

E. Wagener

Nivelir Ni 2 firme Zeiss Opton

Iskustvo i rezultati kao i uspoređenja sa Zeiss NiB s plan pločom.

Naslov originala: Das Nivelir Ni2 der Firma Zeiss-Opton. Erfahrungen und Ergebnisse sowie Vergleiche mit dem Zeiss-Nivellier B mit Planplatte. Von Ewald Wagener. Zeitschrift für Vermessungswesen Heft 5- Mai 1951.

Napisao Ewald Wagener, Helmstedt.

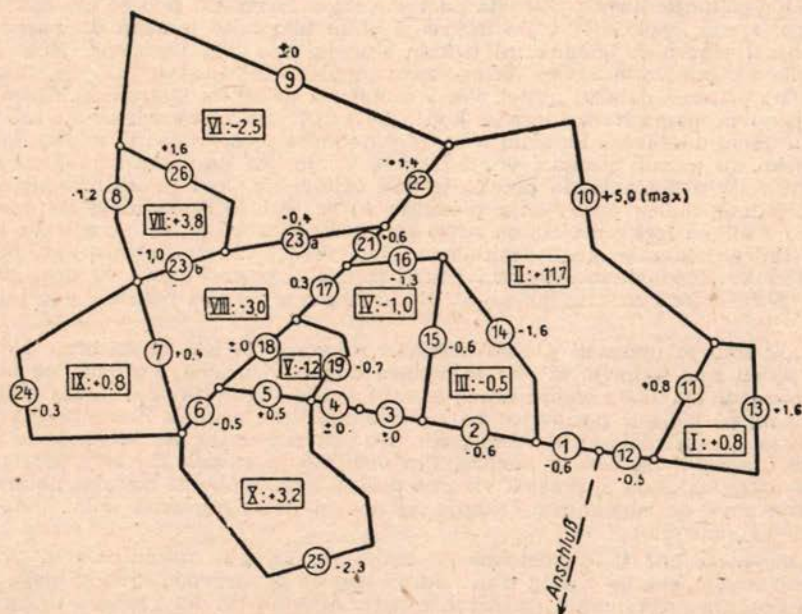
Firma Zeiss Opton pokazala je u augustu 1950 na izložbi Geodetske Nedelje u Kölnu po prvi put svoj novi nivelir Ni2, kod kojega je primjenom jednog potpuno novog konstruktivnog elementa (princip čovječe uspravi se) postignuto, da se vizurna linija automatski horizontira s velikom točnošću, čim je instrument doveden do horizontale t. j. čim se mjehur dozne libele nalazi unutar prstenaste marke. Time otpada dugotrajno horizontiranje do sad upotrebljenih cjevastih libela. Prema navodima tvornice i kod upotrebe centimetarske letve točnost kod dvostrukog nivelmana treba dostići ± 2 mm po kilometru.

Pošto sam u jesen imao provesti jedan nivelman, koji se ponavlja svake godine, a kod kojeg su se postignute točnosti kretale u istom redu veličine, ponukalo me je da ovaj nivelman provedem s Ni2, a pogotovo zato jer se ovom zgodom pružila prilika, da se dobiju usporedne vrijednosti s prijašnjim mjerenjima na istom objektu.

Firma Zeiss Opton mi je izašla u susret te mi je od svojih pet fabričkih uzoraka Ni2 stavila na raspoloženje jedan instrument.

1. Nivelman jedne mreže.

Slika 1 pokazuje shematsku sliku ove mreže, koja se naslanja kod spoja vlakova 1 i 12 na čvrstu točku (reper) udaljenu 4,8 km. Sama mreža imala je u godini 1945



ukupnu dužinu od 18,62 km, skratila se poslije na 18,42 km i bila proširena u god. 1949., uključivanjem vlaka 26, na 19,42 kilometra.

Mjerenje je bilo izvršeno sa instrumentom Ni2 br. 141 133, sa dvjema letvama firme Carl Zeiss Jena iz god. 1943. duljine 3 metra, sa dve međusobno pomaknute 5 mm podjele i dve papuče. Od personala bilo je na raspoloženju: opservator, pisar i dva figuranta.

