Kartografie I

Státní/úřední kartografická zobrazení na území ČR

RNDr. Ladislav Plánka, CSc.

Institut geodézie a důlního měřictví, Hornicko-geologická fakulta, VŠB – TU Ostrava

Podkladové materiály pro přednáškový cyklus předmětu „Kartografie I“ (jazyková ani odborná korektura neprovedena)

Kartografická zobrazení na území ČR

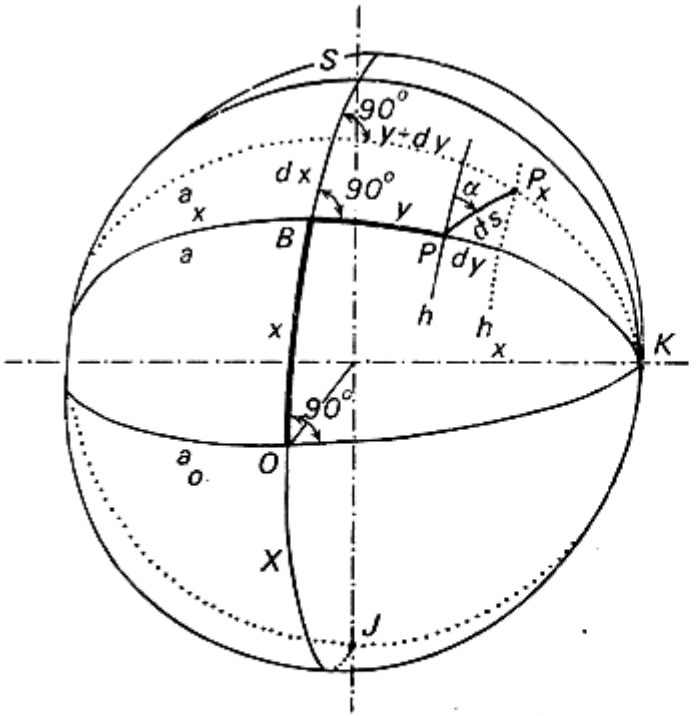
- Cassini-Soldnerovo (Zachův elipsoid)
- Sanson-Flamsteedovo (polyedrické)
- Benešovo (Besselův elipsoid)
- Gaussovo-Krügerovo (Krasovského elipsoid)
- Křovákovo zobrazení (Besselův elipsoid)
- UTM (elipsoid WGS 84)
- navržená, ale nepoužitá
- nová

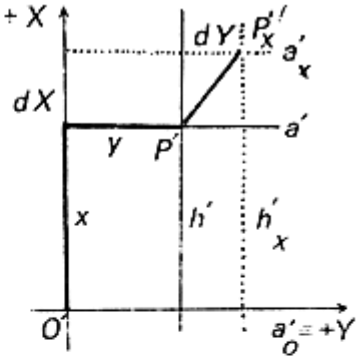
Cassini-Soldnerovo zobrazení

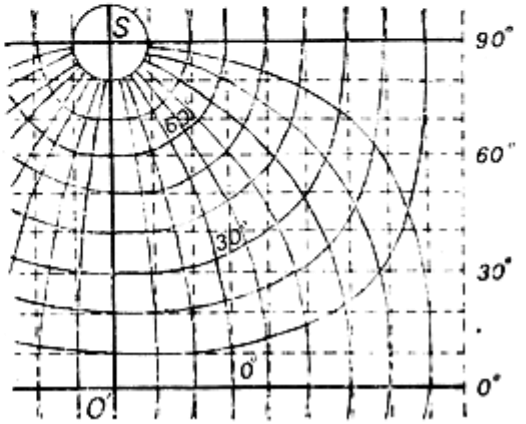
Cassini-Soldnerovo zobrazení

- Cassiniho (Cassini-Soldnerovo, …) zobrazení je transverzální válcové zobrazení.
- Osa pláště válce leží v rovině rovníku a plášť válce se dotýká náhradní kulové referenční plochy podél základního (zeměpisného) poledníku procházejícího středem zobrazovaného území, do jehož obrazu je vložena osa X orientovaná k severu. U ostatních poledníků, které se zobrazují jako rovnoběžky se základním poledníkem, se zanedbává jejich sbíhavost, což má vliv na délkové, úhlové i plošné zkreslení tohoto zobrazení. Osa Y, orientovaná k východu je k ose X kolmá a leží v rovině rovníku.
- Hlavní kružnice kolmé k základnímu (zeměpisnému) poledníku (tedy kartografické poledníky), procházející kartografickým pólem jsou v obraze úsečkami kolmými k ose X.
- Kartografické rovnoběžky se zobrazují jako úsečky rovnoběžné s obrazem základního (zeměpisného) poledníku.
- Základní poledník i hlavní kružnice (kartografické poledníky) k němu kolmé se nezkreslují.

Cassini-Soldnerovo zobrazení

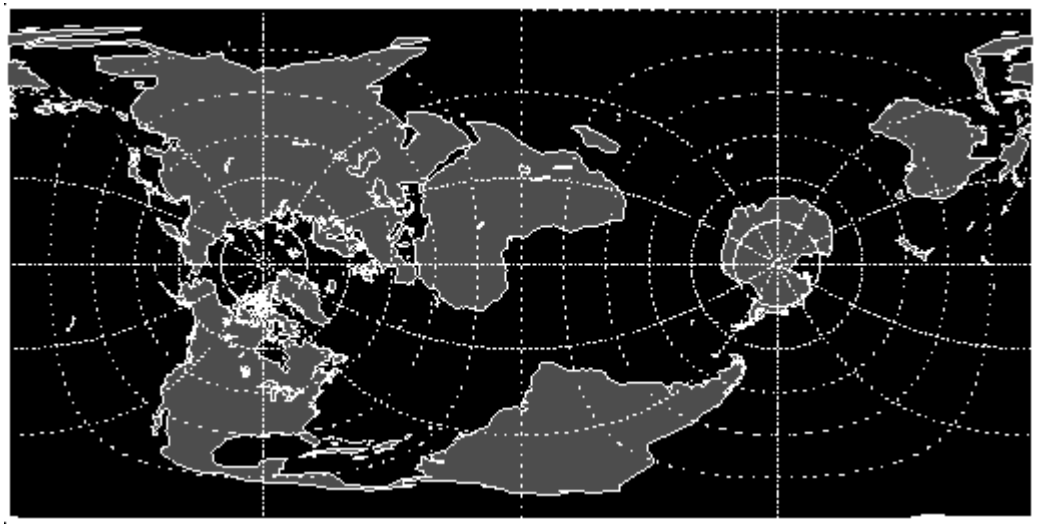


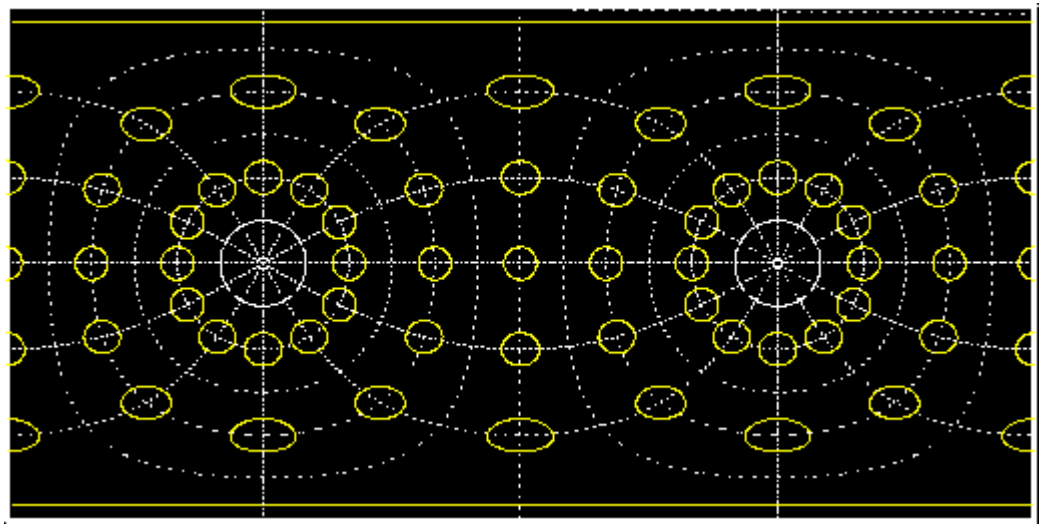




http://old.gis.zcu.cz/studium/mk2/multimedialni_texty/index.html

Cassiniho zobrazení (Transverse Plate Carrée)





Cassini-Soldnerovo zobrazení

- Toto zobrazení bylo využito i při druhém (rakouském) vojenském mapování (tzv. Františkově) a dále pro tvorbu řady úředních map velkých a středních měřítek v Anglii, Dánsku, Německu, Francii aj.
- *Cassiniho zobrazení bylo použito pro „Carte de France“, kterou v letech 1750 – 1793 vyhotovil César-François Cassini de Thury (1714 – 1784, přezdívaný Cassini III nebo též Cassini de Thury). První z rodu Cassiniů, který začal pracovat na projektu vytvoření topografické mapy Francie byl Giovanni Domenico Cassini (1625 – 1712).*
- Pro mapování Bavorska upravil toto zobrazení Johann Georg von Soldner (1776 – 1833) a jako takové bylo převzato i pro mapování rakouského císařství.

Cassini-Soldnerovo zobrazení

- Kartografické zkreslení roste směrem od osy X s kvadrátem vzdálenosti.
- Z důvodu optimalizace tohoto zkreslení je velikost zobrazeného území v konkrétní poloze válcové plochy vůči referenčními elipsoidu omezena na 6 poledníkových stupňů (±3° od dotykového/základního poledníku).
- Na okrajích vymezených šestistupňových poledníkových pásů dosahovalo kartografické zkreslení 42 cm/km.

Cassini-Soldnerovo zobrazení ve Stabilním katastru

- Při zakládání Stabilního katastru byl mj. hledán i nejjednodušší způsob zobrazení výsledků terénních měřen na mapový list. Tím se v tehdejší době jevilo právě Cassiniho zobrazení, **transverzální válcové zobrazení, ekvidistantní v dotykovém zemském poledníku a v kartografických polednících**, které pro Bavorsko upravil Soldner.
- Úplný název kartografického zobrazení, v němž byly mapy Stabilního katastru rakouské monarchie v základním měřítku 1:2880 realizovány, je tedy Cassini-Soldnerovo zobrazení (do roku 1863 bylo používáno i v Uhrách).

Cassini-Soldnerovo zobrazení ve Stabilním katastru

- Požadavek, aby velikost zkreslení na okraji zobrazovaného území nepřekročila hodnotu 50 cm, vyplynul z maximální dosažitelné grafické chyby katastrální mapy v měřítku 1:2880. Teoretická, ale i prakticky dosažitelná, přesnost v zobrazování grafickými pomůckami dosahovala 0,15 mm, což představovalo nejistotu v zobrazení jednoho a téhož bodu, prováděné vícekrát za sebou, o velikosti v terénu asi 44 cm.
- Uvedená zkreslení se zvětšují se vzdáleností bodů od počátku. Aby tato zkreslení neovlivnila grafickou přesnost obrazu polohopisu v katastrální mapě, bylo pro území rakouského císařství původně zvoleno celkem 9 souřadnicových soustav a s odpovídajícími základními poledníky. Poloha základních poledníků byla určena astronomicky.
- Do obrazu nezkresleného základního (dotykového) poledníku byla v Soldnerově úpravě vložena osa X pravoúhlého souřadnicového systému, která byly orientovaná k jihu. Počátek souřadnicové soustavy ležel ve zvoleném trigonometrickém bodě, kladný směr osy Y směřoval k západu.

Cassini-Soldnerovo zobrazení ve Stabilním katastru

- Jde v zásadě o bezprojekční souřadnicovou soustavu s jednoduchými zobrazovacími rovnicemi, která nerespektuje zakřivený tvar zemského povrchu.
- Zeměpisné poledníky jsou na rozvinuté válcové ploše zobrazeny jako přímky rovnoběžné s osou X, jejich skutečná sbíhavost k pólům je zanedbána.
- Geografická síť poledníků a rovnoběžek, která na povrchu zemského elipsoidu vytváří seskupení obrazců tvaru lichoběžníku, se zobrazí jako síť čtvercová.
- Rozdíl mezi čtvercovou a lichoběžníkovou sítí vyjadřuje kartografické zkreslení, které v uvedeném zobrazení velmi rychle vzrůstá se čtvercem velikosti souřadnice y (ve směru na západ a na východ od základního poledníku) a je závislé také na azimutu měřené trigonometrické či jiné strany.

Geodetické základy Stabilního katastru

Geodetické základy Stabilního katastru (SK) byly postaveny na katastrální trigonomerické triangulaci I. až III. řádu, budované v rakouském císařství v letech 1807 – 1860 (v Čechách do roku 1840, na Moravě do roku 1829), která byla založena na přímo měřených délkových základnách, a to:

- u Vídeňského Nového Města v Dolním Rakousku z roku 1762 s měřenou délkou 6410,903 vídeňských sáhů (tj. 12158,175 m), na níž se připojovala moravská část trigonometrické sítě,
- u Welsu v Horním Rakousku z roku 1806 s měřenou délkou 7903,812 vídeňských sáhů (tj. 14989,453 m), na níž se připojovala česká část trigonometrické sítě,
- u Radovce/Radouce v Bukovině z roku 1818 s měřenou délkou 5199,60 vídeňských sáhů (tj. 9860,958 m),
- u Hallu v Tyrolsku z roku 1851 s měřenou délkou 2 990,384 vídeňských sáhů (tj. 5671,215 m).

Souřadnicový systém SK

Souřadnicové soustavy Stabilního katastru rakouského císařství:

- (1) gusterbergská (Horní Rakousy, Čecha a Solnohradsko),
- (2) svatoštěpánská (Morava a Horní Slezsko, Dolní Rakousy včetně Vitorazska a Dalmácie),
- (3) innsbrucký (Tyrolsko a Vorarlbersko),
- (4) krimbergský (pro Korutansko, Kraňsko a Přímoří),
- (5) schöcklbergský (pro Štýrsko),
- (6) lvovský (pro Halič),
- (7) radovecký (pro Bukovinu),
- (8) ivaničský (pro území Chorvatska) a
- (9) budínský (pro Uhersko) – později byl rozdělen na 3.

Souřadnicový systém SK

Souřadnicový systém SK

Na území Československa zasahovaly tři souřadnicové systémy:

- gusterbergský pro Čechy - osou X je poledník procházející bodem Gusterberg u Kremsmünsteru v Horním Rakousku, φ = 48°02´18,47“; λ = 31°48´15,05“ (v tomto systému došlo k chybnému stočení kladné větve osy X od základního poledníku směrem na západ o 4´22,3“),
- vídeňský (svatoštěpánský) pro Moravu, Slezsko a Vitorazsko - osou X je poledník procházející nejvyšší věží chrámu sv. Štěpána ve Vídni, φ = 48°12´31,54“; λ = 34°02´27,32“ a
- gellérthegský (budínský, budapešťský) pro Slovensko, φ = 47°29´15,97“; λ = 36°42´51,57“.

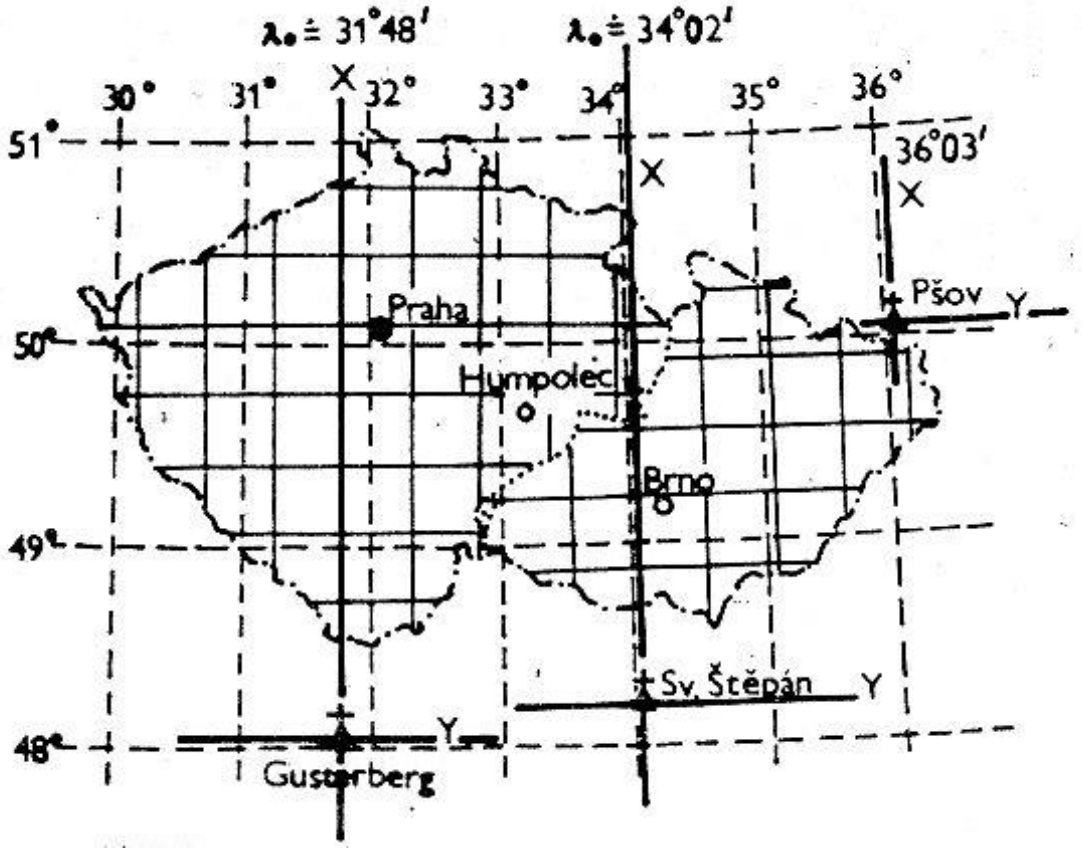
Pro všechny systémy byla referenční plochou plocha Zachova (katastrálního) elipsoidu a všechny zeměpisné délky jsou určovány k poledníku Ferro.

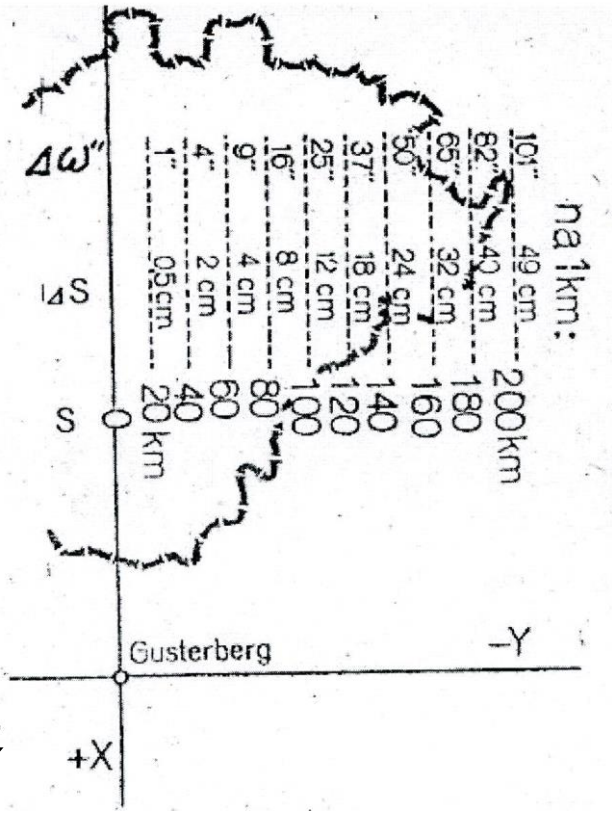
Vliv délkového zkreslení činil na okrajích území Čech + 46,2 cm/km a Moravy + 40 cm/km.

Trigonometrické body Svatý Štěpán (nahoře) a Gellérthegy (vpravo)

