nepravé válcové zobrazení

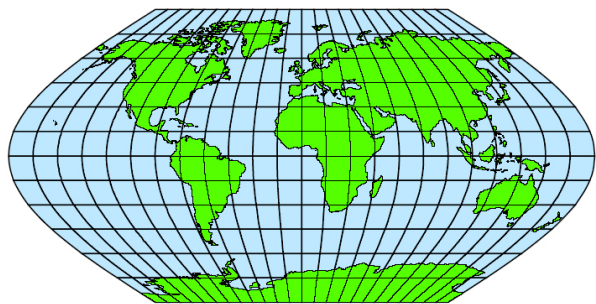
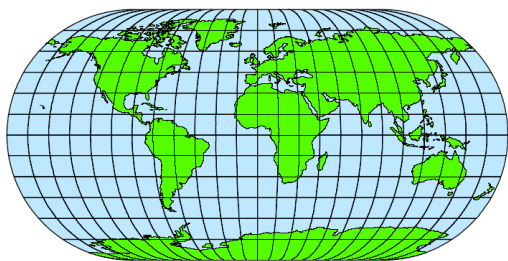
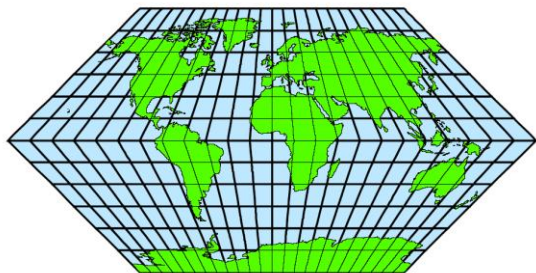
- ↘ Max Eckert, 1906 (celkově 6 zobrazení)
- ↘ pseudocylindrické
- ↘ základní poledník a oba póly se zobrazují jako úsečky o  $\frac{1}{2}$  délce rovníku
- ↘ poledníky mají sinusoidální průběh a dělí od rovníku zhušťující se rovnoběžky na stejné díly (jako u Sansonova zobrazení)
- ↘ tvarem připomíná sud
- ↘ plochojevné
- ↘ délkojevné podél  $\varphi_0 = \pm 49,268^\circ$

$$x = 0,882 \cdot r \cdot \arccos \lambda \cdot \cos^2 \frac{\psi}{2}$$
$$y = 0,882 \cdot r \cdot \arcsin \psi$$

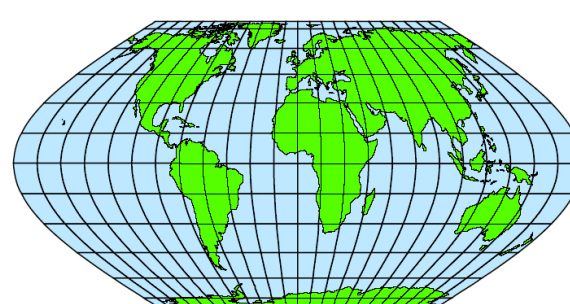
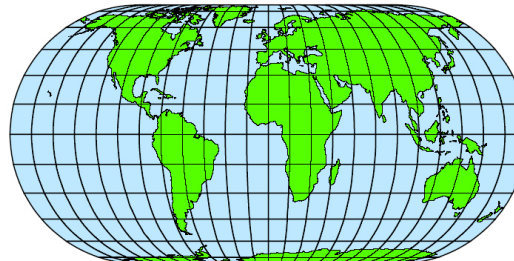


