

Geodézie

přednáška 2

Souřadnicové systémy Souřadnice na referenčních plochách

Ústav geoinformačních technologií

Lesnická a dřevařská fakulta

ugt.mendelu.cz

tel.: 545134015

Souřadnicové systémy na území ČR

- každý stát nebo skupina států si volí pro souvislé zobrazení celého území vhodný souřadnicový systém
- na území naší republiky rozlišujeme:
 - souřadnicový systém stabilního katastru
 - souřadnicový systém reambulovaného katastru
 - souřadnicový systém S-JTSK
 - souřadnicový systém S-1942
 - souřadnicový systém WGS-84
 - souřadnicový systém ETRS-89
- liší se od sebe volbou počátku souřadnicového systému, orientací (směrem) poloos X,Y a rozměry a číslováním triangulačních a mapových listů

- ❑ slouží k lokalizaci objektů a jevů na zemském povrchu
- ❑ povrch zemského tělesa je velice složitý, členitý a těžko zobrazitelný
- ❑ pro účely mapování a tvorby modelů terénu se povrch nahrazuje referenčními plochami
- ❑ jsou jednodušší a matematicky nebo fyzikálně přesně definované
- ❑ pro potřeby praktické geodézie, mapování a kartografie je povrch nahrazován:
 - referenčním elipsoidem
 - referenční koulí
 - referenční rovinou

Souřadnice na referenčním elipsoidu

1. zeměpisné souřadnice (φ , λ)
2. geocentrická šířka β
3. redukováná šířka ψ
4. prostorové pravoúhlé souřadnice (X, Y, Z)

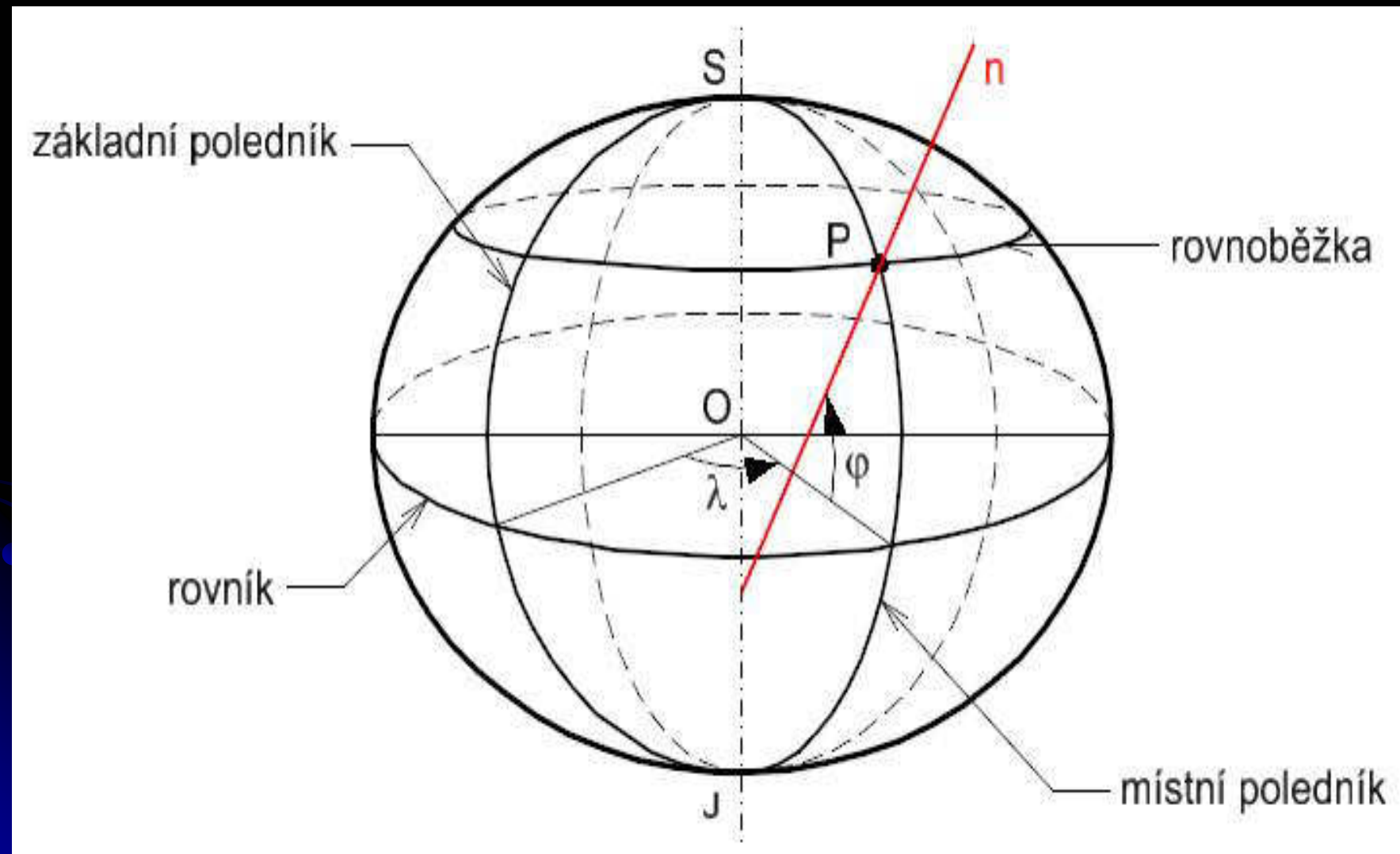
Zeměpisné souřadnice

- používáme je k vyjádření polohy trigonometrických bodů I.řádu a počátku libovolné souřadnicové soustavy

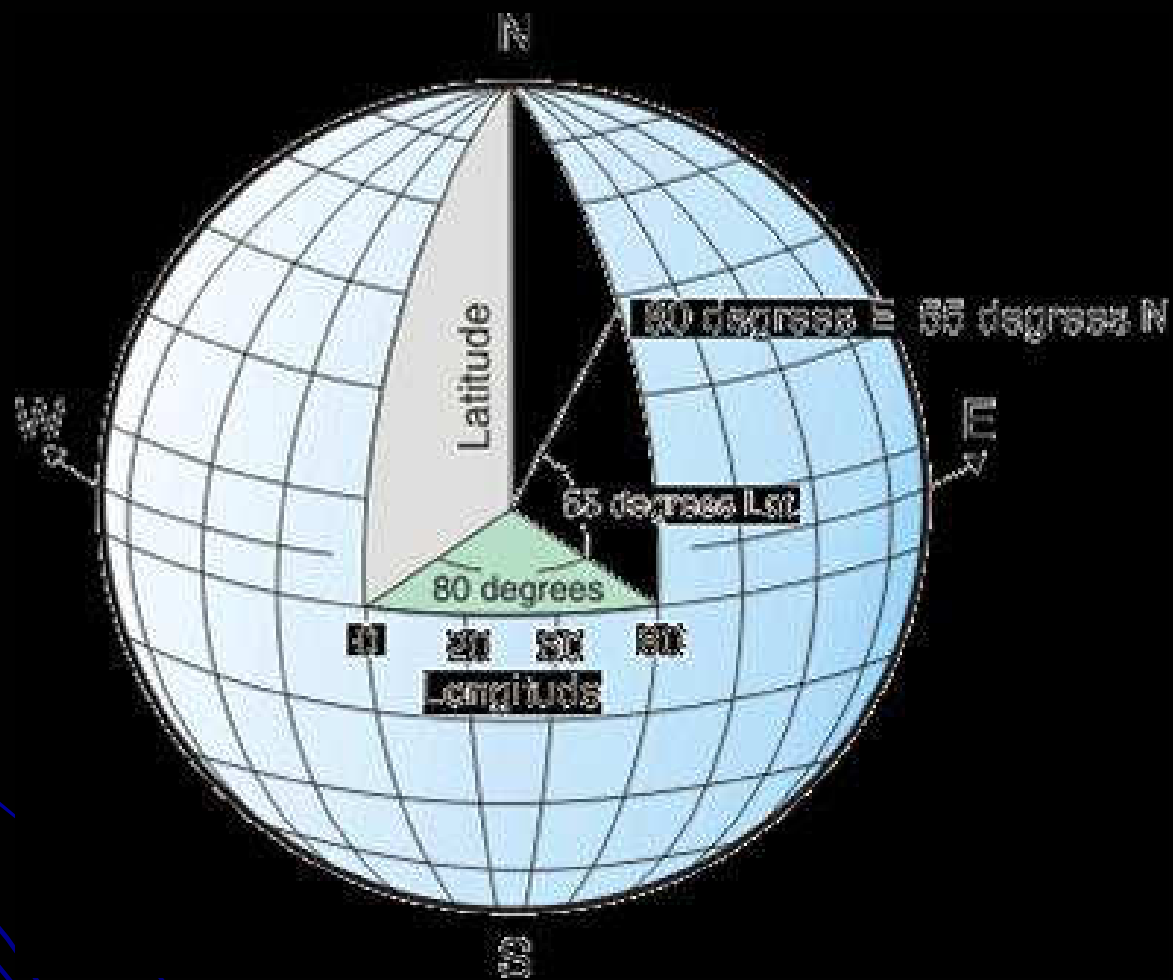
Zeměpisná šířka φ - úhel, který svírá normála bodu s rovinou rovníku v rovině místního poledníku, nabývá hodnot 0° až 90° (severní polokoule) a 0° až -90° (jižní polokoule)

Zeměpisná délka λ - úhel, který svírá rovina místního poledníku s rovinou základního poledníku, nabývá hodnot 0° až 180° (východní polokoule) a 0° až -180° (západní polokoule)

Znázornění zeměpisných souřadnic



Zeměpisné souřadnice na kouli



Základní poledník - dohodou přijatý výchozí poledník, procházející významnou hvězdárnou

- **Greenwich** (Londýn)
- **Ferro** - používal se do počátku 20. století (v prostoru Kanárských ostrovů - $17^{\circ} 39' 44''$ západně od Greenwich) - Ptolemaiovský
- **Pulkovo** – hvězdárna v Petrohradě
- **Paříž**
- **Kodaň**

Rovník - rovina procházející středem zemského tělesa kolmá k zemské ose, je to rovnoběžka s maximálním průmětem

Zeměpisný poledník - tvořen průsečnicí libovolné roviny procházející zemskou osou a elipsoidu

Ravnoběžka - průsečnice elipsoidu a roviny rovnoběžné s rovinou rovníku (kružnice vytvořená body o stejné zeměpisné šířce)

- rovnoběžky a poledníky vytvářejí na povrchu referenčního elipsoidu zeměpisnou síť
- při klasické tvorbě map je důležitým konstrukčním prvkem při zobrazování povrchu elipsoidu do roviny
- zeměpisná síť umožňuje základní orientaci v obsahu map

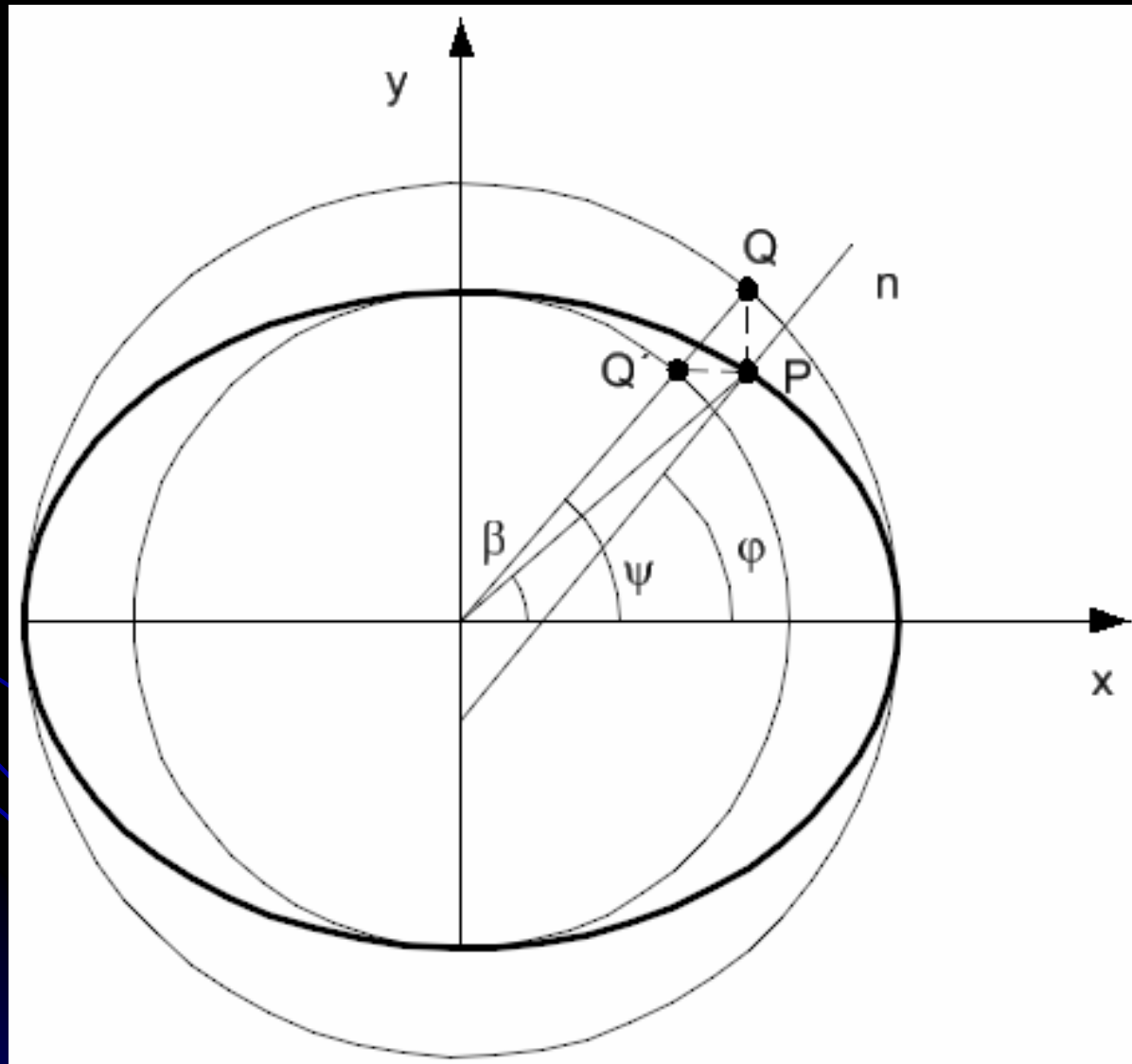
Geocentrická a redukováaná šířka

Geocentrická šířka β - úhel spojnice středu elipsoidu a bodu P na elipsoidu s rovinou rovníku