Slika 1. Skica nivelmanske mreže. Ostupanje i popravci vlakova (u mm) Cinjenicom da kod Ni2 ne postoji nivelaciona libela, pošto se fino horizontiranje vizurne linije postizava kompenzatorom potpuno automatski i u najkraćem vremenu sveo se ovaj rad na vrlo jednostavni postupak. Obzirom da na instrumentu ne postoje uređaji za precizna očitavanja kao klin ili plan ploča, procjenjuju se kao kod svakog običnog nivelira desetinke najmanje podjele na letvi.

U ovom slučaju očitavanje se vršilo na 5 mm invarnim letvama, isto kao u prošlim godinama sa Ni B u redosljedu: Vizura natrag lijeva podjela, vizura naprijed lijeva podjela, vizura naprijed desna podjela, vizura natrag desna podjela, pri čemu su se ocjenjivale desetinke 5 mm intervala. I prijašnja mjerenja bila su izvedena sa istim letvama.

Dalekozor daje uspravnu sliku, dok su na letvama brojevi postavljeni naopako. Uslijed toga je u početku bilo nešto više poteškoća, što je prouzrokovalo tokom posla nekoliko pogrešaka u očitavanju, koja su se morala odstraniti. Pri normalnom radu uzimati će se naravno letve sa uspravnim brojevima.

Cinjenica da otpada fino vrhunjenje nivelacione libele nije korisna samo radi uštede vremena, nego se i oči štede. Potresi motornih vozila pa i pješaka u blizini stativa primjetili su se kao njanjanje slike letve u vertikalnom smjeru oko jednog srednjeg položaja. Ali obzirom da se automatsko horizontiranje vizurne linije vrši u veoma kratkom vremenu (cca pol sekunde) moglo se očitavanje vršiti odmah poslije prestanka potresa. Kod potresa, koji su trajali malo duže, ukoliko su se držali u izvjesnim granicama, moglo se očitavanje vršiti i pri titranju slike. Djelovanjem motornih vozila, koja su prolazila ne u suviše velikoj blizini i pri vjetru, slika letve je titrala na taj način, da je kratko vrijeme zastala u svom srednjem položaju. Ovaj srednji položaj, koji odgovara horizontalnoj vizuri, mogao se onda vrlo dobro očitati. U svim slučajevima, u kojima se naročito pri mjerenju prva dva dana očekivao svršetak nemira slike dalo je isto očitavanje kao i očitavanje u mirnom srednjem položaju. Ovo očitavanje mirnog položaja po vjetrovitom vremenu bilo je pravilo. Pri tom je mirni srednji položaj i često umirenje slike bilo tako izrazito da napredovanje mjerenja i sigurnost očitavanja ni u kom slučaju nije bila ugrožena. Kola koja su prolazila tik stativa naravno da su onemogućila očitavanje. I u takvim slučajevima kontrolna očitavanja dala su uvijek iste rezultate, a da se na instrumentu nije moralo ništa ponovno namještati. Inače se kod rada s običnim nivelnirom stalno mora nivelacionu libelu udešavati. Sa ovim nivelnirom ne mora se ništa raditi, nego samo pričekati nekoliko mirnih stanja i vršiti očitavanja. To je išlo uostalom vrlo brzo. Samo u jednom slučaju došlo je do poteškoća kod očitovanja, kad je instrument stajao u blizini jednog malog postrojenja pokazale su se doduše samo mala treperenja, ali sa tako visokom frekvencijom da su se kod dužine vizure od 45 metara sve horizontalne crtice pokazale kao neodređene sive vrpce višestruke debljine od originalnih crtica. Razmak između crtica time je u slici postao manji od debljine samih crtica. Skraćenjem vizurne dužine na 15 do 20 metara i ova poteškoća je bila uklonjena.

Dok smo se upoznali s instrumentom mjerenje je išlo dosta brzo. Na ravnoj pruzi počeli smo najprije sa oko 45 metara dugim vizurama. Pokazalo se ubrzo, da kod promjene stajališta zadnji nosač letve, još nije stigao do svog novog stajališta a instrument je bio već postavljen na svom stajalištu i očitana lijeva podjela zadnje letve. Zato je izgledalo zbog vremenskih razloga pogodnije, da se vizure skrate, pa smo ih i skratili na cca 30 metara, tim više što je ravnih dijelova bilo manje a usponi tako veliki, da je prosjek vizurne dužine iznosio oko 25 metara. Zadnjih dana mjerenja smo, da izbjegnemo čekanje na nosača letve, napustili uobičajeno očitavanje (naprijed spomenuto).