# Eckertova nepravá válcová zobrazení

nejsou ekvivalentní



jsou ekvivalentní

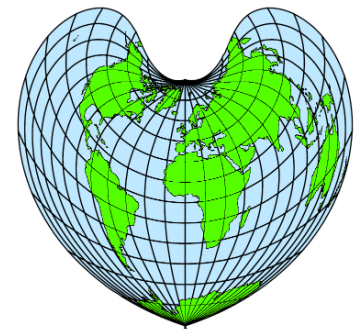




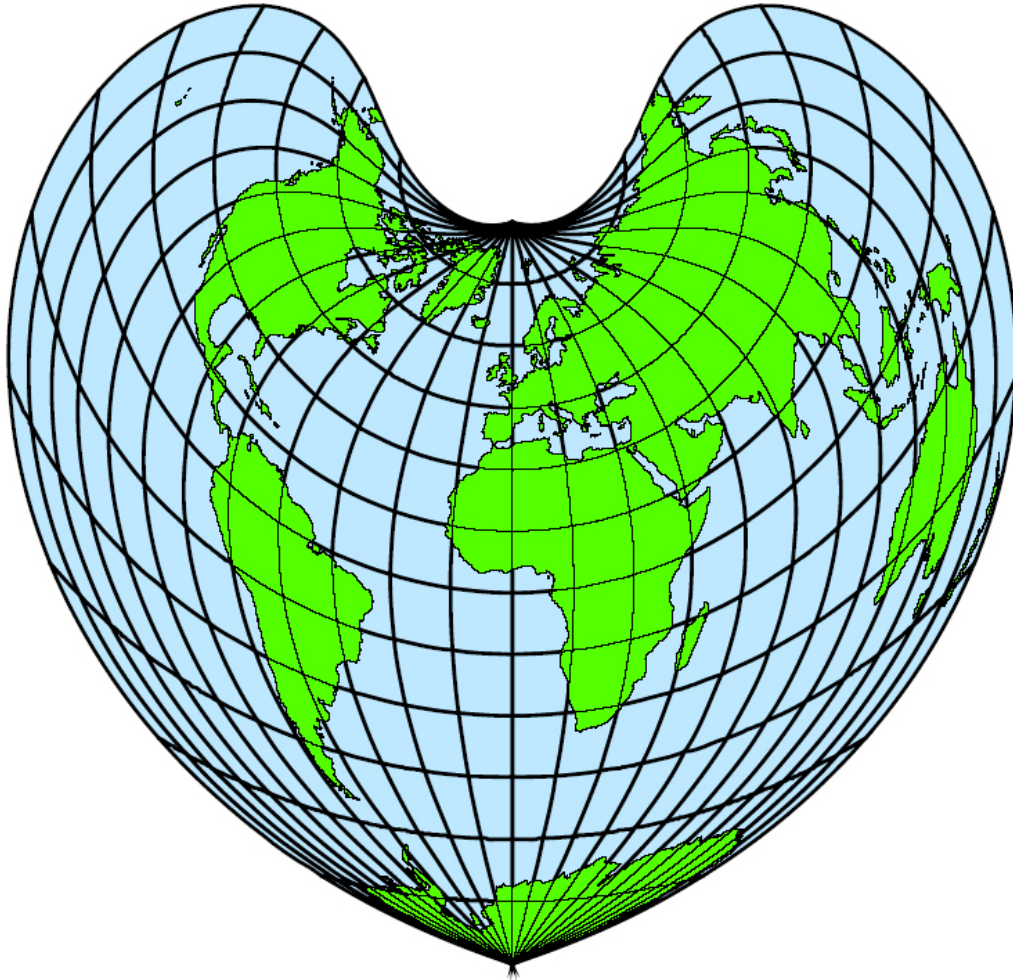
# Bonneovo nepravé kuželové zobrazení

- ↘ *Rigobert Bonne, 1752*
- ↘ pseudokonické
- ↘ vznikne z Ptolemaiova zobrazení zkrácením obrazů rovnoběžek tak, aby byly délkojevné
- ↘ jejich rozdělením na stejné části (viz Sansonovo zobrazení) vzniknou průsečíky s poledníky
- ↘ obrazy rovnoběžek jsou tedy délkojevné, poloměry podle Ptolemaiova vzorce
- ↘ střední poledník délkojevný, póly bodové
- ↘ plochojevné
- ↘ při  $\varphi_0$  ve vyšších zeměpisných šířkách má tvar srdce a při  $\varphi_0 = 0^\circ$  se jedná o Sansonovo zobrazení
- ↘ pro  $\varphi_0 = 90^\circ$  se nazývá Wernerovo – *Stabeovo*
- ↘ dříve pro mapy světadílů

$$\rho = r \cdot \left[ \operatorname{tg} \delta_0 + \operatorname{arc}(\delta - \delta_0) \right]$$
$$\varepsilon = \frac{360^\circ \cdot \sin \delta}{\operatorname{tg} \delta_0 + \operatorname{arc}(\delta - \delta_0)}$$



# Bonneovo nepravé kuželové zobrazení





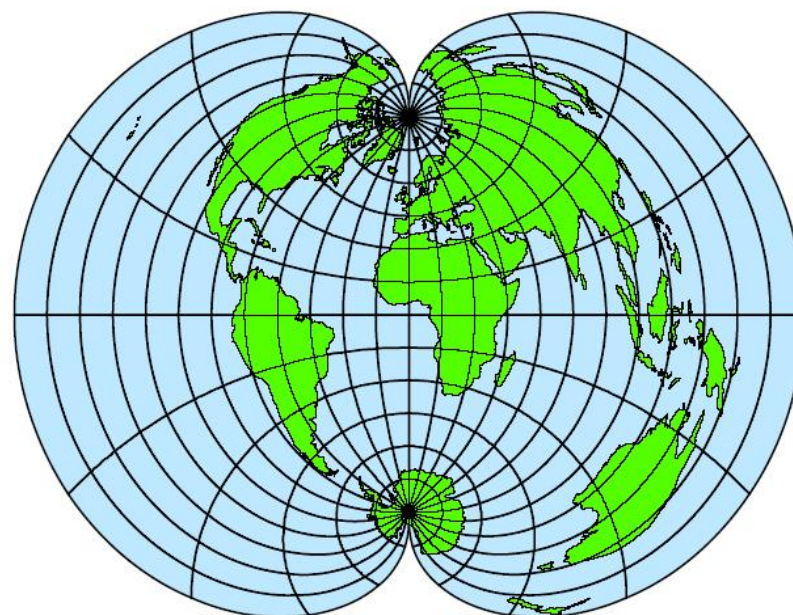
# Obecná zobrazení

## ↘ II. Polykónická

- ↘ vznikla, protože u kuželových zobrazení není mimo jednu až dvě zachované rovnoběžky nic dalšího délkojevného
- ↘ obzvláště směrem k druhému pólu silně narůstá zkreslení
- ↘ polykónická zobrazení zobrazují každou rovnoběžku na samostatný kužel
- ↘ tedy více různých kuželů
- ↘ obrazy rovnoběžek tvoří nesoustředné kružnice
- ↘ základní poledník je přímkový

# Americké polykónické zobrazení

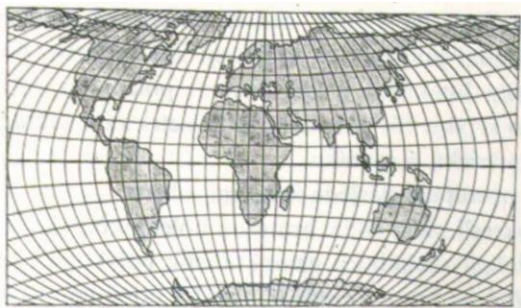
- ↘ *Ferdinand Rudolph Hassler, 19. stol.*
- ↘ obrazy rovníku a středního poledníku jsou přímkové a délkojevné
- ↘ obrazy rovnoběžek (části kružnic) jsou délkojevné
- ↘ póly se zobrazí do bodu
- ↘ délkojevné podle všech rovnoběžek a středního poledníku
- ↘ velké zkreslení při okrajích, používá se jen střední část
- ↘ *tvar jablka*
- ↘ modifikace: anglické zobrazení, více zploštělá ve vertikálním směru
- ↘ použito pro Topografickou mapu GŠ ČSA 1 : 1 mil.



$$\rho = r \cdot \operatorname{tg} \delta$$
$$y_0 = \rho + \operatorname{arc} \varphi$$

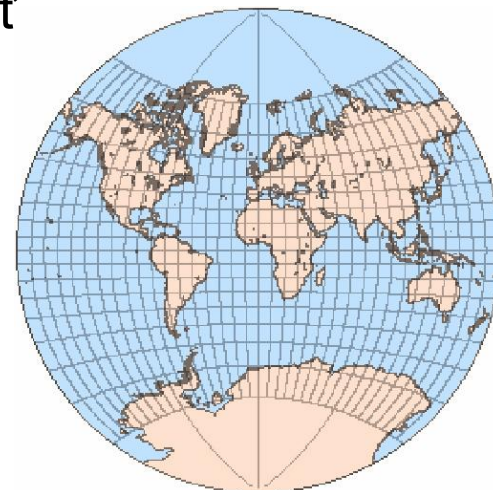
# Zobrazení CNIIGAiK

- ↘ G. A. Ginzburg (Centralnyj naučnoisledovatel'skij institut geodezii, aerofotosjomky i kartografii)
- ↘ vypočten na základě požadovaného zkreslení
- ↘ nemá zobrazovací rovnice, pouze tabulkové hodnoty souřadnic  $x, y$ , odpovídající obrazům průsečíků zeměpisné sítě
- ↘ póly i rovnoběžky křivkové
- ↘ použito v ŠAS v 70. letech, více variant
- ↘ nic jevného, kompenzační



