



Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i.

České, slovenské a maďarské polohové geodetické základy v Evropském referenčním rámci EUREF

Milan Talich

Milan.Talich@vugtk.cz

XXXVIII. SYMPOZIUM Z DĚJIN GEODÉZIE A KARTOGRAFIE,
29. Listopadu 2017,
Národní technické muzeum v Praze

Motivace

Před čtvrt stoletím se započalo s prvním začleněním polohových geodetických základů zemí bývalého Československa a Maďarska do tehdejšího Evropského referenčního rámce EUREF'89.

Jak a kde se to uskutečnilo ?



Villa Mumm, IfAG Frankfurt (severní strana)

Evropské polohové základy na začátku 90' let

- GSP byla tehdy nová prudce se rozvíjející technologie
- Neexistence permanentních sítí jako EPN, CZEPOS atd.
- IGS služba experimentálně v r. 1992, oficiálně od 1.1.1993
- 1987 založení Evropské subkomise IAG „EUREF“ k etablování vlastního geodetického vztažného systému pro Evropu
- První realizace geocentrických souřadnicových rámců:
 - WGS - 84 (vojenské účely USA, přesnost do 1-2m v souřadnicích bodů => nevhodný pro přesné práce).
 - **IERS** (International Earth Rotation Service) - systémy s nejvyšší dosažitelnou přesností 1-5 cm v souřadnicích bodů . Každoroční zpřesnění s využitím nových pozorování. **ITRF** (IERS Terrestrial Reference Frame). Tehdy byla poslední verze ITRF'92 , definovaný 287 body, nejdůležitější byly tzv. kolokační stanice (s více druhy technik). Výsledný produkt byly souřadnice bodů s vektory posunů za rok (Evropa asi 2 cm za rok).
 - **ETRS** (European Terrestrial Reference System) - stabilní vůči evropské kontinentální desce, **ETRF** (European Terrestrial Reference Frame) realizován s využitím IERS evropských stanic a výsledků kampaně EUREF'89. IERS stanice jsou do výpočtu zavedeny jako pevné => EUREF'89 systém, kde byla přesnost výsledků 3-4 cm v horizontálním směru, 5-6 cm ve svislé složce.