Redukovaná šířka ψ - úhel spojnice průmětu bodu P ležícího na oskulační kružnici s rovinou rovníku

Souřadnice bodu P: $x = a \cdot \cos \psi$
 $y = b \cdot \sin \psi$

Znázornění geocentrické a redukované šířky



Prostorové pravoúhlé souřadnice

počátek se nachází ve středu elipsoidu, osa **Z** prochází osou rotace, osa **X** prochází průsečnicí roviny rovníku a roviny místního poledníku, osa **Y** je kolmá na osy X a Z

Bod P na povrchu:

$$X = N \cos \varphi \cos \lambda$$

$$Y = N \cos \varphi \sin \lambda$$

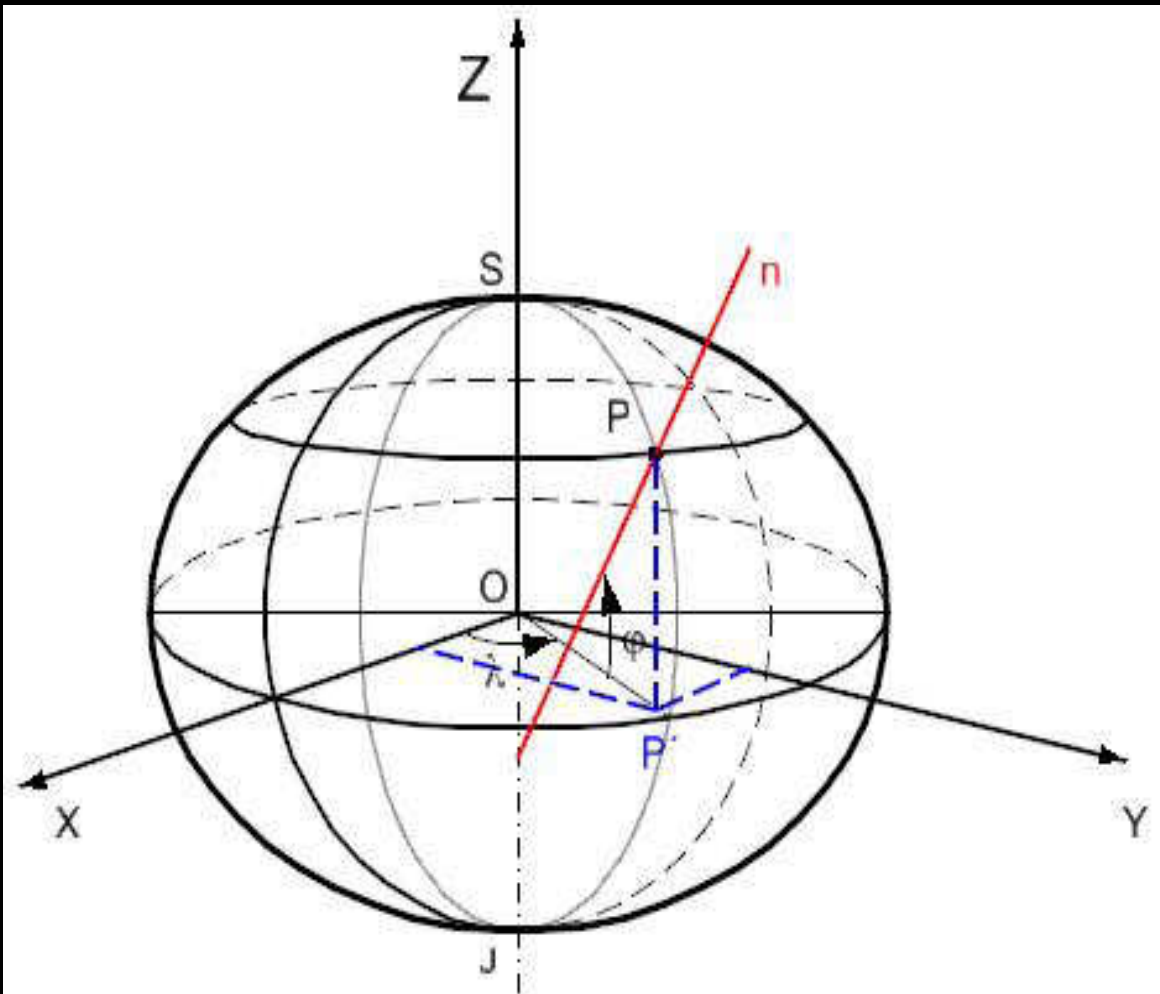
$$Z = N (1 - e^2) \sin \varphi$$

Bod P s výškou H:

$$X = (N + H) \cos \varphi \cos \lambda$$

$$Y = (N + H) \cos \varphi \sin \lambda$$

$$Z = (N (1 - e^2) + H) \sin \varphi$$



Souřadnice na referenční kouli

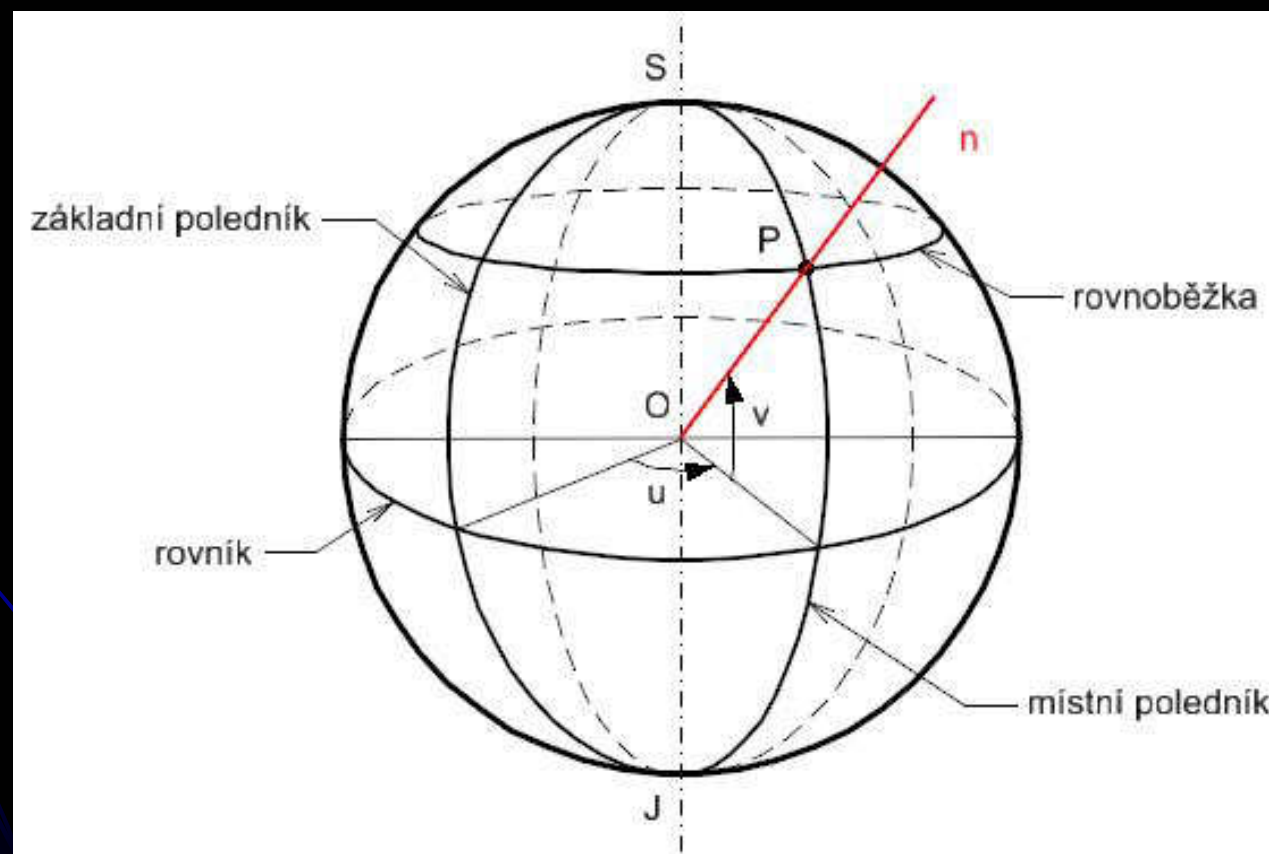
1. zeměpisné souřadnice (u, v)
2. kartografické souřadnice (š, d)

Zeměpisné souřadnice

- definice souřadnic je stejná jako na elipsoidu

zeměpisná
šířka u

zeměpisná
délka v



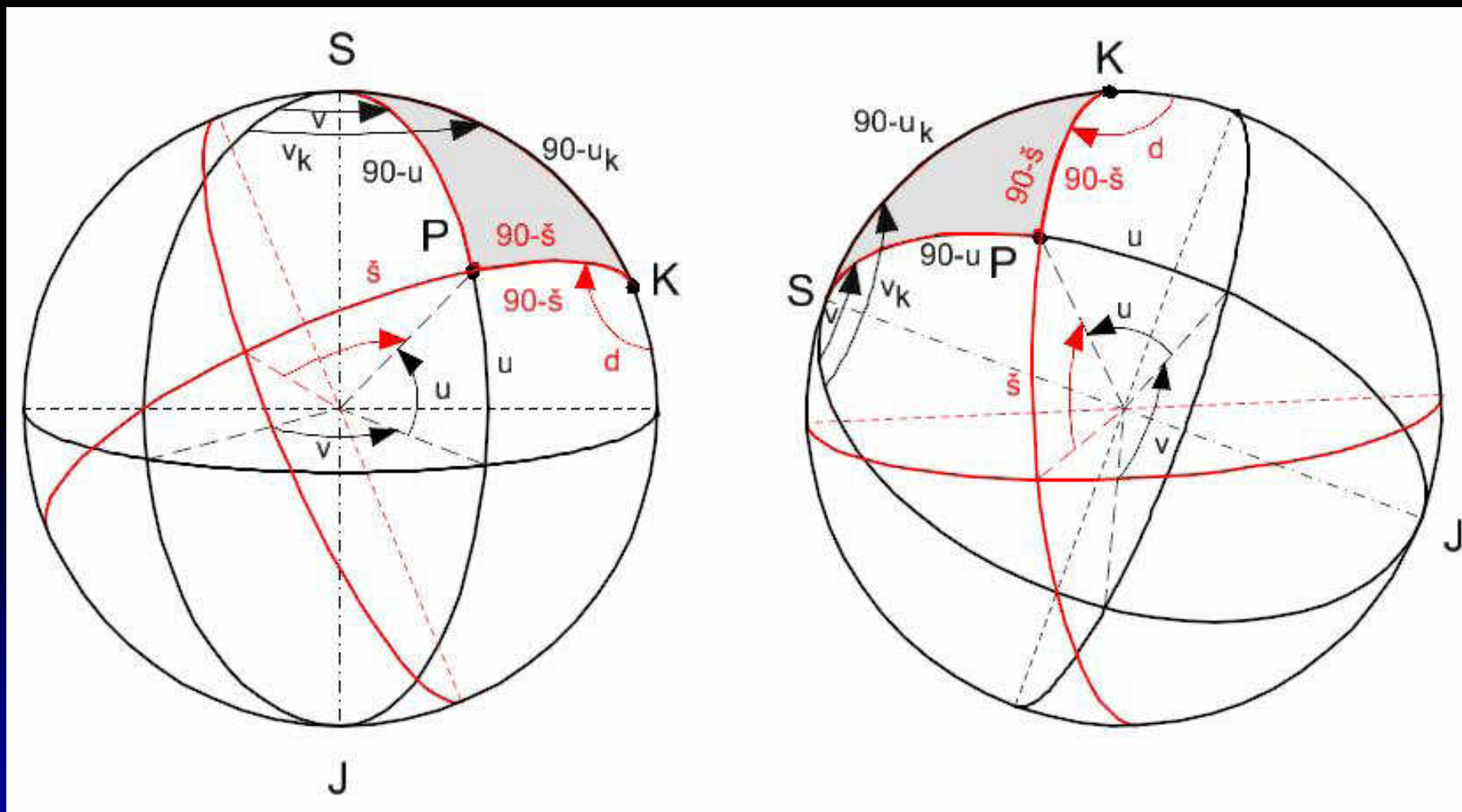
Kartografické souřadnice

- souřadnice jsou nazývány jako konstrukční
- jsou vztaženy ke kartografickému pólu K
- obraz referenční (zobrazovací) plochy se co nejvíce přimyká k zobrazovanému území
- důsledkem tohoto jsou nižší hodnoty kartografických zkreslení
- osa zobrazovací plochy nebude rovnoběžná s osou zemskou

