

## NOVA GENERACIJA NIVELIRA S AUTOMATSKIM OČITAVANJEM I REGISTRACIJOM LETVE I DULJINA — WILD NA 2000

Nikola SOLARIĆ, Dušan BENČIĆ, Čedomir NOGIĆ — Zagreb\*

*SAŽETAK: U radu se opisuje konstrukcija i princip rada digitalnog nivelira Wild NA 2000. Osim toga objašnjava se kroskorelacijska funkcija i primjena te funkcije pri automatskom očitavanju letve i duljine do letve.*

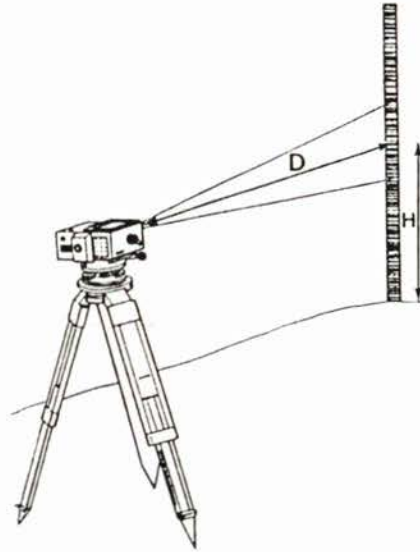
### 1. UVOD

Već su dulje vrijeme u cijelom svijetu usmjerena nastojanja da se u geometrijskom nivelmanu automatski očitavaju letve i registriju ta očitavanja. To je velik problem, naročito zato što su letve udaljene od nivelira, te su razni istraživači pokušali to riješiti na različite načine. U Geodetskom listu o tome je problemu objavljen članak (Benčić, Lasić, 1990).

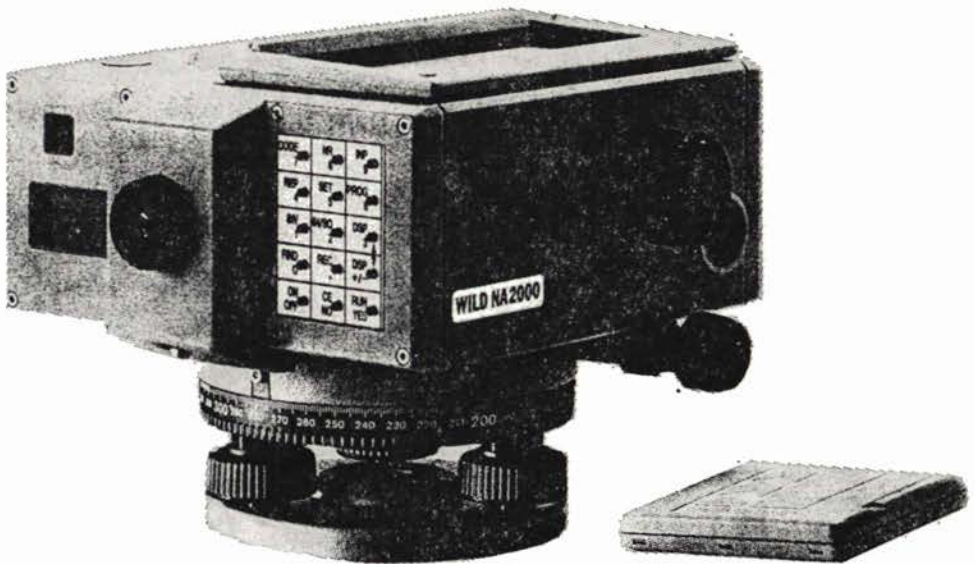
Jedan od prvih mjernih načina bez lasera i »elektroničkih« nivelmanskih letava razvio je prof. dr. H. Zetche sa Sveučilišta u Bonnu (Zetsche, 1966). Interesantno je na ovome mjestu napomenuti da je on prvi primijenio i inkrementalnu tehniku kod elektroničkih teodolita pri automatskoj registraciji očitavanja horizontalnih i vertikalnih kutova. U načinu koji je predložio H. Zetche položaj slike letve u slikovnoj ravnini nivelira određuje se elektronički. Instrument je u ono vrijeme imao skupu »zoom« optiku, a i digitalna je elektronika 1972. godine bila na početku razvoja.

U razvojnom dijelu firme Wild uspelo je B. Gächteru, B. Brauneckeru, i F. Mülleru pomoću digitalne obrade slike očitati letvu, s time što je oko opažanja zamijeneno fotodiodama poredanim u red. Fotodiode u niveliru pretvaraju sliku kodirane podjele letve u električni signal, koji se dalje obrađuje u mikroprocesoru pomoću kroskorelacije. U procesu obrade signala dobiva se očitavanje letve (gdje horizontalna vizurna linija nivelira presijeca letvu) i duljina između nivelira i letve (slika 1). Nivelir je snabdjeven i nizom programa, tako da je podatke niveliranja moguće odmah obraditi i kontrolirati. Osim toga, svi mjerni podaci, kao očitavanje letve i duljina, mogu se pohraniti u modul Wild REC (slika 2).

\* Prof. dr. Nikola Solarić, prof. dr. Dušan Bečić, Čedomir Nogić, dipl. inž., Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 41000 Zagreb, Kačićeva 26.