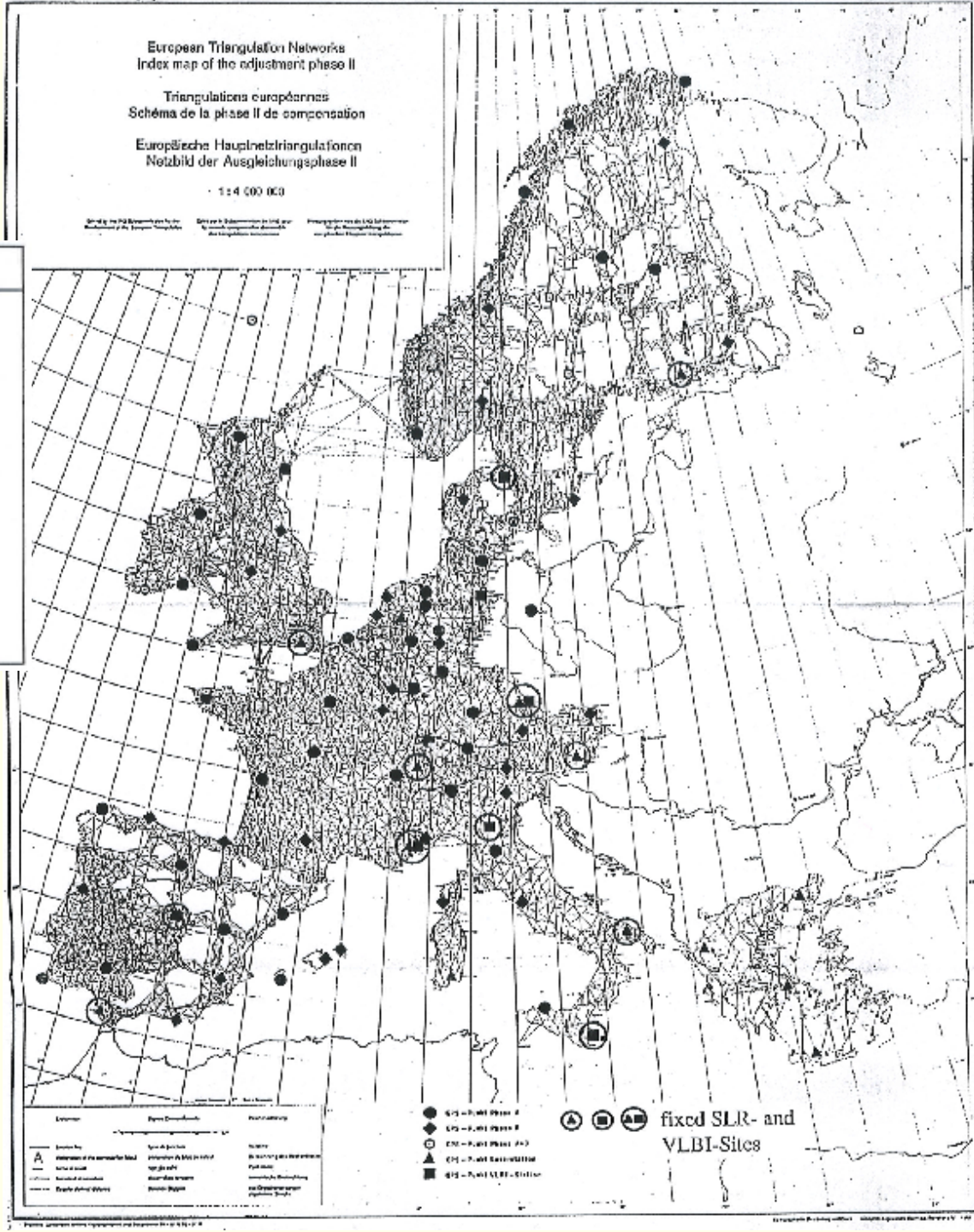
Kampaň EUREF'89

stát	GPS	SLR	VLBI
Norsko	7		
Finsko	4	1	
Švédsko	4		1
Dánsko	3		
V. Británie	6	1	1
Německo	12	1	2
Nizozemí	4	1	
Belgie	3		
Francie	8	1	2
Švýcarsko	4	1	
Rakousko	4	1	
Itálie	10	3	4
Španělsko	14	1	1
Portugalsko	2		
Řecko	4	4	

Následující kampaně:

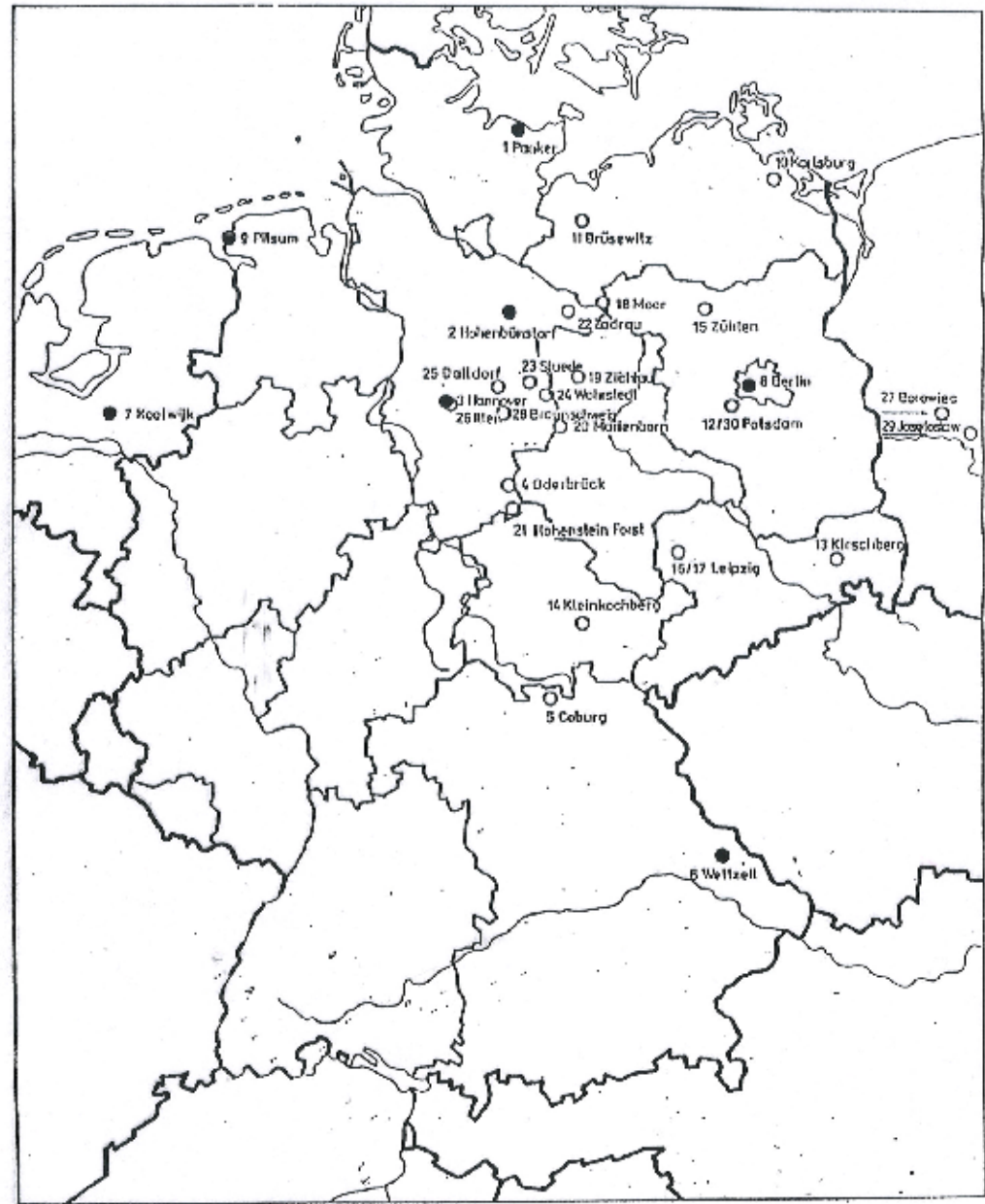
1990:

- **NORTHVEST** - 16 bodů ve Skandinávii a severních ostrovech, byla to KATASTROFA
- **Turecko** - 16 bodů
- **SEGAU** - 11 stanic v bývalé NDR



Kampaň SEGAU 1990

- 11 stanic v bývalé NDR
- 2 stanice v Polsku

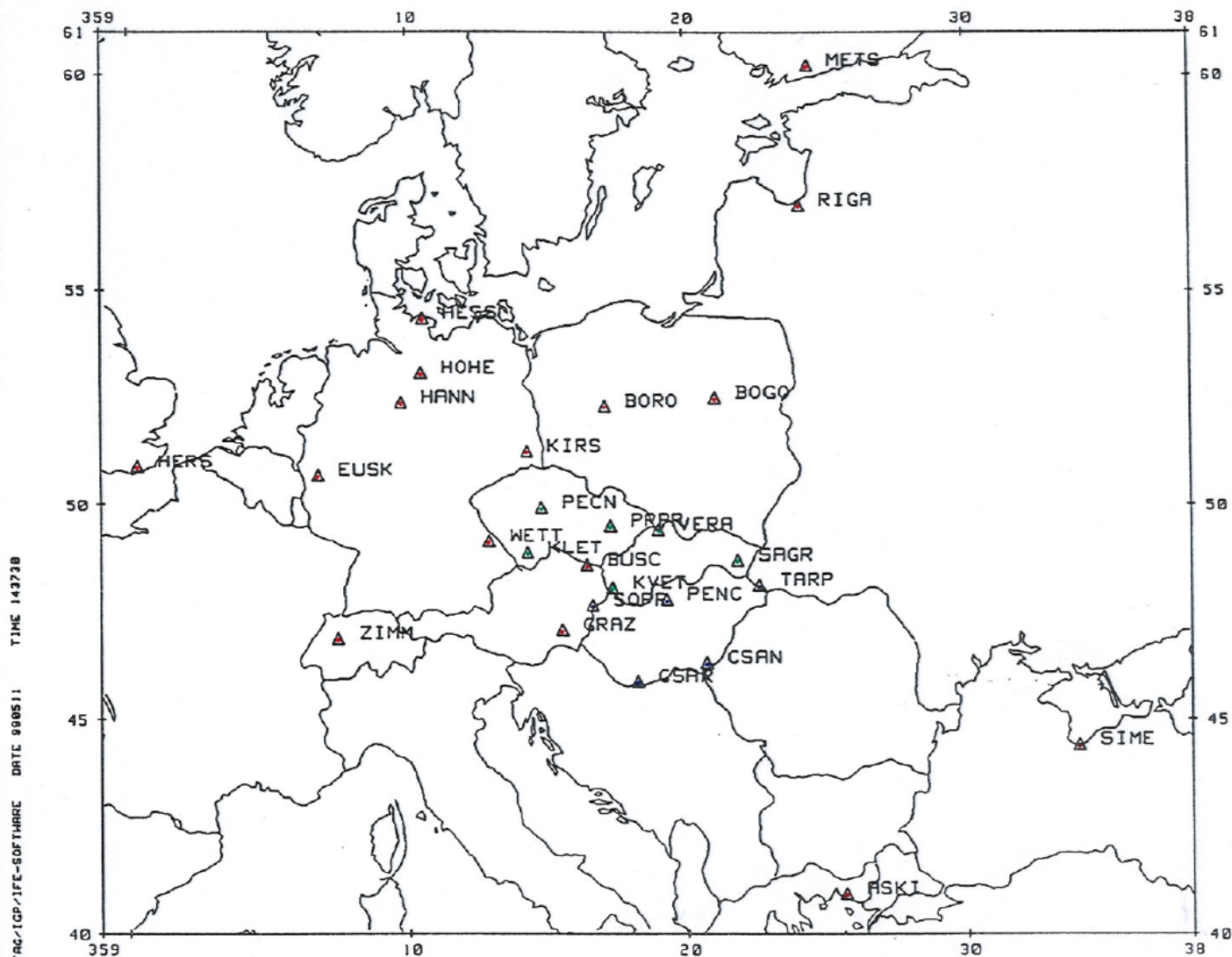


● EVREF
○ SEGAU

Figure 1: EUREF-EAST CAMPAIGN 1991

Sites

EUREF-EAST'91 (EUREF CS/H 91)