Dnevni učinak u kilometrima ne smije se ocijeniti apsolutno. On ovisi, kao kod svih nivelmana, od cijelog niza faktora kao na pr. neproduktivnog hoda, saobraćajnih smetnji, pripremanje zatrpanih repera, mjesnih prilika i drugo. U gornjoj tabeli uvedeno je čisto radno vrijeme uključivši put od stajališta do stajališta. Za ocjenjivanje učinka služe rubrike 5, 6, i 7. Rubrika 5 sadrži upotrebljeno vrijeme po jednom stajalištu instrumenta uključivo put i 4 očitavanja. Poslije dva dana mjerenja

vidi se da su se opservator i nosač letve toliko uigrali, da se trećeg dana kod 26,4 metra prosječne dužine vizure po satu mjerilo 1,25 km, što odgovara utrošku vremenu

Rezultate učinka dajemo u slijedećoj tabeli

Tabela 1

Dan mjerjenja	Izmjerna pruga km	Broj stajališta	Čisto radno vrijeme minuta	Vrijeme po stajalištu minuta	Put po satu u km	Prosječna dužina vizure u m.	Opaska
1	2	3	4	5	6	7	8
25. 9.	3,97	86	300	3,5	0,79	23,2	Mreža
26. 9.	7,44	141	465	3,3	0,96	26,4	
27. 9.	5,34	101	255	2,5	1,25	26,4	
28. 9.	7,24	158	300	1,9	1,45	22,9	Ponavljanje
29. 9.	9,80	158	360	2,3	1,65	31,3	Priključak
Suma	33,79	644	1680	2,6	1,21	26,2	

od 2,5 minuta za jedno stajalište. Najbolji učinak dao je četvrti dan sa 1,9 minuta od jednom postavljanju i 1,45 km po satu kod prosječne dužine vizure 22,9 metra.

Dok su prvih četiri dana bile prebrođene veće visinske razlike kretao se priključni nivelman 29.9 u ravnici. Zbog povećanih dužina vizure (31,3 m) povećalo se potrebno vrijeme za postavljanje za 2,3 minuta.

Učinak je iznosio 1,65 km po satu.

Za ocjenjivanje točnosti mora se reći da cijelo mjerjenje nije vršeno sa pretjonom brižljivosti. Ugodan način postavljanja instrumenta i očitavanja sami navode na površnost.

Za utvrđivanje srednje pogreške moralo se odvojiti priključni dio nivelmana.

Priključna stranica podijeljena u četiri diočice mjerena je tamo i natrag. Dulžina je iznosila 4,9 kilometra kod visinske razlike od 9,7 metara između početne i završne točke.

U samoj mreži bile su sve stranice jednostavno mjerene redom prema njihovoj numeraciji a srednja pogreška izračunata izjednačenjem mreže. Ukupna dulžina iznosila je 19,12 km. Izmjerena visinska razlika (suma svih stranica) iznosila 527,6 metara.

Srednja pogreška po kilometru priključnog nivelmana proizlazi iz slijedeće tabele.

Tabela 2.

Srednja pogreška priključnog nivelmana (mjereno sa №2 Br. 141 133)

Dio pruge	Dužina s km	Visinska razlika		d = I - II mm	$\frac{d^2}{s}$
		I. mjerjenje m	II. mjerjenje m		
a	2,06	+ 5,0250	5,0245	+ 0,5	0,12
b	0,90	+ 4,8192	4,8215	- 2,3	5,88
c	0,70	+ 1,0482	1,0490	- 0,8	0,92
d	1,24	- 1,1832	1,1840	+ 0,8	0,52
n = 4	4,90	+ 9,7092	9,7110	- 1,8	7,44

Srednja pogreška za 1 km jednostrukog mjerenja =

$$= m_{A1} = \sqrt{\frac{1}{2n} \left[\frac{d^2}{s} \right]} = \sqrt{\frac{7,44}{8}} = \pm 1,0 \text{ mm}$$