Sl. 1. Nivelir NA 2000 s kodiranom letvom za automatsko mjerenje (sa stražnje strane letve je normalna podjela za vizualna mjerenja)



Sl. 2. Pogled na nivelir NA 2000 od strane okulara, s tastaturom, displayem i modulom REC (pokraj nivelira)



Sl. 3. Pogled na nivelir NA 2000 od strane objektiva

## 2. GRAĐA DIGITALNOG NIVELIRA

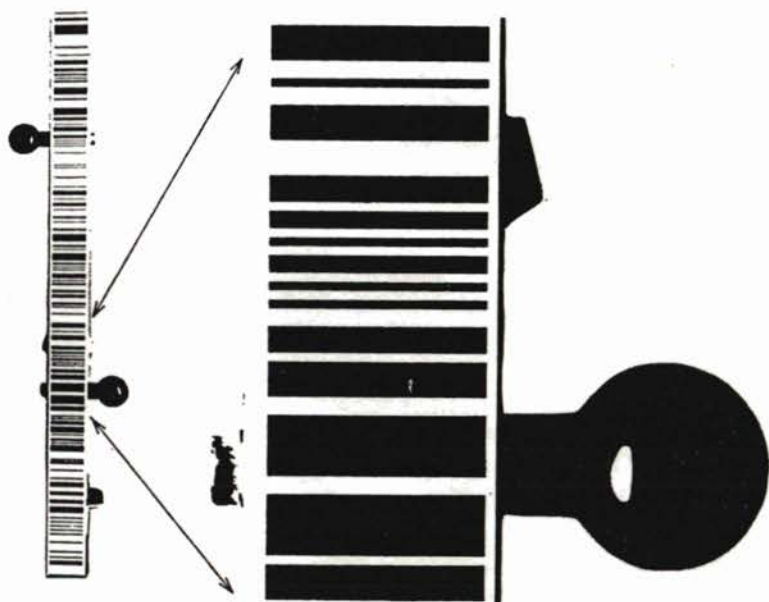
### 2.1. Optika i mehanika

Digitalni nivelir NA 2000 građen je od jednakih optičkih i mehaničkih dijelova kao i optički niveliri s kompenzatorima pomoću kojih se dobiva horizontalna vizurna linija. Zato se njime mogu izvoditi i vizualna opažanja.

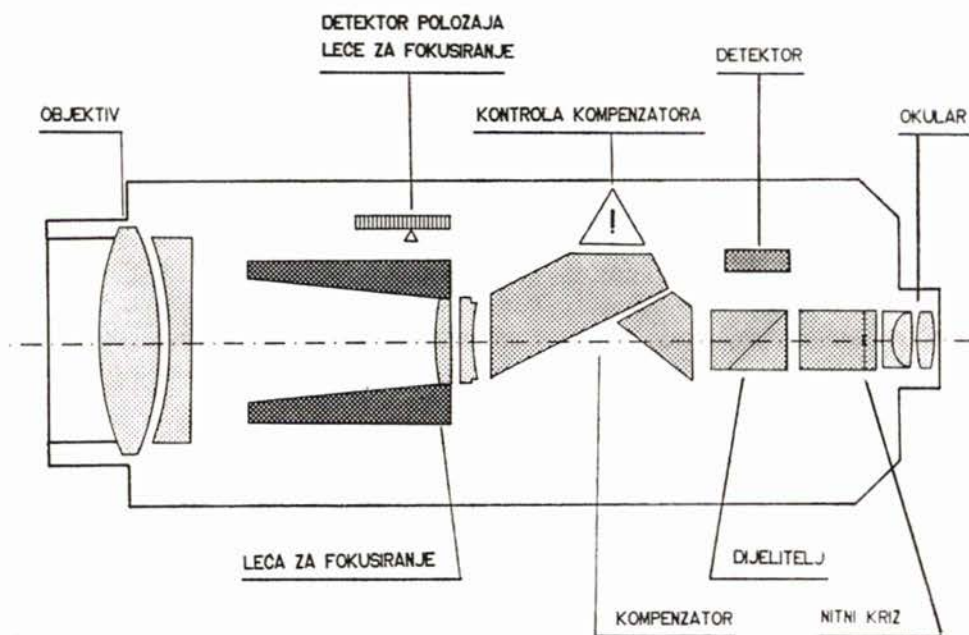
U digitalnom niveliru (slika 5) preko djelitelja zračenja (diobena kocka) pada slika kodirane letve (slika 1 i 4) na fotodiode poredane u jednom redu (slika 6).

Ovaj djelitelj zračenja (diobena kocka) dijeli infracrvenu svjetlost od vidljive svjetlosti. Infracrvenu sliku baca na fotodiode, a vidljivu sliku na nitni križ. Pritom vidljiva slika nije znatnije oslabljena, a ipak dovoljno infracrvenog zračenja pada na fotodiode, koje imaju najveću osjetljivost u infracrvenom području. U redu dugom približno 6,5 mm poredano je 256 fotodioda, a otvor diode je 25  $\mu\text{m}$  (slika 6).

Širina vidnog polja durbina je 2°, tako da se na najkraćoj udaljenosti letve od instrumenta od 1,5 m na kojoj se može automatski mjeriti na foto-



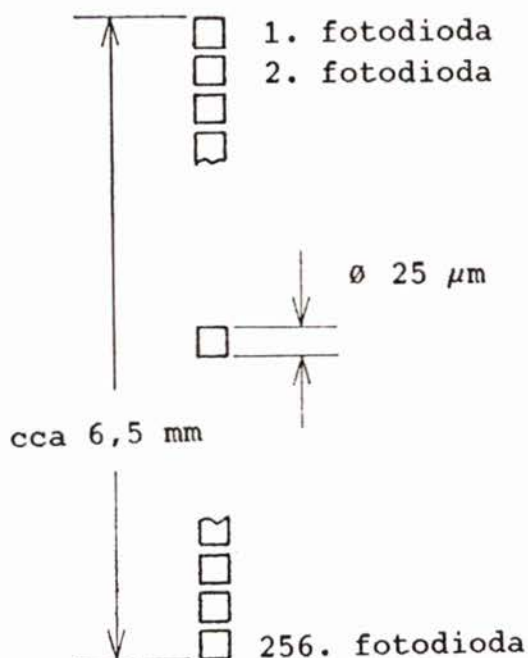
Sl. 4. Nivelmanska letva s kodiranom podjelom (s prednje strane) i normalnom podjelom za vizualno opažanje (sa stražnje strane)



Sl. 5. Shematski presjek nivelira (glavni dijelovi)



diode preslikava odsječak letve po visini od 70 mm, a kod udaljenosti letve od 100 m odsječak 3,5 m.