# Grintenovo kruhové zobrazení

- ↘ *Alphons J. van der Grinten (1904)*
- ↘ obraz světa do kruhu o poloměru  $\pi \cdot r$
- ↘ rovník a střední poledník - v průměrech, vzájemně kolmé
- ↘ rovnoběžky i poledníky jsou části kružnic
- ↘ vyrovnávací
- ↘ zkreslené oblasti pólů se na mapách světa ořezávají a do obdélníku se naopak dokresluje zeměpisná síť (tedy např. Aljaška bývá zobrazena 2x)



# Obecná zobrazení

## ↙ III. Víceplošná

- ↙ zmenšují zkreslení pomocí rozdělení zobrazovaného území na menší části
- ↙ na každý sférický lichoběžník je použito zobrazení se samostatnou souřadnicovou soustavou
- ↙ např. glóbus rozdělen na rovnoběžkové či poledníkové pásy a každý pás je zobrazen na novou zobrazovací plochu
- ↙ *mapy nelze sestavit vedle sebe bez mezer*
- ↙ nejčastěji:
  - $\frac{14}{7}$  koule na mnohostěny
  - $\frac{14}{7}$  hvězdicové mapy (planisféry)
  - $\frac{14}{7}$  poledníkové pásy pro glóbus
  - $\frac{14}{7}$  sférický lichoběžník do roviny kuželu, válce



# Víceplošná zobrazení

- ↘ polyedrická – k tvorbě víceplošných glóbů, ze sférických lichoběžníků jejichž složením vznikne polyedr
- ↘ mnohoválcová – pro glóbusové pásy (Gauss-Krügerovo zobrazení, UTM)
- ↘ pankónická – např. 4 kužely (a tedy 4 kuželové pásy)  
Delislova zobrazení



# Obecná zobrazení

## ↘ IV. Neklasifikovaná

### ↘ smíšená

<sup>14</sup>/<sub>7</sub> průměry souřadnic u dvou různých zobrazení

### ↘ dělené sítě

<sup>14</sup>/<sub>7</sub> různé polohy zobrazovacích ploch (více středních poledníků) tak, aby geografické celky (např. kontinenty) zapadly do částí sítě (mají společný například rovník)

<sup>14</sup>/<sub>7</sub> jedno zobrazení členěno na více částí

### ↘ kombinované sítě

<sup>14</sup>/<sub>7</sub> založeny na dvou nebo více sítích sestrojených v různých zobrazeních tak, aby bylo možné přiložit mapy částí zemského povrchu k sobě podél některé části zeměpisné sítě