Srednja pogreška za 1 km dvostrukog mjerenja = $M_{A1} = m : \sqrt{2} = \pm 0,7 \text{ mm}$

Pošto je ova srednja pogreška izračunata samo iz 4 dijela vlaka ne može se rezultatu dati suviše veliku vrijednost. Zbog toga je nekoliko linija opservacione mreže s mnogim pod diobama izmjereno-dvostruko. Ali kod konačnog izjednačenja mreže bilo je uzeto u obzir samo jedno mjerenje da bi se sačuvalo jedinstvo mreže. Dvostruka mjerenja bila su upotrebljena jedino za izračunavanje srednje pogreške dvostrukog nivelmana. Ovaj 7,96 km dugi nivelman podijeljen na 32 stranice, koje su bile dvostruko nivelirane i čija je visinska razlika u apsolutnom iznosu $|IhI| = 246,44$, m dala srednju pogrešku iz razlika mjerenja (vidi tabelu 3).

Srednja pogreška za 1 km jednostrukog mjerenja

$$m_{A2} = \sqrt{\frac{1}{2n} \left[\frac{d^2}{s} \right]} = \sqrt{\frac{193,54}{64}} = \pm 1,74 \text{ mm}$$

Srednja pogreška za 1 km dvostrukog mjerenja

$$= M_{A2} = m_{A2} : \sqrt{2} = \pm 1,23 \text{ mm}$$

Srednja pogreška iz ovih dvostrukih mjerenja je obzirom na izvanredne poteze 17 i 18 ($d_{17} = -4,3 \text{ mm}$, $d_{18} = -3,2 \text{ mm}$) nepovoljnija od izračunate vrijednosti priklju-

Tabela 3

Srednja pogreška iz dvostrukog nivelmana u mreži (mjereno sa Ni2 br. 141133)

Tekući broj	Dužina s km	d = I-II mm	Tekući broj	Dužina s km	d = I-II mm
1	0,18	+ 0,3	17	0,16	- 0,5
2	0,18	- 0,8	18	0,18	+ 0,7
3	0,29	+ 0,2	19	0,25	+ 0,4
4	0,30	+ 1,8	20	0,22	- 0,2
5	0,28	+ 0,8	21	0,18	+ 0,3
6	0,20	+ 0,2	22	0,18	- 0,6
7	0,20	- 1,7	23	0,14	+ 0,7
8	0,34	- 1,2	24	0,16	+ 0,3
9	0,30	- 2,0	25	0,24	+ 0,5
10	0,17	+ 0,2	26	0,19	- 1,2
11	0,36	- 4,3	27	0,23	+ 1,0
12	0,28	- 3,2	28	0,29	+ 1,8
13	0,17	0	29	0,42	- 2,0
14	0,27	- 0,8	30	0,29	+ 1,3
15	0,20	+ 0,4	31	0,47	0
16	0,40	+ 0,8	32	0,24	0
n = 32	7,96	- 6,8			

čnog nivelmana ali ipak vrlo upadljiva. (Instrument bez uređaja za fina očitavanja).
Ako se spoje obe vrijednosti dobija se prosjek

Tabela 4
Pregled srednje pogreške iz dvostrukih mjerenja

Mjerenje	n	s km	$\frac{d^2}{s}$
Friključni nivelman	4	4,90	7,44
Potezi mreže	32	7,96	193,54
Suma	36	12,86	200,98

Srednja pogreška za 1 kilometar nivelmana:

$$m_A = \sqrt{\frac{1}{2n} \left[\frac{d^2}{s} \right]} = \sqrt{\frac{200,98}{72}} = \pm 1,67 \text{ mm}$$

Srednja pogreška za 1 kilometar dvostrukog nivelmana:

$$M_A = m_A : \sqrt{2} = \pm 1,18 \text{ mm}$$

Ova srednja pogreška od 1,2 mm po kilometru dvostrukog nivelmana, koji je bio izračunat prema gornjoj tabeli iz 36 stranica od ukupno 12,86 kilometara dužine može već poslužiti kao upotrebiva vrijednost za ocjenjivanje sposobnosti Ni2. Ta srednja pogreška bila je postignuta a da se kod mjerenja nije upotrebila naročita pažnja.

