

7.3 Meetacties Linders en Basten

Inleiding

Na een oproep op de internetsite *Marktplaats* kwamen 5 aanbiedingen van professionele meters die met laserstraaltechnieken vrijwillig de toren van buiten wilde bemeten.

Met de eerste die zich meldde kwam het tot een zeer plezierige samenwerking. Het is Peter Linders die een bureau heeft *Meten en peilen* in Wanroy. Hij beschikt over meetapparatuur die het best omschreven kan worden als een theodoliet uitgebreid met laserafstandmeting en een computer die de meetgegevens verwerkt en opslaat. In vaktaal: Total Station, fabrikaat Leica, type 1202 TCRT.

In een later stadium van de metingen kwam via Peter nog een tweede meetspecialist een bijdrage leveren, eveneens op vrijwillige basis. Dat is Harry Basten die het bureau Basten Landbouwmeetkunde in Boxmeer leidt. Hij heeft een systeem ontwikkeld waarbij het meetapparaat zichzelf langs het object stuurt en daarbij vele waarnemingen pleegt die later via een computerprogramma tot een doorsnee-profiel omgezet wordt, Tactio is de naam.

Om de metingen te verrichten werd begonnen 4 meetstations rond de toren door middel van koperen pluggen in vaste objecten zoals muren van afscheidingen en huizen aan te brengen. Hierop kunnen reflectoren gezet worden die ingemeten worden waardoor er een referentie ontstaat dat vervolgmetingen mogelijk maakt.

Als basis voor de verticale coördinaten werd NAP gebruikt.

Even ter toelichting: ten behoeve van het geodetisch netwerk in Nederland bevinden zich op prominente gebouwen ingemetselde ijzeren merktekens die de hoogte tov van het NAP vastleggen. Zo ook in Leende op de voorgevel van de pastorie nabij de rechtse hoek.

Dit merkteken werd dus ook ingemeten en verschafte dus de basis voor de verticale coördinaten.

In het meetsysteem van de toren is de portaalvloer als basis genomen. Uit de metingen van Linders bleek deze op 27,581 meter boven NAP te liggen. In de tabel zijn daarom de Linders hoogtematen verminderd met dat bedrag.

Bij het definiëren van de opdracht is er vanuit gegaan dat het bemeten van één gevel (de Westgevel) voldoende zou zijn, de andere drie zouden daarvan gekopieerd worden. De meetopdracht, gedefinieerd in fig. 7.3.1. is ook zo opgesteld.

Ook begon het meetwerk aan het buitenwerk vanaf peil 2 (11 meter boven de grond) omdat daaronder de buitenvorm met de hand was bemeten.

Trouwens nog meer handmeetwerk was "binnendoor" verricht waardoor hoogte en maten van de bovenkant van het vierkante steenlichaam beschikbaar waren. Die metingen gaan nog een belangrijke rol spelen.

Om onderscheid te maken voor de metingen van Farjon, Linders en Basten heb ik steeds de eerste drie letters van die namen gebruikt

Er zijn de volgende figuren, vanaf pag. 6:

7.3-1 Definitie meetpunten Linders

7.3-2 Verjonging vierkant rompdeel

7.3-3. Dwarsmaster NW-hoek

7.3-4. Verjonging steunbeer NW

7.3-5 Harry Basten (links) en Peter Linders aan het werk met de theodoliet najaar 2007

7.3-6 Peter Linders plaatst reflector op markering in plaveisel

7.3-7 Jo Versteijnen plaatst de peilstok op de NAP-bout in de voorgevel van de pastorie

7.3-8 Aanbrengen van merkteken in plaveisel van Marktplein.

7.3-9 Boren van gat waarin messing prop geplaatst wordt.

7.3-10 Reflector op muurtje van de pastorie.

7.3-11 Peter Linders in actie om de toren op te meten.

Metingen

In maanden september en oktober van 2007 zijn op twee zaterdagen metingen verricht door Lin en Bas.