<sup>14</sup>/<sub>7</sub> dvě či více zobrazení na sebe spojitě navazují



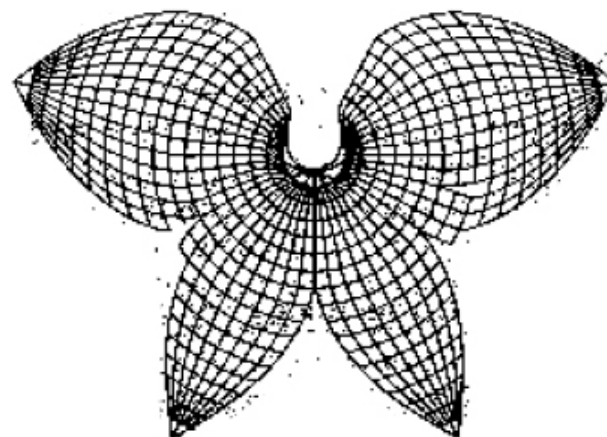
# Neklasifikovaná zobrazení

## ↘ **Bartholomewovo**

$\frac{14}{7}$  kombinované a dělené

$\frac{14}{7}$  vzniklo z *Postelova* a

Bonneova zobrazení

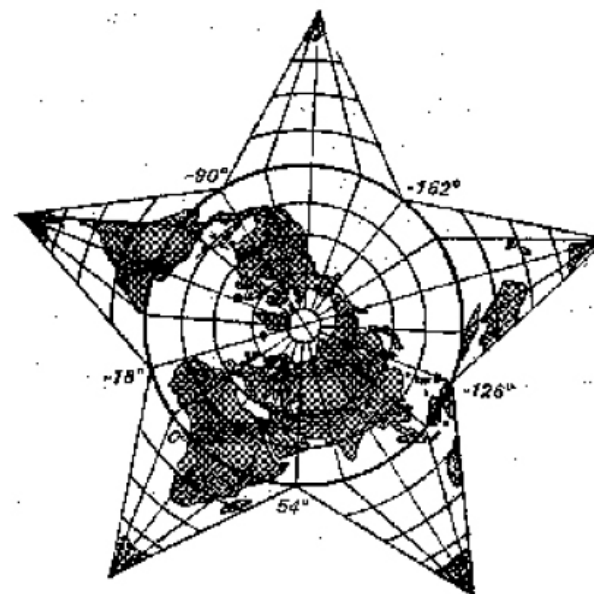


## ↘ Berghaussovo hvězdicové zobrazení

$\frac{14}{7}$  dělené

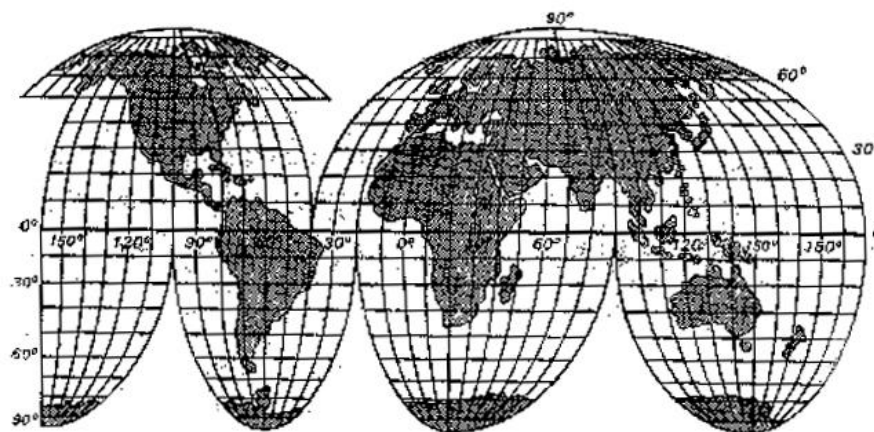
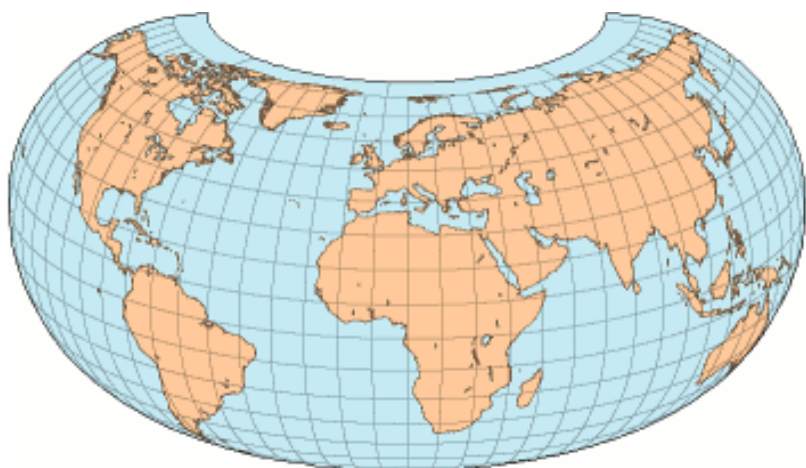
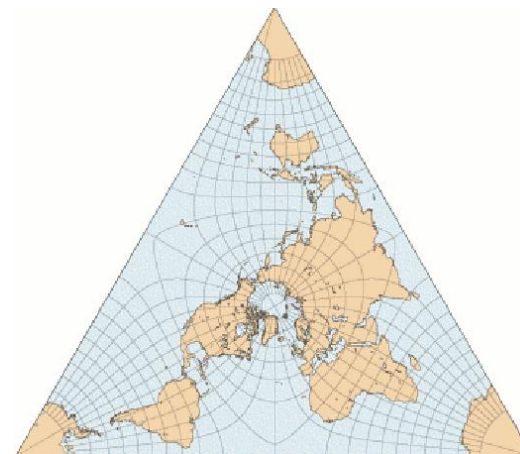
$\frac{14}{7}$  střed tvoří *Postelovo* zobrazení

$\frac{14}{7}$  podobné je *Petermannovo* zobrazení (8 cípů)



# Neklasifikovaná zobrazení

- ↘ Ortoapsidální zobrazení (armadillo)
  - $\frac{14}{7}$  úhlojevné
  - $\frac{14}{7}$  ve znaku České kartografické společnosti
- ↘ Leeovo zobrazení
  - $\frac{14}{7}$  úhlojevné, svět do trojúhelníku
- ↘ Mollweidovo zobrazení v Goodově úpravě

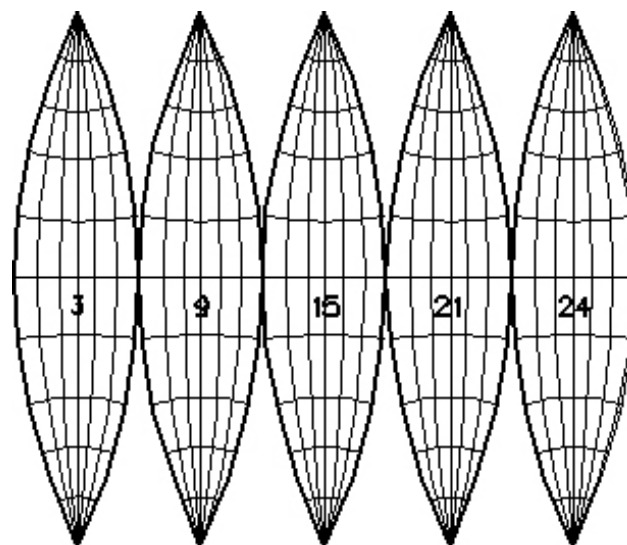


# Geodetická zobrazení

- ↘ slouží pro geodetické účely (tedy přesné vyměřování) a mapování velkých měřítek
- ↘ úhlojevná – aby nezkreslovala úhly jakožto základní měřičský prvek
- ↘ vycházejí z referenčních elipsoidů (nikoli z koule)
- ↘ zvláštnosti v označování souřadnic:
  - $\frac{14}{7}$  x má význam y, y má význam x
  
- ↘ **Gaussovo-Krügerovo**
- ↘ Křovákovo
- ↘ **UTM**

# Gauss-Krügerovo zobrazení

- ↘ odvozeno Gaussem (19.stol.), propracováno Krügerem
- ↘ úhlojevné válcové příčné zobrazení elipsoidu do roviny
- ↘ bez použití referenční koule
- ↘ 1952 pro Topografickou mapu ČSSR a státy Varšavské smlouvy (využívá Krasovského elipsoidu)
- ↘ na jeden válec se zobrazí úzký pás území, protáhlý podél dotykového poledníku
- ↘ systém sférických dvojúhelníků po  $6^\circ$  (od 1 válce dotýkajícího se podél poledníku)

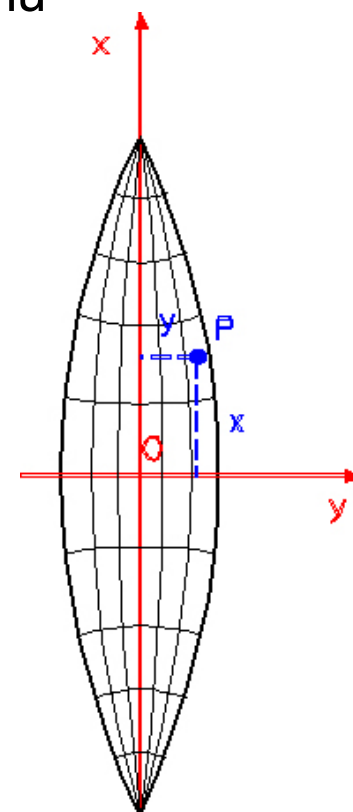


# Gauss-Krügerovo zobrazení

- ↘ dvojúhelník je vymezený dvěma poledníky s intervalem  $6^\circ$
- ↘ délkové zkreslení max 1,00057, na 1 : 10 000 se tedy neprojeví
- ↘ zeměpisné délky se udávají vzhledem ke greenwichskému poledníku
- ↘ základní poledník přímkový a délkojevný
- ↘ rovník nedélkojevný a přímkový
- ↘ obrazy poledníků sinusoidy, rovnoběžek paraboly
- ↘ v rovnicích značí  $x$  vzdálenost od obrazu rovníku,  $y$  od poledníku