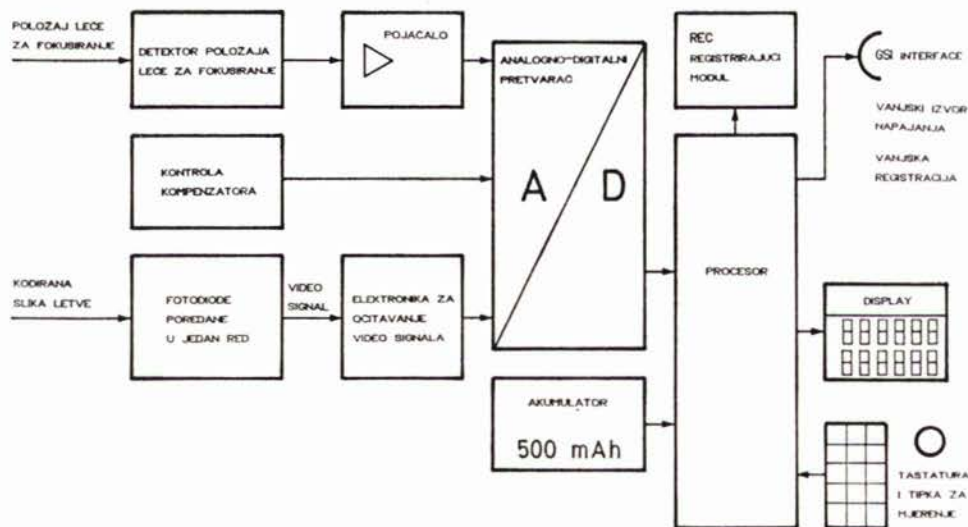
Sl. 6. Fotodiode poredane u red, koje detektiraju sliku kodirane letve u niveliru

Pomoću detektora položaja leće za fokusiranje određuje se grubo duljina do letve. Osim toga, kontrolira se rad kompenzatora pomoću elektroničke kontrole kompenzatora.

## 2.2. Elektronika

Fotodiode poredane u red pretvaraju sliku digitalne podjele letve u analogni video signal (sl. 6 i 7). Preko elektronike za očitavanje signal odlazi na analogno-digitalni pretvarač, koji signal pretvara u digitalni oblik, a zatim ti mjerni podaci odlaze u procesor na daljnju obradu. Grubu vrijednost duljine do letve može se dobiti iz veličine pomaka leće od položaja u kojem se nalazila kada je fokusiranje podešeno na beskonačno udaljen predmet. Pri promjeni udaljenosti letve od 1.8 do 100 m leću za fokusiranje treba pomaknuti za 14 mm. Na temelju tog pomaka može se izračunati duljina prema jednadžbi:

$$d_r = \frac{k}{s}, \quad (1)$$



Sl. 7. Blokdiagram elektroničke sheme

gdje je

- $d_f$  — gruba veličina duljine do letve,
- $k$  — optička konstanta karakteristična za durbin,
- $s$  — pomak leće za fokusiranje od položaja kad je fokusiranje podešeno na beskonačno udaljen predmet.

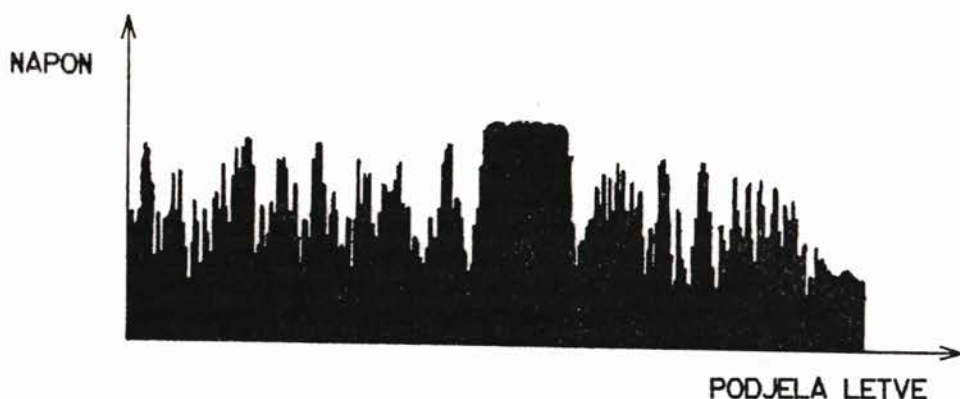
Detektor položaja leće za fokusiranje detektira položaj leće i analogni signal šalje preko pojačala na analogno-digitalni pretvarač, koji zatim ovaj mjerni podatak prenosi u procesor na daljnju obradu.

Elektronički detektor kontrolira rad kompenzatora te šalje analogni signal na analogno-digitalni pretvarač i zatim digitalni podatak u procesor. Poslije obrade mjernih signala u procesoru, na displayu se dobiva duljina do letve i očitavanje letve.

Preko tastature (sl. 2 i 6) unose se numerički podaci i upravlja radom. Pokraj vijka za fokusiranje nalazi se taster za startanje mjerenja, a svi mjerni podaci mogu se registrirati u modulu Wild REC (vidi sl. 2).