De punten die Lin bemeten heeft zijn aangegeven in figuur 7.3.1 en vastgelegd in tabel 1 hieronder (hierin zijn tevens de correcties van de scheefheid van de toren opgenomen, de berekening van die correctie staat in tabel 2 direct hierna)

Tabel 1 Coördinaten Linders plus omrekening naar rechte toren

z = verticale afstand tot peil 0

aanduidingen in 2^{de} kolom verwijzen naar figuur 7.3.1. als volgt:

Romeinse cijfers zijn markeringen van assenstelsel in torenvloer en plaveisel

2-6 = punt 6 op profiel van peil 2

Overige punten zijn regelrecht aangegeven in figuur

Linders Nummer meetpunt	Farjon Nummer Meetpunt Fig. 7.3-1	X Linders	Correctie -0,01z	X Farjon	Y Linders	Correctie -0,005z		Z tov NAP= 27,581	Z tov van torenvloer peil = 0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 = 9- 27,581
1	I	0.001			0.000			27.581	0,000
2	VI	6.658 (668)			-6.417 (642)			27.407	-0,174
3	II	6.676 (668)			-0.000			27.453	-0,128
4	IV	6.710 (668)			10.390 (1038,5)			27.395	-0,186
5	2-1	4,937	-0,11	4,827	-6,062	-0,06	-6,122	38.727	11,146
6	2-2	6,053	-0,11	5,943	-4,905	-0,06	-4,965	38.712	11,131
7	2-3	4,898	-0,11	4,788	-3,691	-0,06	-3,751	38.718	11,137
8	2-4	4,926	-0,11	4,816	-0,061	-0,06	-0,121	38.696	11,101
9	2-5	4,913	-0,11	4,803	3,790	-0,06	3,73	38.682	11,115
10	2-6	6,038	-0,11	5,928	4,925	-0,06	4,865	38.677	11,096
11	2-7	4,970	-0,11	4,86	6,008	-0,06	5,948	38.676	11,095
12	2-9	3,857	-0,11	3,747	6,482	-0,06	6,422	38.670	11,089
13		4,715	-0,19	4,525	0,092	-0,10	-0,008	46.940	19,359
14	3-1	5,043	-0,20	4,843	-0,009	-0,10	-0,109	47.893	20,312
15	3-2	6,192	-0,20	5,992	-4,799	-0,10	-4,899	47.883	20,302
16	3-3	4,970	-0,20	4,77	-3,626	-0,10	-3,726	47.888	20,307
17	3-4	4,951	-0,20	4,751	0,023	-0,10	-0,077	47.864	20,283
18	3-5	4,922	-0,20	4,722	3,789	-0,10	3,689	47.852	20,271
19	3-6	6,178	-0,20	5,978	4,970	-0,10	4,87	47.841	20,260
20	3-7	4,920	-0,20	4,72	6,126	-0,10	6,026	47.822	20,241
21	3-9	3,969	-0,20	3,769	6,452	-0,10	6,352	47.821	20,240
22	4-1	4,965	-0,25	4,715	-5,777	-0,13	-5,907	52.990	25,409
23	4-2	6,037	-0,25	5,787	-4,705	-0,13	-4,835	52.972	25,391
24	4-3	4,950	-0,25	4,7	-3,648	-0,13	-3,778	52.991	25,410
25	4-4	4,962	-0,25	4,712	3,936	-0,13	3,806	52.945	25,364
26	4-5	6,002	-0,25	5,752	4,989	-0,13	4,859	52.940	25,359
27	4-6	4,916	-0,25	4,666	6,001	-0,13	5,871	52.934	25,353
28	5-1	4,947	-0,29	4,657	-5,680	-0,14	-5,82	56.441	28,860
29	5-2	5,993	-0,29	5,703	-4,629	-0,14	-4,769	56.429	28,848
30	5-3	5,021	-0,29	4,731	-3,701	-0,14	-3,841	56.450	28,869
31	5-4	5,064	-0,29	4,774	0,029	-0,14	-0,111	56.417	28,836
32	5-5	5,033	-0,29	4,743	4,051	-0,14	3,911	56.392	28,811
33	5-6	5,941	-0,29	5,651	4,964	-0,14	4,824	56.368	28,787
34	5-7	4,901	-0,29	4,611	6,006	-0,14	5,866	56.404	28,823
35	5-8	3,993 ?			6,491 ?				
36a	5-9		-0,29					56.386	28,805
36b	6-1	4,986	-0,32	4,666	-5,585	-0,16	-5,745	59.581	32,000
37	6-2	5,944	-0,32	5,624	-4,608	-0,16	-4,768	59.577	31,996
38	6-3	4,877	-0,32	4,557	-3,624	-0,16	-3,784	59.582	32,001
39	6-4	4,898	-0,32	4,578	3,910	-0,16	3,75	59.451	31,870
40	6-5	5,910	-0,32	5,59	4,960	-0,16	4,8	59.468	31,887
41	6-6	4,945	-0,32	4,625	5,930	-0,16	5,77	59.458	31,877
42	9.2.19	4,983	-0,37	4,61	-5,176	-0,18	-5,35	64.236	36,655
43	9.2.19	5,609	-0,37	5,23	-4,547	-0,18	-4,73	64.234	36,653
44	9.2.19	5,682	-0,37	5,31	4,964	-0,18	4,78	64.070	36,489
45	9.2.19	4,969	-0,37	4,60	5,768	-0,18	5,59	64.058	36,477
46	7-1	5,160	-0,38	4,78	-4,674	-0,19	-4,864	65.885	38,304
47	7-2	5,161	-0,38	4,781	0,624	-0,19	0,434	65.854	38,273
48	7-3	5,141	-0,38	4,761	5,767	-0,19	5,577	65.814	38,233
49	7-4	4,104	-0,38	3,724	6,701	-0,19	6,511	65.812	38,231
50	9.2.19	1,101	-0,55	0,551	-1,213	-0,28	-1,493	83.004	55,423