Kartografická šířka \check{s} - měří se od kartografického rovníku, definována analogicky jako zeměpisná šířka

Kartografická délka d - měří se od zeměpisného poledníku procházejícího kartografickým (a severním) pólem, definována analogicky jako zeměpisná délka

Znázornění zeměpisných a kartografických souřadnic



Sférická trigonometrie

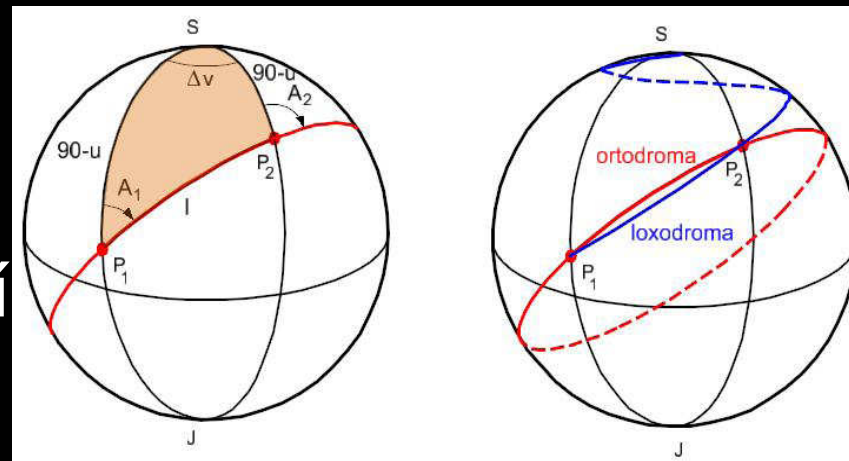
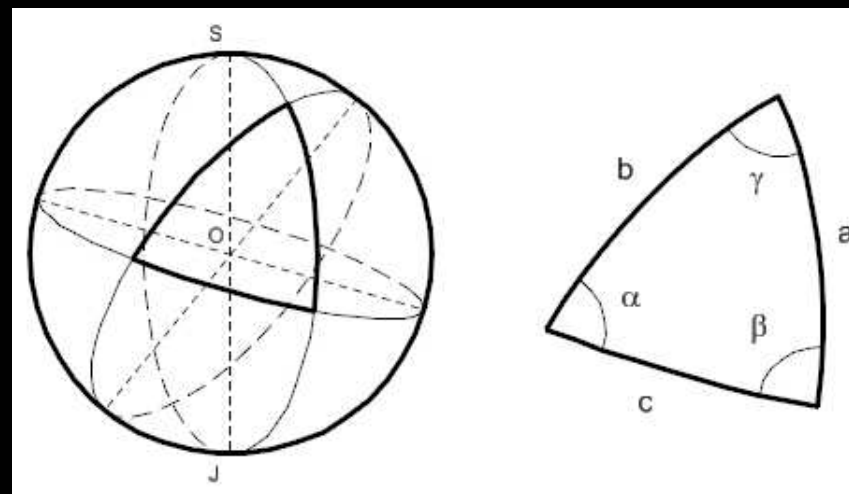
- zabývá se vztahy mezi zeměpisnými a kartografickými souřadnicemi
- sférický trojúhelník je vymezen průsečíky tří hlavních kružnic (ortodrom)

ortodroma - nejkratší spojnice mezi dvěma body na kružnici

loxodroma - vedlejší kružnice, protíná poledníky pod konstantním azimutem, není nejkratší spojnici mezi dvěma body

využití: námořní a letecká doprava

- výpočty se provádí zpravidla na jednotkové kouli a převádí se na kouli obecnou



- závislosti mezi stranami a úhly jsou vyjádřeny pomocí
 - Sínové věty
 - Kosínové věty I a II
 - Sínus-kosínové věty I a II
 - Neperovy analogie
- vyjádření vztahů mezi zeměpisnými a kartografickými souřadnicemi na kouli

$$\sin \check{s} = \sin u_k \sin u + \cos u_k \cos u \cos \Delta v$$

$u, v \rightarrow \check{s}, d:$

$$\sin d = \frac{\sin \Delta v \cos u}{\cos \check{s}}$$

$$\sin u = \sin \check{s} \sin u_k - \cos \check{s} \cos u_k \cos d$$

$\check{s}, d \rightarrow u, v:$

$$\sin \Delta v = \frac{\sin d \cos \check{s}}{\cos u}$$

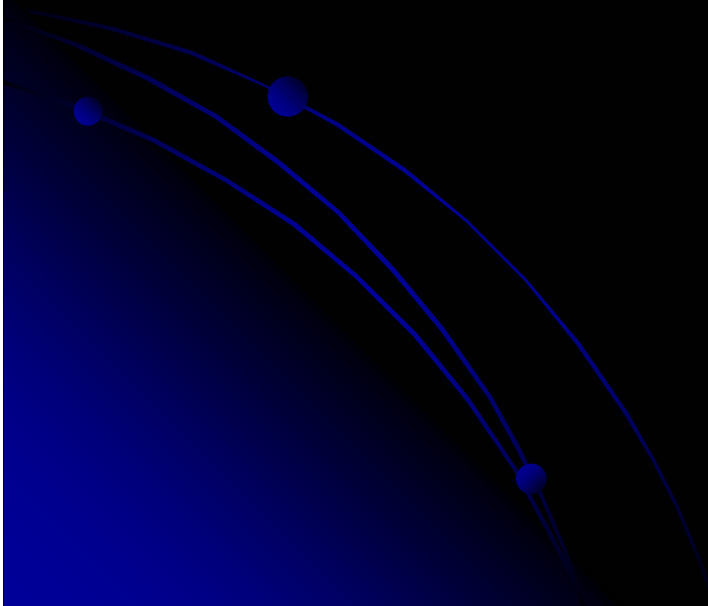
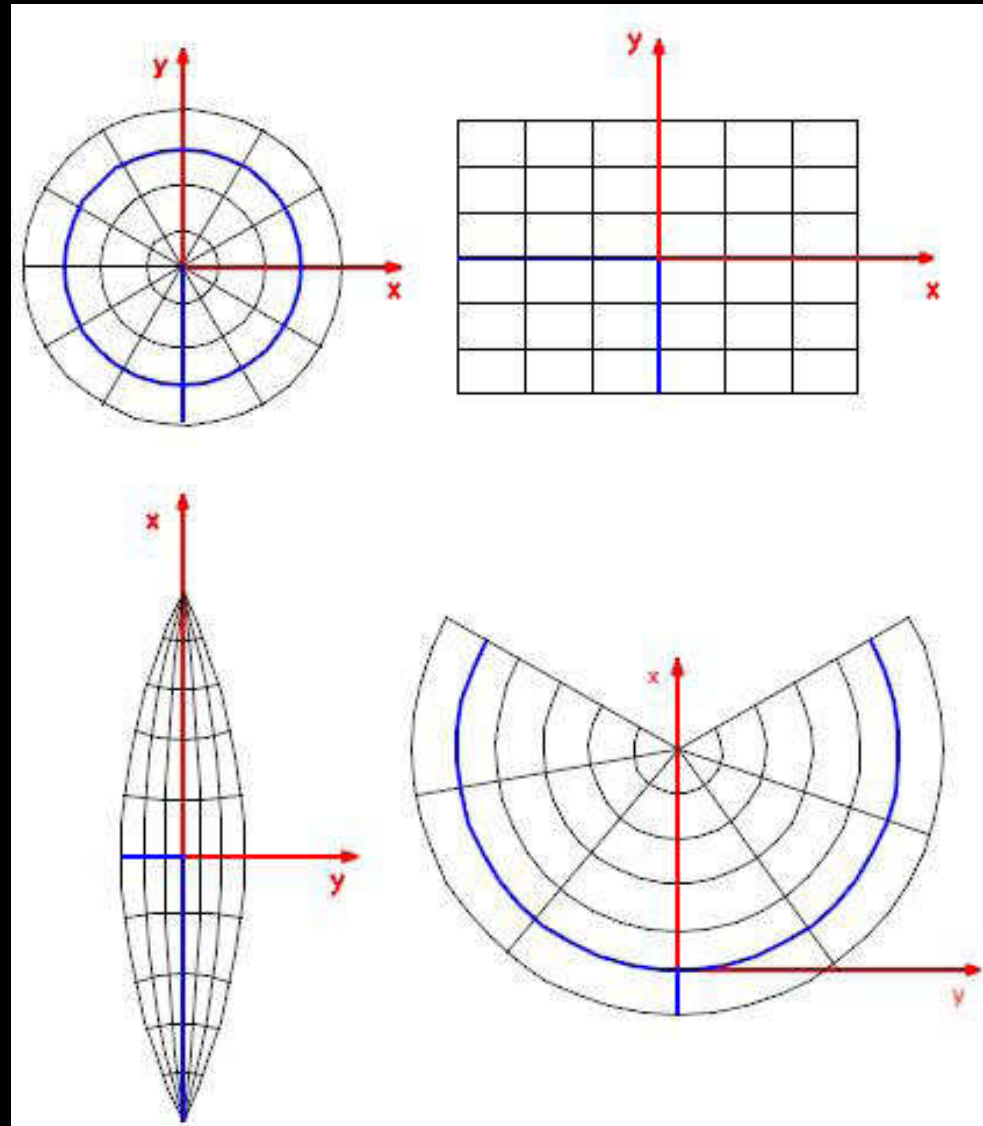
Souřadnice na referenční rovině

1. pravoúhlé souřadnice (x, y)
2. polární souřadnice (ρ, ε)

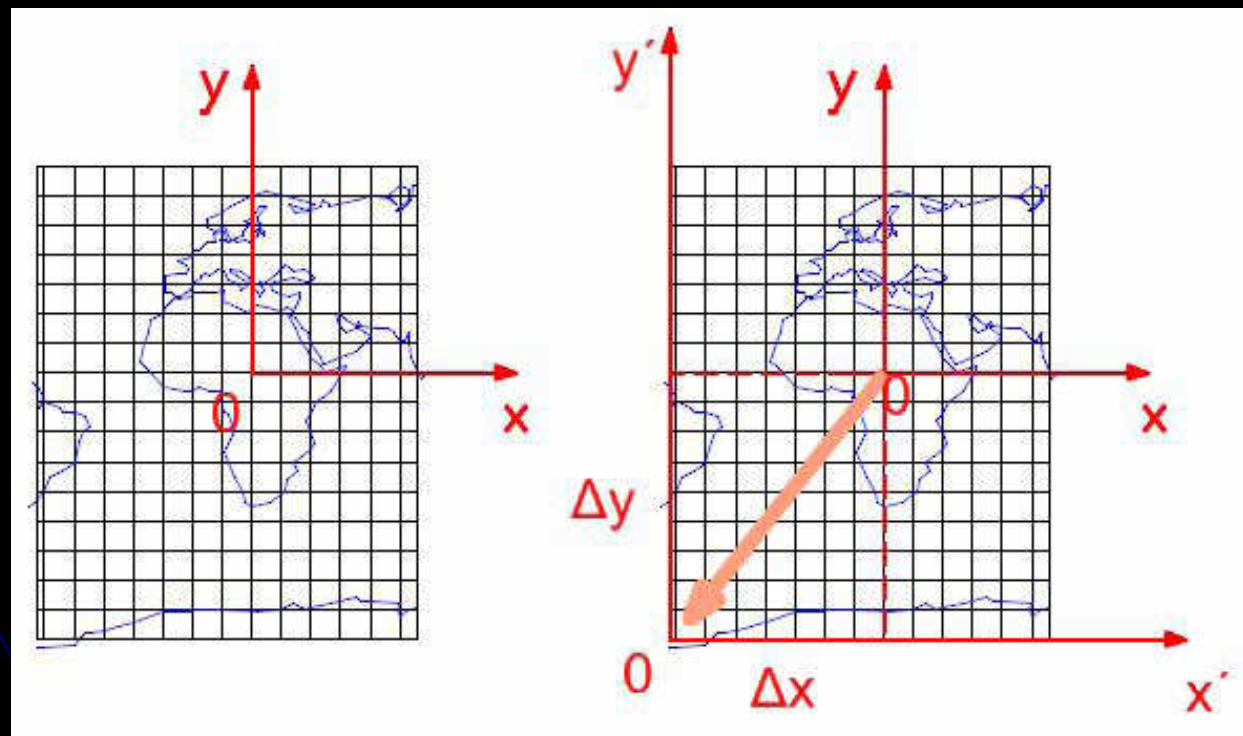
Pravoúhlé souřadnice

- využití ve většině kartografických zobrazení
- soustava je definována polohou počátku a směrem souřadnicových os
- vyjadřují polohu trigonometrických bodů nižších řádů, zhušťovacích bodů a ostatních měřických bodů
- v této soustavě mohou být řešeny všechny úlohy praktické geodézie a kartografie (za použití vzorců analytické geometrie v rovině)
- z charakteru některých zobrazení ale plyne, že při transformaci referenční plochy do roviny je výhodnější nejprve použít polárních souřadnic v rovině