Nivelman mreže, čiji se oblik vidi u slici 1 daje slijedeće neslaganje (tab. 5). Poligon II sa + 11,7 mm kod 5 km dužine izpada iz dozvoljenih neslaganja i za skoro dvostruko je veće, nego što bi se očekivalo iz rezultata priključnog nivelmana. To naravno dolazi do izražaja kod sveukupnog rezultata.

Kako se iz tabele 1 vidi bio je priključen nivelman mjeren zadnjeg dana, znači u vremenu kada se opservator i nosač letve dobro priučili novom instrumentu i datim uslovima rada. Može se pretpostaviti da ovdje u poligonu II postoji neka gruba pogreška koja se na pr. može svesti na naopake brojke na letvi. Ali ta pogreška može imati i drugog uzroka. Jedna stranica ovog poligona bila je naknadno mjerena ali bez neznatne promjene rezultata. Još jedno mjerenje cijele mreže nije moglo biti provedeno zbog oskudice vremena.

Tabela 5
Neslaganje u mreži

Vlak br.	Dužina km	Neslaganje mm
I	1,84	+ 0,8
II	5,00	+11,7
III	2,11	- 0,5
IV	2,86	- 1,0
V	1,46	- 1,3
VI	3,96	- 2,5
VII	2,01	+ 3,8
VIII	2,72	- 3,0
IX	2,08	+ 0,8
X	3,28	+ 3,2
	7,94	+12,1

Izjednačenje mreže po uslovnim opažanjima (broj poligona $r = 10$) dalo je iz slike 1 vidljivo poboljšanje pojedinih stranica i iz toga izračunate srednje pogreške za 1 km jednostrukog mjerenja.

Srednja pogreška za jedan kilometar jednostrukog nivelmana (iz) izjednačenja

$$m_B = \sqrt{\frac{[p \ v \ v]}{r}} = \sqrt{\frac{46,27}{10}} = \pm 2,15 \text{ mm}$$

Broj uslovnih jednačbi $r = 10$.

Pošto je ta vrijednost nepovoljnija od one koja je izračunata iz dvostrukih mjerenjima ($\pm 2,5$ mm naprama $\pm 1,67$ mm) bila je prema nepovoljnim neslaganjima u poligonu II za očekivati. Za jedan nivelir bez posebne naprave za fino očitovanje (na pr. plan ploča, klin), može se ipak smatrati kao dobar rezultat i potpuno odgovara podacima, koje je dao proizvođač. Jer kod dvostrukog mjerenja cijele mreže očekivala bi se srednja pogreška od $\pm 2,15 : \sqrt{2} = \pm 1,52$ mm.

Usporedba sa Zeiss nivelir B.

Bilo je sad od naročito interesa da se gore opisani rezultati usporede s onima, koji su postignuti u prošlim godinama na istoj mreži, pod istim vanjskim uvjetima i sa istim letvama. Kao instrument stajao je na raspoloženju jedan Zeiss instrument Ni br. 64870 sa plan pločom i klinom.

Za priključni nivelman dobilo se slijedeće vrijednosti: (vidjeti tabelu 6a).

Jedna takva usporedba je naročito vrijedna u pogledu upotrebljenog vremena pošto se tako usporediti mogu samo mjerenja na istom objektu pod istim vanjskim okolnostima, a da bi se izbjeglo pogrešne zaključke. Ove pretpostavke su ovdje ispunjene. Uostalom dva zadnja nivelmana sa Zeiss Ni B izvršena su sa istim opservatorom kao i ovogodišnji nivelman sa Ni 2. Oba instrumenta imaju skoro jednako povećanje dalekozora. (N.B 31 puta Ni2 32 puta).

Za usporedbu uzimalo se opažanja iz zadnjih 5 godina. Pošto ove godine nije bilo registrirano čisto radno vrijeme, moglo se uspoređivati samo broj radnih dana uključivo neproduktivni hod, prosječni dnevni radni učinak u kilometrima i broj dnevnih postavljanja.

Obzirom da su vanjski uvjeti za priključni nivelman i mrežu različiti, obrađuju se oba dijela posebno (tabela 6a, tabela 6b).