51	9.2.19	1,937	-0,55	1,387	-0,366	-0,28	-0,646	82.988	55,407
52	9.2.19	1,948	-0,55	1,398	0,807	-0,28	0,527	82.982	55,401
53	9.2.19	1,136	-0,55	0,586	1,667	-0,28	1,387	82.989	55,408
54	9.2.19	0,905	-0,60	0,305	-0,367	-0,30	-0,667	87.144	59,563
55	9.2.19	1,251	-0,60	0,651	0,031	-0,30	-0,269	87.133	59,552
56	9.2.19	1,240	-0,60	0,64	0,577	-0,30	0,277	87.146	59,565
57	9.2.19	0,820	-0,60	0,22	0,945	-0,30	0,645	87.136	59,555
58 ?	9.2.19	0,095	-0,61	-0,515	-1,377	-0,30	-1,677	88.534	60,953
59		0,096	-0,61	-0,514	-1,308	-0,30	-1,608	88.489	60,908
60	9.2.19	1,353	-0,61	0,743	-1,212	-0,30	-1,512	88.502	60,921
61	9.2.19	2,171	-0,61	1,561	-0,241	-0,30	-0,541	88.498	60,917
62	9.2.19	2,072	-0,61	1,462	1,001	-0,30	0,701	88.518	60,937
63	9.2.19	1,105	-0,61	0,495	1,836	-0,30	1,536	88.502	60,921
64	9.2.19	-0,140	-0,61	-0,75	1,737	-0,30	1,437	88.504	60,923
65	9.2.19	4,908	-0,36	4,548	-1,383	-0,18	-1,563	63.878	36,297
66	9.2.19	4,909	-0,36	4,549	1,605	-0,18	1,605	63.888	36,307
67.1 ?		-11.482			-63.399			26.917	-0,664
67.2 ?		-11.482			-63.399			26.915	-0,666
68?		0.688			0.387			95.752	68,171
69	9.2.19	3.534			4.949			70.716	43,135
9001		-11.484			-63.399			26.913	-0,668
70	9.2.19	-31,463	Nvt		0,578	Nvt		48.044	20,463
71	9.2.19	-5,426	nvt		-0,024	nvt		47.836	20,255
72	9.2.19	0,749	-0,68	0,069	0,400	-0,34	0,06	95.811	68,230
73	9.2.19	0,617	-0,65	-0,033	0,264	-0,32	-0,056	92.480	64,899
74	9.2.19	0,548	-0,69	-0,142	0,370	-0,34	0,03	96.245	68,664
75	9.2.19	-4,422	-0,38	-4,802	4,976	-0,19	4,786	65.877	38,296
76	9.2.19	-4,564	-0,38	-4,944	-4,718	-0,19	-4,908	65.881	38,300
77	9.2.19	0,236	-0,38	-0,144	-4,696	-0,19	-4,886	65.878	38,297
78	9.2.19	5,164	-0,38	4,784	-4,671	-0,19	-4,861	65.895	38,314
79?		-6,101			-68,298			27.424	-0,157
80?		-36,613			-73,593			27.582	0,001
81?		0,63			0,295			63.98	36,399