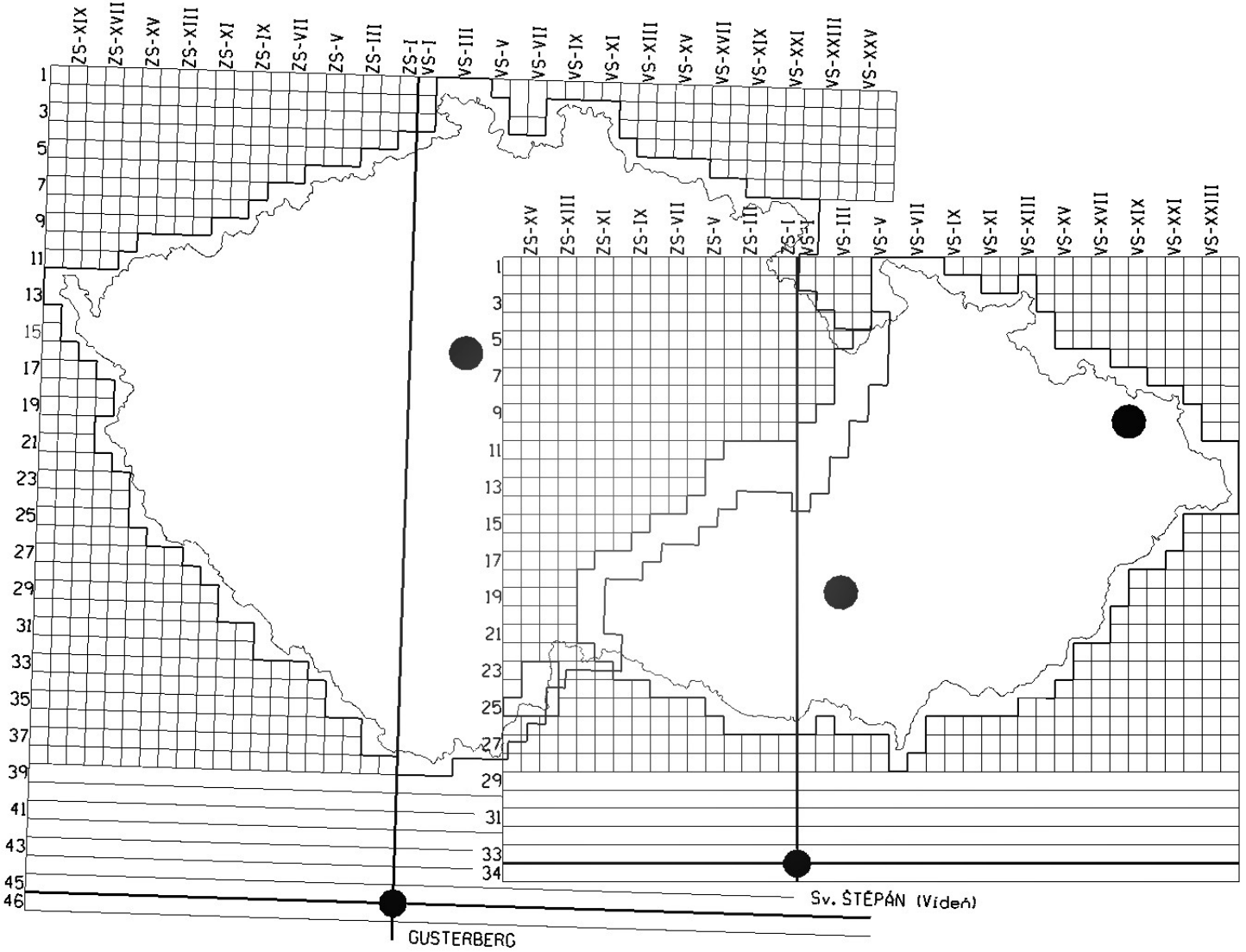
© Bwag/Wikimedia

Cassini-Soldnerovo zobrazení na území ČR





Délkové a úhlové zkreslení

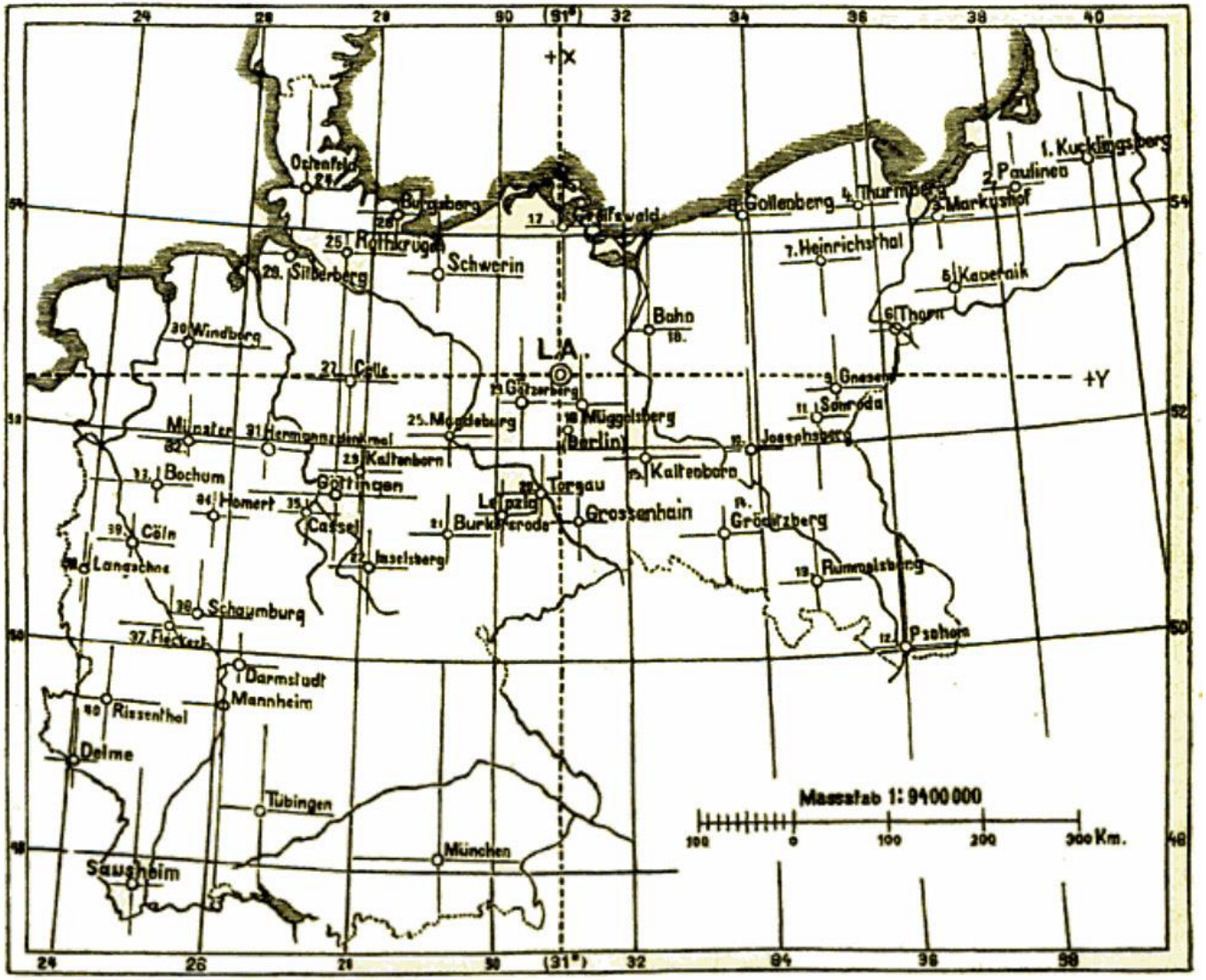


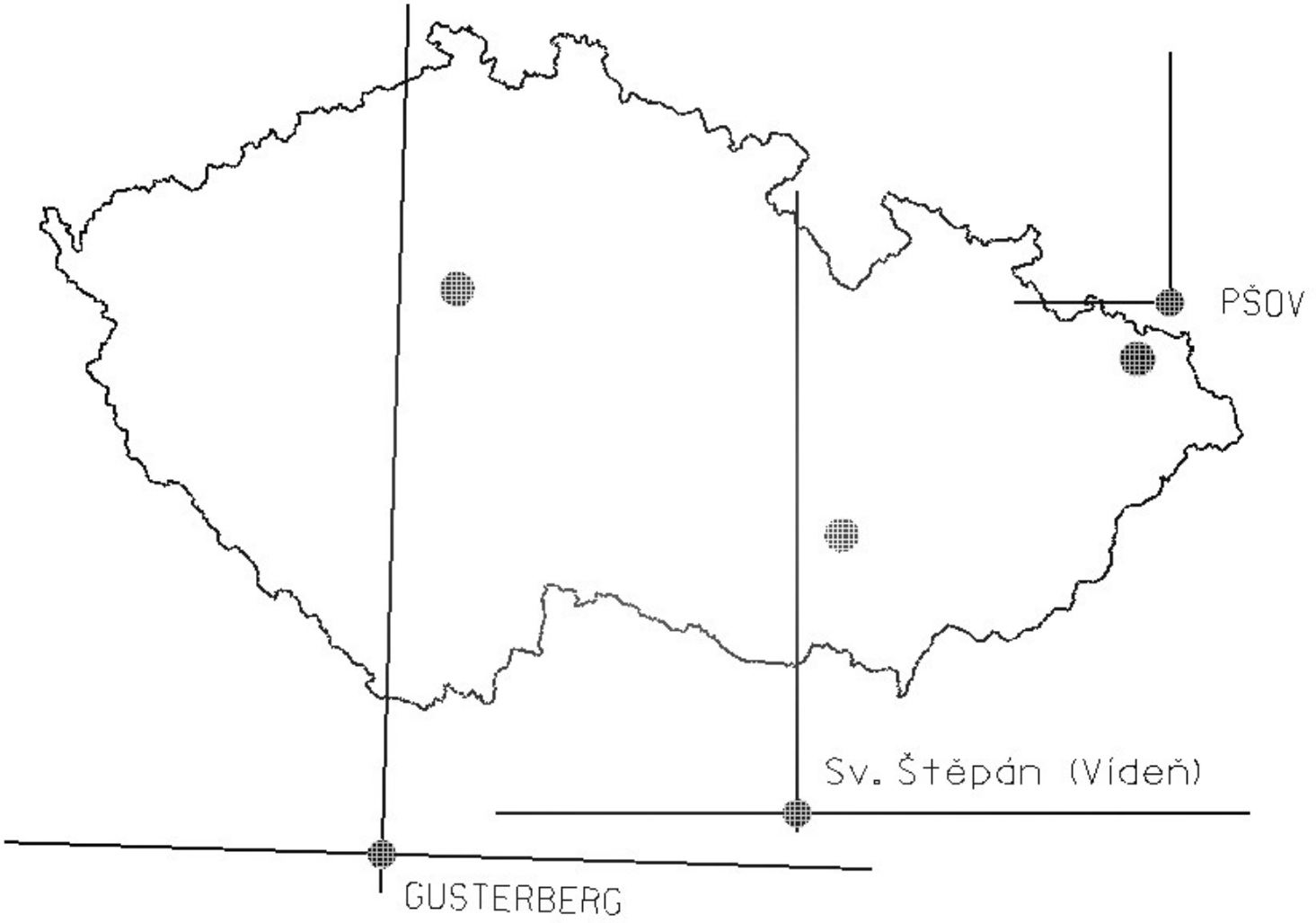
Vzájemná poloha souřadnicových systémů SK na území ČR s vyznačenými triangulačními listy

Pšovský systém

- Počátek souřadnicových os jednoho ze 49 katastrálních systémů v německých zemích (*viz *následující snímek, stav k roku 1900*), byl umístěn do východní věže kostela v Pšově se zeměpisnými souřadnicemi φ = 50°02´31,4356´´ a λ = 36°03´45,9849´´ východně od Ferra.
- Tento počátek je obdobně jako ostatní trigonometrické body udáván i rovinnými souřadnicemi v celostátním německém souřadnicovém systému, ve kterém poledník 31° východně od Ferra tvořil osu X a počátkem byl průsečík tohoto poledníku s rovnoběžkovým kruhem φ = 52°42´02,53251´´.
- V tomto systému měl počátek ve věži kostela v Pšově rovinné souřadnice y = +362 535,632 m a x = -283 461,694 m a vedlejší observační pilíř z roku 1852, který se v průběhu válečných událostí ztratil, souřadnice y = +362 535,994 m a x = -283 460,449 m.

Soldnerovy souřadnicové systémy v německých zemích kolem roku 1900





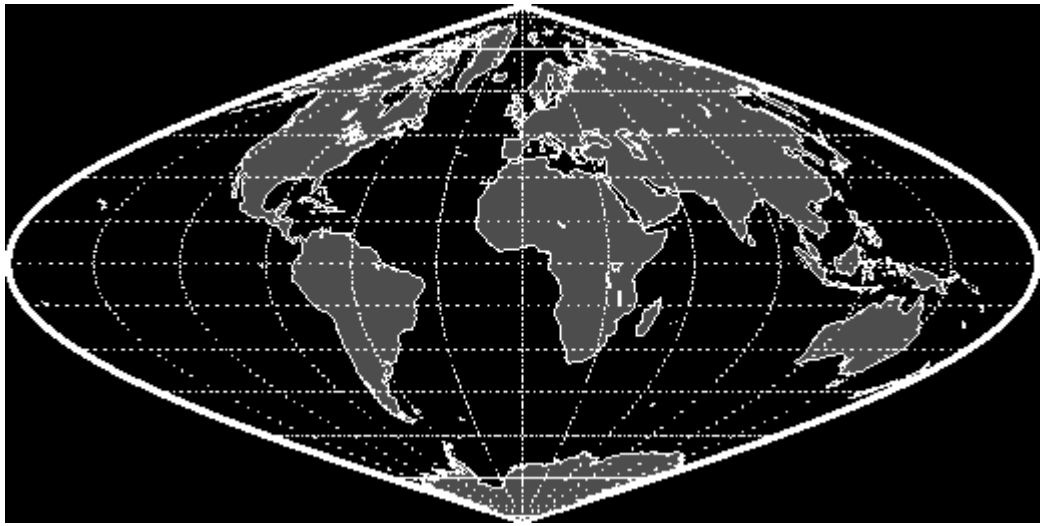
Vzájemná poloha S-SK a Pšovského systému

Sanson-Flamsteedovo zobrazení

Sanson-Flamsteedovo zobrazení

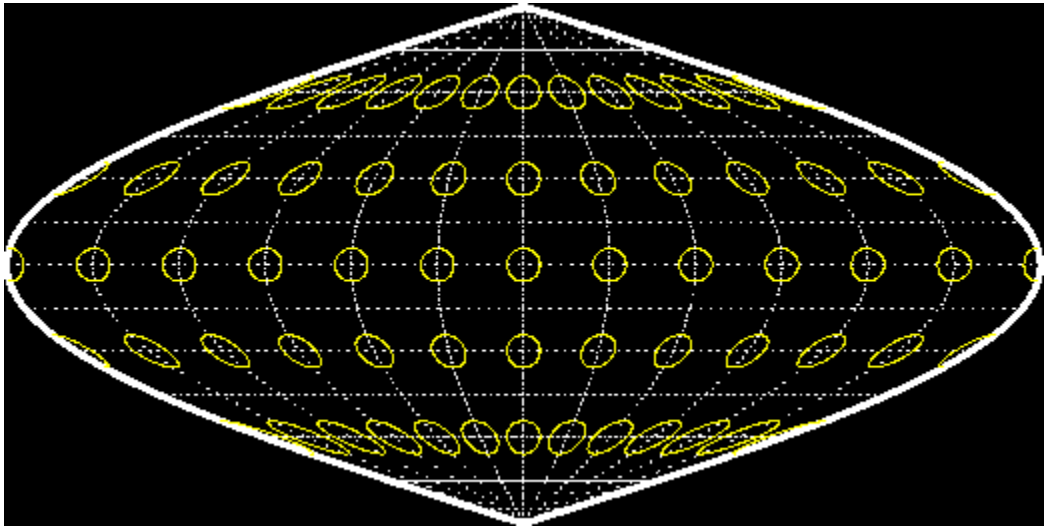
- Mezi **sinusoidální nepravá válcová (pseudocylindrická) zobrazení** v normální poloze můžeme zařadit **Mercatorovo–Sansonovo zobrazení,** často též **Sansonovo-Flamsteedovo zobrazení**, nebo jen **Flamsteedovo zobrazení (Sinusoidal Equal-Area**), které je ekvivalentní a zároveň ekvidistantní v rovnoběžkách.
- Je nejstarším známým pseudocylindrickým zobrazením.
- Jeho základní poledník se zobrazuje ekvidistantně jako úsečka o délce 0,5 délky rovníku, obrazy ostatních poledníků jsou poloviny sinusoid o stejném rozestupu, které jsou konkávní vzhledem k základnímu poledníku. Nezkreslují se také rovnoběžky (proto se zobrazí zemský pól jako bod), které se zobrazují jako rovnoběžné přímky, jejichž rozestup je konstantní a které jsou kolmé na základní poledník. V ostatních částech je zobrazení ekvivalentní, v okrajových částech sítě ve větších zeměpisných šířkách ale dochází k velkým tvarovým deformacím.

Sanson-Flamsteedovo zobrazení



Mercator-Sansonovo (Sansonovo-Flamsteedovo) zobrazení je:

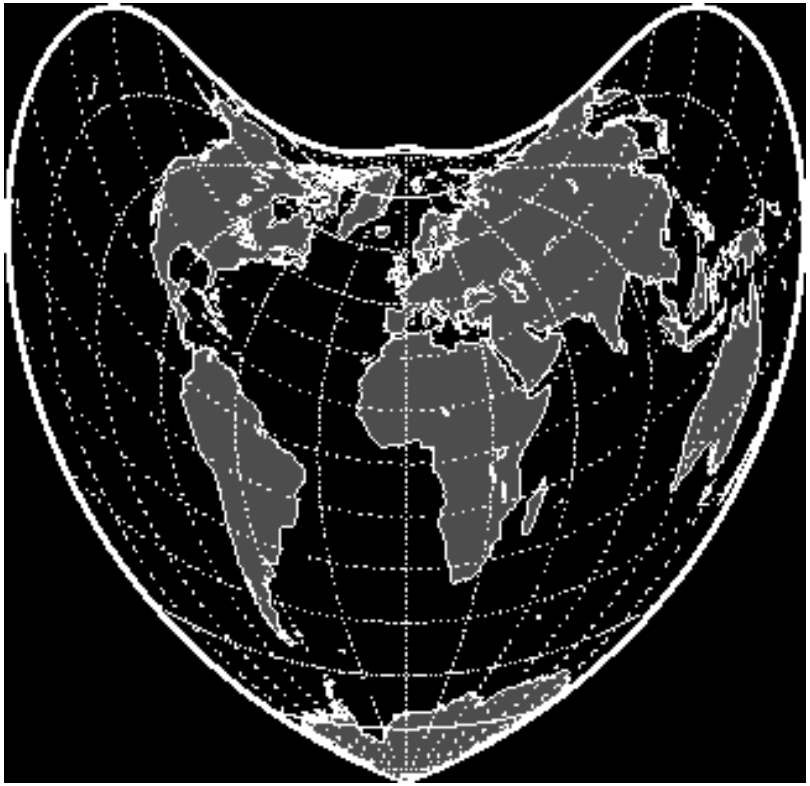
mezní případ Bonneova *zobrazení pro* $U_0 = 0°$ *(viz následující snímek).*

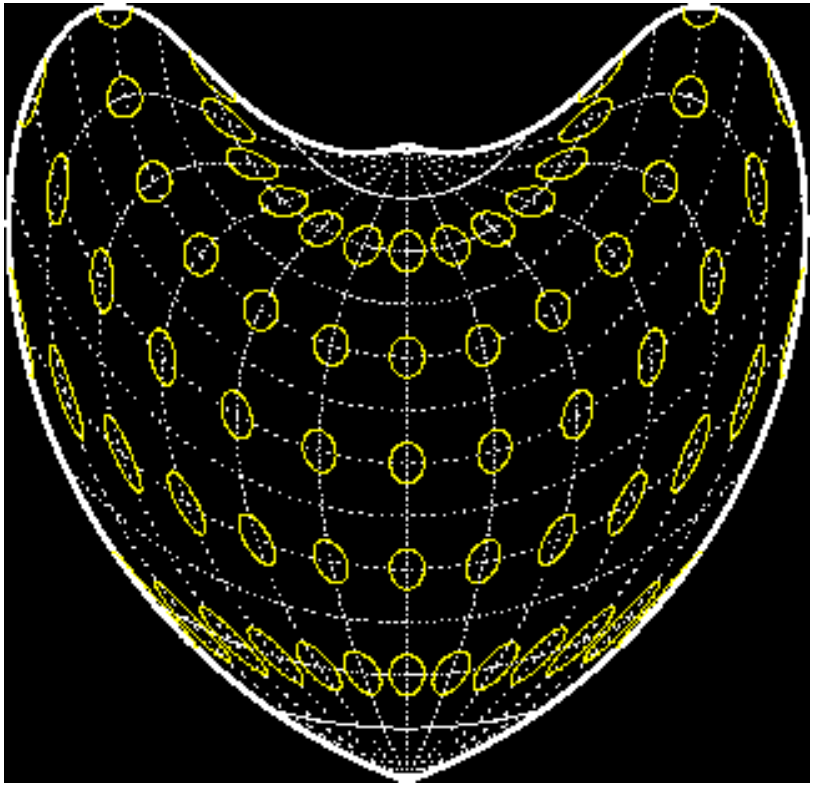


Bonneovo zobrazení

- Bonneovo zobrazení má pro celý svět při φ_0 ve vyšších zeměpisných šířkách charakteristický tvar srdce („srdcové zobrazení“), při $\varphi_0 = 0°$ se mění v Sansonovo zobrazení.
- Dříve se hodně používalo pro topografické mapy Rakouska, Německa (1:500 000), Švýcarska, evropské části SSSR (tříverstové mapy), Francie, pro mapy světadílů aj.; pro mapy celé Země nebo jejich velkých částí není vhodné. V tomto zobrazení byla v letech 1818 – 1878 zhotovena mapa Francie („*Carte de France*“) v měřítku 1 : 80 000 ($U_0 = 50°$s.š., pařížský poledník).
- Výhodnost, oproti jednoduchému kuželovému zobrazení, spočívala zejména v odstranění délkového zkreslení v rovnoběžkách. Dnes se nahrazuje jinými azimutálními zobrazeními, která mají menší zkreslení.

Bonneovo zobrazení





Typickým příkladem nepravých kuželových zobrazení je Bonneovo *zobrazení*

Sanson-Flamsteedovo zobrazení (pro 3. voj. mapování - polyedrické)

- Jednotlivé mapové sekce třetího vojenského mapování byly zobrazeny do roviny pomocí polyedrického zobrazení založeného na zobrazení sférických lichoběžníků o rozměrech $\Delta U = 15'$ a $\Delta V = 30'$ prostřednictvím nepravého sinusoidálního válcového zobrazení Sanson-Flamsteedova, a to vždy na zvláštním mapovém listu měřítka 1:75 000 (tzv. speciální mapy), který byl vytvořen ze 4 mapových listů 1:25 000.
- Každý sférický lichoběžník pak byl pro měřítko 1:75 000 zobrazen jako rovinný rovnoramenný lichoběžník.

Sanson-Flamsteedovo zobrazení (pro 3. voj. mapování - polyedrické)

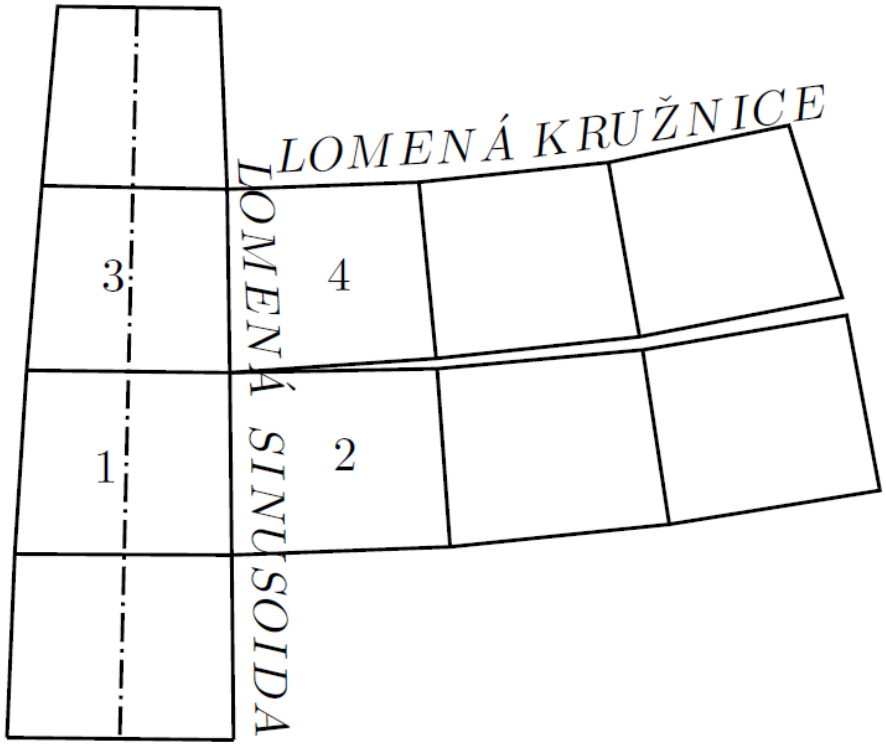
- Střední poledník území se zobrazil jako nezkreslená úsečka. Na jeho koncích se sestrojily kolmice o požadované délce, čímž mohly být zkonstruovány také obrazy okrajových rovnoběžek speciální mapy.
- Okraje mapových listů jsou vlastně lomenými sinusoidami. Pokud položíme sousedící mapové listy k sobě, nutně proto musí mezi nimi vzniknout spára (*viz následující snímek*).
- Pro speciální mapy byla pro území ČSSR tato spára ve své nejširší části velká cca 0,7 mm. Složením osmi listů mapy speciální dostaneme mapu generální v měřítku 1:200 000 (rozměry lichoběžníku jsou pak $\Delta U = 1°$ a $\Delta V = 1°$).

Sanson-Flamsteedovo zobrazení (pro 3. voj. mapování - polyedrické)

Referenční plochou pro třetí vojenské mapování byl Besselův elipsoid.

Rovinné souřadnice byly uváděny v souřadnicových soustavách Gusterberg a Sv. Štěpán aj. a výšky v jadranském výškovém systému.

Sanson-Flamsteedovo zobrazení (pro 3. voj. mapování - polyedrické)



Polyedrické zobrazení sférických lichoběžníků

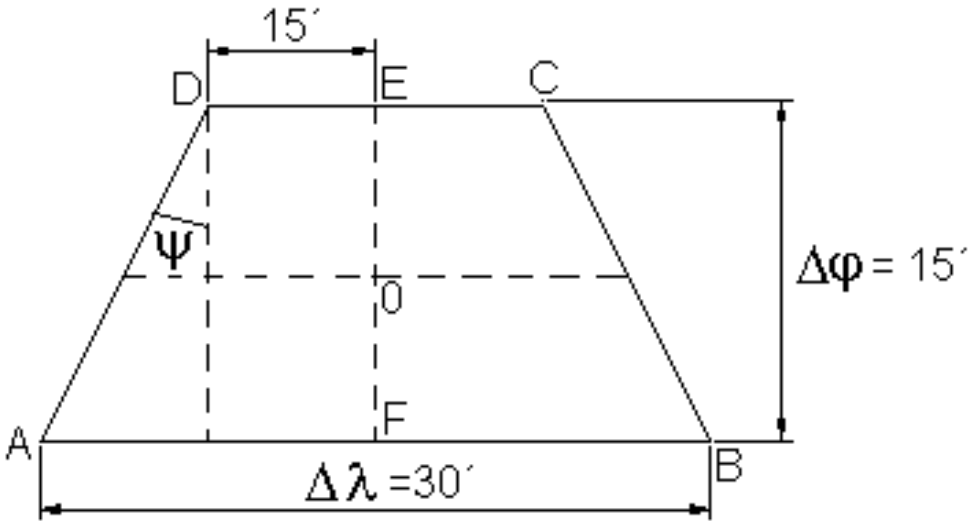
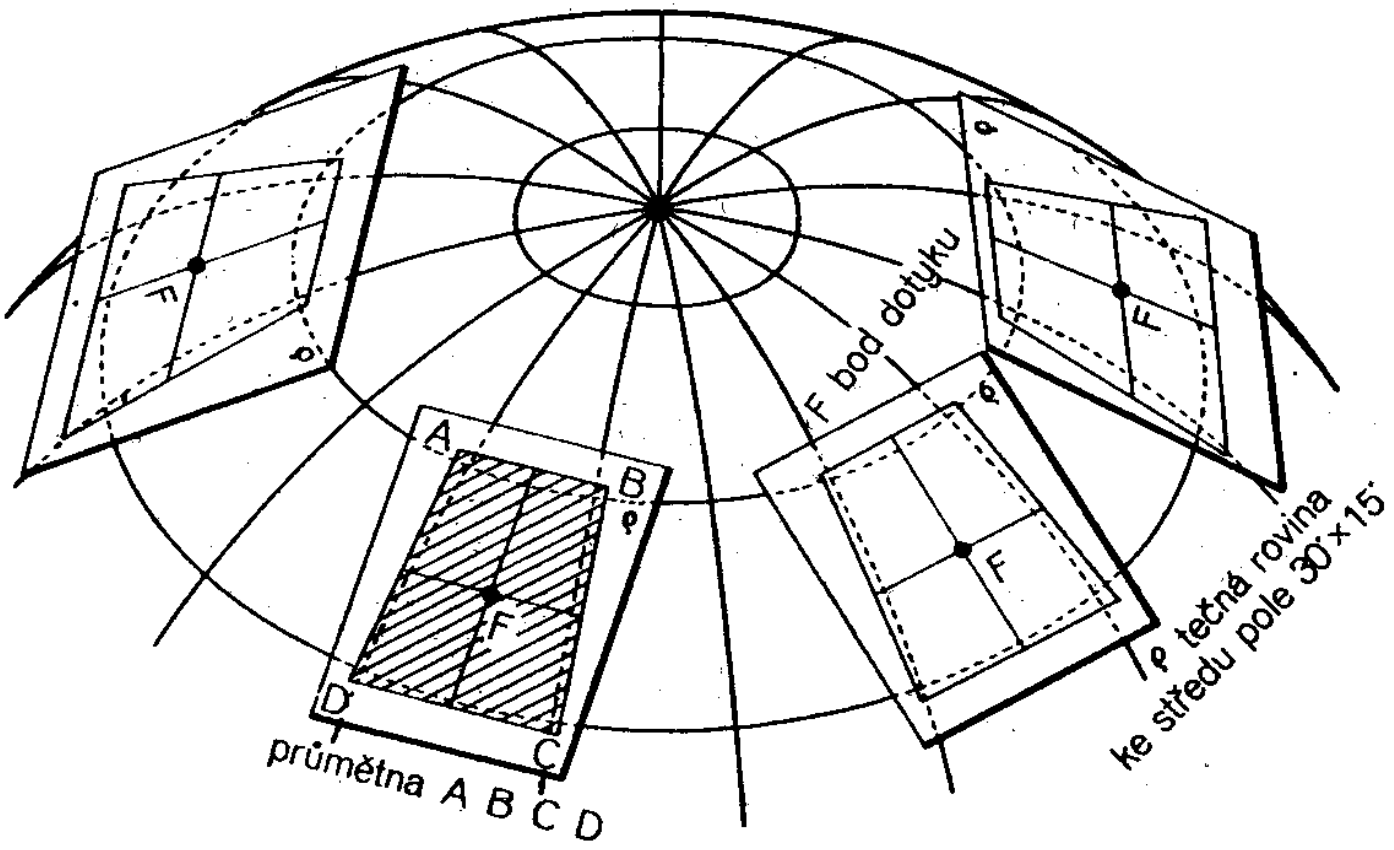