Do sad nije uspjelo sa nivelirrom B izmjeriti priključnu prugu dužgu 4,9 km u jednom danu tamo i natrag. U godinama 1947 i 1949 bilo je produženjem radnog vremena moguće da se ovaj nivelman obavi u jedan i pol dana.

S nivelirrom Ni 2 bilo je moguće ovu prugu izmjeriti tamo i natrag unutar osam satnog radnog vremena, i sa čistim mjernim vremenom od 6 sati. Pri tom se mora uzeti u obzir da je iz gore već izloženih razloga dužina vizure iz petogodišnjeg prosjeka od 46 m smanjeno na 31,3 metara, što je izazvalo veći broj stajališta.

Tabela 6a

Uspoređenje mjerenja 1945—1949 (Niv. B) s mjerenjima 1950 (Ni2).

Godina	Mjereno dana	Izmjerena pruga		Stajališta po danu	Prosječna dužina vizure	Instrument
		ukupno km	po danu km			
1945	2,	9,80	4,9	46	52,7	Zeiss nivelir B s plan pločom
1946	2,	9,80	4,9	45	54,4	
1947	1,5	9,90	6,5	69	47,1	
1948	2,	9,80	4,9	64	38,0	
1949	1,5	9,80	6,5	77	42,2	
Sredina 1945—49	1,8	9,80	5,44	59	46,0	
1950	1,0	9,80	9,80	158	31,3	Zeiss Ni 2 bez plan ploče
	Ušteda vremena 0,8 dana = 44,5 ₀ ⁰		Povećanje radnog učinka			
			4,36 km = 80 ₀ ⁰	99 staj. = 168 ₀ ⁰		

Dobilo se uštede vremena od 44,5⁰/₀ i veći učinak rada od 4,36 km po danu što je jednako 80⁰/₀, kao i povećanje broja stajališta po danu od 99, što je jednako 168⁰/₀.

Tabela 6b

Upoređenje mjerenja 1945—1949 (N.v. B) s mjerenjima 1950 (Ni2). Priključni nivelman

Godina	Mjereno dana	Izmjerena pruga		Stajališta po danu	Prosječna dužina vizure	Instrument
		Ukupno km	po danu km			
1945	6	18,62	3,1	61	25,4	Zeiss nivelir B s plan pločom
1946	6	18,62	3,1	59	26,4	
1947	4,5	18,42	4,1	77	26,5	
1948	6	18,42	3,1	61	25,2	
1949	5,5	19,42	3,5	66	25,1	
Sredina 1945—49	5,6	18,70	3,34	64	26,0	
1950	3,5	19,42	5,5	111	25,0	Zeis Ni 2 bez plan ploče
	Ušteda vremena 2,1 dan = 37,5%		Povećanje radnog učinka			
			2,16 km = 64,6%	47 staj. = 73,5%		

Tabela 7

Uporedba mjerenja 1946—49 (Niv. B) s mjerenjima 1950 (Ni 2). Priključni nivelman i mreža.

Godina	Mjereno dana	Izmjerena pruga		Stajališta po danu	Prosječna dužina vizure m	Instrument
		ukupno km	po danu km			
1945	8	28,42	3,6	57	30,9	Zeiss nivelir B s plan pločom
1946	8	28,42	3,6	55	32,1	
1947	6	28,22	4,7	75	31,2	
1948	8	28,22	3,5	62	28,5	
1949	7	29,22	4,2	68	30,5	
Sredina 1945—49	7,4	28,45	3,85	63	30,6	
1950	4,5	29,22	6,5	121	26,8	Zeiss Ni 2 bez plan ploče
	Ušteda vremena 2,9 dana = 39,2%		Povećanje radnog učinka			
			2,65 km = 68,8%	58 staj. = 92,1%		

Kod nivelmana mreže dobilo se slijedeći pregled: (vidjeti tabelu 6b).

Ušteda vremena i povećanje učinka su manji nego kod priključnog nivelmana ali ipak znatni.

Kao sporedni zaključak zadnjih dviju tabela može se podvući koliko je veliki utjecaj mjestnih okolnosti na učinak nivelmana.

Za potpunije rezultate neka bude naveden još prosjek iz obih mjerenja

Dobilo se dakle sa Ni2 bez muke jedna prosječna ušteda u vremenu u usporedbi sa nivelirom B više od 1/3.