- počátek může být vložen do obrazu kartografického pólu nebo průsečíku obrazů základního poledníku a rovníku
- orientace os:
 - matematický systém
 - Gauss, UTM (S-42)
 - JTSK (Křovák)
 - speciální (Cad systémy)



- počátek rovinných souřadnicových soustav se obvykle volí uprostřed zobrazovaného území
 - využití optimálních vlastností zobrazení (nízké hodnoty zkreslení délek, úhlů a ploch)
- z hlediska konstrukce map, jejich používání nebo používání prostorových geoinformací je však výhodné, aby celé území leželo pouze v 1.kvadrantu (kladné souřadnice)
- proto se často k vypočteným souřadnicím x, y přičítají vhodné adiční konstanty Δx a Δy



Polární souřadnice

- používají se u kuželových a azimutálních zobrazení (snadnější vyjádření zobrazovacích rovnic)
- poloha bodu je vyjádřena jeho **průvodičem** ρ (*ró*) od počátku a **úhlem** ε , který svírá tento průvodič s osou X (případně její rovnoběžkou)
- poloha počátku může být pevná nebo se může měnit v závislost na hodnotě zeměpisné šířky
- v praxi se používají dvě základní řešení:
 - s různými počátky obou soustav
 - s totožnými počátky obou soustav
- při ztotožnění počátků pravoúhlé i polární soustavy se měří polární úhel ε od kladného směru osy X
- hodnoty ε bývají uvažovány v rozsahu 0° až 360°

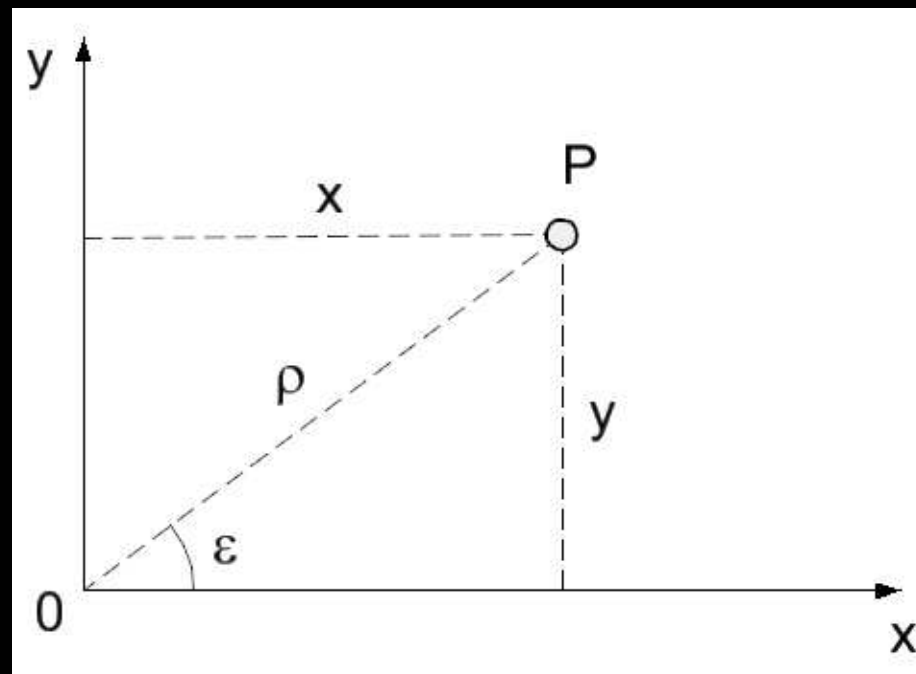
shodné počátky:

$$x = \zeta \cdot \cos \varepsilon$$

$$y = \zeta \cdot \sin \varepsilon$$

$$\zeta = \sqrt{x^2 + y^2}$$

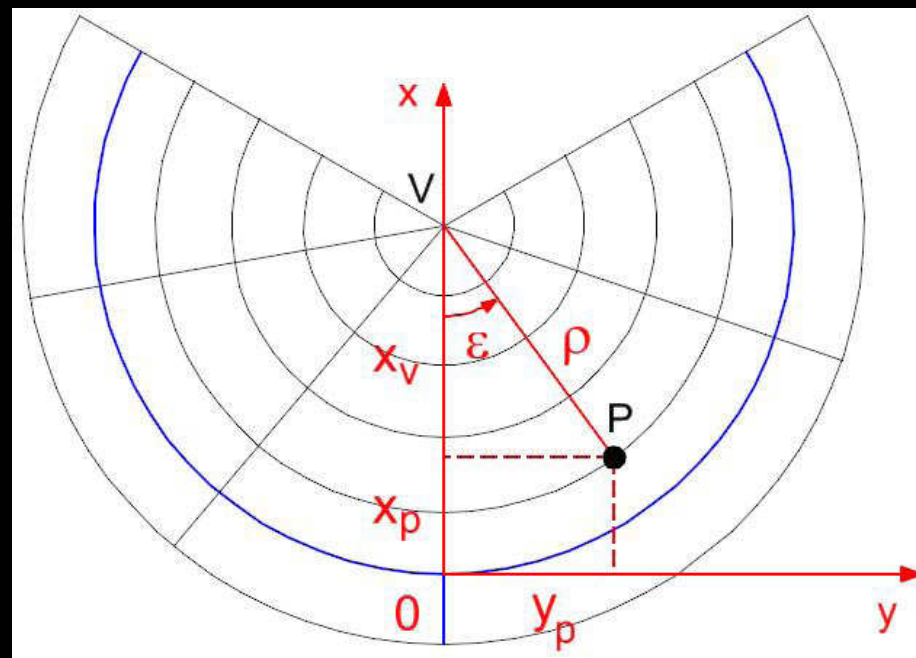
$$\varepsilon = \operatorname{arctg} \left(\frac{y}{x} \right)$$



různé počátky:

$$x = x_v - \zeta \cdot \cos \varepsilon$$

$$y = \zeta \cdot \sin \varepsilon$$



Souřadnicový systém stabilního katastru

- katastrálním mapování území bývalého Rakouska-Uherska (1817-1864)
- velká rozloha a členitost území => naše republika rozdělena na tři části ve směru poledníků
- počátky souřadnicových soustav jsou:
 - pro Čechy - trigonometrický bod na kopci **Gusterberk** v Horních Rakousích
 - pro Moravu - věž chrámu **Svatý Štěpán** ve Vídni
 - pro Slovensko - trigonometrický bod na kopci **Gellertheygy** u Budapešti (hvězdárna)

Hvězdárna Gellerthegy

Kostel sv. Štěpána ve Vídni

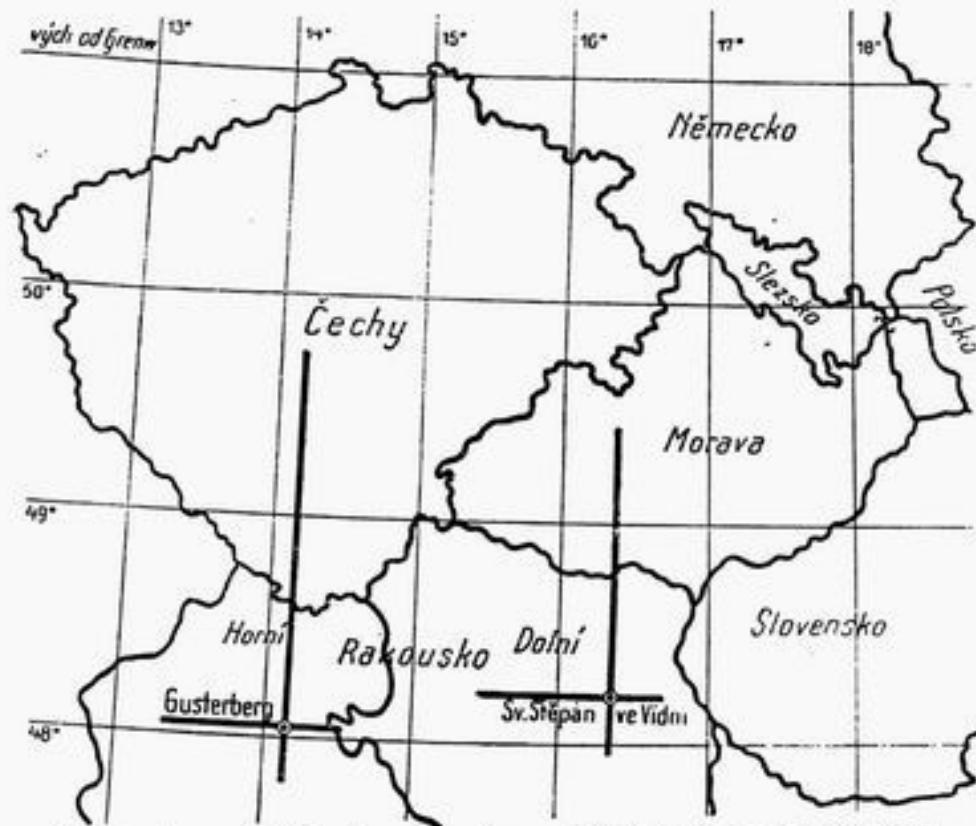


kopec Gusterberk a označení bodu

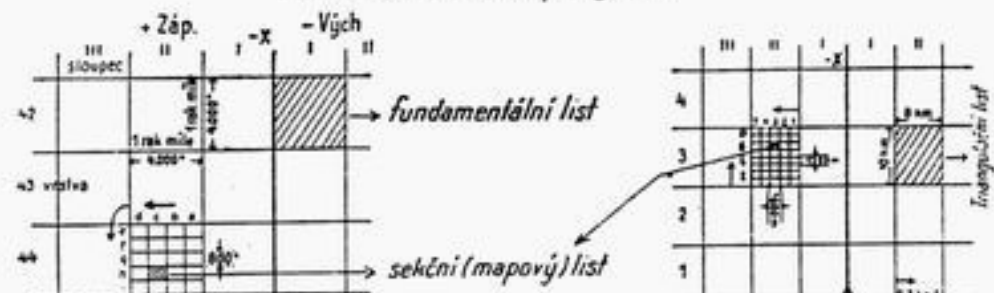


- ❑ použito Cassini-Soldnerovo příčné válcové zobrazení
- ❑ pro každou část byla zvolena samostatná souřadnicová soustava
- ❑ území bylo pokládáno za rovinné
- ❑ základní mapové měřítko bylo 1 : 2 880 (odvozeno ze sáhové míry)
- ❑ orientace soustav byla volena tak, že osa X (obraz základního poledníku vedeného počátkem soustavy) směřuje kladnou větví k jihu a kladná část osy Y k západu => jižníková soustava
- ❑ souřadnicové osy rozdělují každou soustavu na čtyři kvadranty
- ❑ rovnoběžky s osami X a Y vytvářejí sloupce a vrstvy
- ❑ sloupce a vrstvy vymezují jednotlivé fundamentální (triangulační) listy - 4 000 x 4 000 sáhů (1 : 14 400)
- ❑ dalším dělením na 4 sloupce a 5 řad vzniklo 20 tzv. sekcí, které nazýváme sekčními nebo mapovými listy

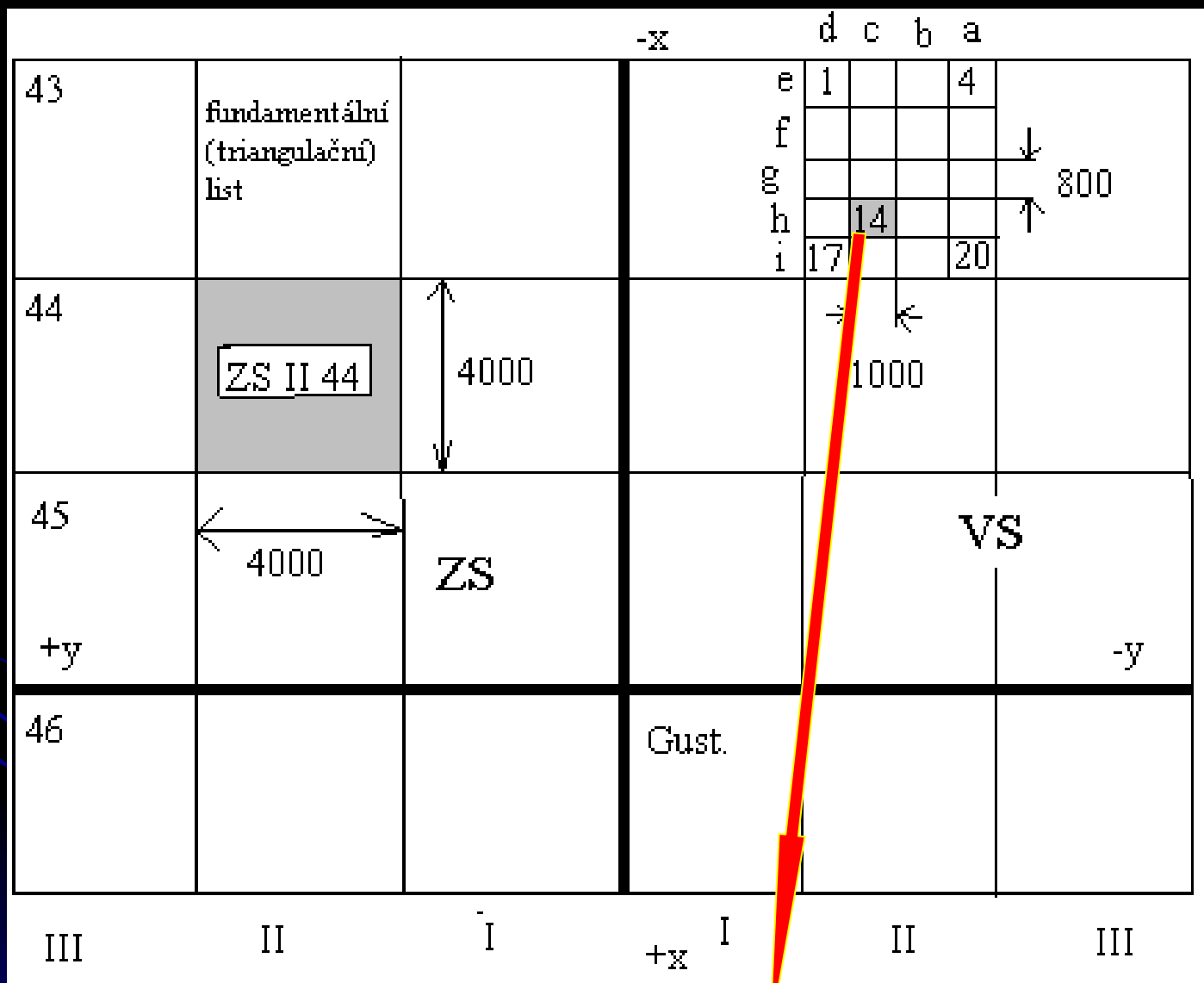
Souřadnicové pravoúhlé soustavy stabil. katastru a rozdělení jejich kvadrantů