### 2.3. Nivelmanska letva

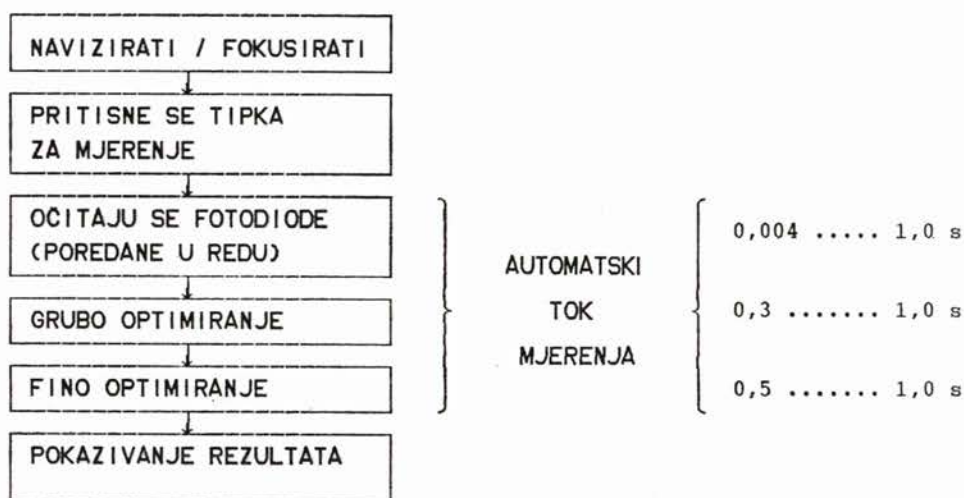
Uz digitalni nivelir razvijena je specijalna letva, koja je sastavljena od tri dijela duga po 1,35 m, tako da se prema potrebi može izabrati letva od 1,35 m, 2,70 m ili 4,05 m. Na jednoj strani letve je binarni kôd za automatsko očitavanje (sl. 4), a na drugoj strani normalna podjela letve za vizuelno opažanje u jedinici za duljinu m ili feet (po izboru). Letva je napravljena od staklenih vlakana (GFK) s koeficijentom rastezanja manjim od 10 ppm, tako da odgovara zahtjevima točnosti prema normama DIN 18703.



Sl. 8. Mjerni signal

### 3. TOK DIGITALNOG MJERENJA

Mjerni tok izvodi se u slijedećim koracima (sl. 9):



Sl. 9. Mjerni tok

Najprije se uvizira nivelmanska letva i izvrši fokusiranje, a zatim pritisne tipka za startanje mjerenja. Poslije starta mjerenje se odvija automatski, tako da se najprije izvodi mjerenje položaja leće za fokusiranje (na temelju toga određuje se grubo duljina) i kontrolira rad kompenzatora. Prema veličini signala na fotodiodama određuje se vrijeme integracije i kodirana slika mjeri i pohranjuje.

Za grubog optimiranja (detaljnije vidi poglavlje 4.3.1.) određuje se računanjem pomoću jednog bita približna duljina (koja je točnija nego gruba

duljina dobivena iz pomaka leće za fokusiranje), odnosno mjerilo slike letve u vidnom polju durbina. Osim približne duljine određuje se i približno očitavanje letve, gdje horizontalna vizurna linija nivelira pogađa letvu. Ovaj dio operacije traje približno jednu sekundu.

Poslije toga slijedi fino optimiranje (vidi detaljnije poglavlje 4.3.2.), za kojeg se određuje isto što i za grubog optimiranja, ali se računa precizno s 8 bitova u užem području oko rezultata dobivenog grubim optimiranjem. Zatim se analizira intenzitet svjetlosti slike letve, a dijelovi letve koji se ne vide (jer su prekriti na primjer lišćem) u slijedećoj se kroskorelaciji ne uzimaju u obzir. Konačan se rezultat potom dobiva tako da procesor uzme u obzir i konstante za justiranje. Fino optimiranje zajedno s analizom intenziteta slike i ponovnim optimiranjem traje u zavisnosti o duljini i kvaliteti mjernog signala maksimalno jednu sekundu.

Svi mjerni signali dalje se obrađuju prema programu i vrsti mjerenja (postupku) i pokazuju na displayu i registriraju.

#### 4. OBRADA SIGNALA KOD DIGITALNOG NIVELIRA

##### 4.1. Kroskorelacija

Obrada signala u digitalnom niveliru zasniva se na principu kroskorelacije. Budući da većina naših geodeta nije upoznata s kroskorelacijskom funkcijom, ovdje će ona biti kratko izložena (koliko je to najnužnije za daljnje razumijevanje).

Kroskorelacija prevodi se kao »uzajamna povezanost«, na primjer dvaju signala. Dva signala, na primjer »mjerni« signal (koji se dobiva za mjerenja) i »teoretski« signal (koji bi se teoretski trebao dobiti u toku mjerenja), međusobno se najbolje podudaraju kad je kroskorelacijska funkcija  $g(h)$  najveća, a računa se po slijedećoj formuli (vidi npr. H. Schrittt, F. Dittrich, 1972.):

$$g(h) = \lim_{y \rightarrow \infty} \frac{1}{2Y} \int_{-Y}^Y Q(y) \cdot P(y-h) \cdot dy,$$

gdje je:

$Q(y)$  — »mjerni« signal,  
 $P(y-h)$  — »teoretski« (referentni) signal pomaknut za veličinu  $h$  po osi  $y$ ,

ili približna formula za računanje kroskorelacijske funkcije:

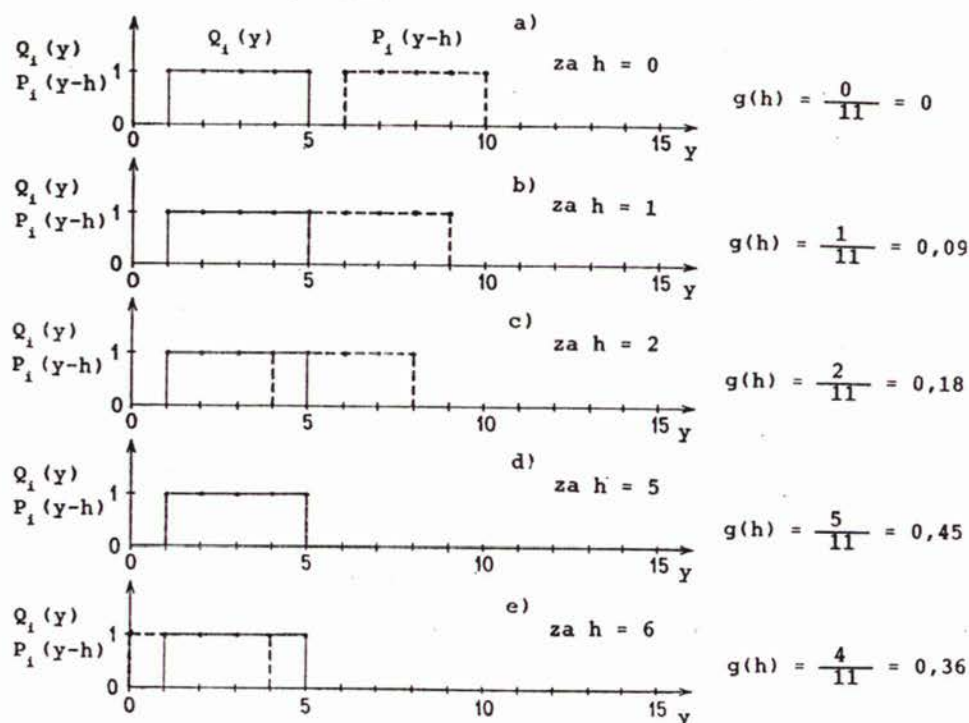
$$g(h) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} Q_i(y) \cdot P_i(y-h). \quad (2)$$