Schéma polyedrického zobrazení sférického lichoběžníku (v 1:75 000 je pro U = 50° ψ = 11´30“)

Sanson-Flamsteedovo zobrazení (pro 3. voj. mapování - polyedrické)



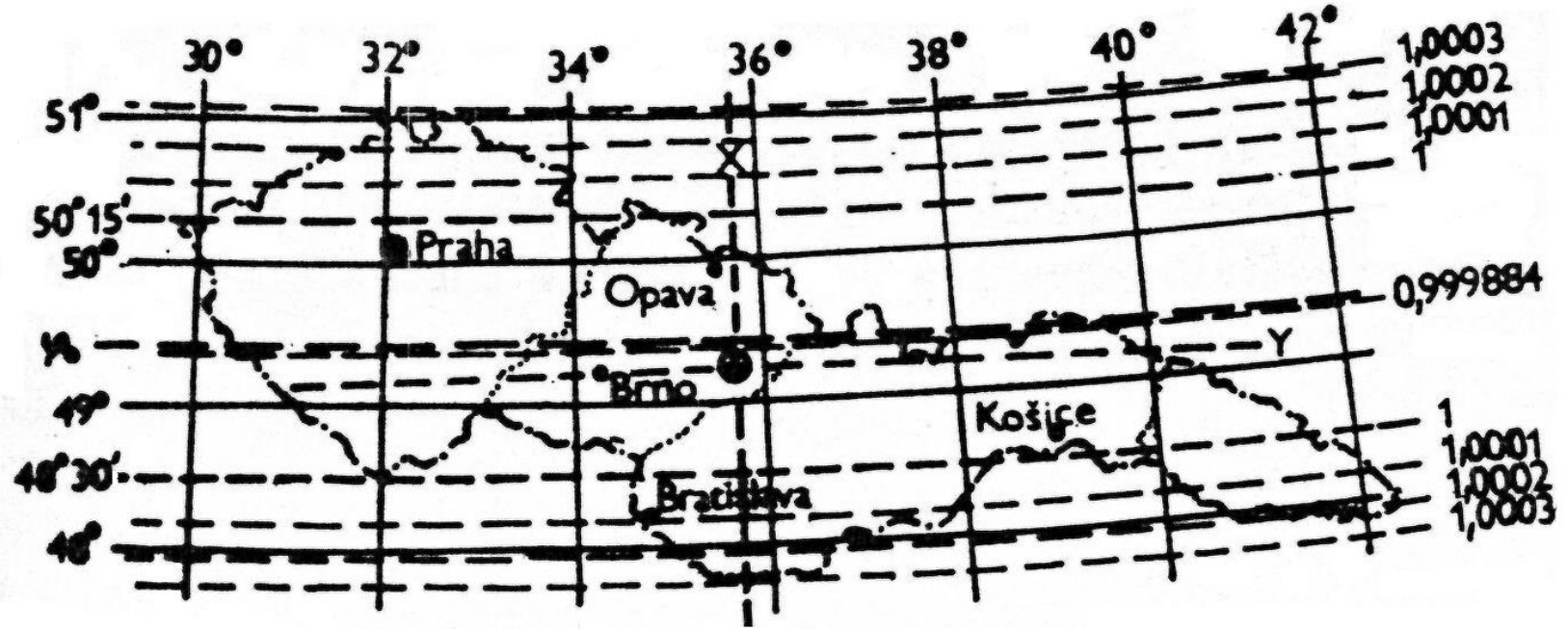
Benešovo zobrazení

Benešovo normální kuželové zobrazení

- Tzv. Prozatímní mapování ČSR probíhalo v Benešově normálním kuželovém zobrazení. Besselův elipsoid v něm byl protnut ve dvou nezkreslených rovnoběžkách 50°15´ a 48°30´ s.š..
- Délkové zkreslení se na území státu pohybovalo od -11,6 cm/km po +31,6 cm/km.

- Počátek rovinné soustavy byl zvolen v průsečíku poledníku 35°45´ východně od Ferra a rovnoběžky 49°15´ severní zeměpisné šířky a v rovině posunut o 1000 km na západ a 500 km na jih.

Benešovo normální kuželové zobrazení



Délkové zkreslení

Křovákovo (dvojité) konformní kuželové zobrazení v obecné poloze

Křovákovo zobrazení

- Besselův elipsoid je převáděný do roviny prostřednictvím referenční koule (R = 6 380,7 km; tzv. Gaussova koule) a sečného kužele, aby se eliminovalo délkové zkreslení (0,9999).
- Navrženo bylo v roce 1922 nejprve pro katastrální mapy, později i pro mapy definitivního vojenského mapování a od roku 1968 i Základní mapu ČSR (ČSSR, …, ČSFR, ČR) ve spojitosti s S-JTSK.
- Kartografický pól má souřadnice $\varphi = 59°42'42{,}7"$, $\lambda = 42°31'31{,}4"$ od Ferra

Schéma použitého řetězce transformačních rovnic:

$$(\varphi,\lambda) \rightarrow (U,V) \rightarrow (\check{S},D) \rightarrow (\rho,\varepsilon) \rightarrow (y,x)$$

Křovákovo zobrazení

A - Postup (Gaussovo konformní zobrazení z elipsoidu na kouli):

1. Zeměpisné souřadnice (φ,λ) se transformují na sférické souřadnice na kouli (U,V).

   Nezkreslená je dotyková rovnoběžka $\varphi_0 = 49°30'$, dotykový poledník má zeměpisnou délku $\lambda_0 = 42°30'$ východně od Ferra.

   Délkové zkreslení je prakticky zanedbatelné.

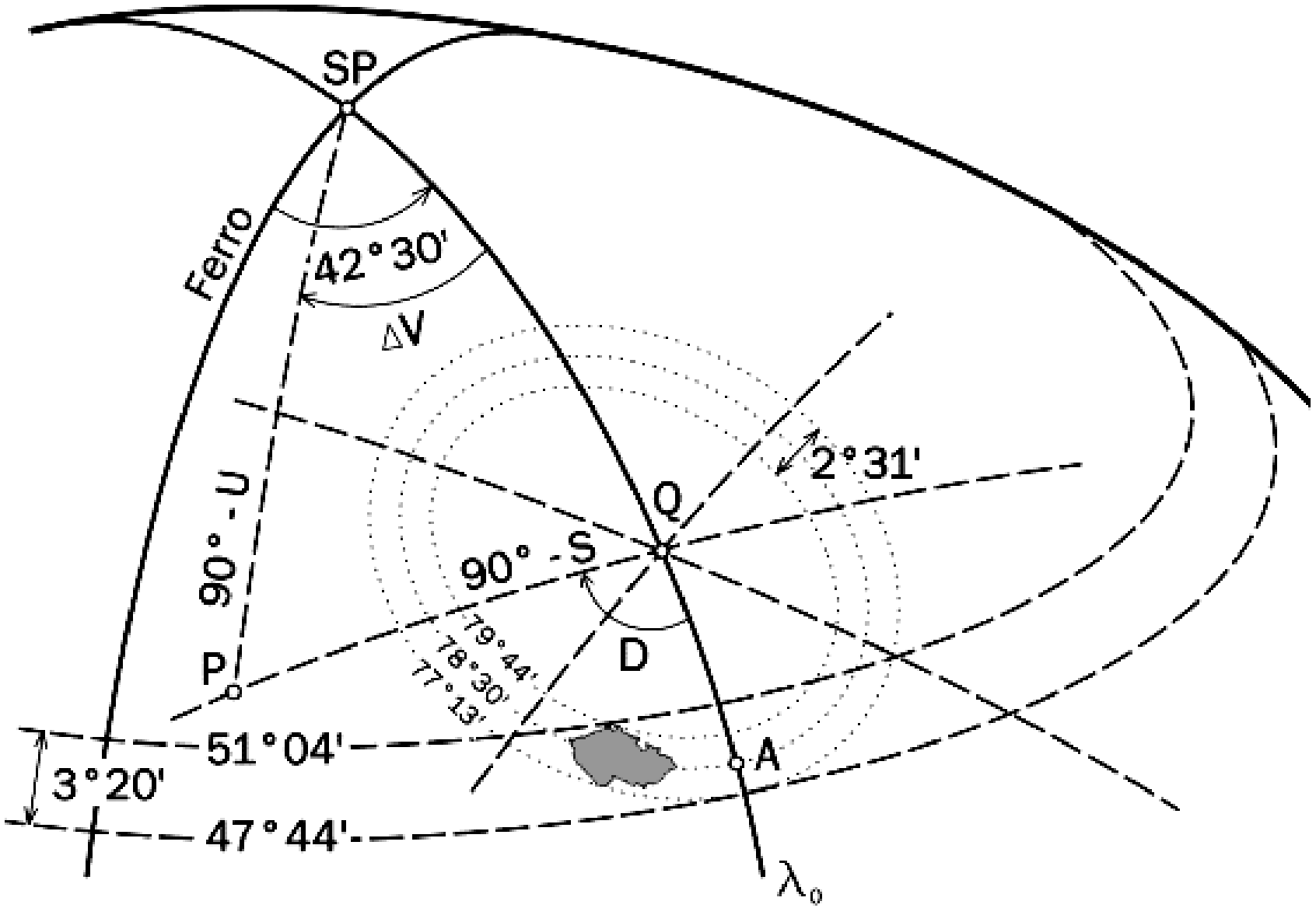
Křovákovo zobrazení

B - Postup (kužel v obecné poloze):

2. Pro nejužší pás o šířce 2°31´byl zvolen základní poledník λ = 42°30´ východně od Ferra a na něm bod A o zeměpisné šířce φ = 48°15´.
   Kartografický pól: U_K = 59°42´ a V_K = 42°30´.
   Sférické souřadnice (U,V) se transformují na kartografické souřadnice na pootočené kouli (Š,D) - zemský pól se pootočil do kartografického pólu Q.

Křovák zvolil za zobrazovací plochu kužel v obecné poloze. Empiricky totiž zjistil, že tehdejší ČSR lze ohraničit horizontálními kružnicemi do pásu o šířce 2°31´, přičemž zkreslení na jeho okrajích dosahovalo hodnot +24 cm/km. V případě normální polohy kužele by byl pás široký 3°20´a zkreslení by v maximální vzdálenosti od střední rovnoběžky dosáhlo až +42 cm/km.

Křovákovo zobrazení



Křovákovo zobrazení

C - Postup (konformní kuželové zobrazení):

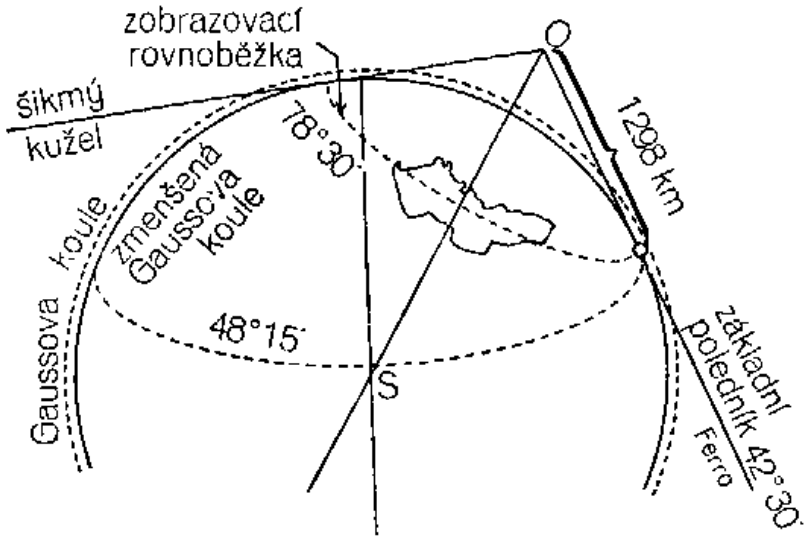
3. Při definitivní úpravě byla zvolena jako základní (tedy nezkreslená) kartografická rovnoběžka $\check{S}_0 = 78°30'$ a okrajové rovnoběžky $\check{S}_1 = 77°13'$ a $\check{S}_2 = 79°44'$. Základní rovnoběžka je **kolmá** na zeměpisný poledník $\lambda_0 = 42°30'$ východně od Ferra a jejich průsečík A má šířku $\varphi_A = 48°15'$.
4. Kartografické souřadnice (Š,D) se zobrazí na kuželovou plochu jako polární souřadnice (ρ,ε); poloměr Gaussovy koule se zmenší o hodnotu 0,9999, čímž vzniknou dvě nezkreslené rovnoběžky a zmenší se délkové zkreslení r´= r. 0,9999.

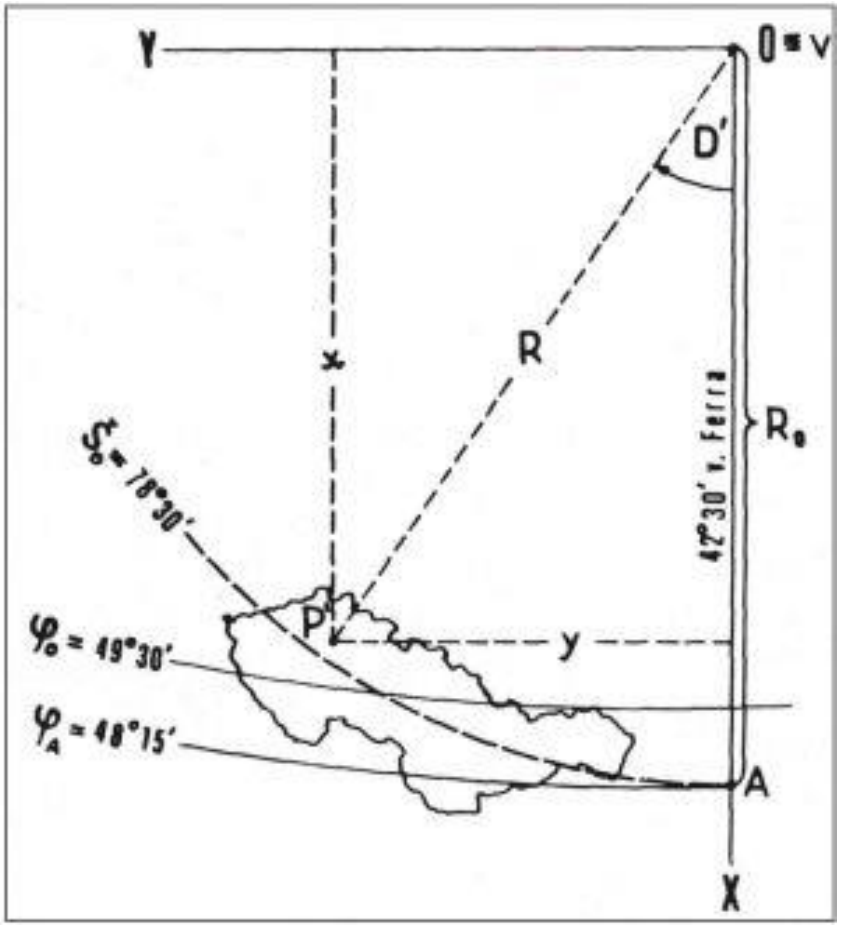
$$\rho_0 = 0{,}9999\ R\ \mathrm{cotg}\ \check{S}_0.$$

$$\varepsilon = \sin \check{S}_0.$$

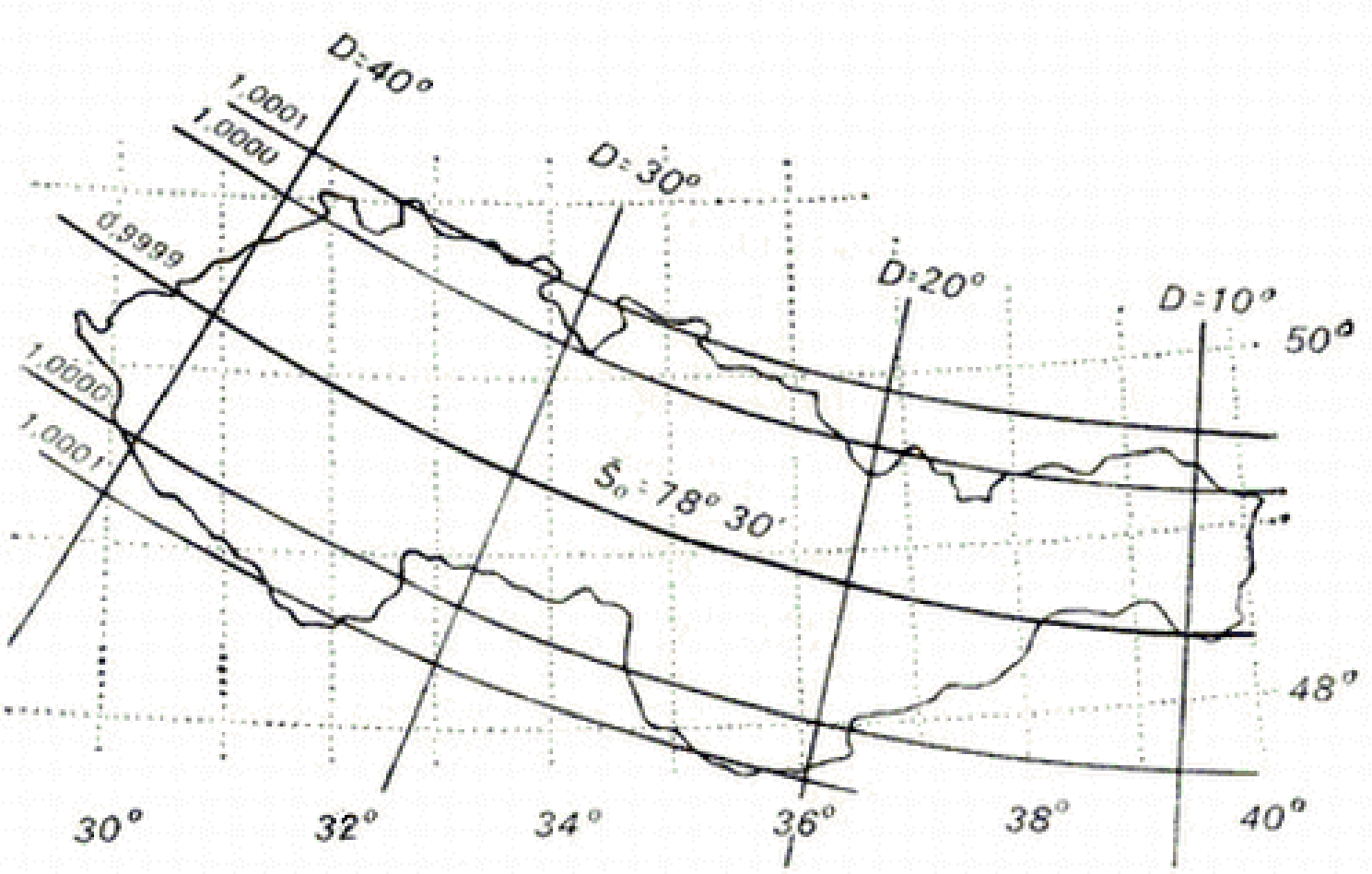
(Zavedení konstanty 0,9999 snížilo zkreslení na okrajích na 14 cm/km.)

Křovákovo zobrazení





Křovákovo zobrazení



Rozložení délkového zkreslení v Křovákově zobrazení

Křovákovo zobrazení

D - Postup (konformní kuželové zobrazení):

5. Převod z polárních souřadnic ρ, ε na pravoúhlé souřadnice *y, x*. Počátek rovinných souřadnic y, x leží ve vrcholu zobrazovacího kuželového pláště;
   - - osa X leží v základním poledníku, kladný směr k jihu,
   - - kladný směr osy Y směřuje k západu,
   - - všechny souřadnice x, y jsou na území ČR kladné a pohybují se v rozsahu x (935 – 1219 km), y (432 – 905 km).

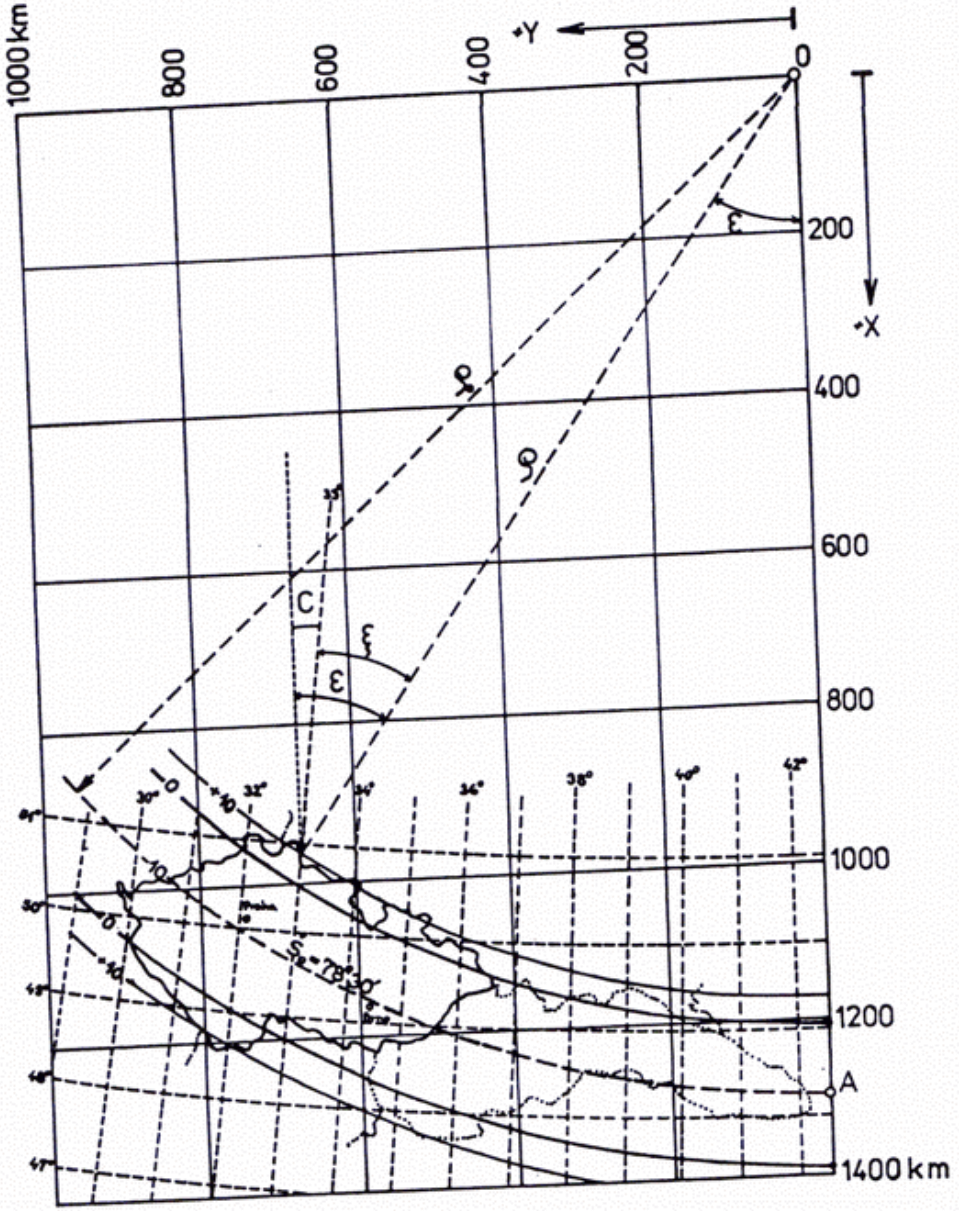
Souřadnicový systém JTSK (S-JTSK)

- Geodetickými základy S-JTSK je Jednotná trigonometrická síť katastrální, tj. síť geodetických bodů na území bývalého Československa, budovaná převážně v letech 1920 – 1957.
- S-JTSK má lokální charakter, což neodpovídá potřebám konstrukce moderní mapy středního měřítka.
- Z důvodu minimalizace délkového zkreslení je S-JTSK přizpůsoben tvaru a rozloze bývalého Československa a neumožňuje zobrazovat rozsáhlejší území za hranicemi státu.

JTSK z roku 1922, československá verze, je v současnosti zákonem závazná pro Česko. Do roku 2011 tomu tak bylo i pro Slovensko (v praxi se zde používá dodnes). Další verze JTSK jsou uvedeny v závěru této prezentace.

Republika československá

Obecně zeměpisná mapa Republiky československé s titulem Mapa přehledná je součástí národního Atlasu Republiky československé z roku 1935. Převzato z mapové sbírky Historického ústavu AV ČR, http://www.oahshb.cz/staremapy/1935.htm



Meridiánová konvergence Křovákova zobrazení

Meridiánová konvergence (úhel mezi místním poledníkem a rovnoběžkou s osou X) dosahuje na území ČR hodnot od -4°28´do +9°35´.

ETRS-89

- V ČR jsou pro civilní sféru bodová pole pro systém S-JTSK navázána na systém ETRS-89 (*European Terrestrial Reference System 1989*). ETRS-89 je odvozen z těchto konvenčních referenčních systémů:
  - mezinárodní nebeský referenční systém ICRS (*International Celestial Reference System*) a
  - mezinárodní terestrický referenční systém ITRS (*International Terrestrial Reference System*).
- Mezi systémy ICRS a ITRS platí převodní vztah. Oba systémy jsou časově proměnné. ITRS díky jevům precese, nutace, pohybům pólů, pohybům kontinentů nebo vlivem variace v rotaci země, ICRS nestálostí vzdálených kosmických objektů a dalšími vlivy. Z tohoto pohledu je systém ICRS přesnějším systémem.