Usporedba točnosti mora isto, kao i kod usporedbe vremena, za priključni dio i za mrežu biti odvojeno prikazan, jer su uslovi mjerenja bili različiti. Priključak je bio izveden kao linijski nivelman tamo i natrag, mreža kao nivelacioni vlak mjerena je jedan puta. Račun srednje pogreške izvodi se na isti način kako je navedeno za mjerenja 1950 sa Ni 2.

Rezultate pokazuje tabela 8.

Ovim se izvodi da je sa Ni 2 u priključnom nivelmanu postignuta veća točnost, a u mreži ista točnost kao sa nivelirom B.

Prema tome može se reći da je s Zeiss Opton Ni2 kod uštede vremena od 39% postignuta ista točnost kao sa Zeiss Ni B sa plan pločom.

Veća točnost u godinama 1948/49 naprama 1945—1947 bila je prema izjavi firme Zeiss Opton postignuta ugrađivanjem jedne nove nivelacione libele.

Pokusni nivelman u jednom površinskom ugljenokopu.

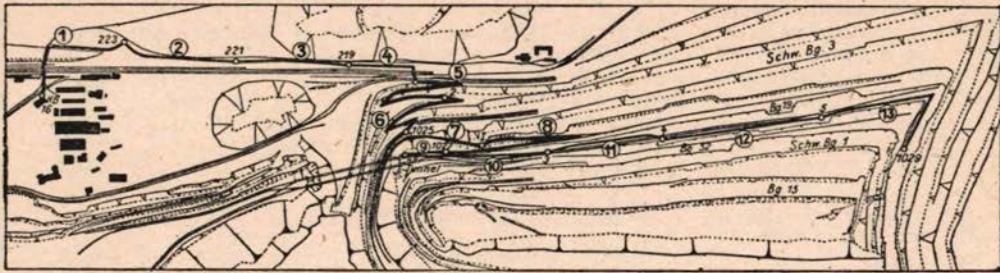
Bilo je provedeno još jedno pokusno mjerenje kod kojeg su mjesni odnosi i okolnosti kod mjerenja bili mnogo nepovoljniji nego kod gore izloženih mjerenja.

Tabela 8

Usporedba srednje pogreške po kilometru za mjerenja 1945—49 (Niv. B) s mjerenjima 1950 (Ni 2).

	Srednja pogreška po km		Instrument	Vrijeme			
	Priključni dvostruko mjereno mm	Mreža jednostruko mjerena mm		Sunce %	vjetar	kiša	
1945	± 1,0	± 2,6	Zeiss Niv. B Br. 64870 s plan pločom Pomoćni zaslon	20	lagan ponekad jak	pojedinačni pljusak	
1946	± 1,8	± 2,8		40	malo	—	
1947	± 2,5	± 2,0		10	lagan	—	
1948	± 1,7	± 1,9	Nakon ugradnje jedne druge libele	Pomoćni zaslon	5	umjeren pretežno jak	pojedinačni pljusak
1949	± 1,1	± 1,4		Veliki kišobran	50	na mahove lagan	ponekad sitna kiša
Sredina 1945—49	± 1,8	± 2,2	Zeiss-nivelir B s plan pločom		—	—	=
1950	± 0,7	± 2,1	Zeiss Ni 2 bez plan ploče		50	umjeren ponekad jak	ponekad lagana kiša

Nivelaciona pruga dužine cca 4,6 km vodila je od jednog priključnog repera preko nekoliko jakih nagiba i jednu otkopnu jamu (vidi sl. 2).



Slika 2.

Nivelman u otkopnoj jami Treue s Ni 2 br. 141, 133. Rezultati mjerenja i srednja pogreška.

Dio pruge br.	Dužina km	d = I—II mm
1	0,30	+ 0,5
2	0,33	+ 3,7
3	0,30	0
4	0,21	- 4,5
5	0,52	+ 1,5
6	0,40	0
7	0,38	+ 1,0

Dio pruge br.	Dužina km	d = I—II mm
8	0,56	+ 0,5
9	0,11	- 1,0
10	0,37	+ 1,5
11	0,30	- 1,0
12	0,42	+ 2,0
13	0,42	+ 6,0 *)
n = 13	4,62	+ 10,2

* Raskvašeno vlažno tlo

Trebalo je utvrditi dali trpi točnost mjerenja pod trešnjom koju stalno izaziva bager, vozila u pokretu.