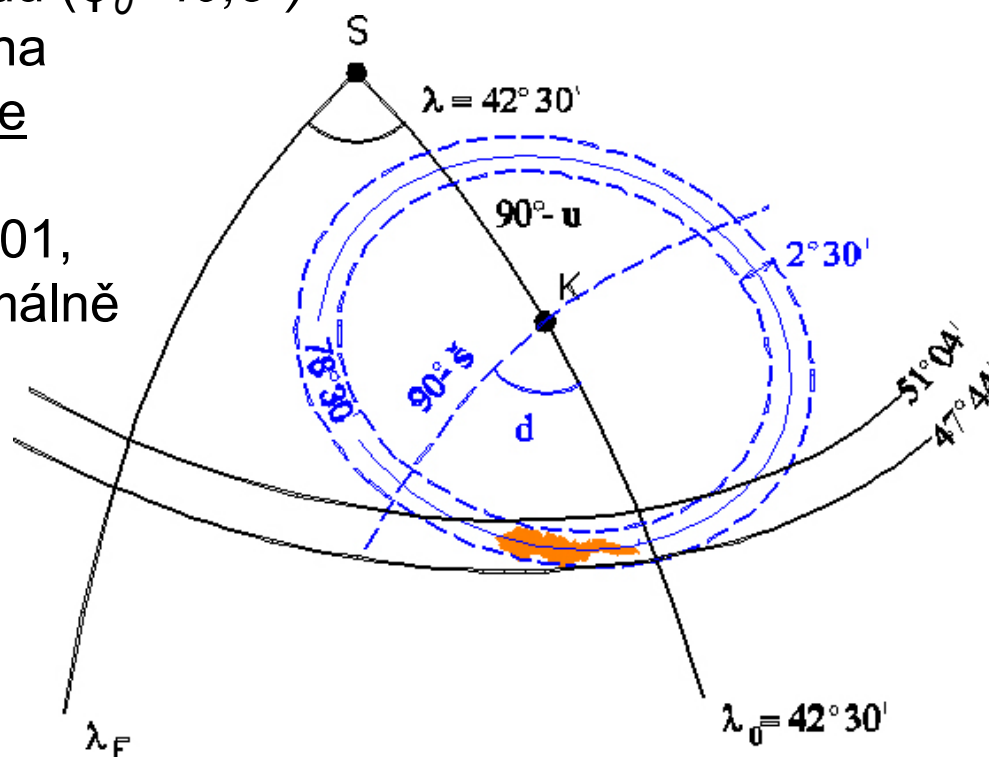
$$x = X_\varphi + N \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi \cdot \frac{\text{arc}^2 \Delta \lambda}{2} - k$$

$$y = N \cdot \cos \varphi \cdot \text{arc} \Delta \lambda + N \cdot \cos^3 \varphi \left( 1 - \text{tg}^2 \varphi + \cos^2 \varphi \frac{a^2 - b^2}{b^2} \right) \cdot \frac{\text{arc}^3 \Delta \lambda}{6} - p$$