Čtvereční rakouská míle – fundamentální (triangulační) list,
sekce – sekční (mapový) list



Sekční (mapové) listy - 1 : 2 880



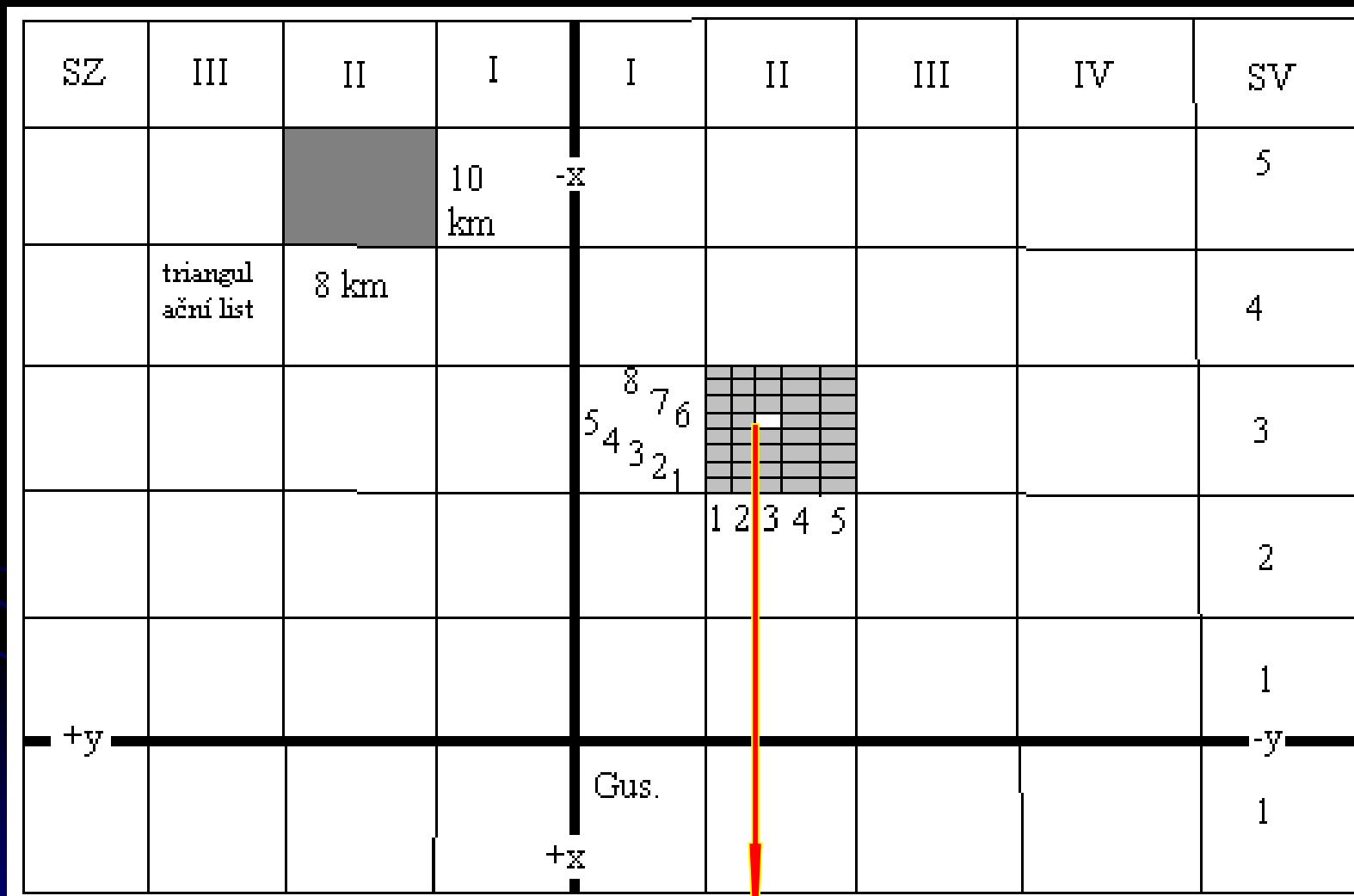
VS II 43 sekce c/h, nověji VS II 43-14

Souřadnicový systém reambulovaného katastru

- během mapování a hlavně po jeho skončení byly zjištěny chyby stabilního katastru (nesouhlas se skutečným stavem)
- bylo nutné provést reambulanci (doplnění a opravu)
- reambulace probíhala 1869 - 1882
- oprava i doplnění se týkala mapové i písemné části stabilního katastru (zaměření a vyšetření všech změn)
- současně s reambulancí bylo zavedeno nové měřítko 1 : 2 500 (1871 zavedení metrické míry)

Ukázky kladu mapových listů

1 : 20 000, 1 : 2 500



mapový list S.V. II, 3, sekce 3/5

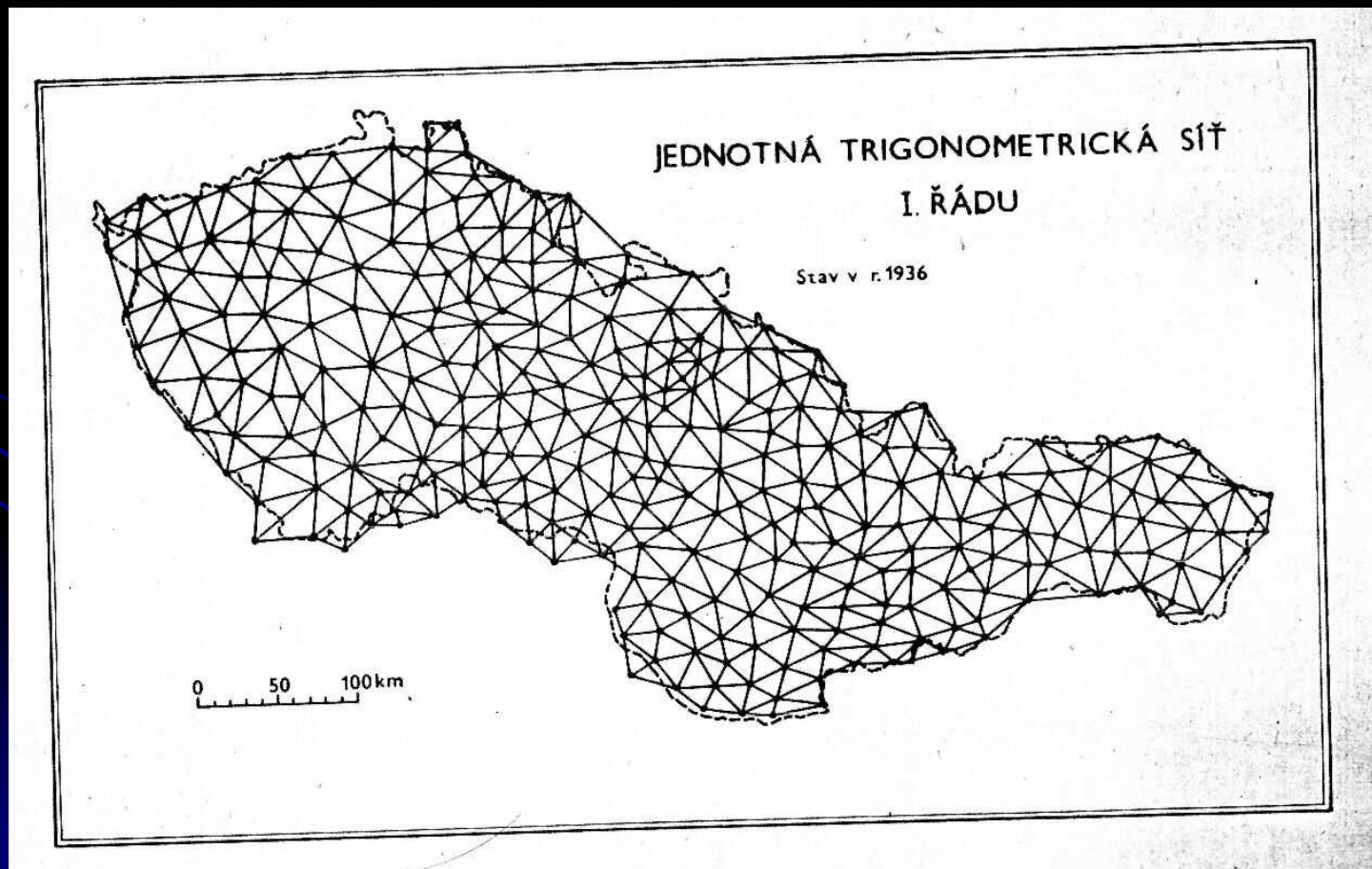
Souřadnicový systém S - JTSK

- ❑ po roce 1918 vyvstala potřeba urychleně vytvořit vhodný geodetický systém pro potřeby civilních geometrů
- ❑ Cassini-Soldnerovo zobrazení nemohlo uspět:
 - nová republika měla tři souřadnicové soustavy
 - stará katastrální triangulace byla nepřesná
- ❑ za těchto okolností by nebylo vhodné přesná měření "napínat" do nepřesných triangulačních základů minulého století
- ❑ proto byla v roce 1919 zřízena Triangulační kancelář => přednostou se stal **Ing. Josef Křovák**
- ❑ úkolem bylo co nejrychleji vybudovat spolehlivé geodetické základy (na celém území ČSR) včetně vhodného kartografického zobrazení

- ❑ Křovák nakonec uspěl se svým kuželovým zobrazením (především proto, že vyhotovil převodní tabulky)
- ❑ v roce 1920 započaly měřické práce spojené s budováním nové sítě na Moravě a pokračovali směrem na východ
- ❑ v roce 1927 byly měřické práce ukončeny a základní síť, čítající celkem 268 bodů byla vyrovnána

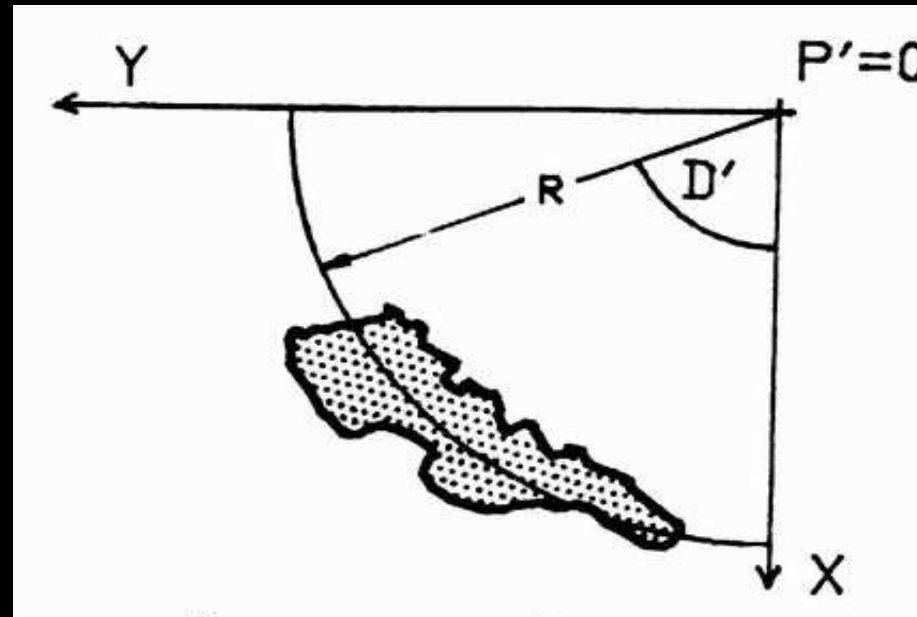


- roku 1928 započaly práce na zhušťování sítě body II., III. a IV. řádu a podrobnou trigonometrickou sítí V. řádu
- měřické práce byly ukončeny v roce 1958