Převzato z: http://transformace.webst.fd.cvut.cz/Iframe/ETRS_iframe.htm

ETRS-89

- Systém ETRS-89 je odvozen od systému ITRS a je spojen s euroasijskou kontinentální deskou, takže roční časové změny jsou maximálně v řádu milimetrů. Referenční rámec ETRF-89 je realizován technologiemi SLR (laserová lokace) a VLBI (velmi přesná interferometrie).
- Systém ETRS-89 není zastaralý systém, ale z praktických důvodů nemá konstantní polohu souřadnicových os (souřadnicové osy se natáčejí dle pohybu euroasijské kontinentální desky).
- Systém ITRS (i ETRS) používá elipsoidu GRS-80 (*Geodetic Reference System 1980*). Ten je svými parametry velice podobný elipsoidu WGS-84, proto je možno tyto elipsoidy při výpočtech zaměnit.
- Od roku 1994 je systém WGS-84 ztotožněn se systémem ITRS. Přesnost statických bodů je tedy nezávislá na tom, zda se použije systém ETRS-89 nebo WGS-84. To však platí jen do určité přesnosti, ve skutečnosti se souřadnice ve WGS-84 a ETRS-89 v roce 2005 lišila až o 0,3 m. Při přesných výpočtech je proto nutné provést i transformaci mezi systémy WGS-84 a ETRS-89 v patřičné epoše.

Převzato z: http://transformace.webst.fd.cvut.cz/Iframe/ETRS_iframe.htm

ICRS a ITRS

- Systém ICRS má počátek v barycentru sluneční soustavy, osa Z je totožná s konvenčním efemeridovým pólem CEP (*Celestin Ephemeris Pole*) v epoše J2000.0 a osa X směřuje do jarního bodu této epochy. Osa Y dělá systém pravotočivým. Referenční rámec ICRF (*International Celestial Reference Frame*) je realizován 212 rádiovými zdroji výhradně pomocí nejpřesnější technologie VLBI.
- Systém ITRS má počátek ve hmotném středu Země, osa Z je totožná s konvenčním mezinárodním počátkem CIO (*Conventional International Origin*), osa X leží v rovině greenwichského poledníku a osa Y doplňuje systém na pravotočivý.
- Referenční rámec ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*) je realizován pomocí bodů ležících na povrchu Země. Tyto body mají souřadnice definované jako funkce času. Vlivem tektonických pohybů, variací geocentra a dalšími vlivy se jejich hodnoty mění. Systém ITRS je definován pomocí prostředků kosmické geodézie SLR a VLBI.

Převzato z: http://transformace.webst.fd.cvut.cz/Iframe/ETRS_iframe.htm

Gaussovo-Krügerovo zobrazení

Gaussovo-Krügerovo zobrazení

- Obecnou teorii konformního zobrazení referenčního elipsoidu do roviny vytvořil Carl Fridrich Gauss (1775 – 1855) pro mapování Hannoverska (1820 – 1830). Teorii tohoto zobrazení však neuveřejnil.
- Podle zmínek v korespondenci uveřejnil teorii zobrazení v roce 1866 Oskar Schreiber v díle „*Teorie der Projektionsmethode der hannoverschen Landesvermessung*“.
- Gaussovu teorii doplnil a upravil pro praktické použití pro zobrazení z referenčního elipsoidu L. Krüger (1857 – 1923) v díle „*Konforme Abbildung des Erdellipsoids*“ (Postupim, 1912), které doplnil tabulkami a dalšími pomůckami pro praktické použití v další publikaci „*Formeln zur Konformen Abbildung des Ellipsoids in der Ebene*“ (Berlín, 1919).

V literatuře se proto potkáme s označením Gaussovo-Krügerovo či Gauss-Krügerovo zobrazení.

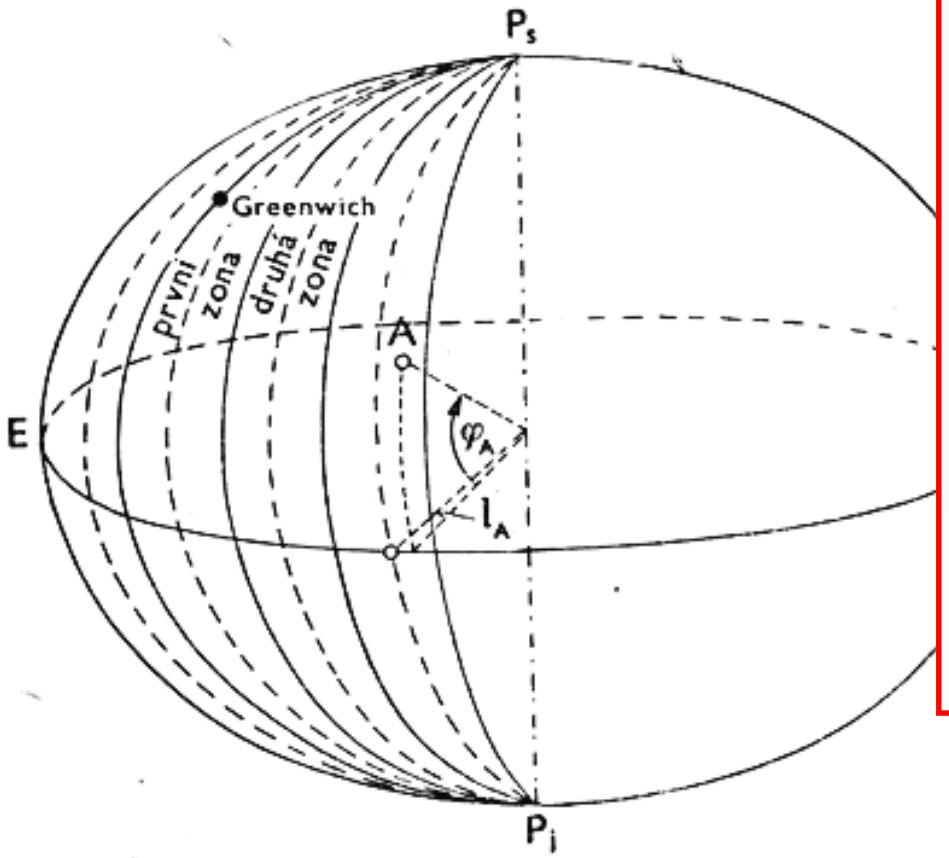
Gaussovo-Krügerovo zobrazení

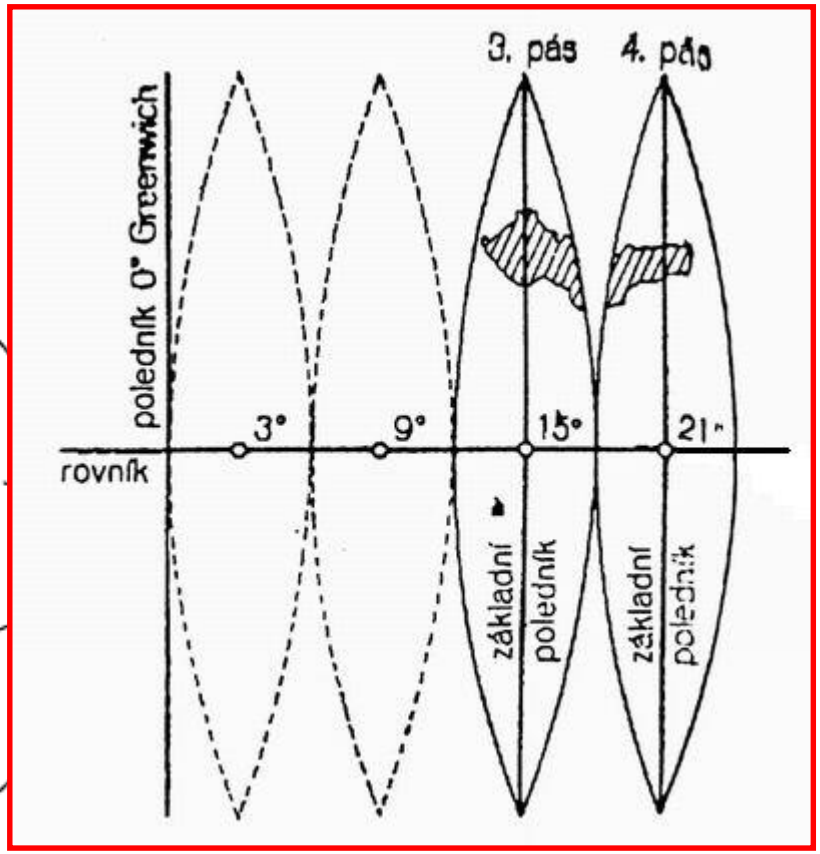
- Gaussovo zobrazení (v úpravě podle Krügera). bylo zavedeno jako zobrazení státního mapového díla v Německu od roku 1922. Od roku 1927 bylo užíváno ve všech státech bývalé Německé říše (3-stupňové poledníkové pásy s centrálním poledníkem 6°, 9°, 12°, 15°, 18° a 21°, referenční elipsoid Besselův). Od té doby se používá i v mnoha dalších zemích světa pro státní mapová díla.
- Roku 1928 toto zobrazení přijal i bývalý Sovětský svaz. Referenčním elipsoidem byl zprvu Besselův, v roce 1946 byl nahrazen Krasovského elipsoidem.
- Z hlediska praktického využití je předností Gaussova-Krügerova zobrazení jeho koncepční jednotnost pro jakoukoliv část zemského povrchu a malé rovinné zkreslení.

Gaussovo-Krügerovo zobrazení

- V České republice se toto zobrazení začalo poprvé používat po druhé světové válce při tvorbě prozatímních vojenských topografických map v systému S-46, ve kterém byl použit Besselův elipsoid.
- V 50. letech 20. století se zobrazení používalo jak pro potřeby armády, tak pro potřeby národního hospodářství. Pro armádní účely bylo použito v 6° pásech, pro civilní účely v 3° pásech. V obou případech byl použit geodetický referenční systém S-52 s Krasovského elipsoidem.
- Od 70. let se zobrazení používalo pouze pro potřeby armády a to v geodetickém referenčním systému S-42, resp. S-42/83, elipsoid byl opět Krasovského.
- Od 1.1. 2006 je (s určitou výjimkou) původní Gaussovo-Krügerovo zobrazení i pro potřeby obrany státu opuštěno a nahrazeno zobrazením UTM v geodetickém referenčním systému WGS84 s elipsoidem WGS84.

Gaussovo-Krügerovo zobrazení





Gaussovo-Krügerovo zobrazení

- V Gaussově-Krügerově zobrazení se osový poledník pásu a rovník zobrazují jako přímky na sebe kolmé.
- Ostatní poledníky mají tvar sinusoid, konkávně zakřivených a symetrických k osovému poledníku; jejich zakřivení je velmi malé.
- Obrazy rovnoběžek mají parabolický tvar, jsou konkávně zakřiveny k pólům a symetrické k rovníku.

Gaussovo-Krügerovo zobrazení

- Mapové listy zpracované na podkladě Gaussova-Krügerova zobrazení (*ale i UTM, viz dále*) jsou vymezené částmi poledníků a rovnoběžek (mapové pole je omezeno pravidelným/osově souměrným sférickým lichoběžníkem mapového rámu). Proto je nutné znát hodnoty zakřivení částí poledníků a především rovnoběžek, které tyto listy vymezují.
- Zakřivení částí poledníků není prakticky nutné uvažovat při konstrukci map do měřítek 1:250 000.
- Od měřítka mapy 1:250 000 (tedy i všech větších) je třeba brát v úvahu zakřivení rovnoběžek nejen při konstrukci rámu map, ale i při zákresu rovnoběžek do mapového pole a jejich použití pro odečítání zeměpisných souřadnic.

Zobrazovací rovnice

Pro odvození zobrazovacích rovnic byly kladeny dva požadavky, a to:

- podmínka nezkresleného základního poledníku a
- podmínka konformity.

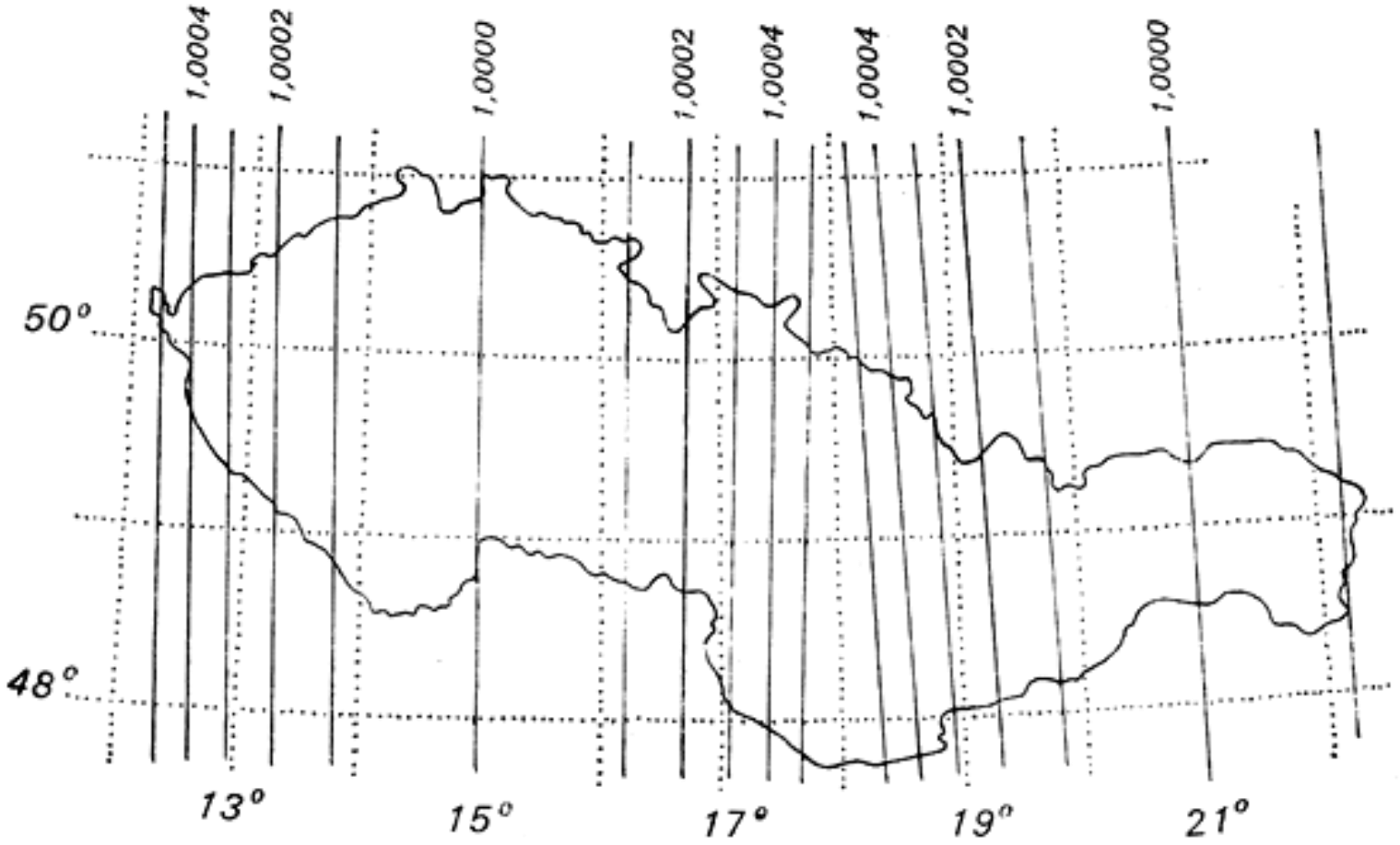
V našich zeměpisných šířkách dosahuje na okrajích pásů vliv délkového zkreslení +57 cm/km v případě šestistupňového pásu a +14 cm/km pro třístupňový pás.

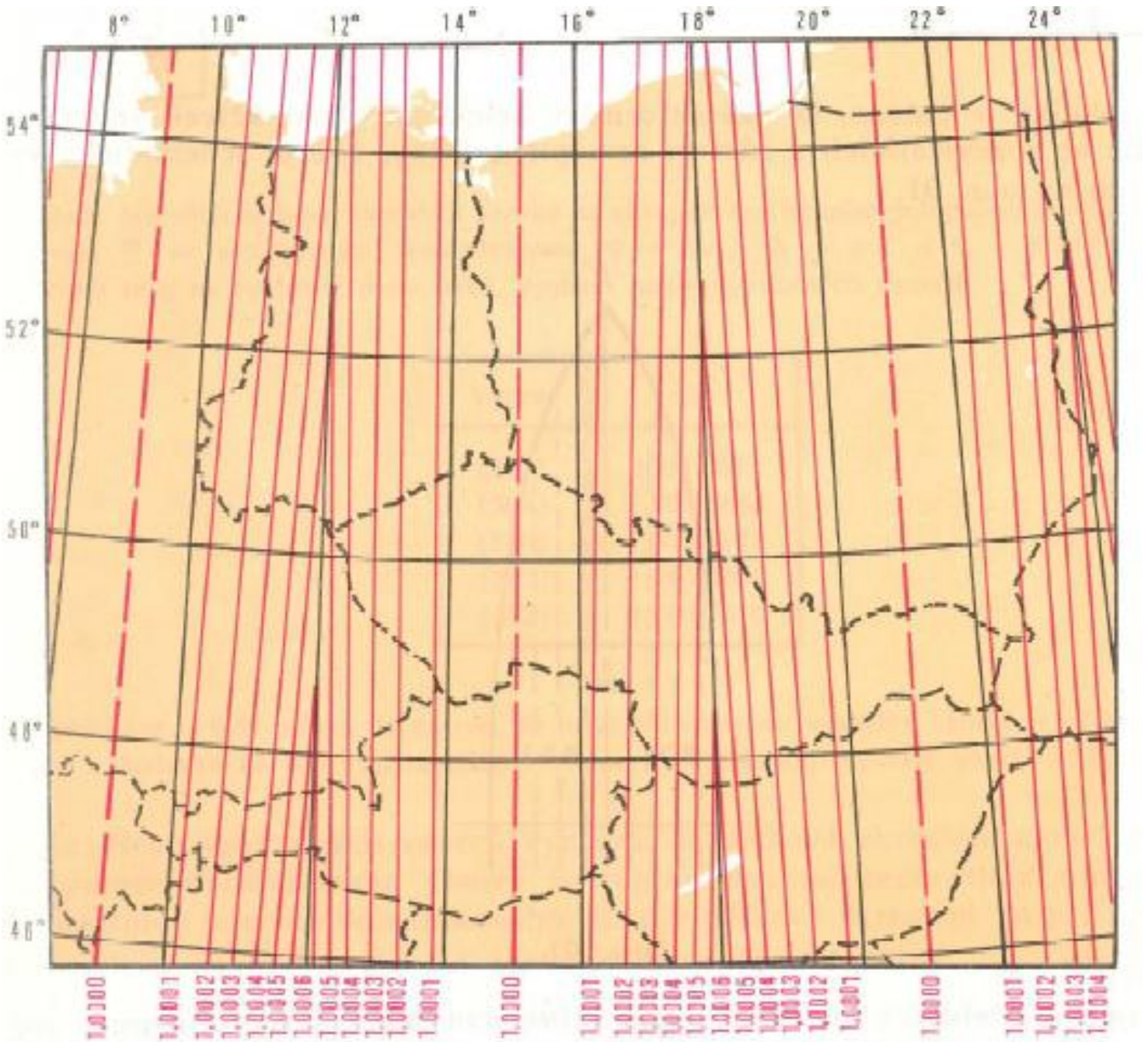
Gaussovo-Krügerovo zobrazení

- Gaussovo-Krügerovo zobrazení je v podmínkách Československa (po druhé světové válce) konformním zobrazením Krasovského referenčního elipsoidu (S-42 s referenčním bodem Pulkovo) přímo do roviny.
- Elipsoid je rozdělen na 6° poledníkové pásy (pro měřítka 1:25 000 až 1:1 mil., pro podrobnější mapy pak na 3° poledníkové pásy).

Pro S-46 je spojeno s Besselovým elipsoidem a referenčním bodem Postupim.

Délkové zkreslení



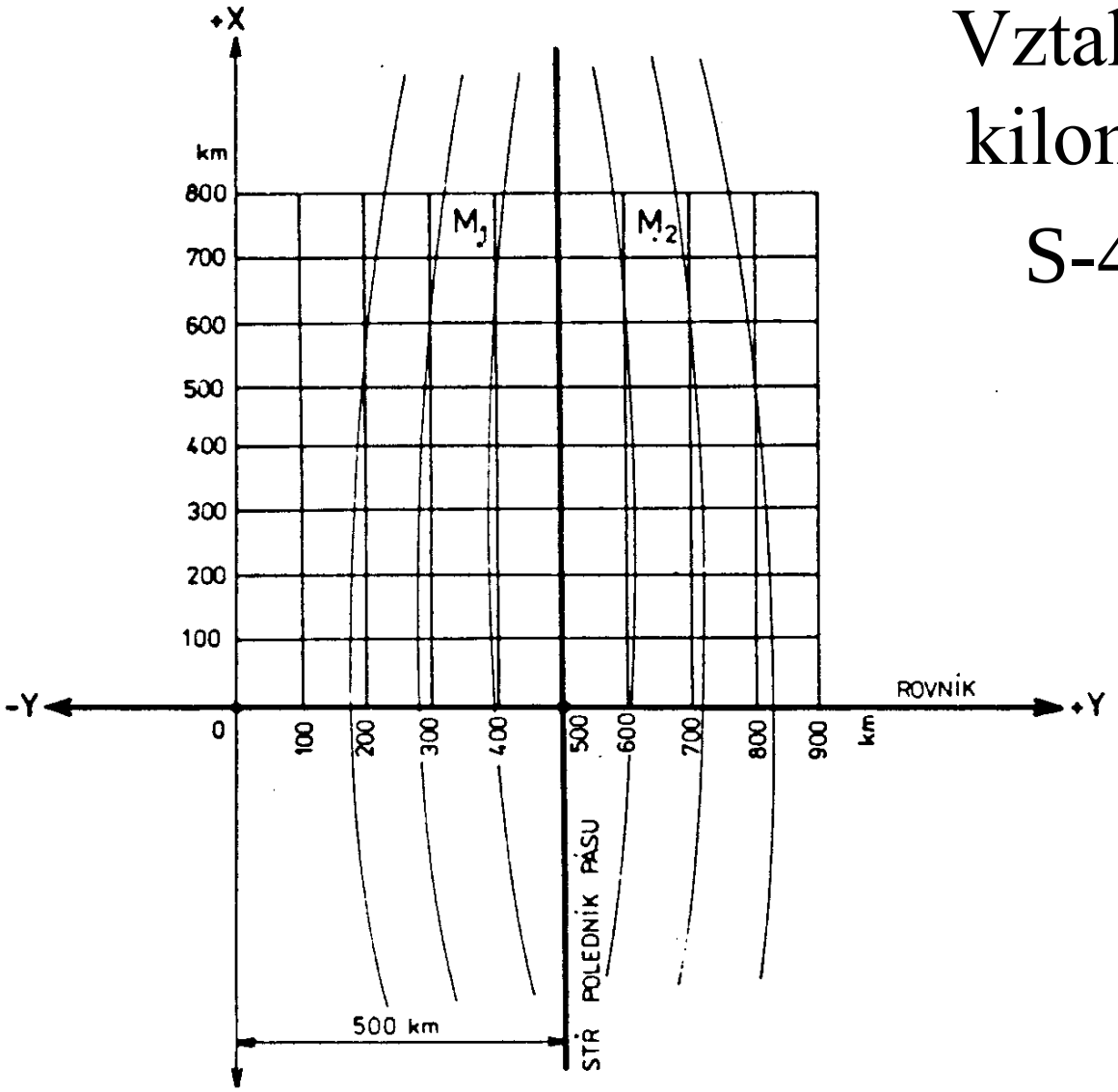

8°
10°
12°
14°
16°
18°
20°
22°
24°
54°
52°
50°
48°
46°

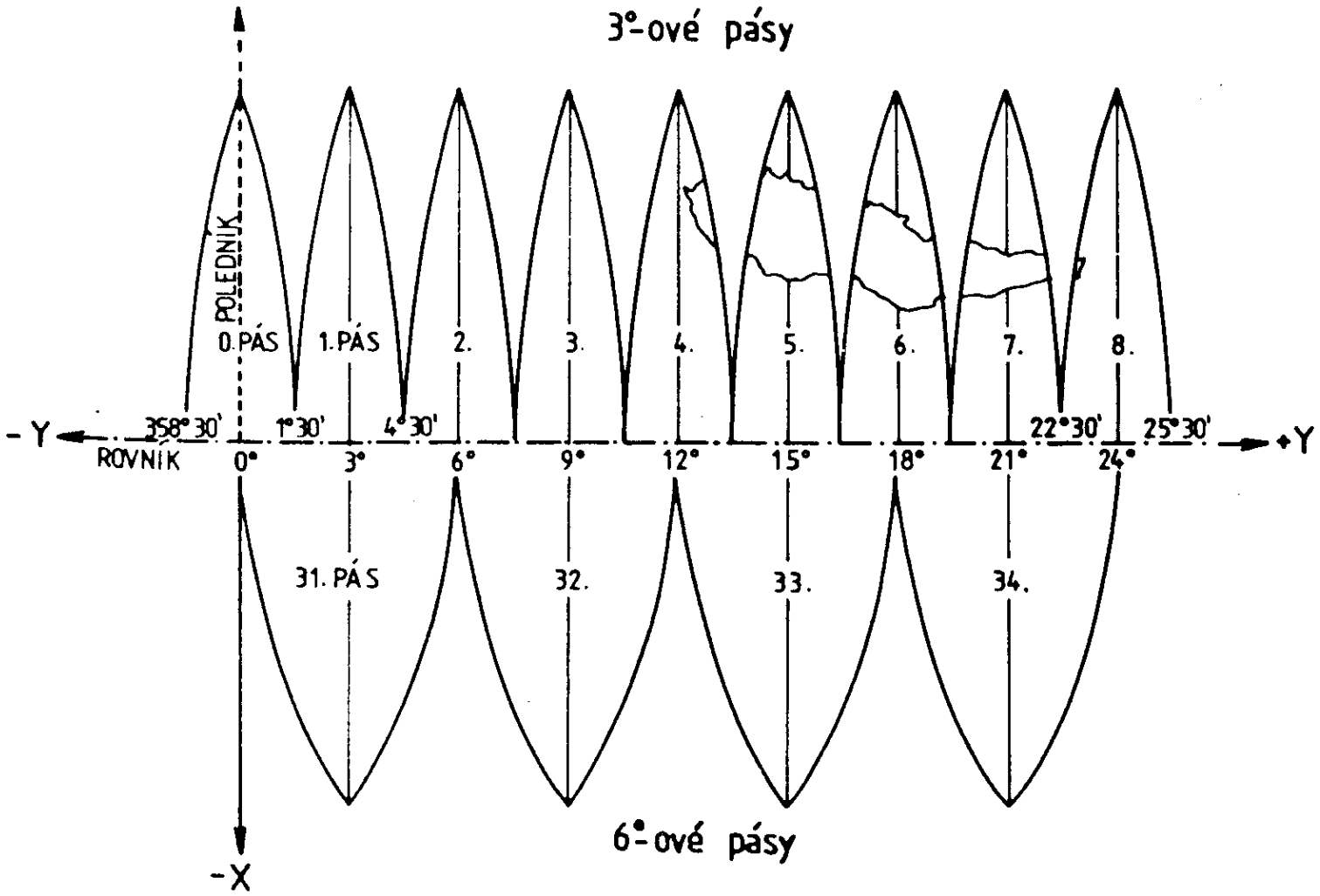
Souřadnicový systém

- V rovině zobrazení má každý pás *samostatnou souřadnicovou soustavu rovinných pravoúhlých souřadnic (lokálně mají své specifické názvy, např. S-42).*
- Počátek tohoto systému je vždy v průsečíku obrazu rovníku a osového poledníku. Osa *X* je totožná s obrazem osového poledníku a je kladná na sever, osa *Y* leží v obrazu rovníku a je kladná směrem na východ.
- Celá Země je tedy v případě šestistupňových pásů zobrazena na 60 pásech. Pásy mají rozsah zeměpisné šířky od 90° jižní zeměpisné šířky po 90° severní zeměpisné šířky. Pro podrobnější mapování lze za stejných podmínek použít třístupňové poledníkové pásy.