# Křovákovo zobrazení

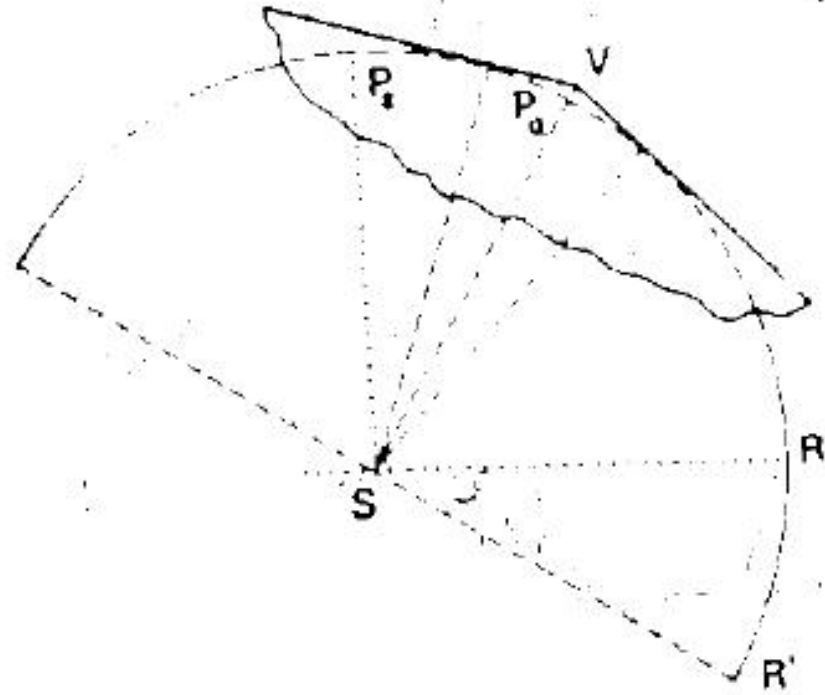
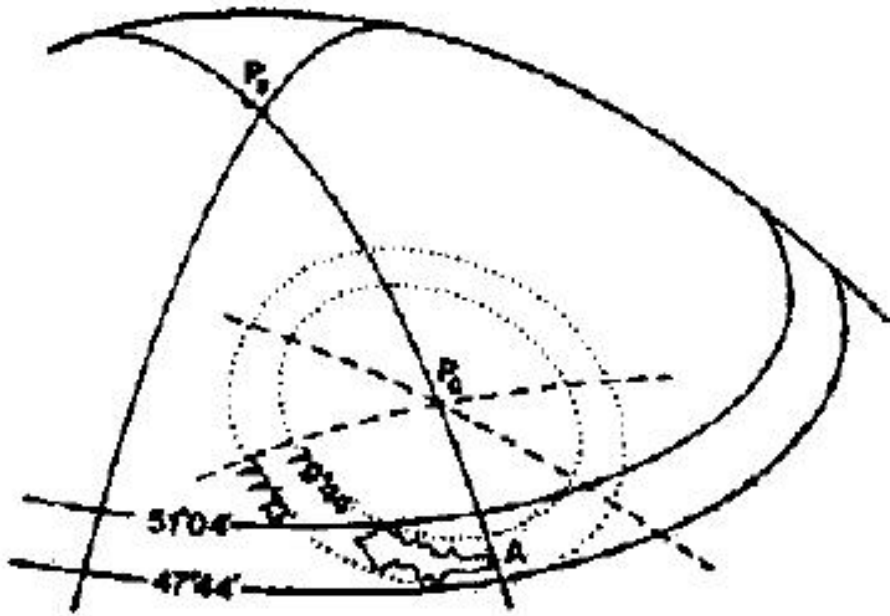
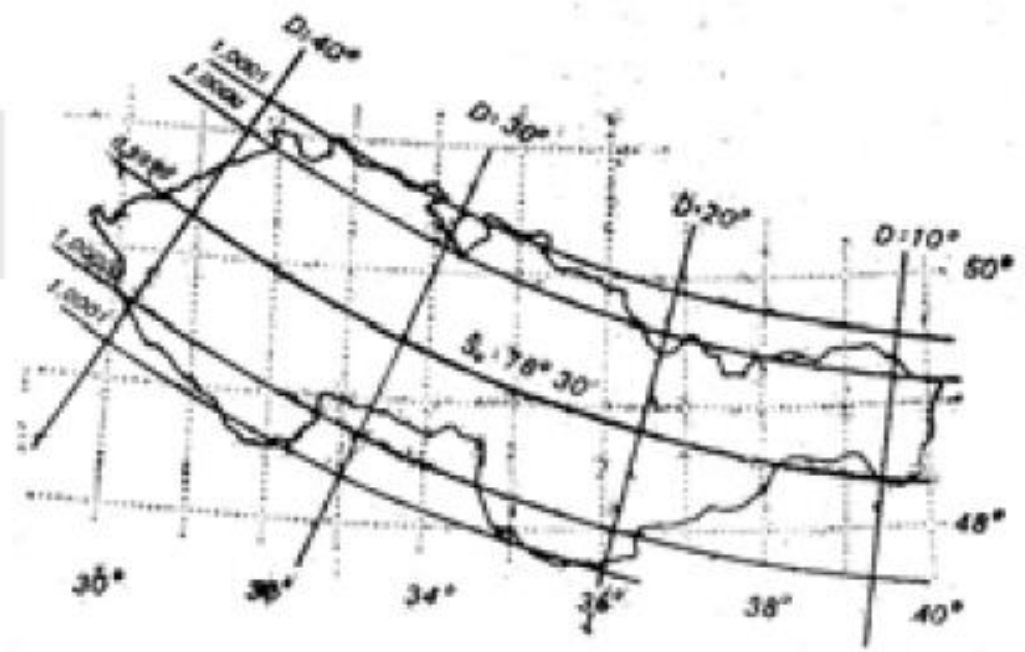
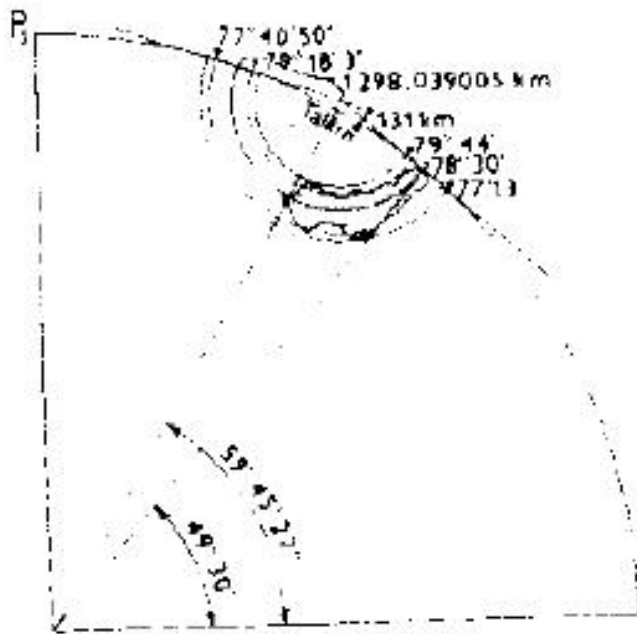
- ↘ Gaussovo úhlojevné kuželové zobrazení v šikmé poloze převádějící Besselův elipsoid na referenční kouli ( $R = 6\,380,7$  km - *Gaussova koule*)
- ↘ tato koule má s elipsoidem jediný dotykový bod, délkově je zachována rovnoběžka elipsoidu ( $\varphi_0 = 49,5^\circ$ )
- ↘ koule opět konformně zobrazena na sečný kužel v obecné poloze
- ↘ maximální délkové zkreslení od 0,9999 až po 1,0001, tedy délka 1 km se mění maximálně o 1 dm, což se např. v mapě s měřítkem 1:1000 prakticky neprojeví



# Křovákovo zobrazení

- ↘ v Československu zavedeno poprvé v roce 1922 nejprve pro katastrální mapy, později i pro mapy tzv. definitivního vojenského mapování
- ↘ zeměpisné délky se udávají vzhledem k Ferrskému poledníku
- ↘ kartografický pól:  $\phi=59^{\circ}42'42,7''$ ,  $\lambda=42^{\circ}31'31,4''$  (nad Tallinem)
- ↘ v mapách postačuje zobrazit poledníky přímkami a rovnoběžky soustřednými kružnicemi (správně se však jedná v obou případech o složité křivky)
- ↘ pomocí zobrazení se převáděly trigonometrické body I. řádu jednotné sítě československé do roviny – *vznikla tedy soustava rovinných souřadnic pro tzv. československou jednotnou trigonometrickou síť katastrální (JTSK)*
- ↘ *od roku 1968 - Základní mapa ČSSR*