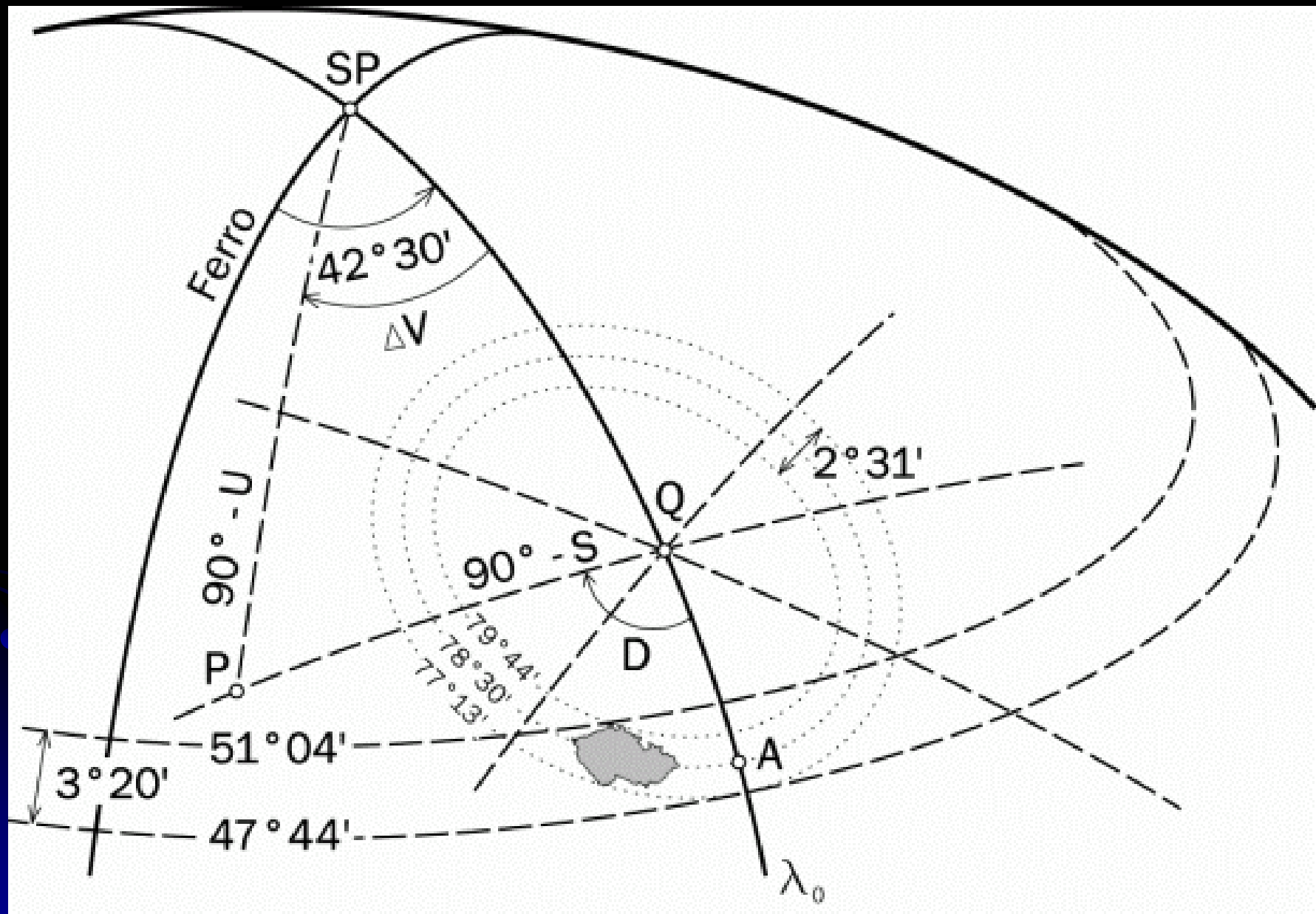


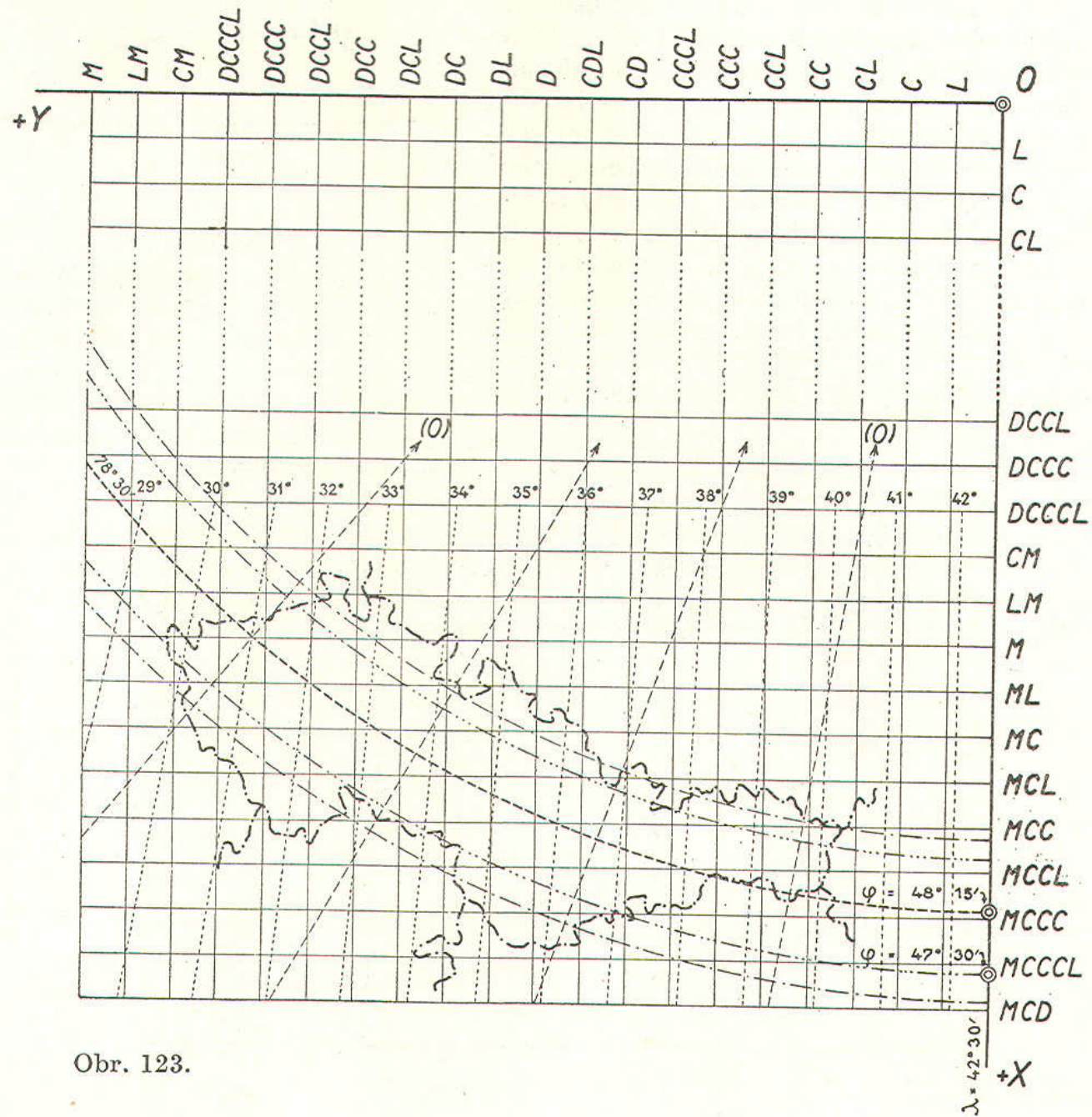
- ❑ vydáním nového katastrálního zákona roku 1927 zavedeno nové měřítko map 1 : 2 000 (1 : 1 000, 1 : 500)
- ❑ geometrickým základem nového katastrálního mapování byla **jednotná trigonometrická síť katastrální**
- ❑ pro převod sítě pevných bodů do roviny bylo zvoleno dvojité konformní kuželové (stejnoúhlé) zobrazení v obecné poloze
- ❑ Besselův elipsoid (1841) s referenčním bodem Herrmanskogel
- ❑ poloha všech bodů byla vyjádřena v jediné soustavě pravoúhlých souřadnic
- ❑ JTŠK I. až V. řádu pokrývá celé území bývalé ČSSR
- ❑ obsahuje více než 47 000 trigonometrických bodů
- ❑ průměrná délka stran mezi body V. řádu činí asi 2 km

- počátek soustavy byl zvolen mimo území naší republiky - nad Finským zálivem (poledník $42^{\circ}30'$ východně Ferra)



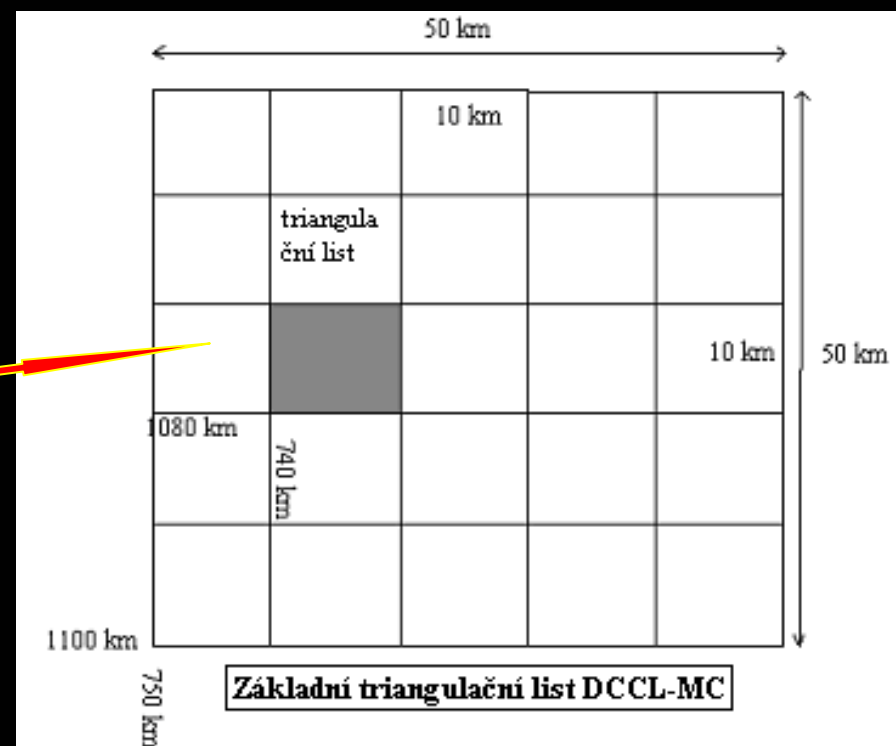
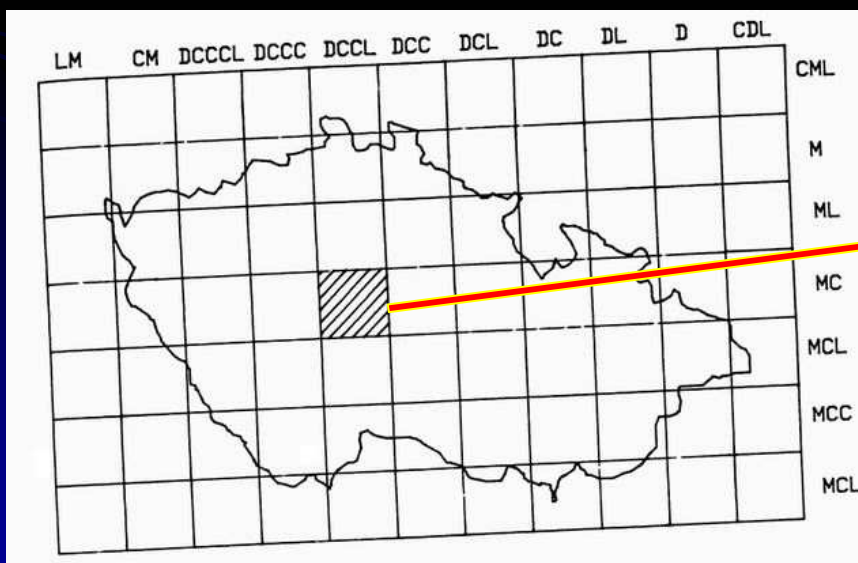
- kladná poloosa X směřuje na jih a Y na západ
- celé území republiky je v prvním kvadrantu
- souřadnice všech bodů zůstávají kladné
- celá soustava je opět rozdělena rovnoběžkami se souřadnicovými osami na sloupce a vrstvy