- Při takto stanovených souřadnicích by se v každém pásu vyskytovaly záporné souřadnice. Proto se k souřadnicím y přičítá konstanta 500 km a současně je uváděno číslo poledníkového pásu (*viz následující obrázky*).

Vztah zeměpisné a kilometrové sítě v S-42 (schéma)




3°-ové pásy
POLEDNÍK
0. PÁS
1. PÁS
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
- Y
+ Y
358° 30'
1° 30'
4° 30'
22° 30'
25° 30'
ROVNÍK
0°
3°
6°
9°
12°
15°
18°
21°
24°
31. PÁS
32.
33.
34.
6°-ové pásy
- X

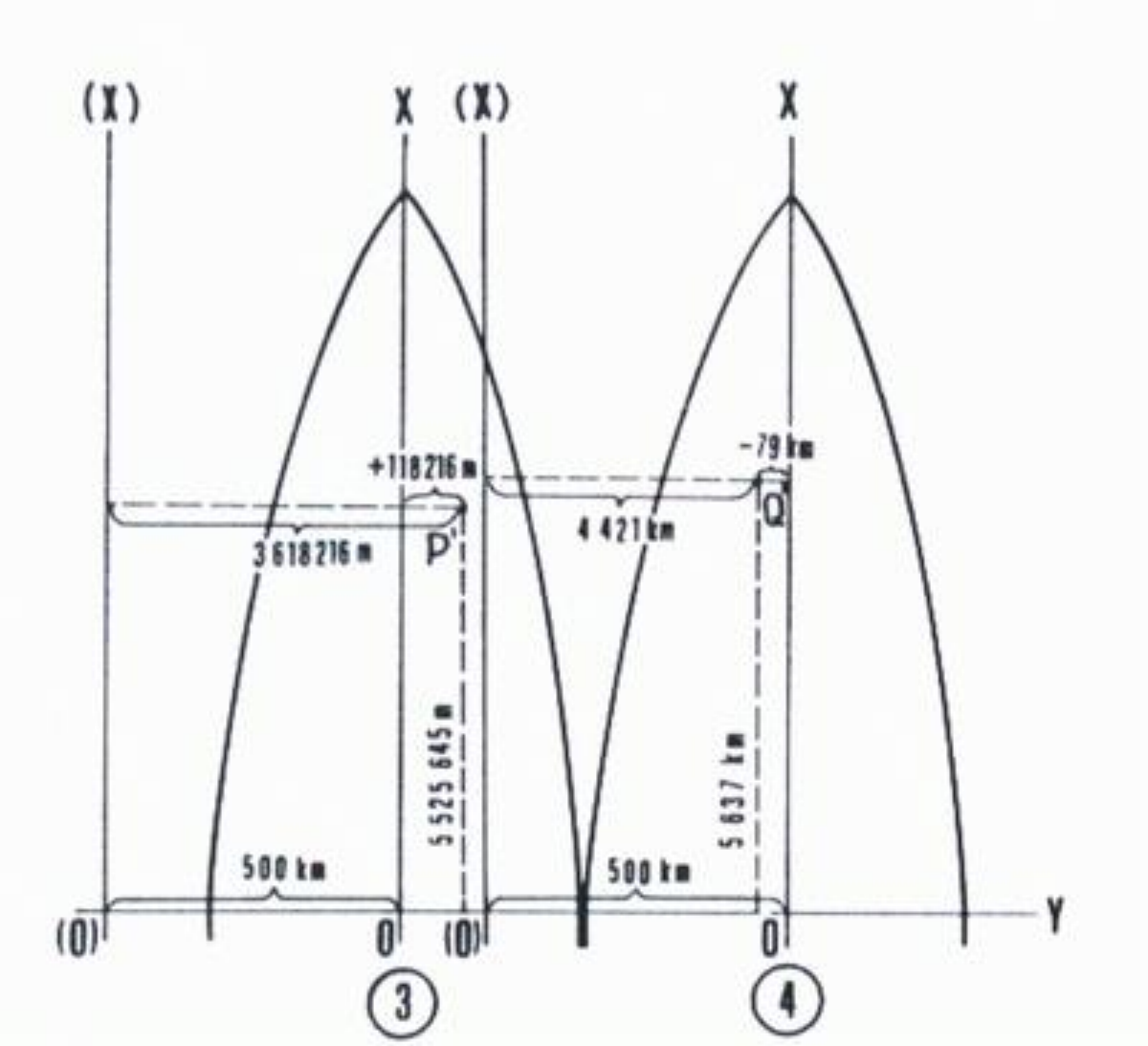
Gaussovo-Krügerovo zobrazení

Souřadnice neupravené:

P [X_p; Y_p] =
= [5 525 645; 118 216]
Q [X_q; Y_q]=
= [5 637 000; -79 000]

Souřadnice upravené:

P [X_p; Y_p] =
= [5 525 645; 3 618 216;]
Q [X_q; Y_q]=
= [5 637 000; 4 421 000;]

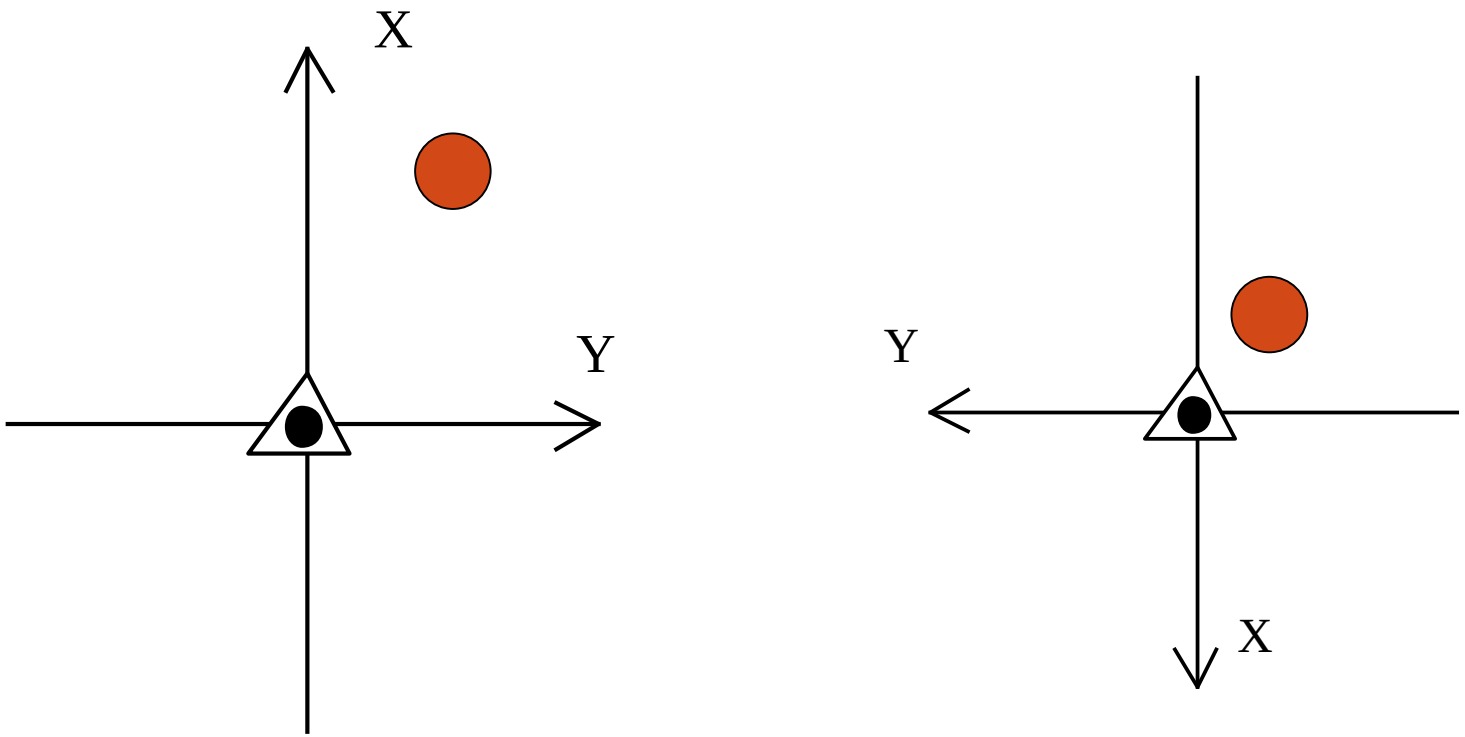


S-46 x S-52 (42, …)

- Souřadnicový systém roku 1946 (S-1946, S-46) je spojen s Besselovým elipsoidem, Gaussovým-Krügerovým válcovým zobrazením v transverzální poloze a Jaderským výškovým systémem. Jeho počátek leží v bodě Potsdam (Postupim). Vznikl využitím výsledků transformace systému JTSK do německého vojenského systému DHG (Deutsches Heeresgitter).
- Souřadnicové systémy (v časové posloupnosti zavedení v Československu) S-52/S-1952 (S-42/S1942, S-42/83 též S1942/83) jsou spojeny s Krasovského elipsoidem, Gaussovým-Krügerovým válcovým zobrazením v transverzální poloze a výškovým systémem (převážně) Balt po vyrovnání.

Souřadnicové systémy spojené s Krasovského elipsoidem posloužily postupně k začlenění území Československa do geodetické sítě (od roku 1983 i Astronomicko-geodetické) západní části SSSR. Liší se od sebe především množstvím a kvalitou identických bodů, pro které byly souřadnice S-JTSK převedeny do sovětských souřadnicových systémů.

Souřadnicové osy použité v Gaussově-Krügerově (vlevo) a v Cassini-Soldnerově zobrazení (vpravo)



Pozn.: Kolečko zobrazuje orientační polohu Ostravy v daných souřadnicových systémech.

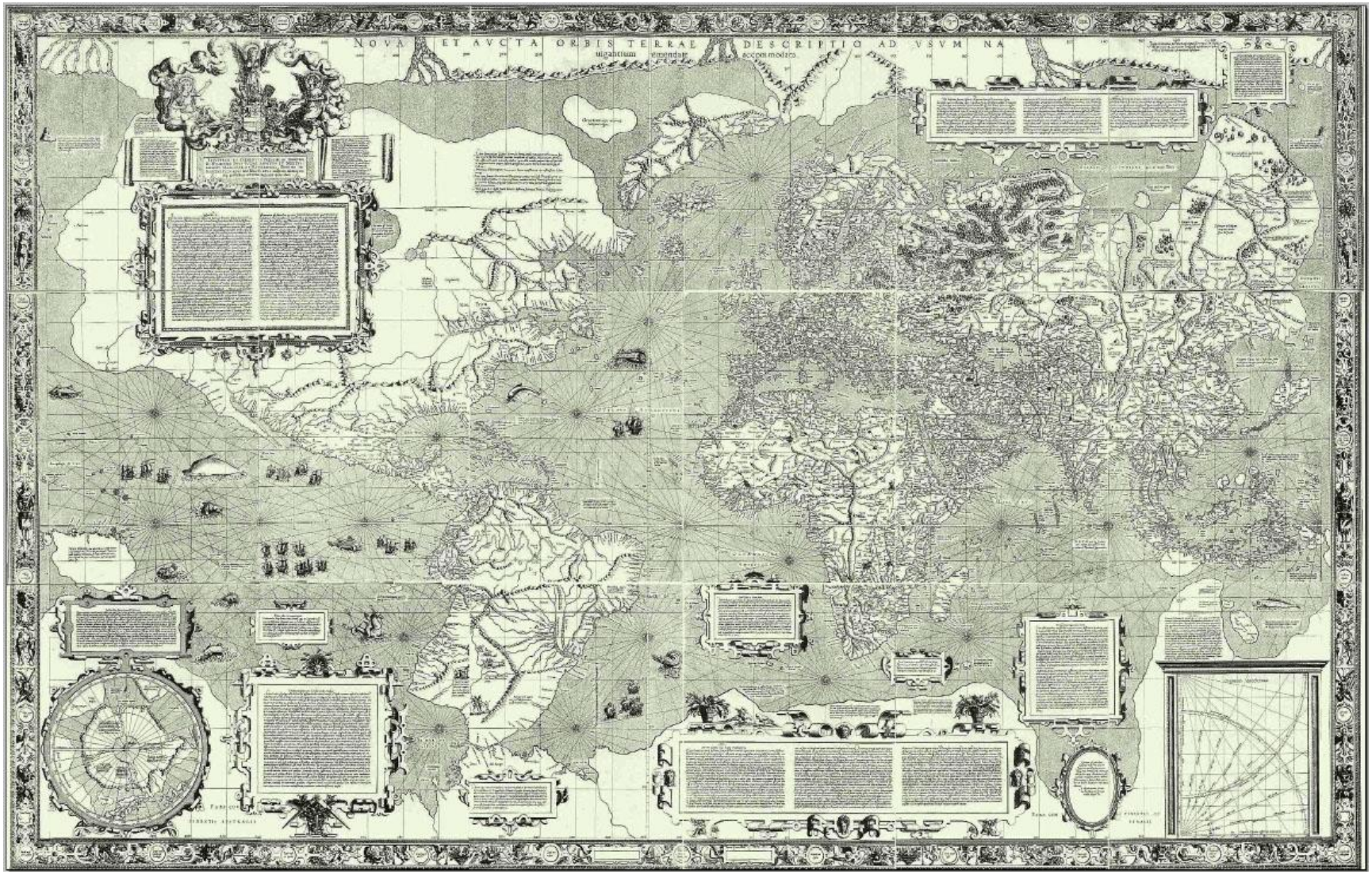
Mercatorova zobrazení

- Mercatorovo konformní válcové zobrazení v normální poloze
- Mercatorovo konformní válcové zobrazení v příčné (transversální) poloze
- UTM

Mercatorovo konformní válcové zobrazení v normální poloze

- Roku 1569 bylo zobrazení uveřejněno G. Mercatorem bez udání, jak získal vzdálenosti rovnoběžek.
- Teprve roku 1594 tuto okolnost vysvětlil Edward Wright a roku 1645 nalezl H. Bond potřebný analytický vztah.
- Zobrazení vzniklo z potřeb konstrukce námořních map pro plavby podle loxodrom (loxodroma se v něm zobrazí jako přímka). Dlouho bylo používáno i pro přehledné geografické mapy světa.
- Užívá se pro navigační mapy. V současnosti jej využívá i mapový server Google Maps.

Mercatorova mapa světa (1569)



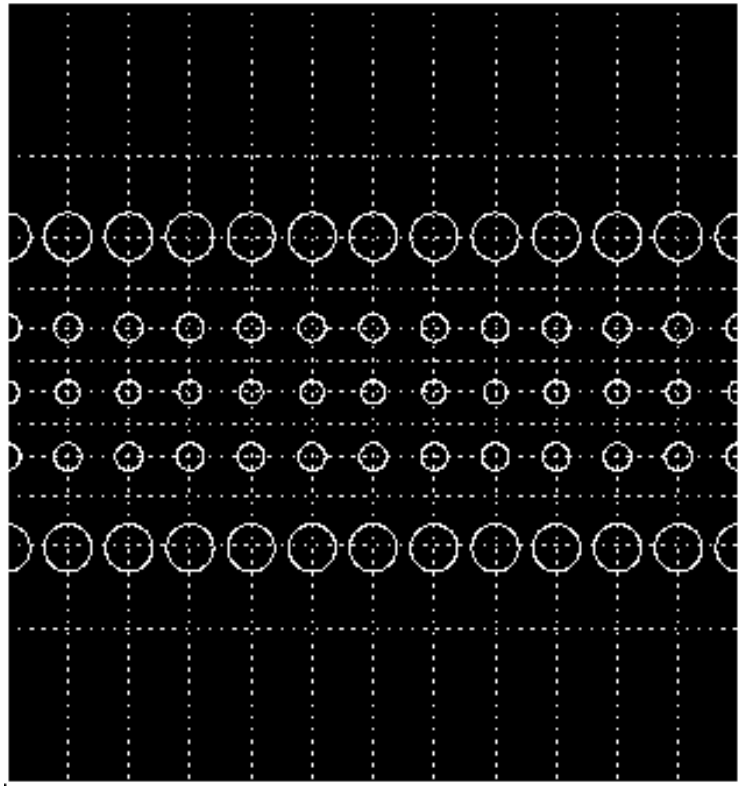
Mercatorovo zobrazení

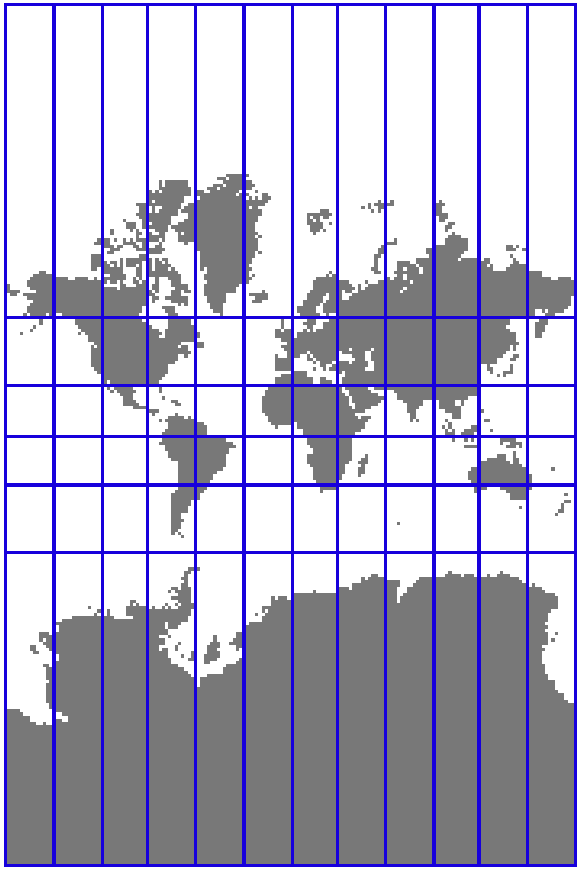
Základem zobrazení je válec v normální poloze (tedy rovnoběžný se zemskou osou), dotýkající se glóbu na rovníku. Po zobrazení povrchu koule na válec a po rozvinutí pláště válce do roviny vznikne pravoúhlá síť poledníků a rovnoběžek.

Poledníky jsou zobrazeny ve stejných rozestupech, zatímco vzájemná vzdálenost rovnoběžek směrem k pólům vzrůstá do nekonečna. Protože se válec po celém obvodu rovníku glóbu dotýká, je zobrazení rovníku délkojevné.

Zobrazení je úhlojevné, má velké plošné zkreslení. Nelze v něm zobrazit póly.

Mercatorovo zobrazení

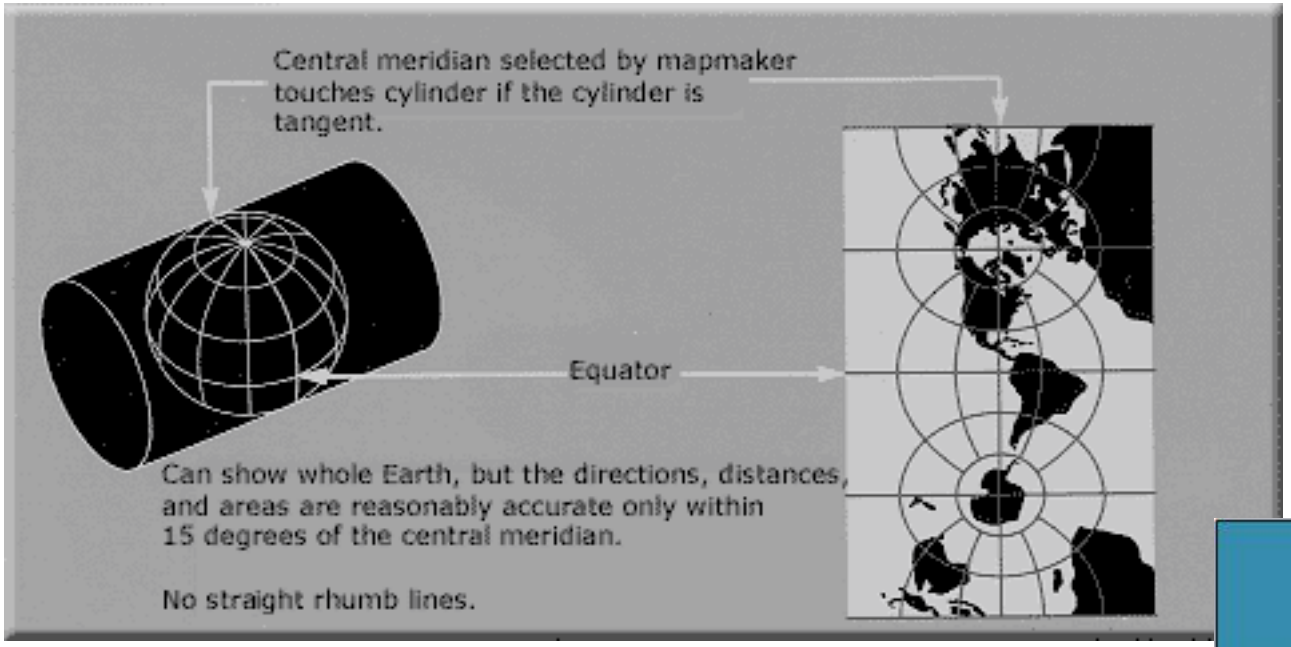


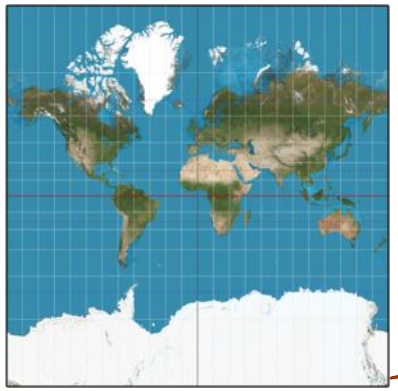


Mercatorovo válcové zobrazení v příčné poloze (Transverse Mercator)

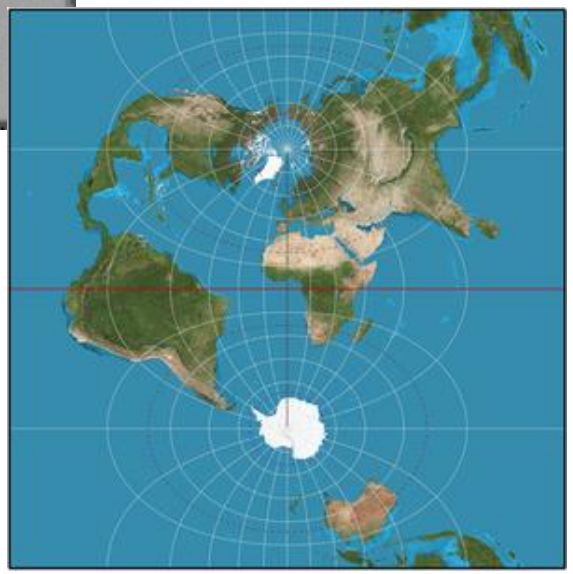
- Rovník a poledníky každých 90° od základního poledníku (včetně) se zobrazují jako přímky. Ostatní poledníky jsou komplexní křivky konkávní vzhledem k základnímu poledníku. Ostatní rovnoběžky jsou konkávní vzhledem k nejbližšímu pólu.
- Zobrazení je symetrické podle rovníku a podle každého poledníku, který je zobrazen jako přímka. Póly se zobrazí jako body na základním poledníku.
- Zkreslení je konstantní na základním poledníku. Dále plošné zkreslení roste směrem od základního poledníku, ale ve stejné vzdálenosti od tohoto poledníku je konstantní.