(C) COPYRIGHT IFAG/IGP/IFE-SOFTWARE DATE 900511 TIME 143730



DGF I-ABT.2

IFAG

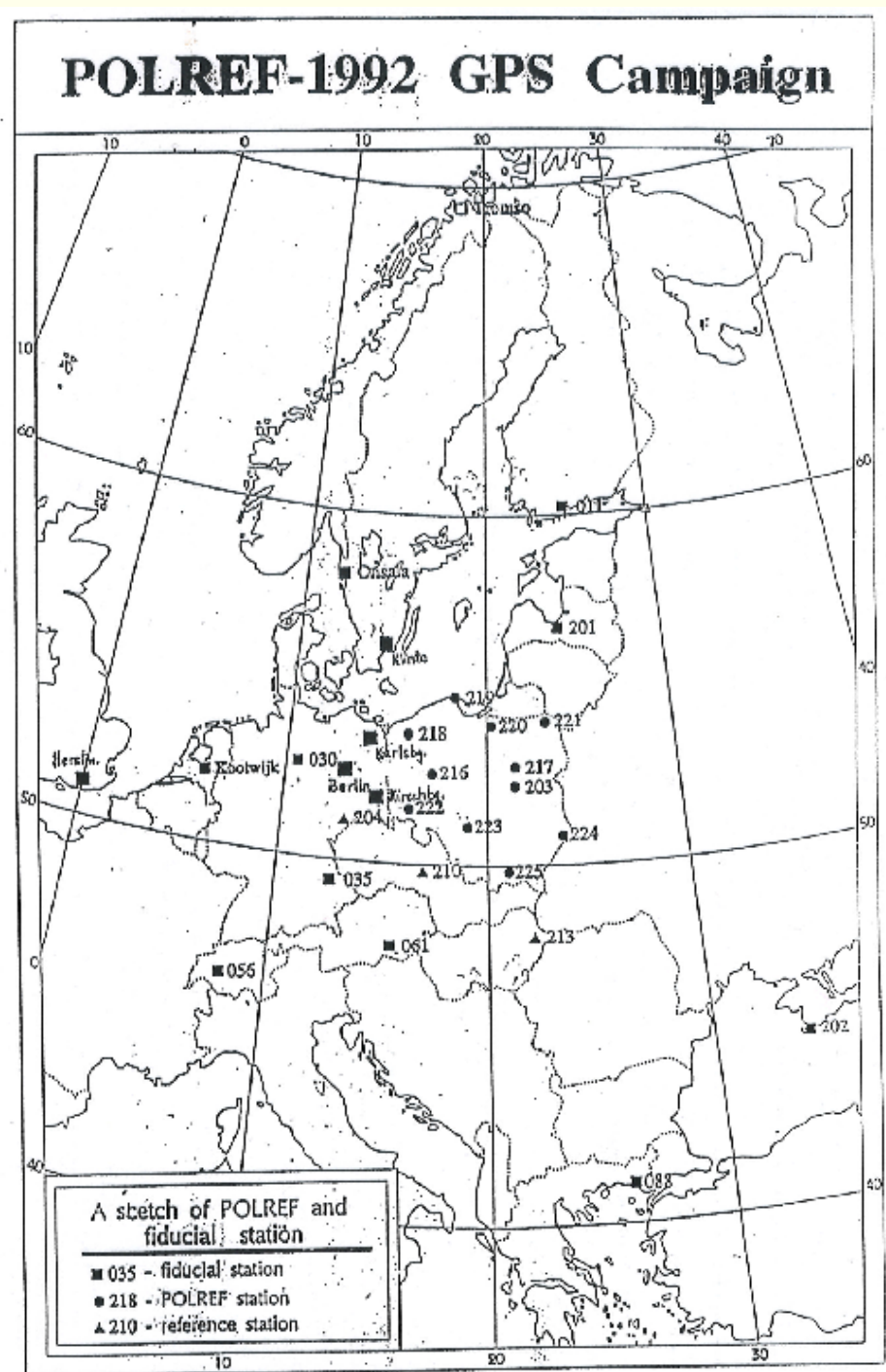
TRUE MAPPED PARALLEL AT +/- 50.50

– 6 bodů v
Československu,

– 5 bodů v
Maďarsku

1992: POLREF'92

– 11 bodů v Polsku

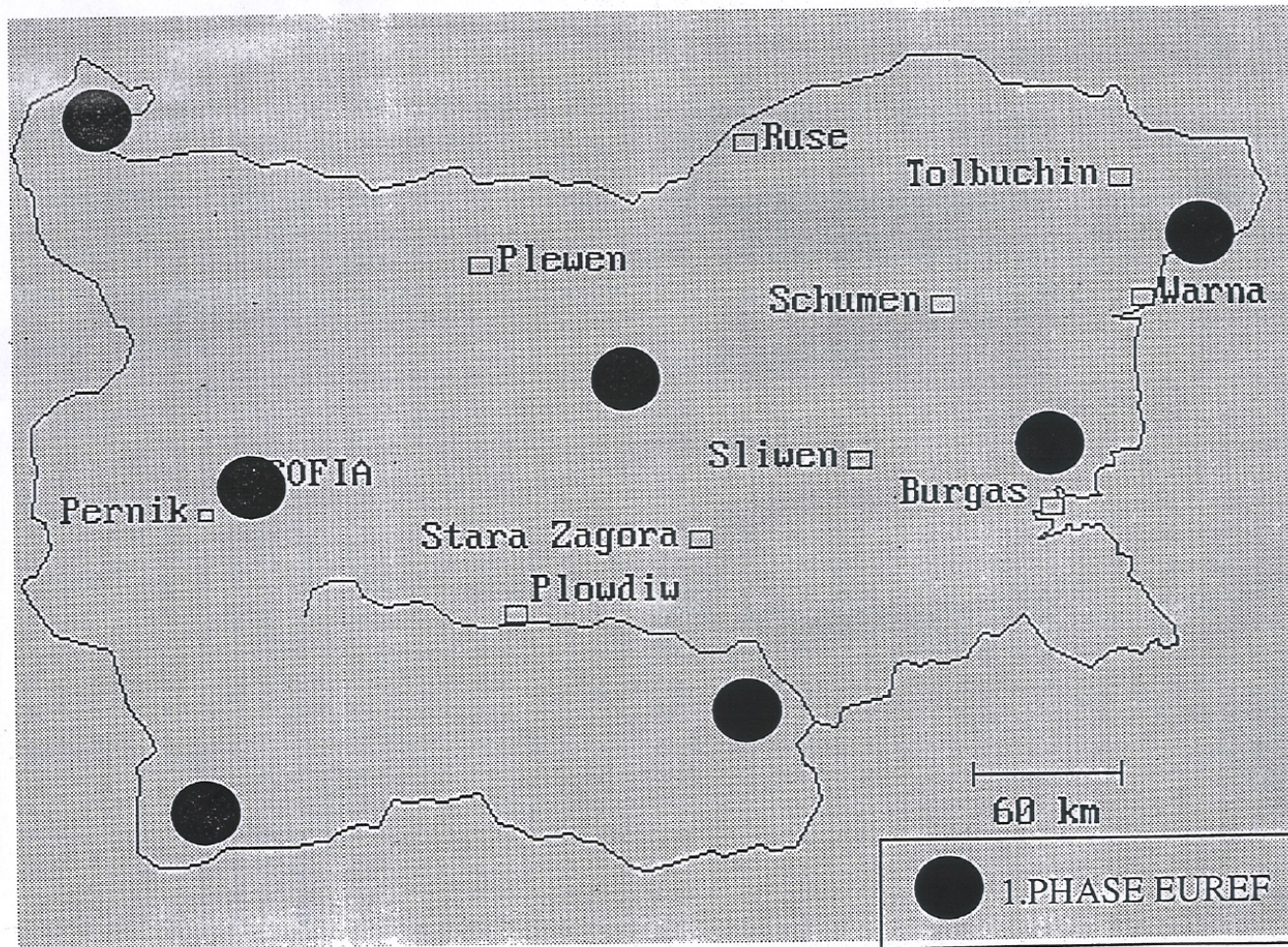


1992: BULGARIA'92 - 7 bodů v Bulharsku

Následovaly: 1992: EUREF Baltic States - 13 bodů, 1993: Kypr - 6 bodů, EUREF-D/NL 93 - 23 bodů

Měření prováděl a zpracování probíhalo vždy v IfAG Frankfurt.

BULGARIA GPS '92



Kampaň EUREF-EAST'91 (EUREF CS/H 91)

- **Měření:**

- celkem 27 bodů, z toho 11 nových (10 + Klet')
- 29.10 - 3.11. 1991
- použity přístroje Trimble SST a Geotracer 100, Všude antény Trimble
- většina přijímačů byla s P code na L2, několik přijímačů „squaring technique“, observation sampling rate 15s

- **Zpracování:**

- předběžné zpracování v IfAG Frankfurt 1.9. 1992 – 31.8. 1993
- zpracovatelé: Milan Talich (CZ), Ambrus Kenyeres (HU), Ersoy Arslan (TU)
- HW: HP UNIX workstations, magnetické pásky pro archivaci dat,
- SW: Bernese GPS software v. 3.4
- tvorba RINEX souborů ve 4 centrech (VÚGTK Zdiby, FOMI Penc, Graz, IfAG Frankfurt)
- pro předběžné řešení zvoleny stanice Wettzell a Graz jako pevné body, pevné dráhy družic z NGS - CIGNET (přesnost asi do 10 m)
- zvolené základny viz obr.
- rozdělení kampaně na tři sekce: ČSFR, Maďarsko, zbytek, dva body (KVET a SAGR) určeny 2x
- uvažována chyba z variace fázového centra antény (!)