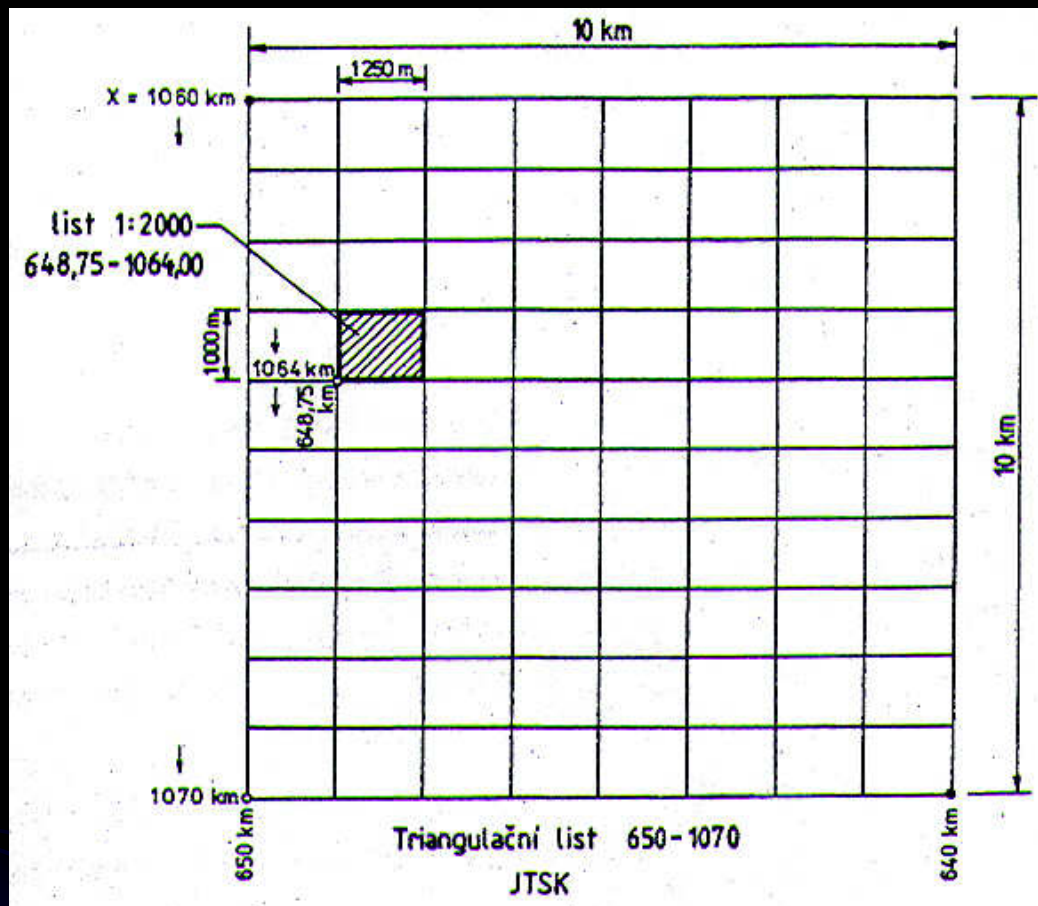




Obr. 123.

- základní triangulační listy (ZTL) o rozměrech 50 x 50 km
- triangulační listy (TL) o rozměrech 10 x 10 km (25 listů v ZTL)
- tyto jsou pak rozděleny 8 sloupci a 10 vrstvami na 80 mapových listů o rozměrech 1 250 x 1 000 m
- mapové listy se zobrazují v základním měřítku 1 : 2 000 (62,5 x 50 cm)





Dělení TL na ML
1 : 2 000

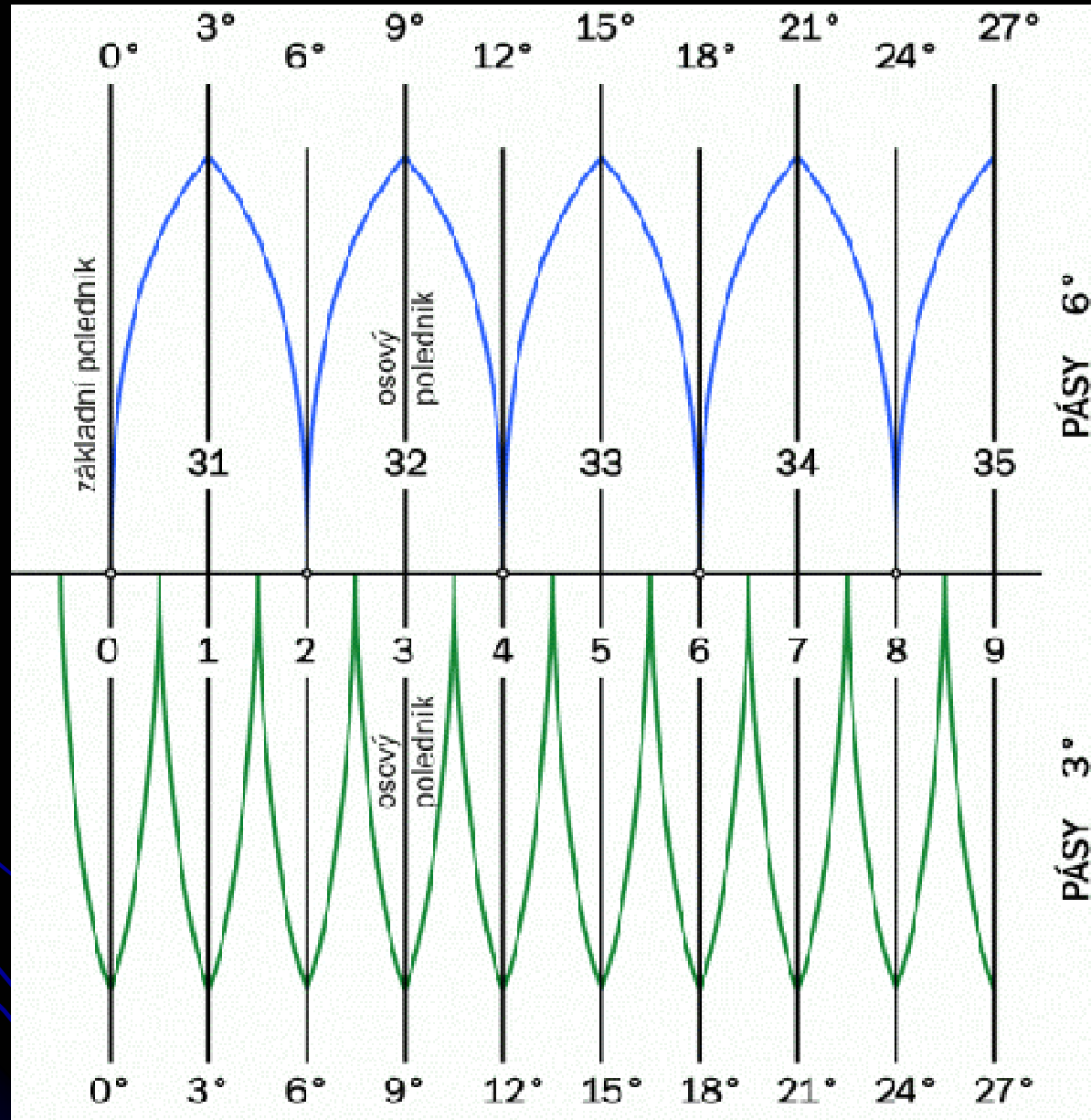
Označování
ZTL, TL a ML

Měřítko	Rozměr zobrazeného území (km)	Rozměr rámu listu (cm)	Příklad označení j.záp. rohu listu v nadpise
1:100 000	50 x 50	50 x 50	DCL - MCL
1: 20 000	10 x 10	50 x 50	650 - 1150
1: 4 000	2,5 x 2,0	62,5 x 50	675,0 - 1078,0
1: 2 000	1,25 x 1,0	62,5 x 50	648,75 - 1064,00
1: 1 000	0,625 x 0,500	62,5 x 50	601,625 - 1150,500

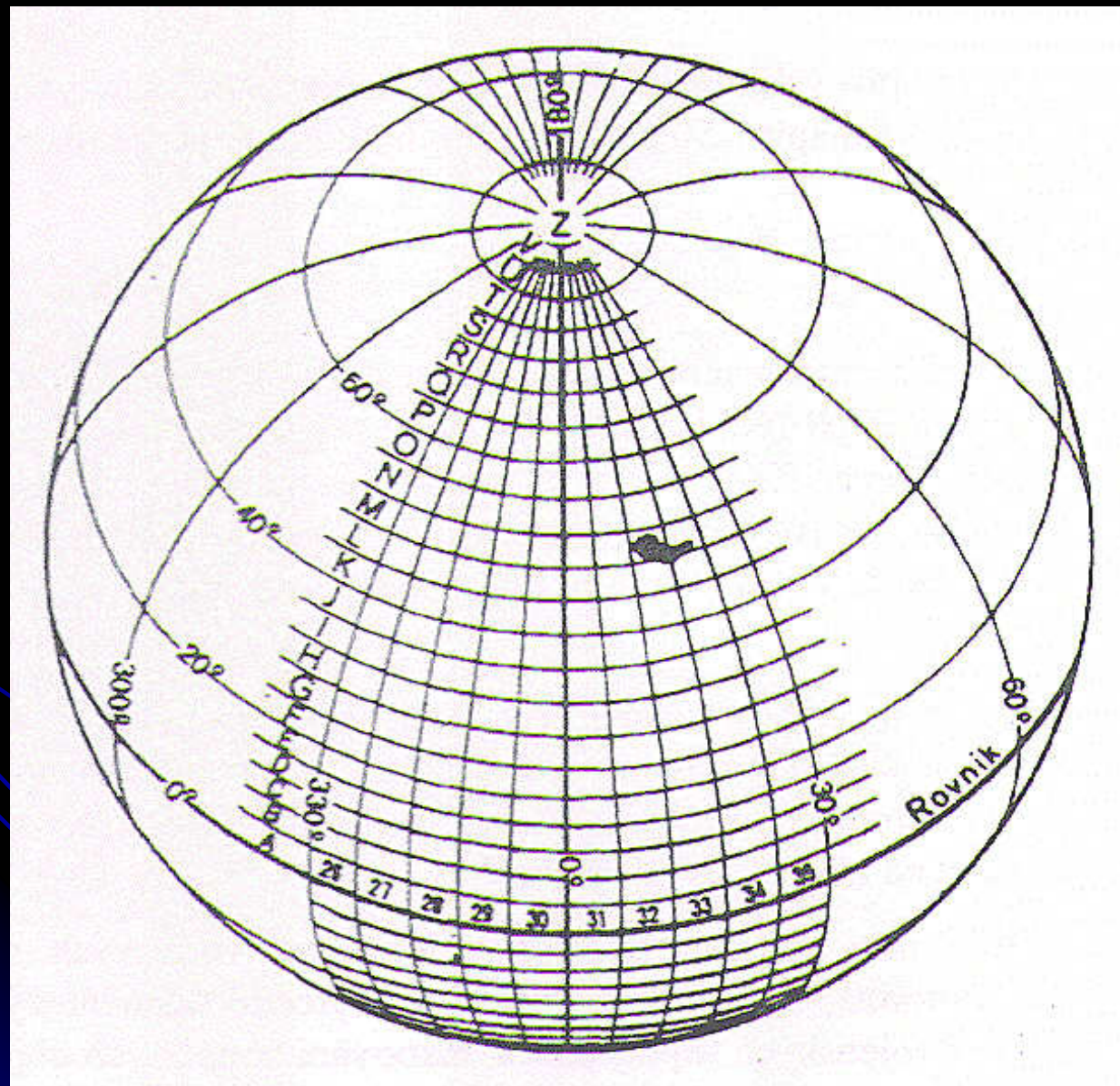
Souřadnicový systém S - 1942

- ❑ od 1. 1. 2006 byl nahrazen systémem WGS-84!!!
- ❑ používá severníkový systém (kladná poloosa X směřuje k severu a kladná poloosa Y k východu)
- ❑ používá se:
 - v neveřejných mapách (pro vojenské účely)
 - v některých turistických mapách
- ❑ určen Krasovského elipsoidem s referenčním bodem Pulkovo
- ❑ použito Gauss - Krügerovo válcové (příčné) konformní zobrazení
- ❑ zemský plášť rozdělen na 3° nebo 6° pásy (podle měřítek map)
- ❑ číslování začíná na 180° a postupuje východním směrem

- naše území leží ve 3, částečně ve čtvrtém 6° pásu
- každý pás má svůj vlastní souřadný systém
- obraz základního poledníku je osou úseček X (kladný směr k severu)
- obraz rovníku je osou pořadnic Y (kladný směr na východ)
- tyto souřadnice se používají jen při převodech mezi pásy a pro výpočet souřadnic rohů mapových listů ze zeměpisných souřadnic
- pro ostatní výpočty:
 - úsečka X je stejná
 - úsečka Y je zvětšena o konstantu:
$$K = 500 + n \cdot 10^3 \text{ (km)}$$
$$n \dots \text{ číslo poledníkového pásu}$$