Prema formula (2) izračunana je kroskorelacijska funkcija  $g(h)$  za različite veličine pomaka  $h$  »teoretskog« signala i to je prikazano na sl. 10 a, b, c, d, e. Iz slike se vidi da je kroskorelacijska funkcija  $g(h)$  maksimalna kad se



»mjerni« i »teoretski« pomaknuti signal najbolje poklapaju, tj. u ovom slučaju na slici 10 d) to je za  $h = 5$ . To isto vrijedi ako  $Q(y)$  i  $P(y-h)$  nisu identični, nego se malo razlikuju, kao na primjer na sl. 11, gdje je »mjerni« signal  $Q(y)$  opterećen smetnjama.

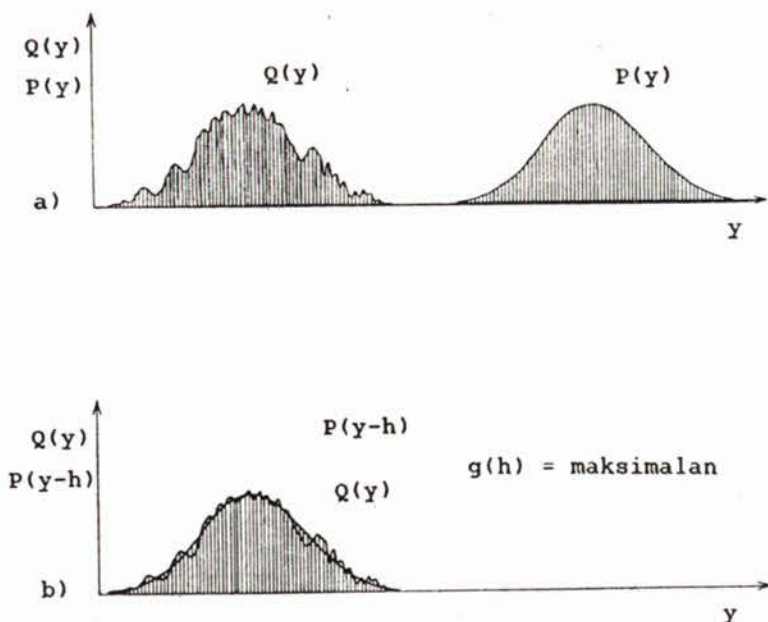
Prema jednadžbi (2)



Sl. 10. Maksimalna je vrijednost kroskorelacijske funkcije  $g(h)$  kad je »teoretski« signal  $P(y-h)$  pomaknut za veličinu  $h$  toliko da se »teoretski« i »mjerni« signal najbolje poklapaju

#### 4.2. Način obrade signala

Način obrade signala u digitalnom niveliru zasniva se na principu kroskorelacije. Pritom se određuje uzajamna funkcionalna povezanost između »mjernog« signala dobivenog na fotodiodama i »teoretskog« signala koji je »poznat« instrumentu. U memoriju uz procesor pohranjen je kôd letve, te procesor izračuna za razne duljine do letve mjerilo slike letve i »teoretski« signal kakav bi se trebao dobiti bez smetnji na fotodiodama. Pri primjeni kroskorelacijske funkcije u digitalnom niveliru optimiraju se dva parametra. S jedne strane razlika visina (»nivelir — letva«), tj. očitavanje letve  $h$  (kao pomak slike kodirane letve), a s druge strane mjerilo slike kodirane letve kao funkciju duljine  $d$  (»instrument — letva«). Dvodimenzionalna diskretna kroskorela-



Sl. 11. Kroskorelacijska funkcija  $g(h)$  je maksimalna kad »teoretski« signal  $P(y-h)$  pomaknemo toliko da se »mjerni« signal  $Q(y)$  opterećen smetnjama najbolje poklapa s  $P(y-h)$  (sl. 11b)

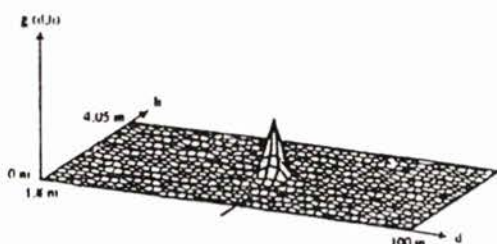
cijska funkcija u NA 2000 pomoću koje se optimira mjerni signal s fotodiode da bi se dobilo očitavanje letve  $h$  i duljina  $d$  glasi:

$$g(d, h) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} Q_i(y) \cdot P_i(d, y - h), \quad (3)$$

gdje je:

- $g(d, h)$  — kroskorelacijska funkcija između »mjernog« signala i »teoretskog« signala,
- $Q(y)$  — »mjerni« signal,
- $P(d, y-h)$  — »teoretski« signal (izračunan) za odgovarajuću duljinu do letve  $d$  i pomaknut za razliku visina (očitanje letve)  $h$ .

Tipičan tok vrijednosti kroskorelacijske funkcije unutar mjernog područja prikazan je na sl. 12. Mjesto na kojem »mjerni« signal optimalno korelira s »teoretskim« signalom vidi se kao izražen vrh. Iz koordinata maksimuma  $g(d, h)$  određuje se udaljenost do letve  $d$  i očitavanje letve  $h$ .