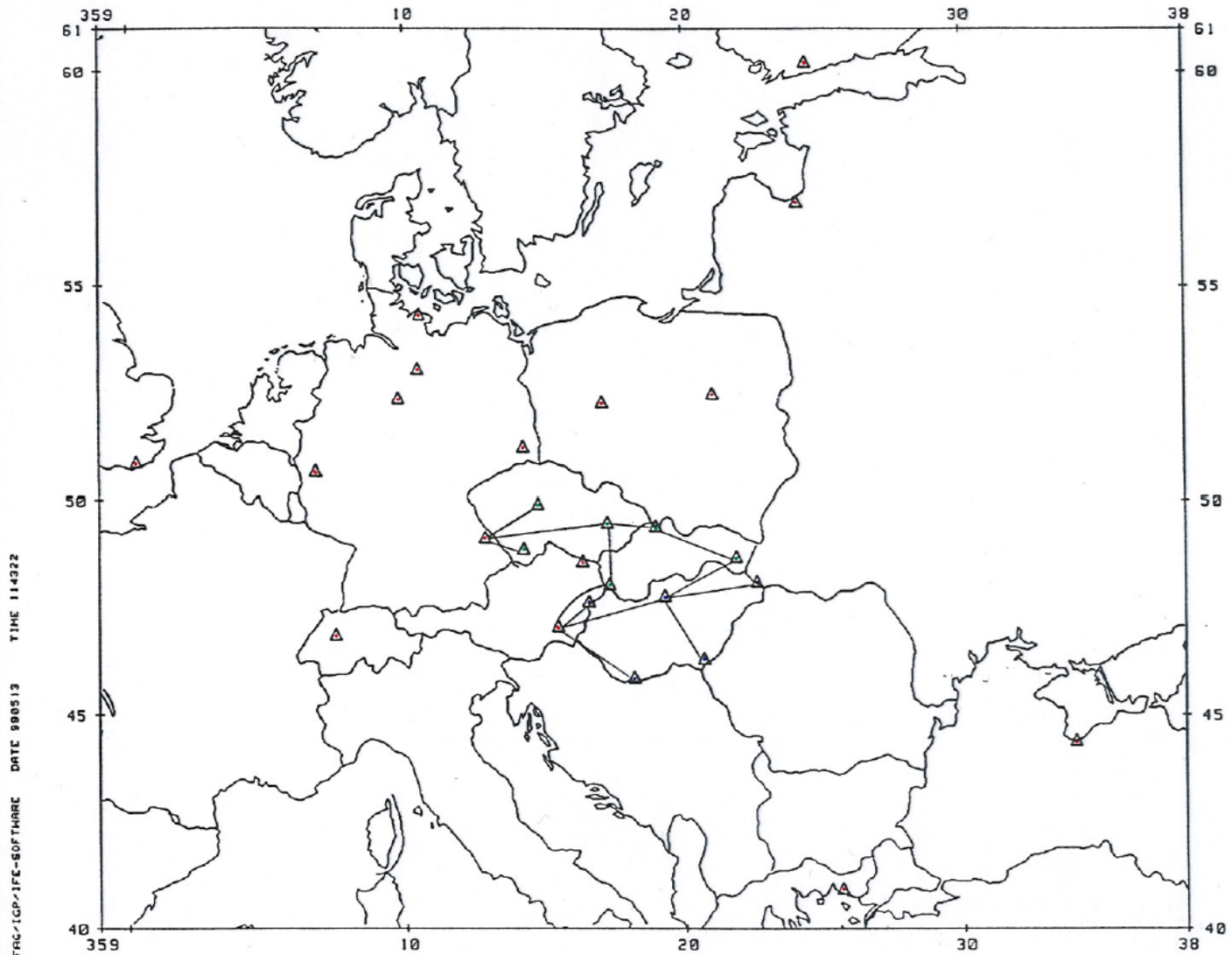
EUREF-EAST'91 – seznam bodů

Station Name	Abbrev.	EUREF num	Latitude	Longitude	code on L2
Herstm 7840	HERS		50 52	0 21	-
Hohenbuenstorf	HOHE	9030	53 04	10 29	P
Hannover	HANN	0030	52 22	9 45	-
Hessenstein	HESS	1629	54 20	10 33	P
Euskirchen	EUSK	5306	50 41	6 46	-
Kirschberg	KIRS	0204	50 45	13 44	P
Wettzell 1201	WET1	1201	49 08	12 52	P
Wettzell 7597	WET2	7597	49 08	12 52	P
Zimmerwald 7810	ZIMM	0056	46 53	7 28	P
Buschberg	BUSC	0059	48 35	16 24	-
Graz 7839	GRAZ	0061	47 04	15 30	P
Askites 7510	ASKI	0088	40 56	25 34	P
Simeiz	SIME	0202	44 25	33 59	P
Riga 1884	RIGA	0201	56 57	24 04	P
Metsähovi	METS	0011	60 13	24 24	P
Pecný	PECN	0209	49 54	14 47	P
Přední Příčka	PRPR	0210	49 30	17 14	P
Klet'	KLET	KLET	48 51	14 16	-
Květoslavov	KVET	0206	48 03	17 19	P
Šankovský Grún	SAGR	0208	48 42	21 48	P
Velká Rača	VERA	0207	49 24	18 58	P
Sopron	SOPR	0211	47 39	16 36	P
Penc	PENC	0212	47 47	19 17	-
Tarpa	TARP	0213	48 08	22 33	-
Csanádalberti	CSAN	0214	46 19	20 40	-
Csarnóta	CSAR	0215	45 53	18 13	-
Borowiec 7811	BORO	0216	52 17	17 04	-
Borowa Góra	BOGO	0217	52 28	21 02	-