Mezinárodní mapa světa 1 : 1 000 000



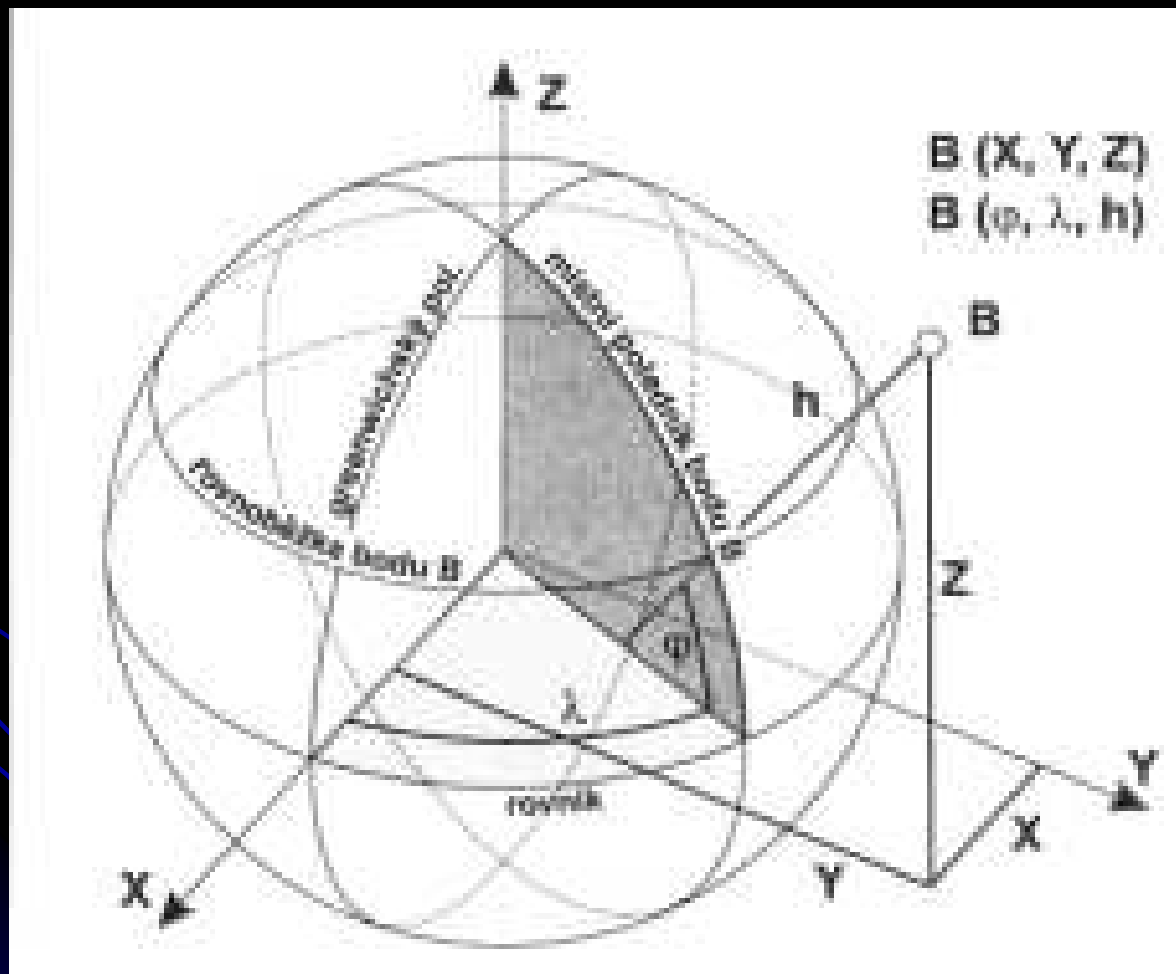
Souřadnicový systém WGS - 84 (World Geodetic System)

- ❑ konvenční terestrický referenční systém – CTRS (Conventional Terrestrial Reference System)
 - jedná se o geocentrický pravoúhlý pravotočivý systém pevně spojený se Zemí
- ❑ je realizovaný na základě modifikace námořního navigačního družicového systému NNSS
 - posun počátku souřadnicové soustavy
 - rotace a změna měřítka doplerovského systému NSWC 92-2
- ❑ geodetický systém WGS84 definují:
 - poloha počátku a orientace os pravoúhlé prostorové souřadnicové soustavy
 - parametry referenčního (vztažného) elipsoidu - primární
 - gravitační model Země a geoid - sekundární

Počátek a orientace os

- ❖ počátek geodetického systému je umístěn do těžiště Země (geocentra) - totožný se středem referenčního elipsoidu WGS-84
- ❖ osa Z prochází referenčním pólem definovaným IERS (International Earth Rotation Service) - totožná s osou rotačního elipsoidu
- ❖ osa X je průsečnicí roviny referenčního poledníku a roviny kolmé k ose Z procházející počátkem systému - rovina rovníku
- ❖ osa Y doplňuje soustavu na pravoúhlou pravotočivou (leží v rovině rovníku 90° východně od osy X)
- ❖ takto definovaný geodetický systém je spojen s reálnou Zemí prostřednictvím souboru přesných souřadnic WGS-84 pěti pozemních stanic kontrolního segmentu GPS

Definice souřadnicového systému WGS-84



Primární parametry

- ❖ elipsoid WGS-84 je geocentrický hladinový (ekvipotenciální) rotační elipsoid, který je integrální složkou systému WGS84

Parametr	Označení	Velikost
velká poloosa	a	6 378 137 m
převrácená hodnota zploštění	$1/f$	298,257 223 563
úhlová rychlost rotace Země	ω_e	$7\,292\,115 \times 10^{-11}$ rad/s
geocentrická gravitační konstanta (včetně hmot atmosféry)	GM	$3\,986\,004,418 \times 10^8$ m ³ /s ²

Sekundární parametry

- ❖ gravitační model Země EGM-96 (Earth Gravity Model) systému WGS84 je definován Stokesovými koeficienty sférického harmonického rozvoje tíhového potenciálu

Polohu bodu v systému WGS-84 vyjadřujeme pomocí:

- pravoúhlých prostorových souřadnic (X, Y, Z)
- zeměpisných souřadnic

φ - zeměpisná šířka

λ - zeměpisná délka

h - elipsoidická výška

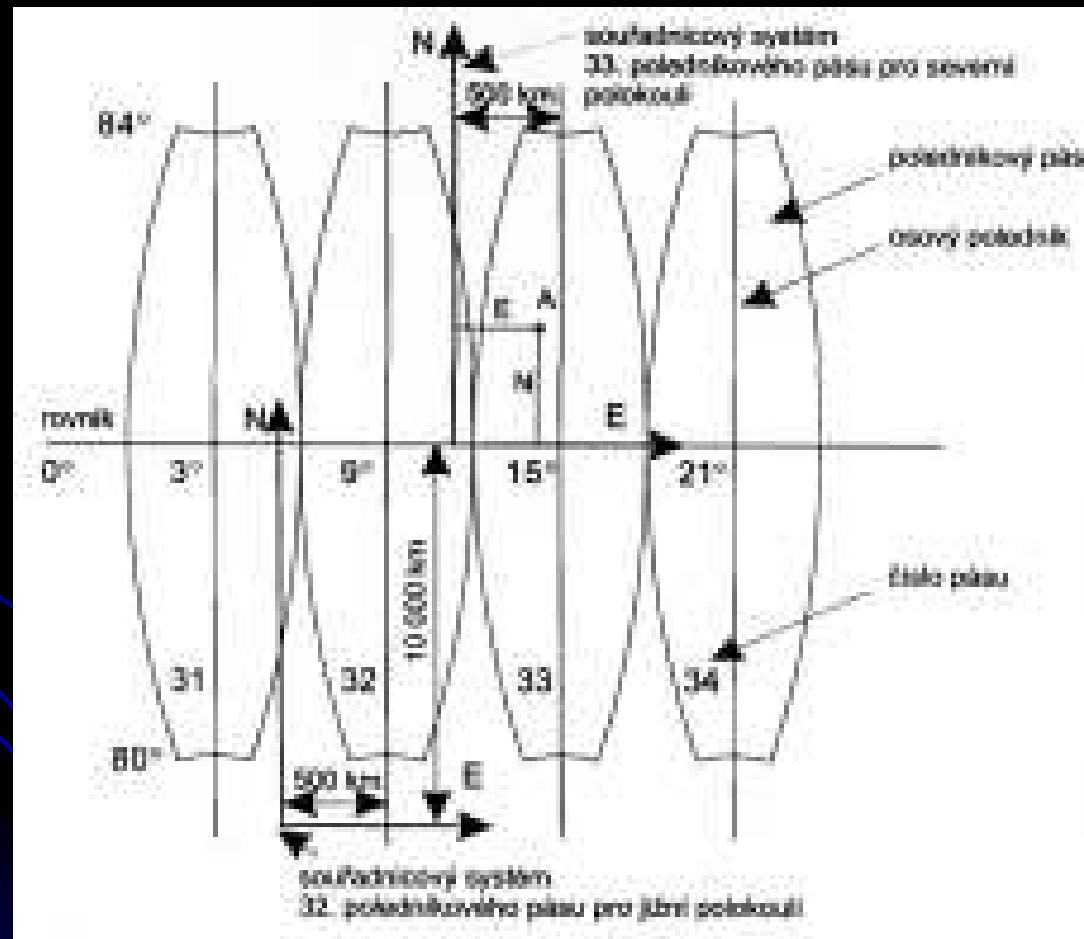
- pravoúhlých rovinných souřadnic v zobrazení UTM (Universal Transverse Mercator) a UPS (Universal Polar Stereographic) pro polární oblasti mezi 80° j. z. š. a 84° s. z. š.

E - Easting

N - Northing

- 6° pásy, každý má vlastní souř. systém, počátek v průsečíku rovníku s osovým poledníkem příslušného pásu
- z důvodu kladných hodnot souřadnic se k E přičítá konstanta 500 km a k N na jižní polokouli 10 000 km
- UTM se od Gaussova zobrazení (S-42) liší pouze délkovým zkreslením osového poledníku (0,9996)

Schéma poledníkových pásů a definice souřadnicových soustav



➤ souřadnic v hlásném systému MGRS (Military Grid Reference System)

- využívá zobrazení UTM (resp. UPS) - rozdílný je jen způsob zápisu polohy bodu
- údaj o poloze bodu v systému MGRS je řetězec alfanumerických znaků, který je tvořen třemi údaji:
 - ❖ označením zóny (sférického čtyřúhelníku) – číslo a písmeno
 - ❖ označení 100km čtverce – dvě písmena
 - ❖ souřadnice bodu ve 100km čtverci – 4, 6, 8 nebo 10 číslic podle přesnosti vyjádření polohy bodu
- výsledný údaj o poloze se píše bez mezer a jakýchkoliv interpunkčních znamének

Souřadnicový systém ETRS - 89

(European terrestrial reference system)

- ❑ ETRS tvoří jednotný souřadnicový systém, jehož realizace započala nástupem technologie GPS
- ❑ je úspěšně celoevropsky budován
- ❑ koordinaci prací provádí podkomise EUREF (European Reference Frame) X. komise Mezinárodní geodetické asociace (IAG)
- ❑ ETRS je tvořen referenčním rámcem ETRF (European Terrestrial Reference Frame) a příslušnými algoritmy a konstantami
- ❑ je realizován souřadnicemi stabilizovaných bodů na zemském povrchu
- ❑ systém využívá zeměpisné souřadnice $(\varphi, \lambda, H_{el})_{ETRS}$ a rovněž pravoúhlé souřadnice $(X, Y, Z)_{ETRS}$

- ❑ je založen na elipsoidu GRS-80 (Geodetic Reference System 1980), který svými parametry velice blízký elipsoidu WGS84
- ❑ v roce 1987 podkomise EUREF rozhodla definovat ETRS-89 s využitím výsledků mezinárodní kampaně EUREF-89
- ❑ v této pozorovací kampani bylo využito:
 - techniky laserové lokace družic (Satellite Laser Ranging - SLR)
 - interferometrie s velmi dlouhými základnami (Very Long Baseline Interferometry - VLBI)
 - především metod GPS

□ systém ETRS-89 obsahuje:

- ETRF-89, který je realizován evropskými stanicemi ITRF-89 technik SLR a VLBI, vztaženými k epoše 1989.0
- ETRF-90, který je tvořen souřadnicemi evropských stanic ITRF90 vztaženými k epoše 1989.0 a vztažnými vektory (centračními veličinami) mezi GPS body a body technik SLR a VLBI na bodech, zařazených do kampaně EUREF-89
- EUREF-89, který zahrnuje IERS stanice v Evropě a všechny stanice GPS kampaně EUREF-89
- neobsahuje tedy body, na kterých bylo použito pouze techniky GPS
- souřadnicový systém je realizován tím způsobem, že všechny body pozorovací sítě IERS jsou brány jako body pevné

Transformace souřadnicových systémů

- ❑ existuje řada software pro převody mezi jednotlivými souřadnými systémy
- ❑ v současnosti většina geoinformačních systémů obsahuje transformační vzorce a umožňuje převod souřadných systémů
- ❑ výchozími souřadnicemi jsou zpravidla zeměpisné souřadnice na referenčním elipsoidu φ, λ
- ❑ v některých případech (mapy malých měřítek) zeměpisné souřadnice na referenční kouli U, V
- ❑ konečné souřadnice jsou vždy rovinné pravoúhlé souřadnice x, y

□ v praxi se lze setkat s různými kombinacemi transformace:

- zobrazení **vojenských topografických map** je přímou transformací mezi zeměpisnými souřadnicemi a rovinnými pravoúhlými souřadnicemi x, y
- zobrazení **základních map České republiky** je naopak postupnou transformací:

zeměpisné souřadnice na referenčním elipsoidu => zeměpisné souřadnice na referenční kouli => kartografické souřadnice => polární souřadnice => rovinné pravoúhlé souřadnice

Příklady transformace

REFERENČNÍ
PLOCHA

ZOBRAZOVACÍ
ROVINA

ZEMĚPISNÉ
SOUŘADNICE NA
REFERENČNÍ
PLOŠE

φ, λ

ρ, ε

POLÁRNÍ
SOUŘADNICE

ZEMĚPISNÉ
SOUŘADNICE NA
REFERENČNÍ
KOULI

U, V

x, y

PRAVOÚHLÉ
SOUŘADNICE

KARTOGRAFICKÉ
SOUŘADNICE NA
REFERENČNÍ
KOULI

\check{S}, D