Příčné Mercatorovo zobrazení





Mercatorovo zobrazení v normální poloze



Universální příčné Mercatorovo zobrazení (UTM, *Universal Transverse Mercartor*)

- Zobrazení UTM se začalo používat v USA zejména pro potřeby armády v roce 1947.
- Postupně se rozšířilo jako jedno ze standardizovaných zobrazení pro topografické mapy a pro lokalizaci dat GIS v rámci NATO.

Pozn.: Dohoda je obsahem STANAG 2211 „Geodetické systémy, kartografická zobrazení, souřadnicové a hlásné sítě“. Plné zavedení geodetického systému WGS84 do Armády ČR a zároveň zrušení stávajícího souřadnicového systému 1942/83 bylo stanoveno k 1. 1. 2006.

- UTM se používá pro území mezi rovnoběžkami 80° j.š. a 84° s.š.
- Pro zobrazení území ležících mimo uvedené rozmezí zeměpisných šířek se používá univerzální polární stereografická zobrazení UPS (*Universal Polar Stereographic*).
- Oba systémy se překrývají 30' zeměpisné šířky.

UTM

- Referenční plochou zobrazení UTM byl Hayfordův elipsoid, v současnosti převládá elipsoid WGS84.

Pozn.: UTM se používalo i s jinými elipsoidy. Např. pro Severní Ameriku to byl původně Clarkeův elipsoid 1866, pro Afriku Clarkeův elipsoid 1880.

- Jedná se o konformní válcové zobrazení v rovníkové poloze v soustavě šestistupňových poledníkových pásů. Poledníkových pásů se využívá proto, že při zobrazení rozsáhlého území na válcovou plochu dochází na okrajích zobrazovaného území k extrémnímu zkreslení. Pro nezkreslený dotykový poledník lze území kolem dotykového poledníku až do šířky 3° na obě strany považovat za málo zkreslené, tzn., že odpovídá požadavkům kladeným na zobrazování elipsoidu do roviny.
- Pro věrnější převedení elipsoidu do roviny se ještě vedle poledníkových pásů užívá místo tečného válce, válce sečného.

UTM

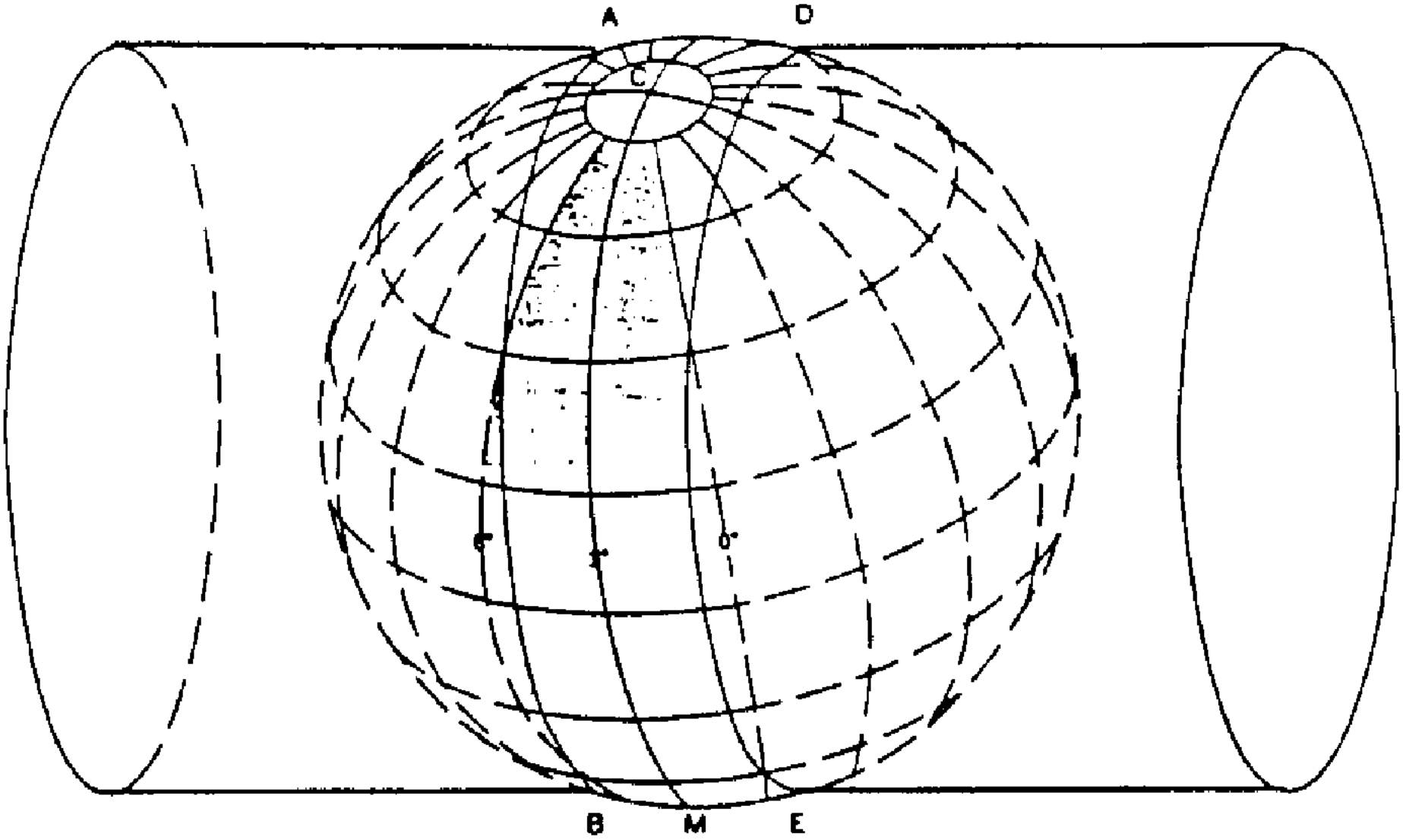
- Při zobrazení zemského povrchu do roviny pomocí UTM je podobně jako u Gaussova-Krügerova zobrazení zemský povrch rozdělen na poledníkové pásy. ČR leží v pásu 33 a 34.

- Poledníkový pás o šířce 6° je definován osovým poledníkem (k zobrazení zemského povrchu je použito 60 poledníkových pásů).

UTM

- Každý poledníkový pás je zobrazen na samostatný sečný válec protínající elipsoid WGS84 v dvou kružnicích rovnoběžných s osovým poledníkem.
- Pro systém UTM byla položena podmínka, aby tyto kružnice v jednotlivých pásech byly ve vzdálenosti 180 km od osového poledníku.
- Toho se dociluje tím, že se osovému poledníku přisoudí zkreslení $m_0 = 0{,}9996$.

Princip zobrazení UTM: sečný válec

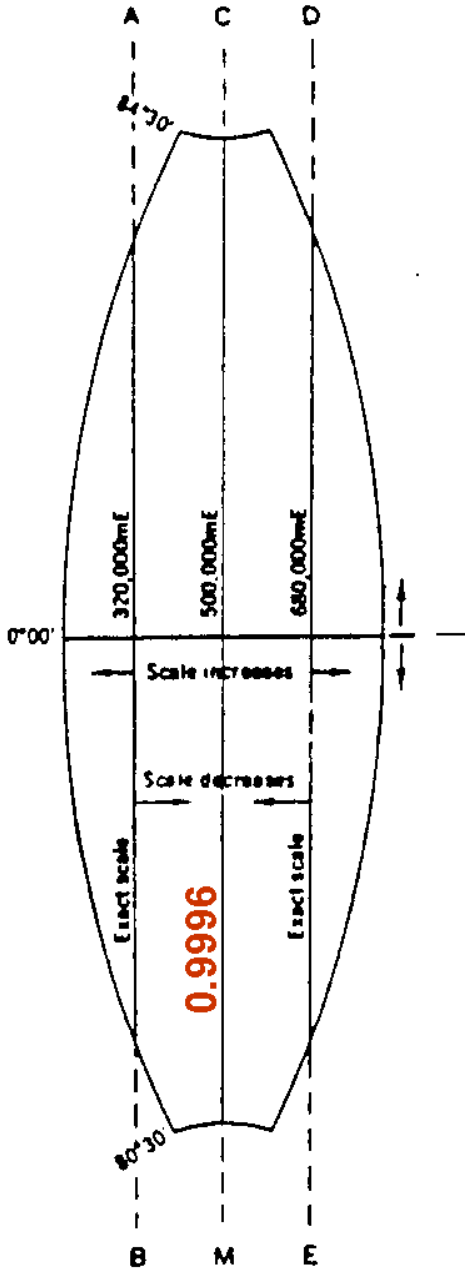


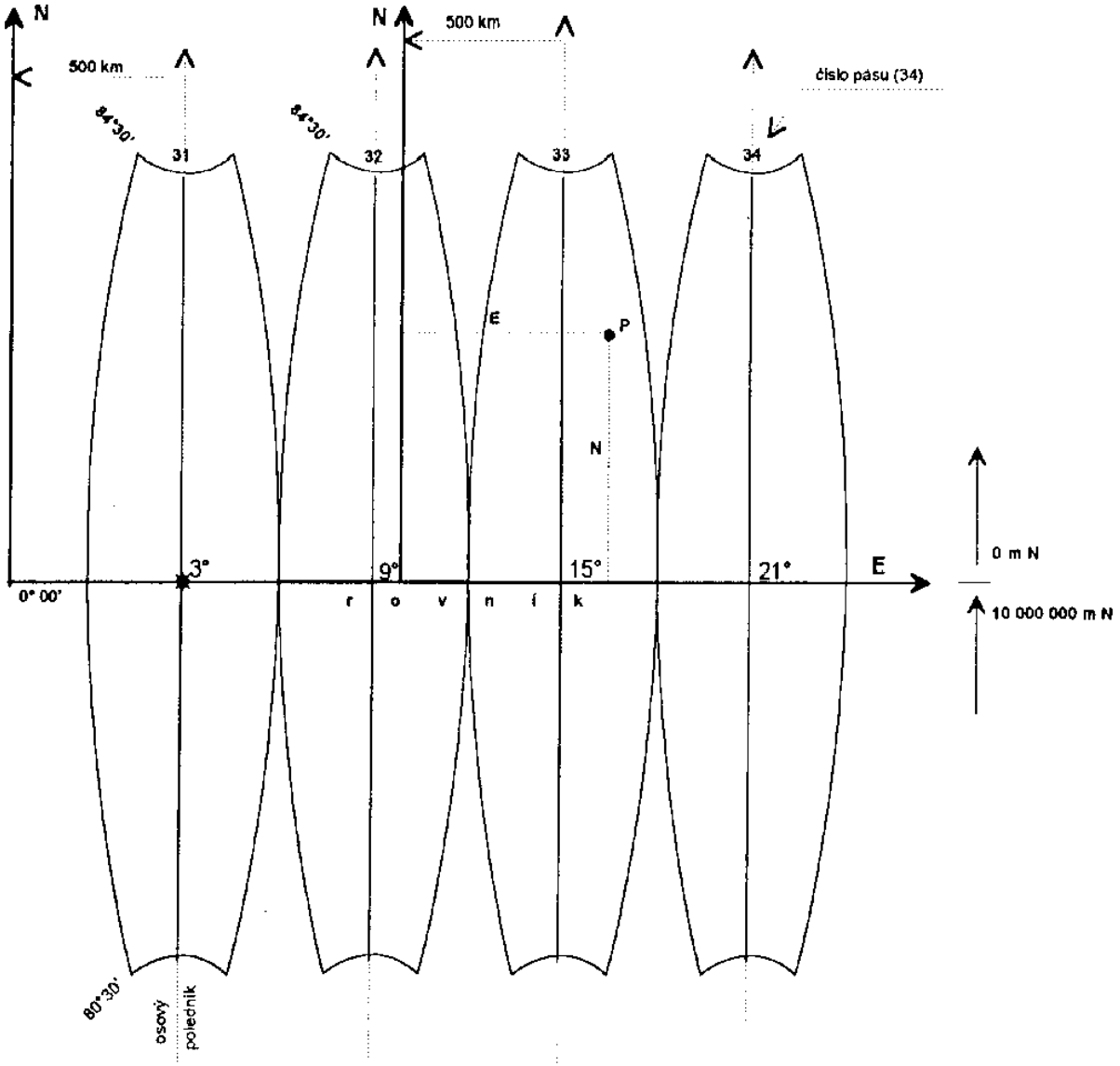
UTM

- Kartografické zobrazení každý pás samostatně převede do roviny tak, že obrazem rovníku a osového poledníku je dvojice kolmých přímek.
- Obrazy ostatních poledníků a rovnoběžek příslušného pásu jsou obecné křivky.
- Osy se zpravidla označují *N* a *E* (*standardní označení v rámci NATO*), někdy se mohou označovat stejně jako u Gaussova-Krügerova zobrazení *X* a *Y*.

Souřadnicová soustava UTM

- Každý poledníkový pás má svůj vlastní souřadnicový systém.
- Osa **N** (X) je totožná s obrazem osového poledníku, osa **E** (Y) je totožná s obrazem rovníku.
- Počátek souřadnic leží v průsečíku obrazu rovníku a osového poledníku, ale je matematicky (stejně jako u Gaussova-Krügerova zobrazení) posunut tak, aby všechny souřadnice v poledníkovém pásu měly kladné hodnoty.



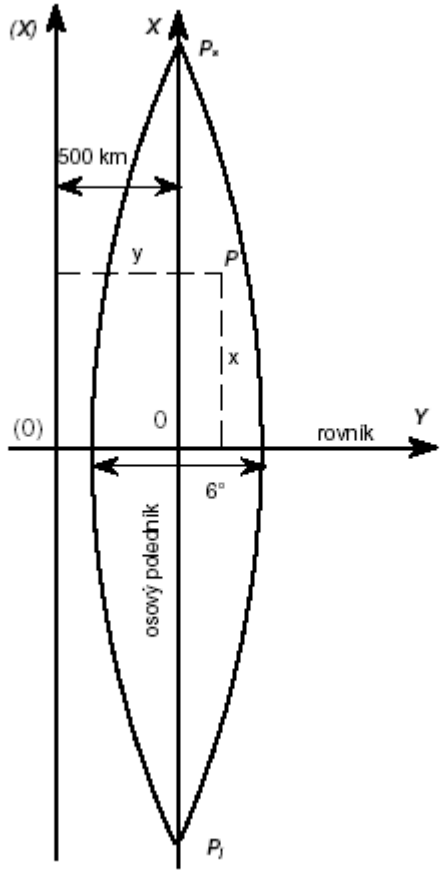


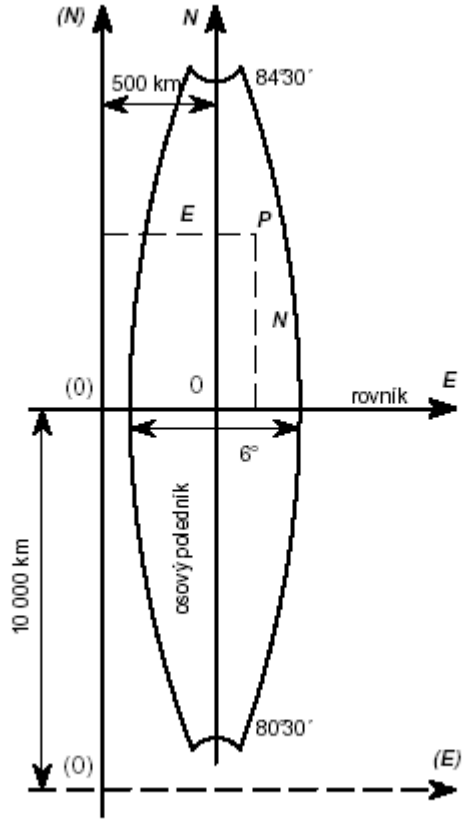
Souřadnicová soustava v UTM

Gauss (v ČR) x UTM:

- ..pro UTM je referenční plochou elipsoid WGS84, resp. Hayfordův elipsoid (pro Gaussovo-Krügerovo zobrazení Krasovského elipsoid),
- ..pravoúhlé rovinné souřadnice N a E (N - North, odpovídá souřadnici X, E - East, odpovídá souřadnici Y),
- ..adiční konstanta pro N na jižní polokouli je 10 000 km, pro E zůstává stejná (500 km),
- ..použití multiplikační konstanty k = 0,9996 (jistá analogie ke Křovákovu zobrazení),
- ..délkové zkreslení v UTM na okraji šestistupňového pásu v naší zeměpisné šířce činí +17 cm/km (v Gaussově-Krügerově zobrazení 57 cm/km).

Posun souřadnicových os v systémech S-1942 a UTM





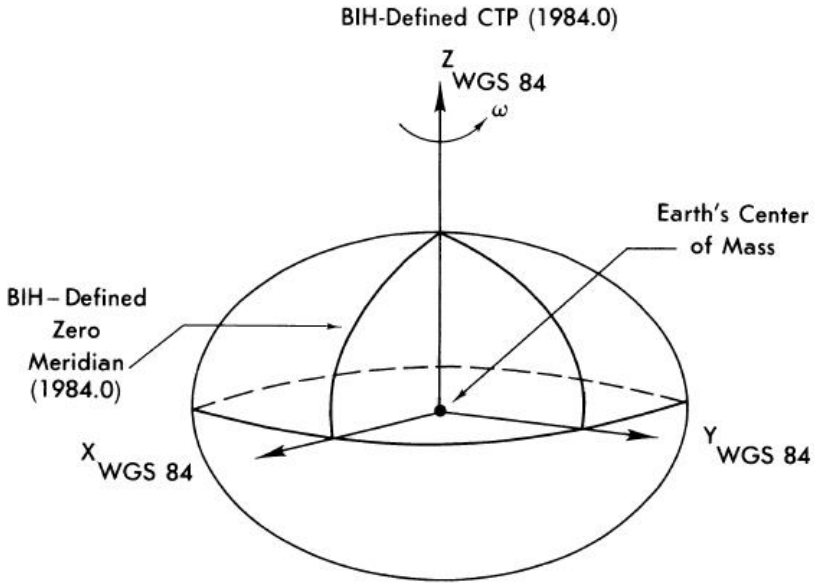
Extrémní hodnoty souřadnic v rámci šestistupňového pásu Gaussova-Krügerova zobrazení a zobrazení UTM

φ	Gaussovo-Krügerovo zobrazení		UTM	
	X (km)	Y (km)	N (km)	E (km)
0	0	0 až ± 334	0	0 až ± 333,8
50°	5541	0 až ± 215	5538,8	0 až ± 214,8
90°	10 002	0	9 998	0

WGS84

Souřadnicový systém WGS84 je pravotočivá kartézská soustava souřadnic se středem v těžišti Země (včetně moří a atmosféry). Kladná osa X směřuje k průsečíku nultého poledníku a rovníku, kladná osa Z k severnímu pólu a kladná osa Y je na obě předchozí kolmá ve směru doleva (90° východní délky a 0° šířky), tvoří tak pravotočivou soustavu souřadnic.

Nultým poledníkem je „*IERS Reference Meridian*“, ležící 5,31´´ východně od „*Greenwich Prime Meridian*“.



Vybrané názvy a kódy souřadnicových systémů závazných na území ČR
(pro praktické využití je třeba ověřit jejich aktuální platnost)

Název souřadnicového systému	ESRI název	ESRI kód	EPSG kód
S-JTSK	S-JTSK Krovak EastNorth	102067	2065
S-42	Pulkovo 1942 GK Zone 3	28403	28403
ETRS89	ETRS 1989	4258	4258
WGS84	WGS 1984	4326	4326
UTM pás 33 nad elipsoidem WGS1984	WGS 1984 UTM Zone 33N	32633	32633

Navržená a nepoužitá zobrazení

Navržená a nepoužitá zobrazení (1/2)

1. **Kuželová konformní zobrazení v normální poloze** (ing. Josef Křovák) byla konstruována samostatně pro dva rovnoběžkové pásy jako tečná, přičemž základní (tečné) rovnoběžky měly hodnoty 50°20' a 48°40' s.š.

Stručná charakteristika:

Osa X byla vložena do poledníku 33° východně od Ferra, dvě osy Y byly dané nezkreslenými rovnoběžkami, elipsoid byl zobrazen přímo do roviny, vliv délkového zkreslení poměrně malý, byly navrženy dva souřadnicové systémy pro jednotlivé pásy, na jejich překrytu existovaly dvojí souřadnice.

2. **Dvojité válcové konformní zobrazení v obecné poloze** (prof. František Fiala) mělo velkou meridiánovou konvergenci (až 26°). Válcová plocha se dotýkala koule podél ortodromy procházející body [50°20'; 30°] a [49°; 36°]. Po redukci zkreslení, zavedením multiplikační konstanty k=0,999, přešla tečná poloha v sečnou a došlo ke snížení vlivu zkreslení na hodnoty -10 cm/km až +17 cm/km.

Navržená a nepoužitá zobrazení (2/2)

3. **Stereografická projekce v obecné poloze** (prof. A. Semerád) ve 3 souřadnicových soustavách (Čechy s Moravou, Slovensko a Podkarpatská Rus), přičemž na jejich překrytu se uváděly souřadnice sousedících soustav. Poloměry obrazů okrajových kartografických rovnoběžek dosahovaly až 180 km. Maximální délkového zkreslení činilo 10 cm/km.
4. **Válcové konformní zobrazení v obecné poloze** (prof. A. Tichý) ve dvou pásech s dvojími souřadnicemi na jejich překrytu. Dotykové ortodromy byly kolmé na zeměpisné poledníky v bodech o nestejných zeměpisných souřadnicích. Zvoleny byly dvě souřadnicové soustavy pro Čechy s Moravou a Slovensko.
5. **Dvojité konformní kuželové zobrazení v obecné tečné poloze** (Ing. Josef Křovák) je t.č. první fází zobrazení sférické plochy do roviny podle Křovákova konformního kuželového zobrazení v obecné poloze.
6. **Konformní eliptické zobrazení** (nepravé válcové) s minimálním délkovým zkreslením, které navrhl prof. Böhm (skončilo ve stadiu pokusu).

„Nová“ zobrazení

„nová“ zobrazení

Systém **S-JTSK/95**

- JTSK z roku 1995, zastaralá pracovní (nezávazná) pro Česko. Nešlo o nový systém, ale pouze o zpřesněný systém S-JTSK.
- Zaváděl geocentrický souřadnicový systém a umožňoval tak bezprostřední nasazení techniky GNSS.
- Z geocentrických souřadnic (X,Y,Z) resp. (ϕ, λ, H) definoval (jednoznačně) rovinné geodetické souřadnice odpovídajících bodů v Křovákově zobrazení (umožňoval tedy provádět klasická geodetická měření).
- Umožňoval použití stávajících grafických podkladů vyhotovených v S-JTSK od měřítka 1 : 1 000 směrem k menším měřítkům. Byl tedy vhodný pro přesné technické a katastrální měřické práce i pro řešení otázek lokalizace údajů v rámci GIS/LIS (střední hodnota rozdílu souřadnic od stávajícího S-JTSK byla cca 10 cm.

„nová“ zobrazení

- JTSK/03 z roku 2003, verze zákonem závazná pro Slovensko od roku 2011.
- JTSK/05 z roku 2005, pracovní (nezávazná) pro Česko (v praxi se užívá jen pro transformaci souřadnicových systémů JTSK->JTSK/05->ETRS, případně WGS84). Jedná se o pracovní souřadnicový systém, který je definován pro převod mezi ETRF2000 a S-JTSK.
- Mezi ETRF2000 a S-JTSK/05 existuje přesný matematický vztah.

Pozn.:

- S-JTSK/05 je založen na bodech sítě DOPNUL.
- Rozdíly (polohové odchylky) mezi S-JTSK a S-JTSK/05 jsou do 30 cm (střední chyba je 13 cm).

Hlásné systémy

MGRS

GEOREF

Pozn.: Existuje řada dalších hlásných systémů, resp. systémů kódového určování polohy (viz např. Global Area Reference System,GARS), které zůstanou v této chvíli bez povšimnutí (iniciativě se ale meze nekladou).

Hlásná síť NATO

- Systém MGRS (*Military Grid Reference System*) představuje celosvětově použitelnou unifikovanou hlásnou síť (hlásný systém) pro vyjádření polohy objektu (bodu) pomocí specifického alfanumerickém kódu založeného na mapách v zobrazení UTM a UPS.
- Byl vyvinut a je používán především ve strukturách NATO.

Hlásný systém MGRS

Úplný kód polohy objektu v hlásné síti zahrnuje:

- označení zóny – číslo, písmeno,
- označení jednotky (čtverce) – písmeno, písmeno,
- pravoúhlé souřadnice bodu v rámci příslušného čtverce (jednotky).