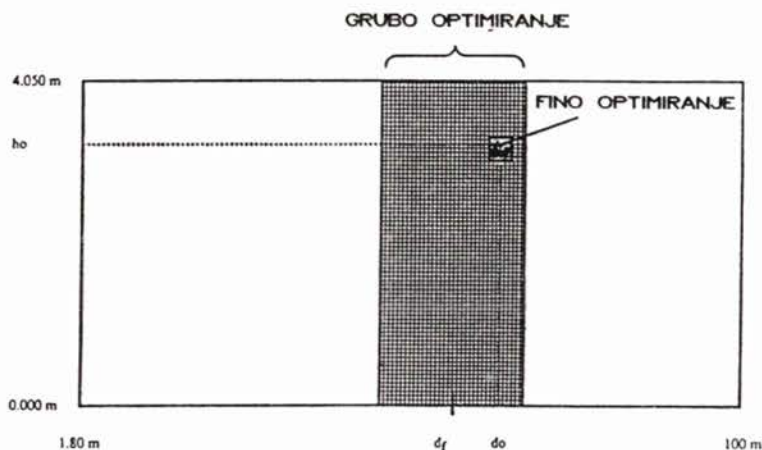
Sl. 12. Tipični tok vrijednosti kroskorelacijske funkcije  $g(d,h)$ 

#### 4.3. Određivanje maksimalne kroskorelacije

Da bi se našla maksimalna vrijednost kroskorelacijske funkcije, treba naći vrijednost kroskorelacijske funkcije u cijelom mjernom području (od  $d = 1,8$  do  $100$  m i od  $h = 0$  do  $4,05$  m). Pritom bi trebalo računati po formuli (3) 50 000 puta. U niveliru Na 2000 računske operacije reducirane su na taj način da se najprije vrši grubo optimiranje i zatim fino optimiranje.

##### 4.3.1. Grubo optimiranje

Grubim optimiranjem traže se u rasteru duljine  $d$  i očitavanje letve  $h$  približne koordinate maksimuma kroskorelacijskog vrha. Iz položaja letce za fokusiranje odredi se po formuli (1) prvi put gruba duljina  $d_f$ , te se područje za grubog optimiranja kroskorelacijske funkcije može smanjiti 80% (vidi sl. 13).



Sl. 13. Područje optimiranja za grubog i finog optimiranja

Da bi se još smanjilo vrijeme računanja, za grubog optimiranja računa se samo s jednim bitom (bit je jedna znamenka u binarnom sustavu, npr. 0 ili 1).

Pritom se signal s fotodioda reducira na 0 ili 1, tako da se množenje može zamijeniti s ekvivalentnom funkcijom EXNOR (EXclusive No OR, »isključivo ne ili«), koje se može izvesti pomoću jednostavnog logičkog sklopa.

Matematski je ova jednobitna korelacija u NA 2000 definirana pomoću slijedeće formule:

$$g(d, h) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \overline{Q_i(y) \otimes P_i(d, y-h)}, \quad (4)$$

gdje je:

- $g(d, h)$  — kroskorelacijska funkcija određena pomoću jednog bita,
- $Q$  — »mjerni« signal s fotodioda,
- $P$  — »teoretski« signal,
- $\otimes$  — simbol za vezu EXNOR.

U svakom presjeku rastera (duljina  $d$ , očitavanje letve  $h$ ) računa se vrijednost kroskorelacijske funkcije. Na mjestu gdje se »mjerni« i »teoretski« signal najbolje podudaraju pojavljuje se vrh (maksimum) vrijednosti kroskorelacijske funkcije, koji se znatno uzdiže iznad šuma (smetnji) drugih vrijednosti kroskorelacijske funkcije. Na temelju toga grubo se određuje razlika visina (očitanje letve)  $h_g$  i drugi put gruba duljina  $d_g$ .

#### 4.3.2. Fino optimiranje

Za finog optimiranja u užem području oko grubo određene razlike visina  $h_g$  i duljine  $d_g$  izvodi se računanje vrijednosti kroskorelacijske funkcije između »mjernog« signala i »teoretskog« signala s 8 bitova (sl. 14). Budući da je »mjerni« signal različite amplitude, pokazuje se da kroskorelacijsku funkciju (3) treba normirati.

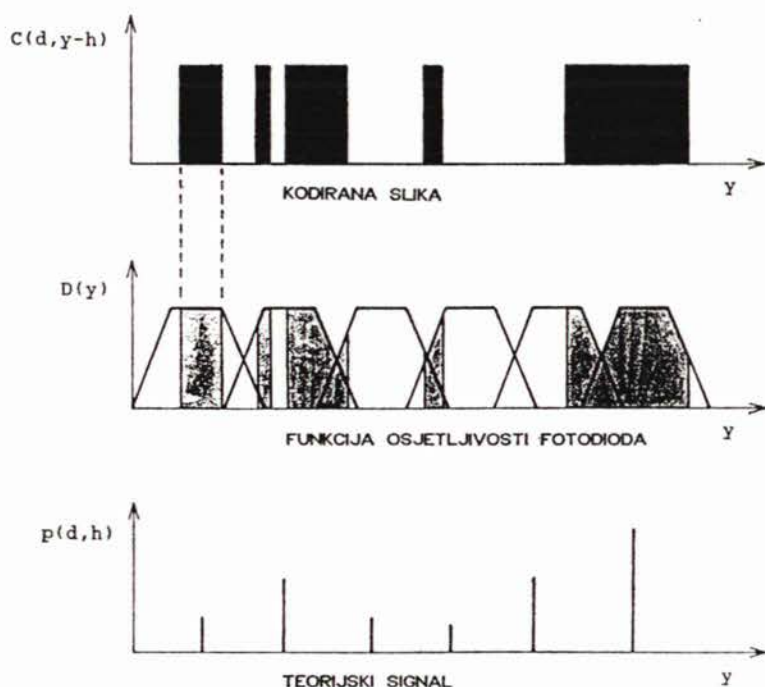
$$g(d, h) = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} Q_i \cdot P_i - \bar{Q} \cdot \bar{P}}{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (Q_i^2 - \bar{Q}^2) \cdot \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} P_i^2 - \bar{P}^2}, \quad (5)$$

gdje je:

- $\bar{Q}$  — srednja vrijednost »mjernog« signala,
- $\bar{P}$  — srednja vrijednost »teoretskog« signala.