Figure 2: EUREF-EAST CAMPAIGN 1991

Baselines

EUREF-EAST'91 (EUREF CS/H 91) - Baselines



IC1 COPYRIGHT IFAG/IGP/IFE-SOFTWARE DATE 990513 TIME 114322



DGFI-ABT.2

IFAG

TRUE MAPPED PARALLEL AT +/- 50.50

Kampaň EUREF-EAST'91 - předběžné řešení

- Původní cíl zpracování byl určení souřadnic 11 nových bodů v souřadnicovém rámci ETRF89 (EUREF'89)
- Strategie postupu:
 - výpočet jednotlivých základů pro jednotlivé sessions, porovnání výsledků
 - jednotlivá denní řešení pro jednotlivé základny
 - „ „ „ pro sekce
 - „ „ „ pro celou síť
 - definitivní řešení (za celou dobu kampaně)

Závěr z předběžného řešení:

přesnost drah z NGS (cca 10m) je
limitující faktor =>

přesnost nových bodů dle
Baueršimova vzorce asi 5cm
(souhlasí s výsledky) =>

pro lepší přesnost je **nutné určit
přesnější dráhy družic z pevných
bodů**

STATION	#DAY	RMS		
		N	E	H
Pecný	5	.007	.013	.024
Přední Příčka	5	.020	.026	.016
Klet'	4	.006	.017	.033
Květoslavov	5	.013	.032	.040
Šankovský Grůň	5	.041	.063	.031
Velká Rača	5	.030	.037	.035
Sopron	5	.008	.023	.021
Penc	5	.026	.050	.031
Tarpa	5	.037	.057	.044
Csanádalberti	5	.033	.045	.020
Csarnóta	5	.016	.013	.012

Kampaň EUREF-EAST'91 - definitivní řešení

- **Modifikovaný cíl zpracování byl určení souřadnic 11 nových bodů v souřadnicovém rámci:**
 - ETRF89 (EUREF'89) epoch 1989.0 (tehdejší oficiální souřadnice a epocha pro EUREF)
 - ITRF'92 epoch 1991.8 (nejnovější a nejpřesnější tehdejší rámec, epocha měření)
- **Strategie postupu:**
 - Fixováním souřadnic známých bodů v ITRF'92 ep.1991.8 určit přesnější dráhy družic.
 - Stanice Metsahovi, Wettzell, Graz a Askites byly fixovány.
 - Jako preliminary orbits byly použity NGS (CIGNET) dráhy družic.
 - Opravy drah družic byly většinou kolem 10m, u jednoho satelitu ale až 150m, ten byl z dalších výpočtů vyloučen.
 - Zpracovatel: Milan Talich (CZ), březen + duben 1994.

Závěr z definitivního řešení:

Dosažená přesnost (**RMS** jednodenního řešení z porovnání různých denních řešení) je cca **12 a 11 mm pro N a E souřadnice v poloze a 30 mm ve výšce.**

STATION	#DAY	RMS		
		N	E	H
Pecný	5	.007	.005	.023
Přední Příčka	5	.014	.007	.050
Klet'	4	.004	.006	.031
Květoslavov	5	.006	.008	.013
Šankovský Grůň	5	.020	.018	.024
Velká Rača	5	.020	.015	.057
Sopron	5	.003	.008	.014
Penc	5	.010	.010	.026
Tarpa	5	.023	.019	.043
Csanádalberti	5	.016	.013	.033
Csarnóta	5	.009	.008	.023

Určení souřadnic v systému EUREF'89

- Transformace do ETRS'89 epoch 1989.0:

$$\mathbf{X}_E(t_c) = \mathbf{X}_{YY}(t_c) + \mathbf{T}_{YY} + \mathbf{R} \cdot \mathbf{X}_{YY}(t_c) \cdot (t_c - 1989.0)$$

where:

- $\mathbf{X}_E(t_c)$ are coordinates in ETRS'89 epoch 1989.0
 - $\mathbf{X}_{YY}(t_c)$ are coordinates in ITRF'YY epoch t_c (in our case ITRF'92 epoch 1991.8)
 - \mathbf{T}_{YY} are translations (shifts) based on a global transformation from ITRF'YY to ITRF'89 including scale
 - \mathbf{R} rotations back to epoch 1989.0 due to the motions of the European Plate with individual velocities if available or with the European Plate Motions Model NNR-NUVEL1 (IERS Technical Note 13)
- $(t_c - 1989.0)$ is time difference (1991.8 - 1989.0)

C. Boucher, Z. Altamimi: *Specifications for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS campaign*. <http://etrs89.ensg.ign.fr/memo-V8.pdf>

C. Boucher, Z. Altamimi, L. Duhem: *ITRF 92 and its associated velocity field*. (IERS Technical Note ; 15) Paris: Central Bureau of IERS - Observatoire de Paris, 1993. iv, 164 p.
<https://www.iers.org/IERS/EN/Publications/TechnicalNotes/tn15.html?nn=94912>

Výsledné souřadnice v ITRF'92 a EUREF'89

Coordinates of the new sites in ITRF'92 epoch 1991.8

STATION NAME	X (M)	Y (M)	Z (M)
Pecný	3979250.3692	1050396.9203	4857100.1306
Přední Příčka	3963414.9316	1230404.3497	4827514.6060
Klet'	4074496.7196	1037305.9637	4781602.9263
Květoslavov	4077419.6634	1271623.0321	4721250.9935
Šankovský Grůň	3915265.1785	1566567.4849	4769327.3601
Velká Rača	3932647.0063	1351716.8080	4821561.0042
Sopron	4125619.0227	1230225.9491	4690656.2242
Penc	4052449.7722	1417680.9032	4701406.9927
Tarpa	3939065.8214	1635574.6658	4726647.1839
Csanádalberti	4128720.6445	1557707.3467	4589954.3230
Csarnóta	4224902.7530	1390480.2396	4556477.6917

Coordinates of the new sites in ETRS'89 epoch 1989.0

STATION NAME	X (M)	Y (M)	Z (M)
Pecný	3979250.4512	1050396.9097	4857100.0685
Přední Příčka	3963415.0150	1230404.3394	4827514.5445
Klet'	4074496.8009	1037305.9525	4781602.8635
Květoslavov	4077419.7465	1271623.0210	4721250.9313
Šankovský Grůň	3915265.2646	1566567.4752	4769327.2999
Velká Rača	3932647.0908	1351716.7980	4821560.9433
Sopron	4125619.1052	1230225.9376	4690656.1616
Penc	4052449.8565	1417680.8924	4701406.9311
Tarpa	3939065.9079	1635574.6560	4726647.1238
Csanádalberti	4128720.7293	1557707.3355	4589954.2613
Csarnóta	4224902.8360	1390480.2276	4556477.6288

Prezentace výsledků na EUREF symposiích

Předběžné výsledky:

3rd symposium of the IAG Subcommittee for the European Reference Frame (EUREF) held in Budapest, 17-19 May, 1993

SEEGER H., SCHLÜTER W., TALICH M., KENYERES A., ARSLAN E., NEUMAIER P., HABRICH H.: Preliminary Results of the EUREF-EAST '91 GPS Campaign. (Report on the Symposium of the IAG Subcommittee for the European Reference Frame (EUREF) held in Budapest, 17-19 May, 1993). Veröffentlichungen der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Heft Nr. 53, 78-82, München 1993.

Definitivní výsledky:

4th IAG/EUREF Subcommittee Symposia, 8-11 June 1994, Warsaw, Poland

SEEGER, H. - SCHLÜTER, W. - TALICH, M. - KENYERES, A. - ARSLAN, E. - NEUMAIER, P. - HABRICH, H.: Results of the EUREF CS/H'91 GPS Campaign. Proceedings of the 4th IAG/EUREF Subcommittee Symposia, 8-11 June 1994, Warsaw, Poland. Veröffentlichungen der Bayerische Kommission für die Internationale Erdmessung der BAW, Heft Nr. 54, pp.87-90, München 1994.

Během symposia ve Varšavě (1994) byl na žádost maďarských kolegů změněn název kampaně na **EUREF CS/H 91.**



Symposia - Resolutions

Warsaw, 8 - 11 June 1994

Resolution No. 1

The IAG Subcommittee for the European Reference Frame

recognizing that

- in October/November 1991 the EUREF-CS/H 91 campaign was observed
- in July 1992 the EUREF-POL 92 campaign was observed
- in May 1993 the EUREF-D/NL 93 campaign was observed and

all the results were submitted to the EUREF Technical Working Group where they were accepted as class B standard (about 1 cm at the epoch of observation)

endorses these results as improvements and extensions to EUREF-89.

Děkuji za pozornost

Milan Talich



Fotografie účastníků „3rd symposium of the IAG Subcommittee for the European Reference Frame (EUREF), Budapest, 17-19 May, 1993“