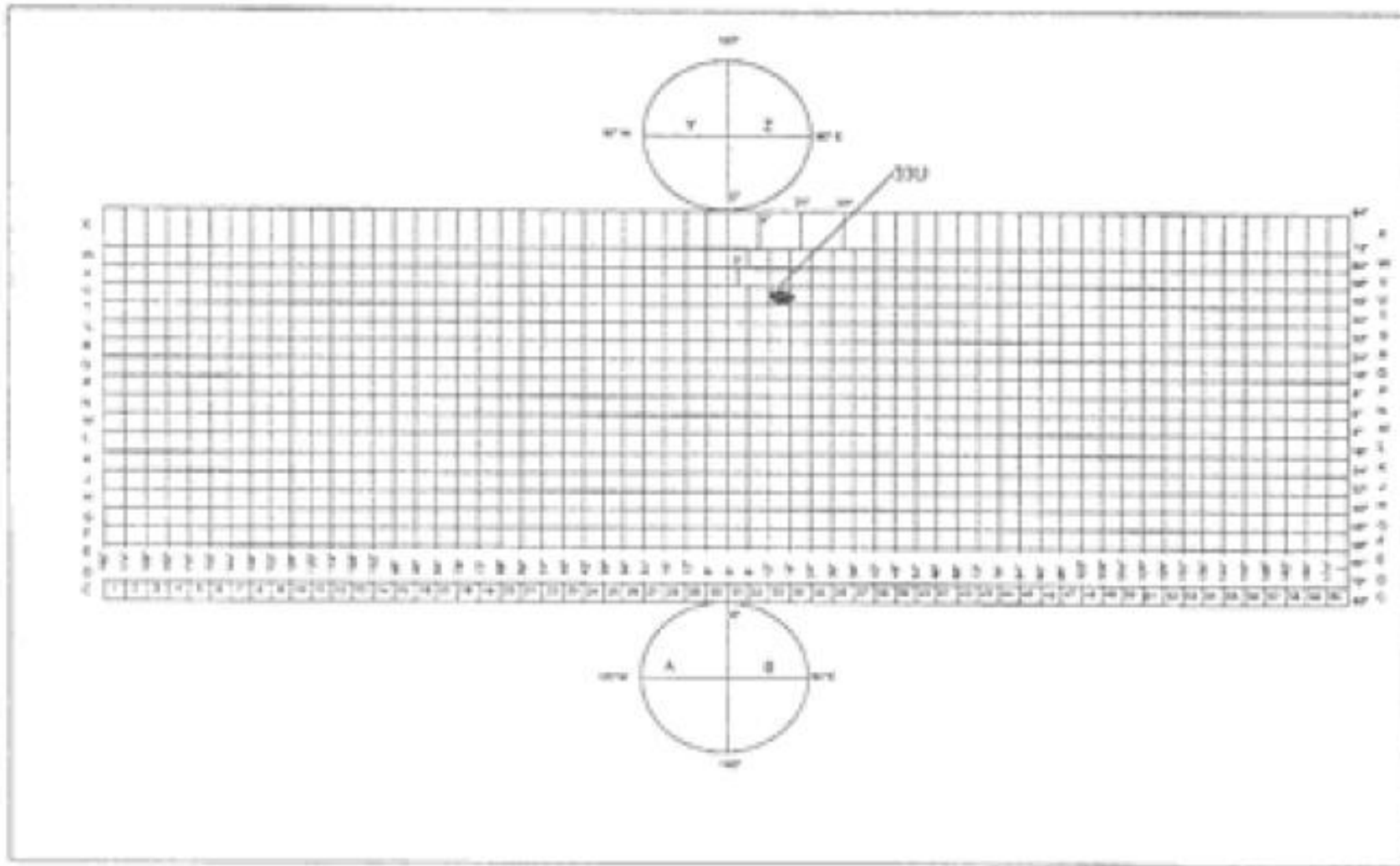


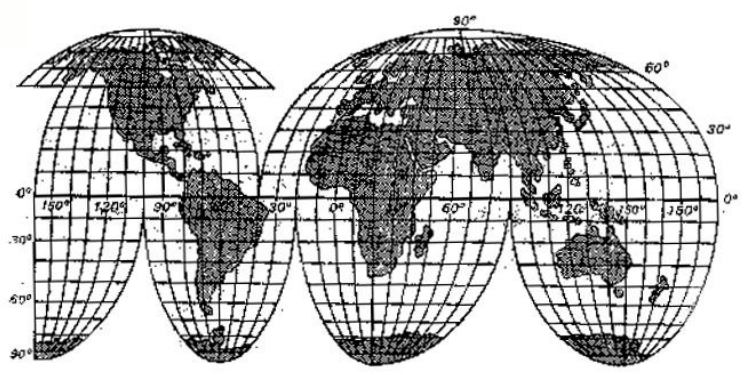
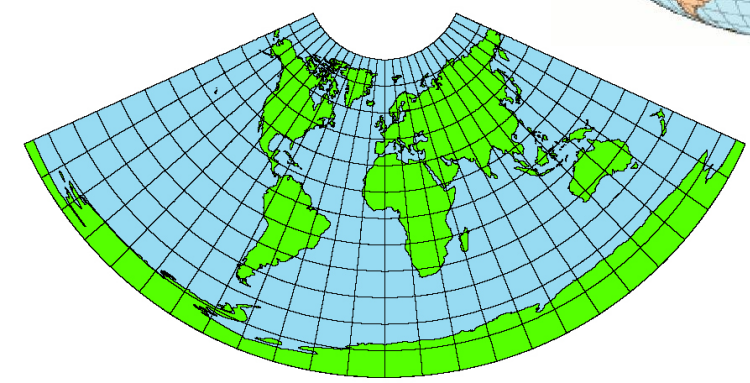
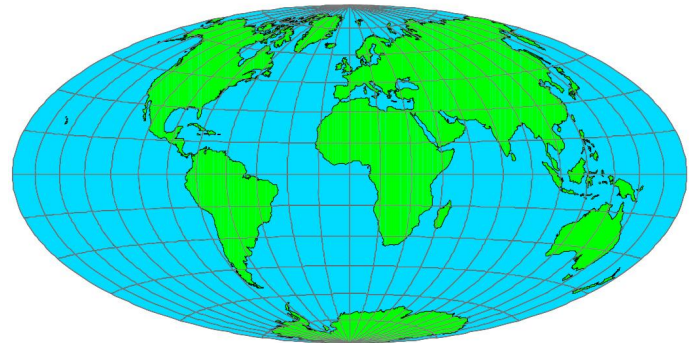
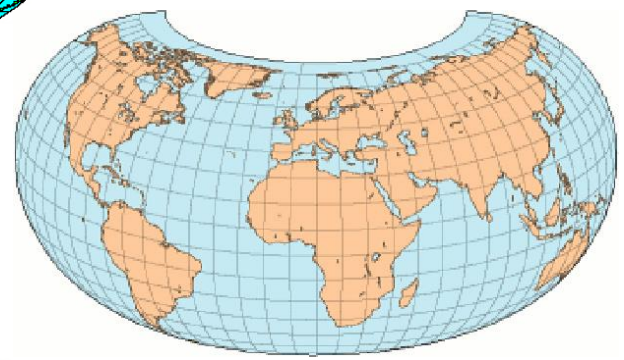
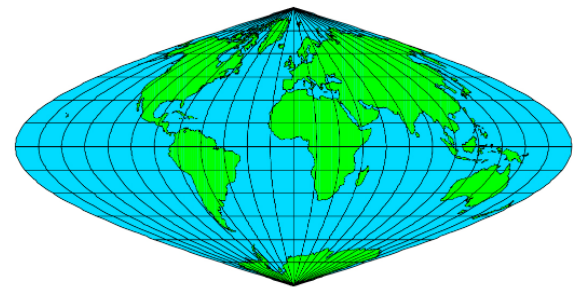
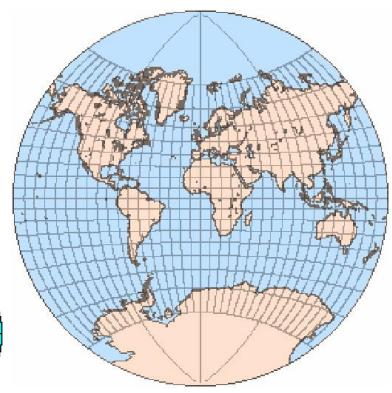
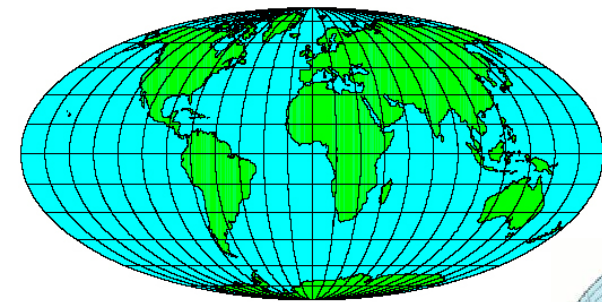
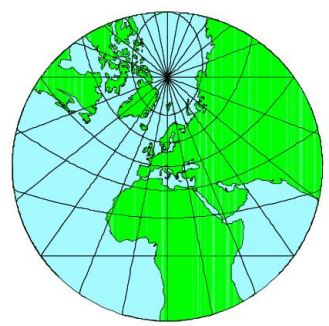
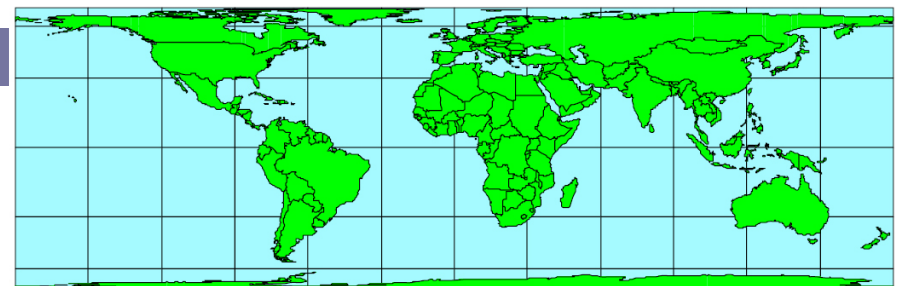
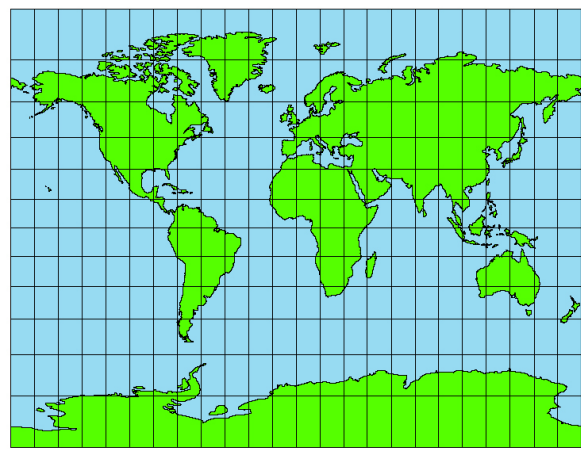
# UTM

## (Universal Transverse Mercator)

- ↘ úhlojevné válcové příčné sečné Mercatorovo zobrazení
- ↘ dříve pro vojenské mapy USA a NATO, dnes běžné
- ↘ *od Gauss-Krügerova se liší:*
  - <sup>14</sup>/<sub>7</sub> používá elipsoid WGS84
  - <sup>14</sup>/<sub>7</sub> pro lepší rozdělení zkreslení nejsou základní poledníky pásů délkojevné (1,0004 × kratší)
  - <sup>14</sup>/<sub>7</sub> používá se pouze pro území mezi 80. rovnoběžkami
- ↘ pro polární oblasti od 79°30 – *UPS* (*Universal Polar Stereographic*)

# UTM







# Volba zobrazení

- ↘ Velikost území – s narůstající velikostí území se zvětšuje zkreslení v okrajových částech mapy
  - $\frac{14}{7}$  mapy menších území - jednoduchá zobrazení (azimutální nebo kuželová)