Pomoću normiranja postiže se da je vrijednost kroskorelacijske funkcije uvijek unutar  $\pm 1,0$ . To omogućava ocjenu točnosti »mjernog« signala na kraju optimiranja.





Sl. 14. »Teoretski« signal

#### 4.4. Pripravljajanje »mjernog« signala

##### 4.4.1. Korekcija »mjernog« signala

Poslije optimiranja izvodi se analiza intenziteta svjetlosti slike letve (»mjernog« signala). Nadalje kodirani elementi koji se ne vide, jer je dio letve prekrit na primjer liščem, ne uzimaju se u obzir pri daljnjoj kroskorelaciji. Poslije opširnih ispitivanja utvrđeno je da prekrivanje slike letve do 30% (vidi sl. 15) nema utjecaja na točnost i sigurnost rezultata mjerenja. Nema utjecaja ni to na kojem dijelu je letva prekrivena.

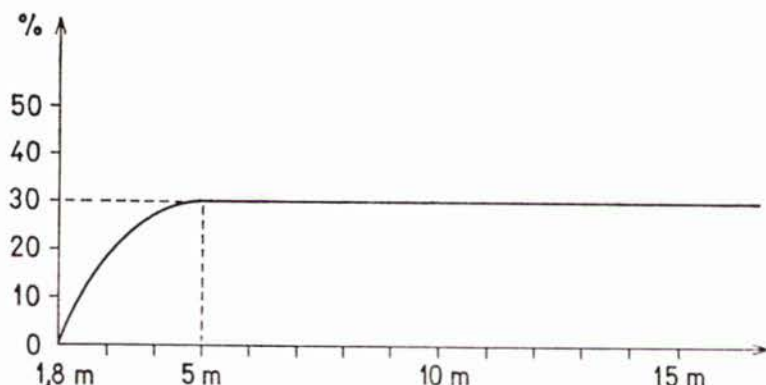
##### 4.4.2. Uzimanje u obzir osjetljivost fotodiode

Pri procesu obrade slike mora se uzeti u obzir da pojedine fotodiode pokazuju osjetljivost na intenzitet svjetlosti u obliku trapeza (sl. 14). »Teoretski« signal nastaje pod djelovanjem funkcije koda  $c(d, y-h)$  i funkcije osjetljivosti fotodiode  $D(y)$ . »Teoretski« (referentni) signal može se izračunati pomoću slijedeće jednadžbe:

$$p_i(d, h) = \int_{-\infty}^{\infty} c(d, y-h) \cdot D_i(y) \cdot dy,$$

gdje je:

- $p_i(d, h)$  — veličina »teoretskog« signala za fotodiodu »i«,
- $D_i(y)$  — funkcija osjetljivosti fotodiode »i«.



Sl. 15. Granice tolerancije prekrivanja letve u postocima

## 5. KODIRANA LETVA

Podjela letve sastoji se od crno-bijelih elemenata. Jedan element je dug približno 2 mm. Cijeli kôd sastoji se od 2000 elemenata na razlici visina od 4050 mm. Budući da se obrada kôda letve vrši kroskorelacijskom metodom, izabran je za kôd pseudostohastički kôd. Taj kôd ima svojstvo da omogućava primjenu kroskorelacijske metode u području duljine od 1,8 do 100 m.

## 6. MJERNE MOGUĆNOSTI DIGITALNOG NIVELIRA

### 6.1. Viziranje i točnost fokusiranja

Utjecaj točnosti usmjeravanja instrumenta prema letvi i fokusiranju na točnost rezultata je malen. Iz podataka o durbinu nivelira može se izračunati da se na fotodiode preslikava samo dio letve širine 0,3 mm na 2 m udaljenosti letve od nivelira i 14 mm na 100 m. Budući da je letva široka 50 mm, točnost viziranja na letvu nije kritična. Iz istog razloga letva može biti i zakrenuta za  $45^\circ$ , a da se automatsko mjerenje može obaviti.

Ispitivanja su pokazala da točnost mjerenja gotovo ne ovisi o oštini slike, tj. fokusiranju. Dobrim fokusiranjem skraćuje se vrijeme mjerenja jer se prema položaju leće za fokusiranje određuje  $d_f$  i definira područje ispitivanja vrijednosti kroskorelacijske funkcije.

### 6.2. Utjecaj atmosferske turbulencije, vibracije kompenzatora i točnosti podjele letve

I kod digitalnog nivelira zbog atmosferskih turbulencija smanjuje se kontrast slike letve, zbog titranja slike, a isto tako će i njen položaj biti mjestimično poremećen. Vibracije kompenzatora, na primjer u blizini vrlo prometnih ulica, imaju sličan utjecaj kao i titranje zraka. Ti utjecaji izazvani titranjem slike letve zbog atmosferske turbulencije i vibracije kompenzatora kod

NA 2000 u odnosu na klasičan vizualni način znatno su smanjeni jer se pri mjerenju ne uzima samo jedno očitavanje letve, nego se praktično uzima u obzir cijeli odsječak letve (na 256 fotodioda — 256 mjerenja). Iz istog se razloga i utjecaj pogreške podjele letve smanjuje.

### 6.3. Rasvjeta

Kao kod svih optičkih mjernih metoda, osvjetljenje letve je vrlo važno. Pri različitim uvjetima rasvjete (sunčano, oblačno, magla), da bi se dobio približno, jednako jak »mjerni« signal, mijenja se vrijeme integracije. Pri jakoj rasvjeti vrijeme integriranja signala je 4 ms, a pri slaboj rasvjeti 1 s. Nadalje mjerni sistem uzima u obzir nejednoliku rasvjetu kodirane letve (npr. sjene). Pri osvjetljavanju letve umjetnom svjetlošću spektralna raspodjela izvora svjetla mora biti slična dnevnoj svjetlosti.