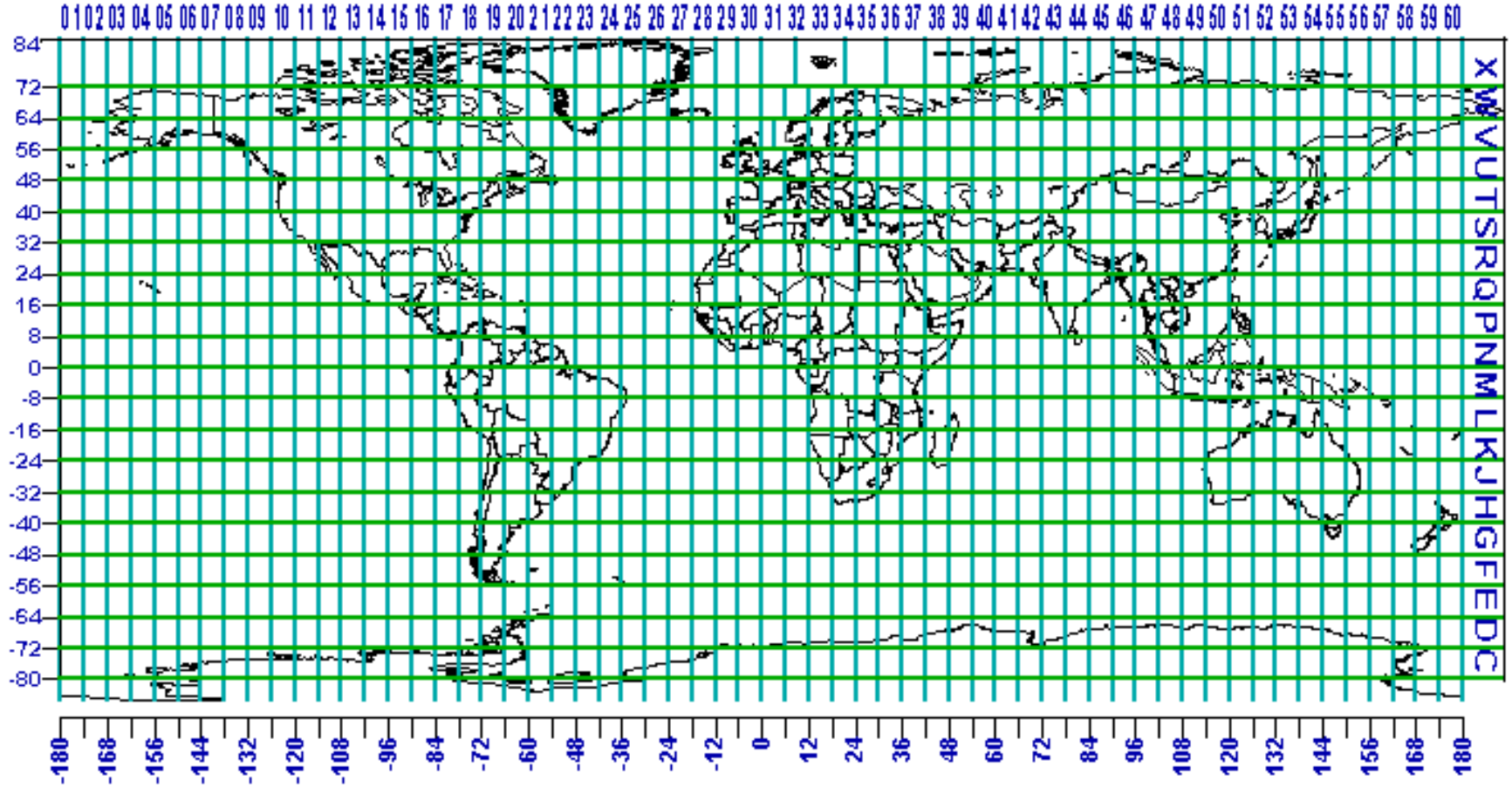
Hlásný systém MGRS

- Základním prvkem hlásného systému je tzv. zóna (obraz sférického čtyřúhelníku referenčního elipsoidu).
- Systém rozděluje každý šestistupňový poledníkový pás na 19 vrstev o šířce 8° a 1 vrstvu o šířce 12°, a to od rovnoběžky 80° jižní šířky (v algoritmu uvažujeme –80°) do rovnoběžky 84° severní šířky.
- Zemský povrch je rozdělen na 60 x 20 sférických čtyřúhelníků (vzhledem k nepravidelnosti dělení oblasti Špicberků je sférických čtyřúhelníků o 3 méně).

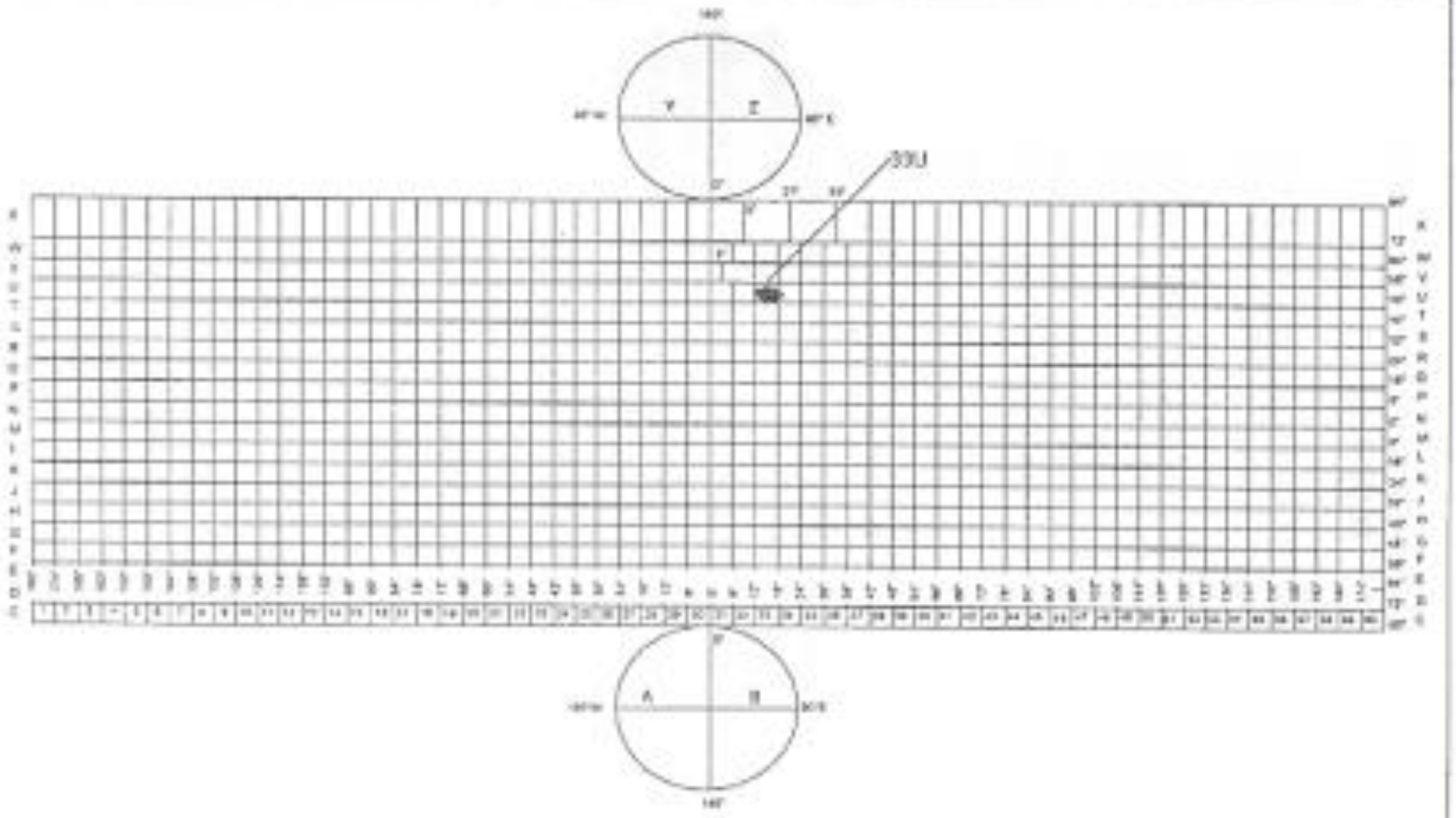
Hlásný systém MGRS

- Každé zóně je přiřazen hlásným systémem kód.
- První složka kódu je číslo zobrazeného poledníkového pásu od 1 do 60. Pásy se číslují od obrazu poledníku 180° západní délky směrem na východ.
- Druhá složka kódu je písmeno anglické abecedy C až X (*písmena I a O jsou vynechána, aby nedošlo k záměně s číslicemi*), které označuje vrstvu (vrstvy se značí od obrazu rovnoběžky 80° jižní šířky směrem na sever). C-M pro jižní polokouli, N-X pro severní polokouli.
- Písmena A,B jsou vyhrazena pro jižní pólové oblasti a písmeny Y,Z pro severní pólové oblasti (zobrazení UPS).

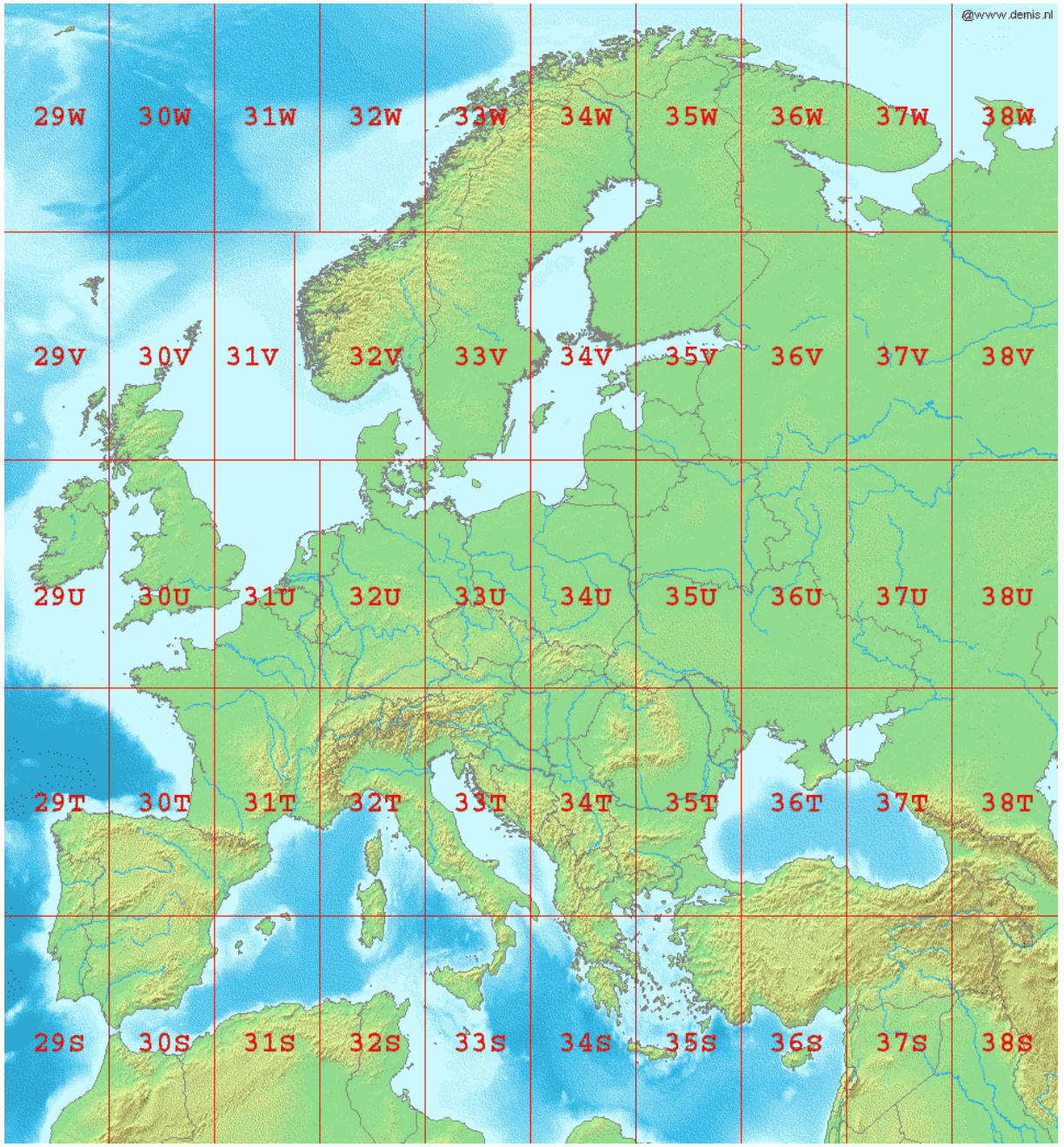
Zóny hlásného systému MGRS v UTM



MGRS (UTM + UPS)



Zóny hlásného systému MGRS v Evropě



Jednotky hlásného systému MGRS

- Každý zobrazený poledníkový pás je rozdělen systémem rovnoběžných čar o vzdálenosti 100 km s obrazem rovníku a příslušného osového poledníku (tj. s osou N a osou E). Obraz poledníkového pásu tedy pokrývá čtvercová síť (jednotek hlásného systému).
- V oblasti rovníku, vzhledem k šířce šestistupňového poledníkového pásu (668 km), takto vznikne šest úplných čtverců a na každém okraji pásu jeden neúplný čtverec, který má šířku 34 km.
- Se zužováním obrazů poledníkových pásů směrem k pólům se snižuje počet úplných čtverců a mění šířka okrajových čtverců.

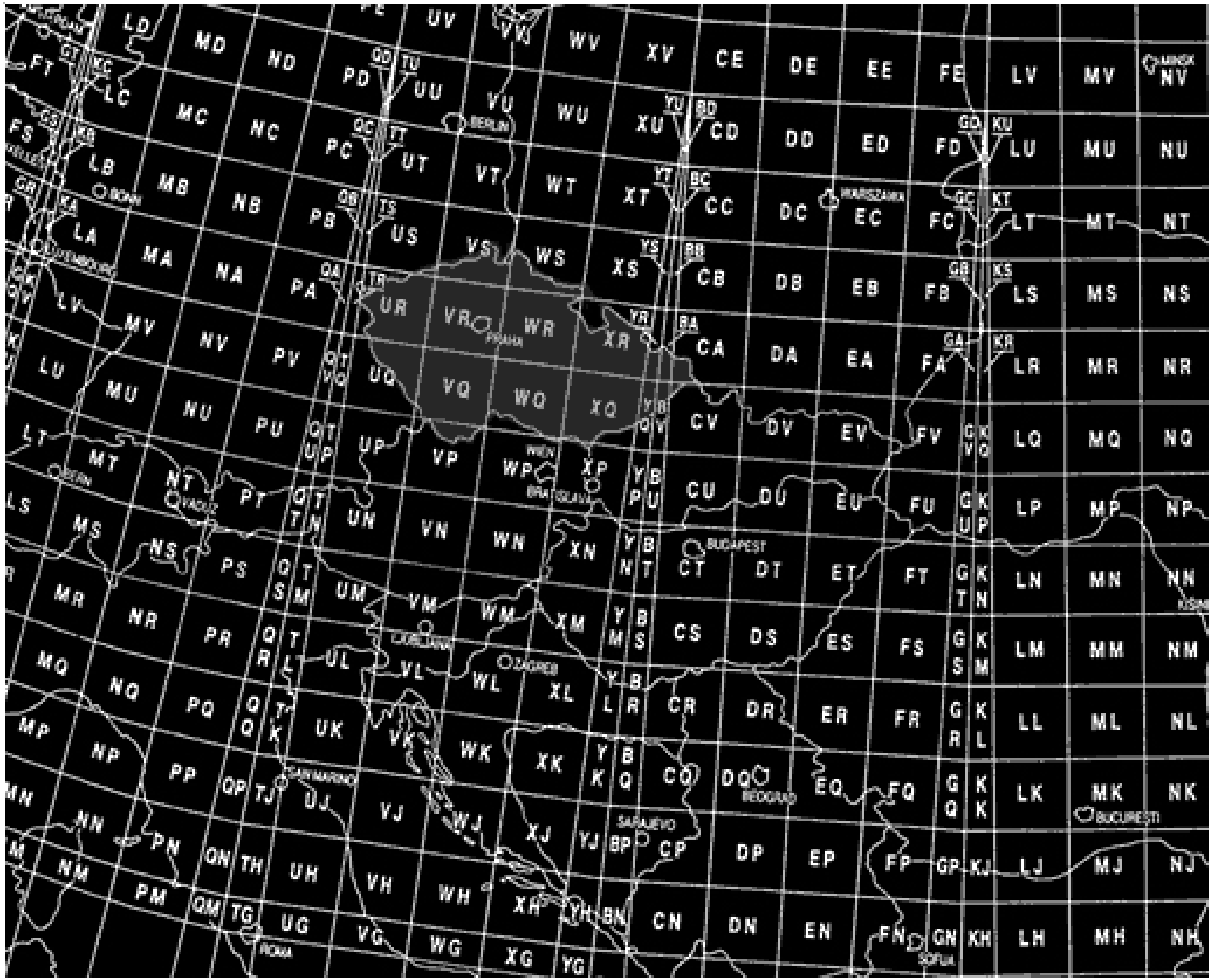
Jednotky hlásného systému MGRS

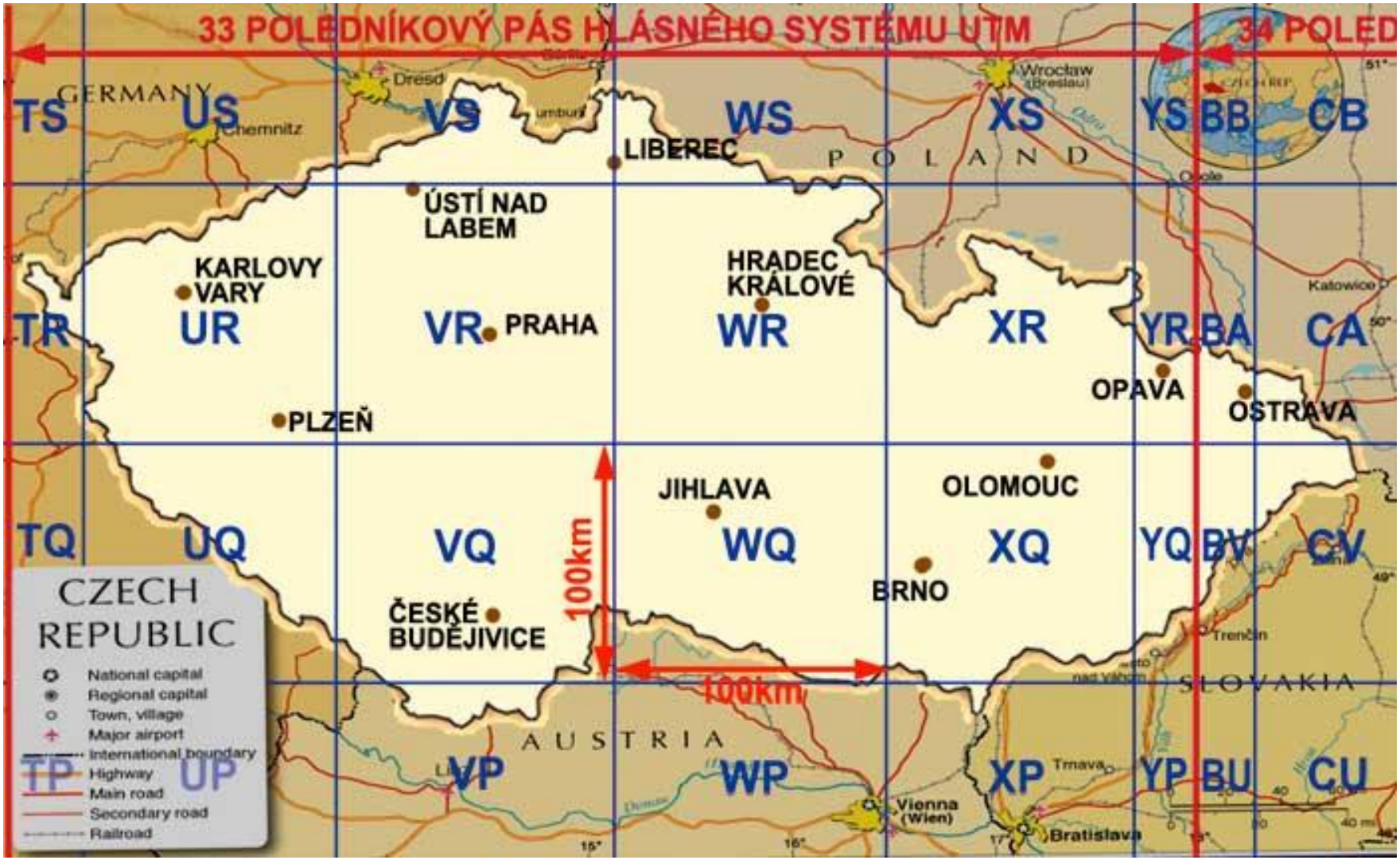
Každý čtverec (úplný i neúplný) se označuje dvěma písmeny.

- První písmeno popisuje sloupec (sloupce se značí od obrazu poledníku 180° směrem na východ) čtvercové sítě, ve kterém se nachází příslušný čtverec.
- Druhé písmeno určuje vrstvu (vrstvy se označují od obrazu rovníku směrem na sever a od obrazu rovníku směrem na jih), na níž se příslušný čtverec v rámci čtvercové sítě vyskytuje.

Jednotky hlásného systému MGRS

- Sloupcům (včetně neúplných) jsou přidělena písmena anglické abecedy A až Z (bez I a O). Po písmenu Z se abeceda opakuje.
- Pro označení vrstev je využito písmen A až V (bez I a O). Po písmenu V se abeceda opakuje. U lichých poledníkových pásů začíná první vrstva od rovníku písmenem A, u sudých písmenem F.


LD MD ND PD UV VV WV XV CE DE EE FE LV MV NV
FT LC MC NC UU VU WU XU CD DD ED FD LU MU NU
FS LB MB NB PC UT VT WT XT CC DC EC FC LT MT NT
LA MA NA PB US VS WS XS CB DB EB FB LS MS NS
LV MV NV PA UR VR WR XR CA DA EA FA LR MR NR
LU MU NU PV UQ VQ WQ XQ CV DV EV FV LQ MQ NQ
LT MT NT PU UP VP WP XP CU DU EU FU LP MP NP
LS MS NS PT UN VN WN XN CT DT ET FT LN MN NN
MR NR PS UM VM WM XM CS DS ES FS LM MM NM
MQ NQ PR UL VL WL XL CR DR ER FR LL ML NL
MP NP PQ UK VK WK XK CQ DQ EQ FQ LK MK NK
MN NN PP UJ VJ WJ XJ YJ BP CP DP EP FP GP KJ LJ MJ NJ
NM PN QN TH UH VH WH XH YH BN CN DN EN FN GN KH LH MH NH
PM QM TG UG VG WG XG YG
MINSK
BERLIN
WARSZAWA
BONN
PRAHA
WIEN
BRATISLAVA
BUDAPEST
BERN
VADUZ
LJUBLJANA
ZAGREB
SAN MARINO
SARAJEVO
BEOGRAD
BUCURESTI
SOFIJA
ROMA


33 POLEDNÍKOVÝ PÁS HLÁSNÉHO SYSTÉMU UTM
34 POLED
GERMANY
Dresd
Chemnitz
Wrocław (Breslau)
POLAND
LIBEREC
ÚSTÍ NAD LABEM
KARLOVY VARY
HRADEC KRÁLOVÉ
PRAHA
PLZEŇ
OPAVA
OSTRAVA
JIHLAVA
OLOMOUC
BRNO
ČESKÉ BUDĚJIVICE
100km
100km
CZECH REPUBLIC
National capital
Regional capital
Town, village
Major airport
International boundary
Highway
Main road
Secondary road
Railroad
AUSTRIA
SLOVAKIA
Trenčín
Trnava
Vienna (Wien)
Bratislava
TS
US
VS
WS
XS
YS
BB
CB
TR
UR
VR
WR
XR
YR
BA
CA
TQ
UQ
VQ
WQ
XQ
YQ
BV
CV
TP
UP
VP
WP
XP
YP
BU
CU

Hlásný systém MGRS (zpřesnění)

Každý čtverec určuje lokální soustavu souřadnic (LS) s počátkem v levém dolním rohu;

- první polovina posloupnosti číslic udává souřadnici W, tedy vzdálenost bodu od západní svislé strany čtverce, tj. od osy Y v soustavě LS,
- druhá polovina souřadnici S, tedy vzdálenost bodu od jižní vodorovné strany čtverce, tj. od osy X v soustavy LS.

Hlásný systém MGRS (zpřesnění)

Jednoznačnou polohu objektu v hlásné síti určuje úplný kód, který se skládá z označení zóny, čtverce a uvedení pravoúhlých souřadnic bodu v rámci tohoto čtverce. Tento kód se píše bez mezer a jakýchkoliv interpunkčních znamének.

Systém UTM používá označení polohy bodů v řádu 10 km, 1 km, 100 m 10 m a 1 m, v kódu MGRS se to pak projeví počtem cifer použitých pro vyjádření souřadnic bodu v rámci čtverce (2 cifry pro řád 10 km až 10 cifer pro řád 1 m).