  - $\frac{14}{7}$  pro mapy Země - nepravá nebo mnohokuželová zobrazení
- ↘ Tvar území – malé hodnoty zkreslení jsou co nejbližší k dotykovým nebo sečným křivkám
  - $\frac{14}{7}$  okrouhlá území - azimutální zobrazení
  - $\frac{14}{7}$  protáhlá území - kuželová nebo válcová zobrazení
- ↘ Geografická poloha území
  - $\frac{14}{7}$  rovníkové oblasti - válcová v normální poloze
  - $\frac{14}{7}$  oblasti mírného pásu (zvláště jsou-li rozložena podél rovnoběžek) - kuželová v normální poloze
  - $\frac{14}{7}$  obecně geografické mapy - vyrovnávací zobrazení
  - $\frac{14}{7}$  polární vrchlíky - azimutální zobrazení v normální poloze

# Volba zobrazení

## ↘ **Obsah mapy**

<sup>14</sup>/<sub>7</sub> topografické a navigační mapy - úhlojevná zobrazení

<sup>14</sup>/<sub>7</sub> automapy a dopravní mapy – délkojevná zobrazení

<sup>14</sup>/<sub>7</sub> kartogramy a mapy pro srovnání ploch - plochojevná zobrazení

## ↘ **Účel mapy**

<sup>14</sup>/<sub>7</sub> mapy katastrální a topografické - úhlojevná zobrazení

<sup>14</sup>/<sub>7</sub> přehledné mapy - co nejméně zkreslený obraz referenční plochy

<sup>14</sup>/<sub>7</sub> atlasy a soubory tematických map - srovnatelné druhy zobrazení a nebo stejná zobrazení