Mjerenje je izvršeno tamo i natrag sa Ni2 i jedne centimetarske 3 metra dugačke drvene reveziona letve sa papučom.

Od personala stajalo je na raspoloženju za stranice 1—9 jedan opservator, jedan pisar, i jedan nosač letve, a za stranice 10—13 jedan opservator i jedan nosač letve.

Usporedba potroška vremena sa jednim drugim instrumentom nije izvršena. Može se pretpostaviti da je moguća ušteda u vremenu, ali ako se više ili manje

Tabela 9

Nivelman u otkopnoj jami Treue s Ni 2 br. 141, 133. Utrošak vremena. Vrijeme: Oblačno, hladno tlo malo smrznuto.

Datum	Dio pruge br.	Dužina km	Broj stajališta	Čisto radno vrijeme minuta	Vrijeme po stajalištu minuta	Prosječna dužina vizure	Izmjerenje pruge po satu km
5. 12. 50	1—9 dvostruko	6,22	95	360	3,8	32,7	1,04
6. 12. 50	10—13 dvostruko	3,02	41	260	6,3	36,8	0,70

uklone radne poteškoće. Ipak je bilo registrirano čisto radno vrijeme. (Vidi tabelu 9).
 Kod mjerenja samo sa jednom letvom i pod teškim uvjetima u otkopu, povećalo se potrebno vrijeme za jedno stajalište na 3,8 minuta naprama 2,6 minuta kod napred opisanih mjerenja.

Mjerenje bez pisara dalo je 1,6 puta veće vrijeme po jednom stajalištu (6,3 minute) naprama mjerenju sa pisarom.

Točnost mjerenja izračunata je iz opaženih razlika na trinaest stranica, koji pokazuju visinsku razliku do 16 na 400 metara.

Srednja pogreška za jedan kilometar jednostrukog mjerenja

$$m = \sqrt{\frac{1}{2n} \left[\frac{dd}{s} \right]} = \sqrt{\frac{259,37}{26}} = \pm 3,2 \text{ mm.}$$

Srednja pogreška za jedan kilometar dvostrukog mjerenja

$$M = m : \sqrt{2} = \pm 2,2 \text{ mm.}$$

Postignuta je dakle i u otkopu pod vrlo nepovoljnim uslovima točnost koja leži u granicama datih podataka firme Zeiss Opton. Utjecaj trešnje na postupak mjerenja nije mogao biti utvrđen.

Zaključak

U jednom području opažanja u kome se vrši svake godine jedan nivelman bilo je ovogodišnje mjerenje izvršeno s jednim nivelnirom Ni2 firme Zeiss Opton te uspoređeno sa prethodnim niveliranjem koji su bili izvršeni sa Zeiss Ni B sa plan pločom. Zeiss Opton Ni2 pokazao je uštedu vremena od 39% kod iste točnosti pri usporedbi sa Ni B. U oba slučaja bile su upotrebljene iste invarske letve od tri metra dužine sa polucentimetarskom podjelom.

Srednja pogreška na 1 km dvostrukog nivelmana iznosila je $\pm 1,2$ mm, izvedena iz jednog područja opažanja od 12,9 km.

Srednja pogreška za 1 km jednostrukog nivelmana iz izjednačenja mreže iznosila je $\pm 2,15$ mm kod duljine od 19 km. Kod dvostrukog mjerenja može se dakle očekivati srednja pogreška od $\pm 1,5$ mm.

Nivelman jedne pokusne pruge od 4,6 km duljine u jednom otkopnom rudniku dao je srednju pogrešku za jedan kilometar dvostrukog nivelmana od $\pm 2,2$ mm kod upotrebe samo jedne letve sa centimetarskom podjelom.

Ni 2 je u tom cijelom vremenskom razdoblju gore opisanih mjerenja od 29.9 1950. do 5. 12 1950 dakle dobrih devet nedelja ležao u prtljažnom dijelu mojeg automobila i na sve vožnje sam ga uzimao sobom. Neka promjena u justiranje ili točnost nije se mogla primjetiti.