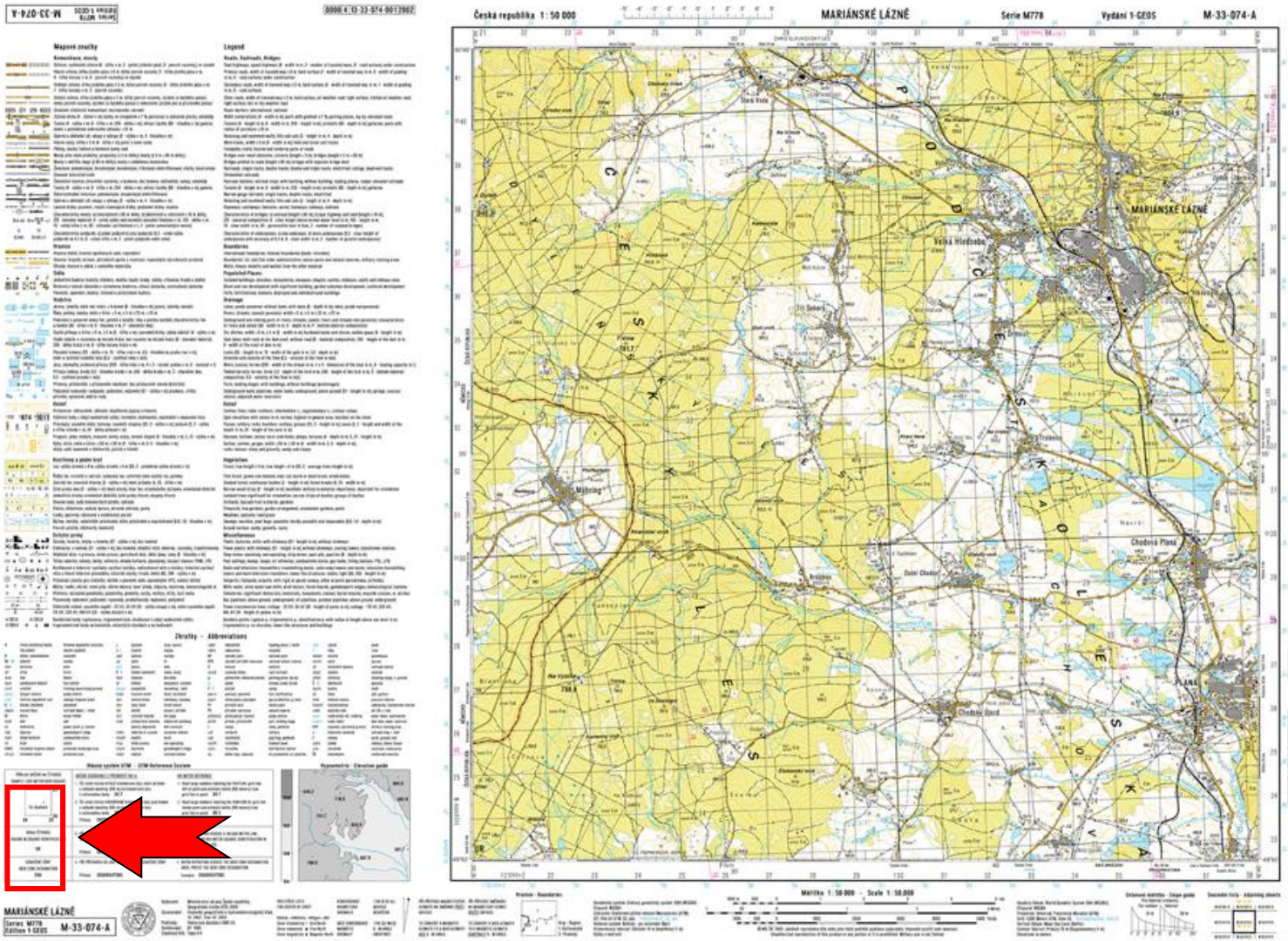
Hlásný systém MGRS

Příklad:

33UXR00421672 značí

- 33. pás,
- vrstva U,
- XR 100km čtverec,
- 0042 souřadnice W,
- 1672 souřadnice S
  - v řádu 10 m (při užití souřadnic v řádu 100 m bude zápis 33UXR004167).

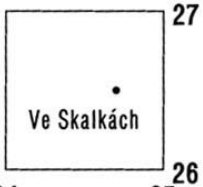
Poloha v hlásné síti MGRS



Poloha v hlásné síti MGRS

Hlásný systém UTM - UTM-Reference System

PŘÍKLAD URČENÍ km ČTVERCE
SAMPLE 1,000 METER GRID SQUARE



URČENÍ SOUŘADNIC S PŘESNOSTÍ 100 m

1. Čti velké číslice SVISLÉ kilometrové čáry vlevo od bodu a odhadni desetiny (100 m) od kilometrové čáry k určovanému bodu: **24 7**
2. Čti velké číslice VODOROVNÉ kilometrové čáry pod bodem a odhadni desetiny (100 m) od kilometrové čáry k určovanému bodu: **26 5**

Příklad: **247265**

100 METER REFERENCE

1. Read large numbers labeling the VERTICAL grid line left of point and estimate tenths (100 meters) from grid line to point: **24 7**
2. Read large numbers labeling the HORIZONTAL grid line below point and estimate tenths (100 meters) from grid line to point: **26 5**

Example: **247265**

100km ČTVEREC
100,000 M SQUARE IDENTIFICATION

UR

3. PŘI PŘEKROČENÍ 100km ČÁRY PŘEDŘAĎ OZNAČENÍ 100km ČTVERCE, VE KTERÉM URČOVANÝ BOD LEŽÍ.

Příl

3. WHEN REPORTING ACROSS A 100,000 METER LINE, PREFIX THE 100,000 METER SQUARE IDENTIFICATION IN

OZNAČENÍ ZÓNY
GRID ZONE DESIGNATION

33U

4. PŘI

Příl

Označení zóny a 100km čtverce je uvedeno na diagramu v mimorámových údajích mapy.
(*Označení 100km čtverců je i v mapovém poli.)*

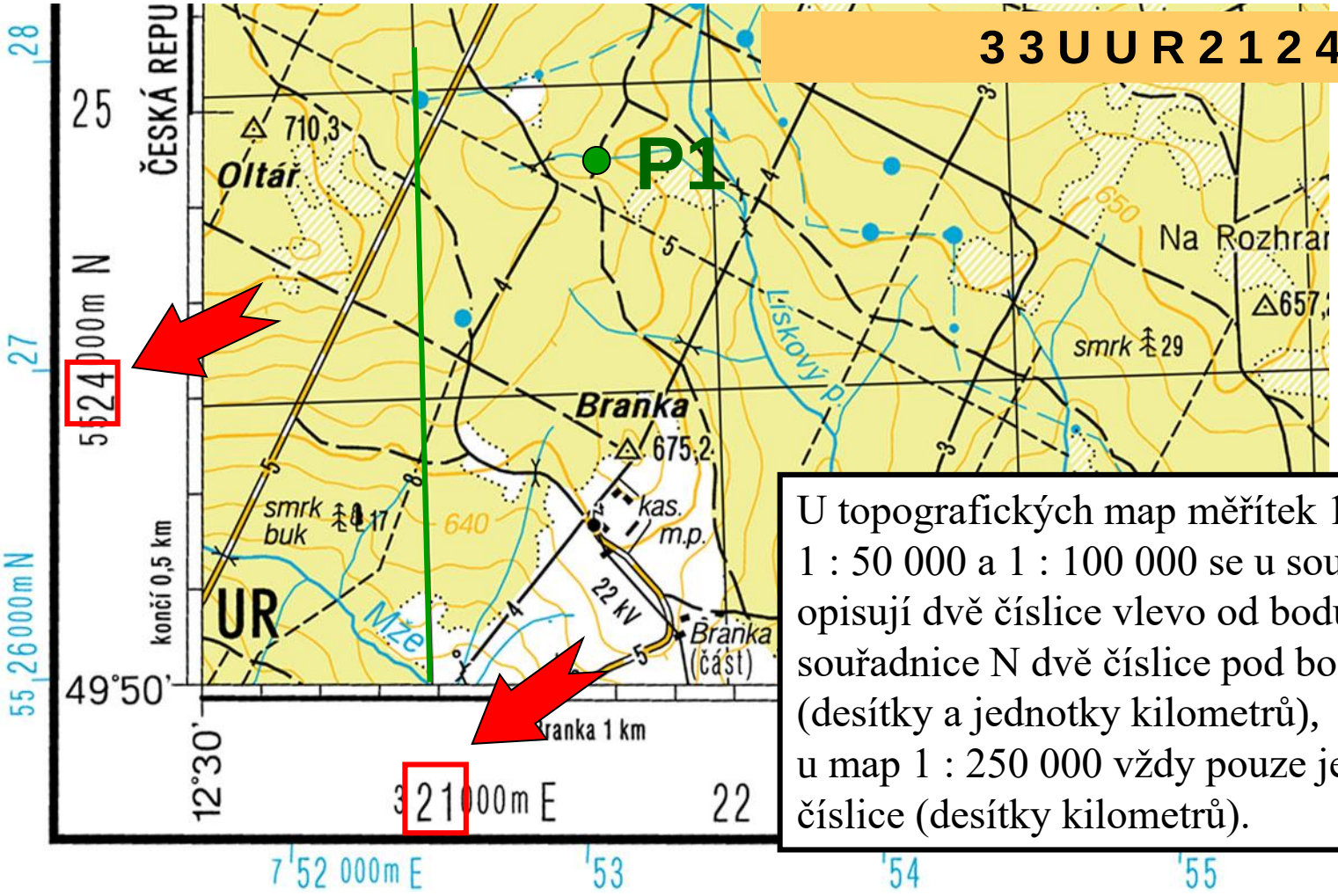
MARIÁNSKÉ LÁZNĚ

Series M778
Edition 1-GEOS

M-33-074-A

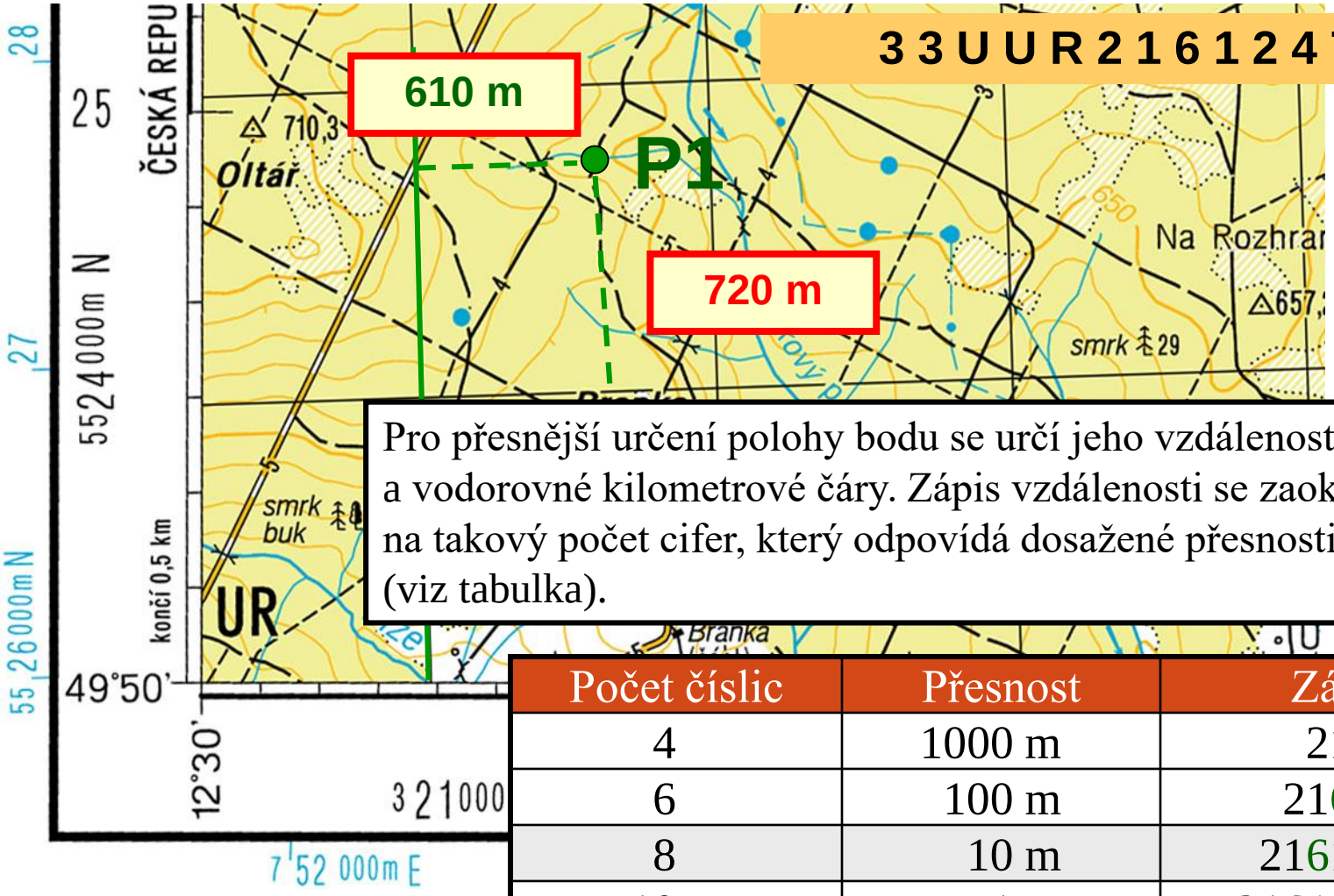
Vydavatel: Ministerstvo obrany České republiky, Geografická služba AČR, 2003
Zpracovatel: Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad, 12. 2002. Tisk: 07. 2003
Podklady: Vektorová databáze DMÚ 25
Snímkování: 07. 1999
Značkový klíč: Topo-4-4

Poloha v hlásné síti MGRS



U topografických map měřítek 1 : 25 000, 1 : 50 000 a 1 : 100 000 se u souřadnice E opisují dvě číslice vlevo od bodu, u souřadnice N dvě číslice pod bodem (desítky a jednotky kilometrů), u map 1 : 250 000 vždy pouze jedna číslice (desítky kilometrů).

Poloha v hlásné síti MGRS



Pro přesnější určení polohy bodu se určí jeho vzdálenost od svislé a vodorovné kilometrové čáry. Zápis vzdálenosti se zaokrouhluje na takový počet cifer, který odpovídá dosažené přesnosti měření (viz tabulka).

Počet číslic	Přesnost	Zápis
4	1000 m	2124
6	100 m	216247
8	10 m	21612472
10	1 m	2161024720

Legislativa

- V roce 1999 byla Česká republika přijata do vojenského svazku NATO (*North Atlantic Treaty Organization*).
- Byla navázána spolupráce s topografickými a geografickými službami armád NATO a států zapojených do akce Partnerství pro mír (PfP), zejména však s Vojenskou geografickou agenturou ozbrojených sil USA (*Defense Mapping Agency*, *DMA*), změněnou později na *National Imagery and Mapping Agency* (Národní průzkumnou a mapovací agenturu, NIMA), která je odpovědná za geografické zabezpečení a podporu.
- Od 1.1.2006 je zobrazení UTM na elipsoidu WGS84 se souřadnicovým systémem WGS84, používané v NATO, zavedeno též v Armádě ČR. Nahradilo principem podobné Gaussovo-Krügerovo zobrazení na Krasovského elipsoidu se souřadnicovým systémem S-42, zavedené v bývalé Varšavské smlouvě.

Pozn.: Nařízení vlády č. 430 ze dne 16.8.2006 s účinností od 1.9.2006.

GEOREF

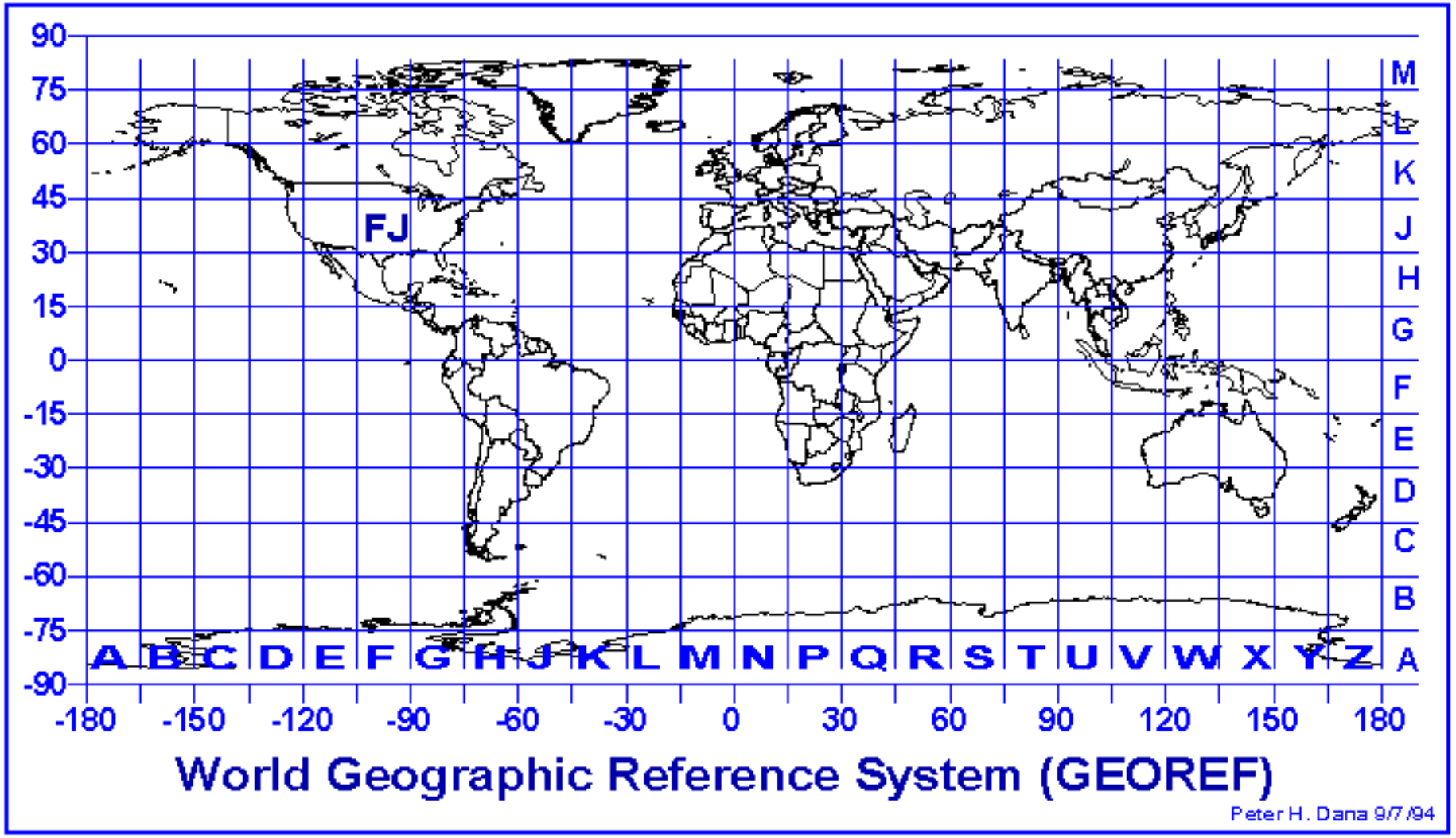
- Světový referenční systém GEOREF (*The World Geographic Reference Systém*) je určen pro sdělování jednoznačné polohy pomocí zeměpisných souřadnic při leteckých operacích.
- Lze jej aplikovat na jakoukoliv mapu s vyznačenou zeměpisnou šířkou a délkou bez ohledu na zobrazení.
- Je to metoda vyjádření zeměpisné šířky a délky ve formě vhodné pro rychlé hlášení a zakreslování (vynášení hodnot).

GEOREF

Zemský povrch je rozdělen na 12 x 24 sférických čtyřúhelníků, tzv. *zón*, které jsou tvořeny sítí 12 rovnoběžkových a 24 poledníkových pásů o šířce 15°.

Rovnoběžkové pásy jsou označovány písmeny anglické abecedy A až M od jižního pólu směrem k pólu severnímu. Poledníkové pásy se označují písmeny A až Z od poledníku 180° směrem na východ.

Každá zóna je označena kódem tvořeným dvěma písmeny. První z nich označuje poledníkový pás, druhé z nich pás rovnoběžkový.



Příklad: Označena zóna FJ

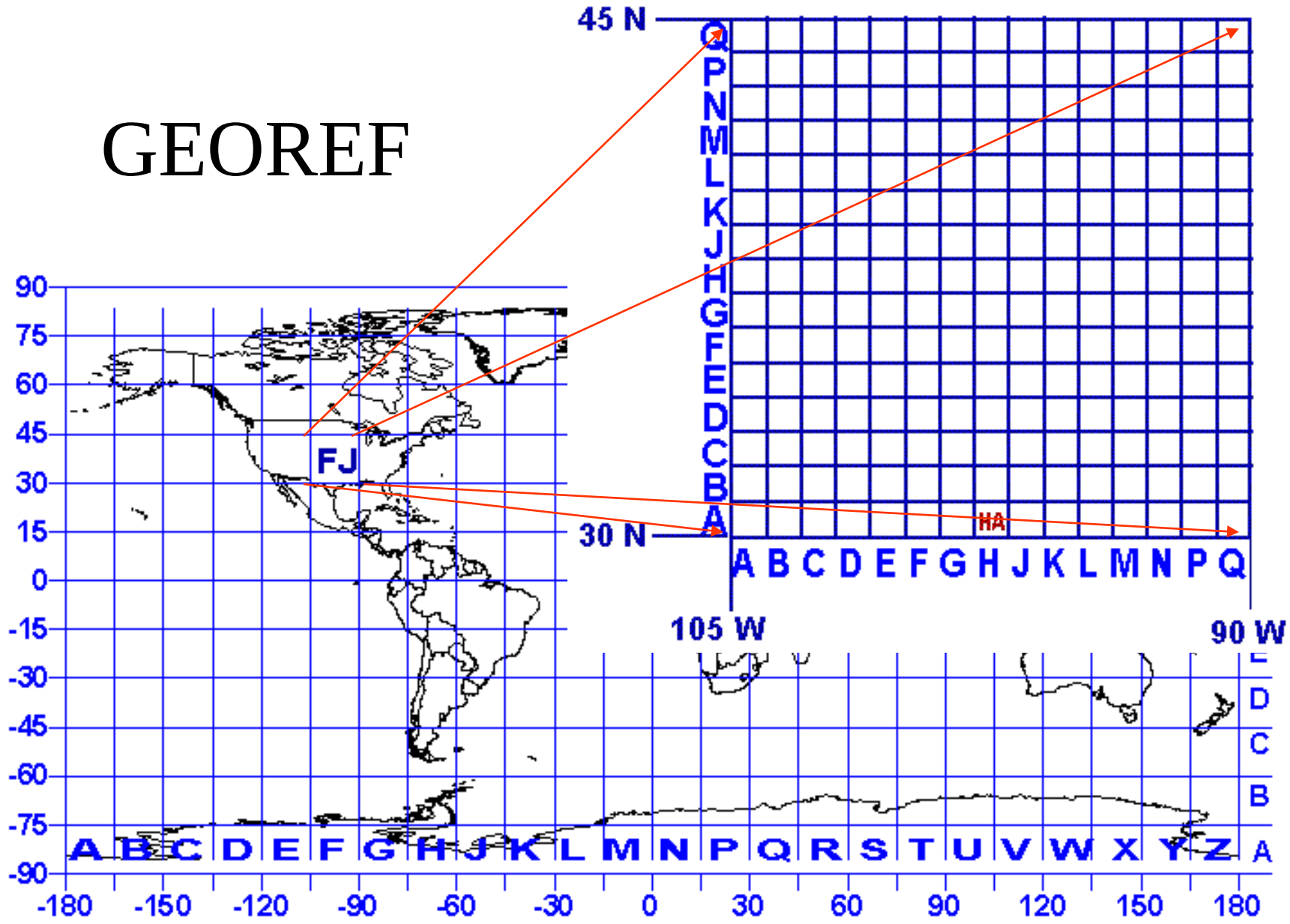
GEOREF

Každá ze zón je dále dělena na 15 x 15 *jednotek* (opět sférické čtyřúhelníky) o šířce 1° v poledníkovém i rovnoběžkovém směru.

Každá jednotka je v rámci příslušné zóny označena dvoupísmenným kódem. První písmeno označuje vrstvu, ve které jednotka leží, druhé písmeno označuje sloupec.

Sloupce, resp. vrstvy se označují písmeny anglické abecedy A až Q směrem od levého dolního rohu zóny směrem na sever, resp. na východ.

GEOREF


45 N
30 N
105 W
90 W
Q P N M L K J H G F E D C B A
A B C D E F G H J K L M N P Q
FJ
HA
90 75 60 45 30 15 0 -15 -30 -45 -60 -75 -90
A B C D E F G H J K L M N P Q R S T U V W X Y Z
-180 -150 -120 -90 -60 -30 0 30 60 90 120 150 180

Kód GEOREF

- Polohu bodu určuje kód GEOREF tvořený označením zóny, jednotky a udáním souřadnic bodu v dané jednotce.
  - První souřadnice je vzdálenost bodu v minutách od jižní hranice jednostupňového čtyřúhelníku směrem na sever,
  - Druhá souřadnice je vzdálenost od západní hranice čtyřúhelníku směrem na východ.

- Kód se píše bez mezer a jakýchkoliv interpunkčních znamének.

Např. kód FJHA0415 označuje bod o zeměpisných souřadnicích 30° 04′ s.š. a 97° 45′ z.d.

Zdroje:

- http://www.geogr.muni.cz/ucebnice/kartografie/obsah.php?show=80
- http://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Transverse_Mercator_coordinate_system
- http://old.gis.zcu.cz/studium/mk2/multimedialni_texty/index.html
- Hake Günter : *Kartographie*. Band 1: *Kartenaufnahme*, *Netzentwürfe, Gestaltungsmerkmale*, *topographische Karten*. 5. neubearbeitete Auflage. de Gruyter, Berlin u. a. 1975, ISBN 3-11-005769-7.
- Talhofer,V.: Základy matematické kartografie. Univerzita obrany, Fakulta vojenských technologií, Brno, 2007, 157 s. (http://uzivatel.unob.cz/talhofer/Základy%20matematické%20kartografie.pdf) – 7.11.2009
- Veverka, B. et. al.: Kartografické standardy NATO. *Geodetický a kartografický obzor*, 45/87, 1999, č.7-8, s. 140 - 147
- http://www.earthpoint.us/Convert.aspx (přepočet souřadnic)
- ….