## 7. PODACI O MOGUĆNOSTIMA NA 2000

Moć razlučivanja mjernog sistema za visine (očitanje letve) iznosi 0,1 mm i duljine 0,01 m, a mjerno područje je od 1,8 m do 100 m. Ovim instrumentom postignute se slijedeće točnosti:

- Točnost izražena standardnom devijacijom mjerenja uključujući i pogrešku podjele letve i mjerila letve za 1 km dvostrukog nivelmana s razmakom između instrumenta i letve do 50 m iznosi pri:
  - vizualnom mjerenju  $\pm 2,0$  mm,
  - automatskom mjerenju  $\pm 1,5$  mm.
- Standardna devijacija automatskog očitavanja letve iznosi pri udaljenosti letve od instrumenta:
  - 50 m  $\pm 0,3$  mm,
  - 100 m  $\pm 0,5$  mm.
- Standardna devijacija mjerenja duljina:
  - za 50 m  $\pm 20$  mm,
  - za 100 m  $\pm 50$  mm.

Pomoću unutarnjeg akumulatora može se raditi 8 sati, a masa instrumenta s akumulatorom iznosi 2,5 kg, te je instrument lagan i vrlo praktičan.

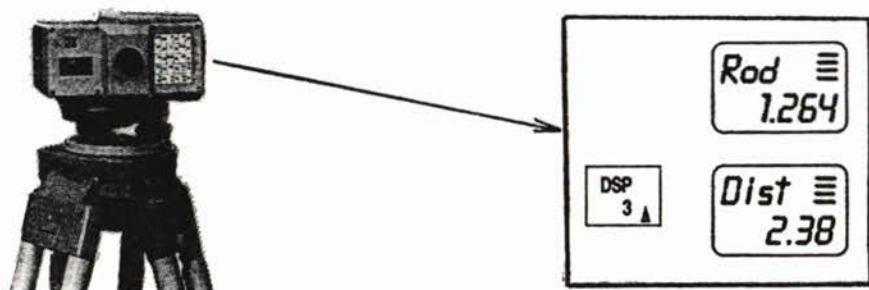
## 8. RUKOVANJE INSTRUMENTOM

Za rukovanje postoji tastatura s 15 tastera (sl. 2) i tipka sa strane koja se upotrebljava za startanje mjerenja.

Na displayu od tekućeg kristala opažać dobiva informacije za tok operacija, rezultate mjerenja (sl. 16) i stanje sistema. Visine, duljine itd. mogu se pohraniti u instrumentu na modulu REC (koji je izmjenljiv) ili na vanjsku memorijsku jedinicu (Wild GRE 4 ili PC). U modulu REC može se pohraniti 285 razlika visina ili 500 očitavanja letve. Pri radu opažać se može koristiti s više programa koji su pohranjeni u instrumentu, i to pri različitim načinima rada. Osim programa MEASURE ONLY (izvodi samo mjerenje), START LEVELING (start



niveliranja), CONTINUE LEVELING (nastavak niveliranja) postoji i program CHECK (ispitivanje — provjera ispravnosti instrumenta) i ADJUST (justriranje instrumenta).



Sl. 16. Display za pokazivanje rezultata mjerenja očitavanja letve i duljine

Pomoću funkcije SET mogu se postaviti odgovarajući parametri instrumenta, analogno elektroničkim teodolitima.

## 9. ZAKLJUČAK

Nivelir Wild NA 2000 uspješna je konstrukcija nivelira s automatskim načinom očitavanja letve pri niveliranju. Opsežna testovna mjerenja pokazala su da je instrument jednakovrijedan optičkim nivelirima. Grube pogreške očitavanja letve su kod ovog instrumenta gotovo nemoguće. Osim toga, vrijeme potrebno za niveliranje je 1,5 puta manje jer se mjerenja izravno pohranjuju i opažać je manje opterećen. Instrumentom se jednostavno izvodi mjerenje nivelmanskih vlakova, uzdužnih i poprečnih profila jer se podaci s modula REC mogu prenositi na osobna računala, a zatim i na ploter.

S ovim novim instrumentom nastaje nova generacija nivelira za automatsko očitavanje letve, koja će u budućnosti znatno olakšati mjerenje visina.

PRIMJEDBA: Rad je napisan uglavnom prema članku od H. Ingensanda, objavljenom u Allgemeine Vermessungs Nachrichten, jer je u tom članku sve vrlo jasno objašnjeno a u njemu je bilo i najviše podataka. Kroskorelacijska funkcija je u našem radu detaljnije obrađena nego u naprijed navedenom kako bi naši stručnjaci mogli bolje razumjeti primjenu te funkcije na instrumentu NA 2000.

## LITERATURA:

- Zetsche, H. (1966): Beiträge zur Konstruktion von geodätischen Feldinstrumenten mit digitaler Datenausgabe, DGK Reihe C Nr. 88, München 1966.  
 Benčić D., Lasić Z. (1990): »Automatizacija mjerenja visinskih razlika i određivanja visina točaka«, Geodetski list, 1990., 7—9, 225—233.



- Gächter, B. (1984): Das Digitale Nivellier, interni izvještaj, Heerbrugg 1984.
- Gächter, B., Braunecker, B., Müller, F.: Messeinrichtung zur Erfassung einer Relationposition zwischen zwei Telen, Patentni spis.
- Ingensand H. (1990): Das Wild NA 2000, Das erste digitale Nivellier des Welt, Allgemeine Vermessungs Nachrichten, 1990., 6, 201—210.
- Schlitt H., Dittrich F. (1972): Statistische Methoden der Regelungstechnik, Bibliographisches Institut AG, Mannheim 1972.

#### NEW GENERATION OF LEVELS WITH AUTOMATIC READING AND REGISTRATION — WILD NA 2000

This article gives description of construction and principles of Wild NA 2000 digital level. Principles of use of crosscorrelation function for automatic level staff reading are explained.

Primljeno: 1990-07-23