Tabel 2 Berekening helling van scheefheid

Zie figuur 7.3.1 voor locatie van Linders' meetpunten

Noten:

- 1) De afwijking is $\frac{1}{2} (x_{78} - x_{76})$
- 2) De som van x_{76} en x_{78} is 9,72 terwijl figuur 7.3-1 voor die afstand 9,755 m geeft hetgeen een zeer goede match is.
- 3) De som van $x_{75} + x_{76} = 9,694$ en figuur 7.3-1: 9,745

Uitgangspunt	hoogte	Westwaarts (x-richting)		Zuidwaarts (y-richting)		Richting scheefheid Tov x-as
		afwijking	helling	afwijking	Helling	
1	2	3	4= 3: 2	5	6= 5: 2	Tg $\alpha = 5: 3$
meetrapport Farjon	Tafelement juk 3: 55,53 m	0,555	0,010	0,210	0,004	(0,378) 20,7 ⁰
Linders 72	Onderkant haantje 68,23 m	0,749	0,011	0,400	0,006	(0,534) 28,1 ⁰
Linders 73	Top van spits 64,90	0,617	0,010	0,264	0,004	(0,428) 23,2 ⁰
Linders 76 en 78	Dakgoot Noord 38,30 m	$\frac{1}{2} (5,16-4,56)=0,30$ 1) 2)	0,008	-	-	-
Linders 59 en 60	Linkse ribbel op bol 60,91m	$\frac{1}{2} (1,35-0,10)= 0,63$	0,010			

Linders 64 en 63	Rechtse ribbel op bol 60,91m	$\frac{1}{2} (1,11-0,14)= 0,49$	0,008			
Linders 61 en 62	Voorste ribbel op bol 60,92m			$\frac{1}{2} (1,00-0,24)= 0,38$	0,006	
Linders 60 en 63	Breedte van bol op 60,92m			$\frac{1}{2} (1,84-1,21)= 0,32$	0,005	
Linders 75 en 76	Dakgoot Oost op 38.30m			$\frac{1}{2} (4,976-4,718)= 0,13$	0,003	
Linders 54 en 57	Onderkant bol op 59,56m			$\frac{1}{2} (0,945- 0,367)= 0,29$	0,005	
Linders 55 en 56	Onderkant bol op 59,56m			$\frac{1}{2} (0,577+ 0,031)= 0,30$	0,005	
Linders 81	ijzeren kruis op 66,40	0,63	0,009	0,30	0,005	(0,476) 25,5°
conclusie			0,010		0,005	

Het hoogste punt van de toren als bouwwerk is het puntje op de bol (meetpunt 73). De loodrechte projectie op de torenvloer ligt $\sqrt{(0,617^2 + 0,264^2)} = 0,67\text{m}$ naast het toren assenkruis in ongeveer ZWW-richting

In de coördinatentabel worden de volgende correcties toegepast

$$X = X_{li} - 0,01z \text{ en } Y = Y_{li} - 0,005z$$

Bijdrage van Basten :

Er zijn op drie niveaus dwarsprofielen opgenomen en vastgelegd in tekeningen schaal 1:20. De profielen aan Oost- en Zuidgevel zijn niet compleet en ook de assenkruizen ontbreken.

Om bovenstaande gegevens te kunnen overzien en een basis te bouwen die gebruikt kan worden om de aanzicht- en doorsneetekeningen op te dimensioneren heb ik twee mastertekeningen opgezet:

1. Alle markante hoogtematen, dus de Z-coördinaten, schaal 1: 66,67 , verder aangeduid met *hoogtemaster* (zie figuur 22A en 22B in bijlage 7.2)
2. Alle dwarsdoorsneden van het stenen lichaam voor de peilen 2 t/m 6a (zie fig. 7.3-3) originele schaal 1:20 (figuur bij rapport niet op schaal), de *dwarsmaster*

Die mastertekeningen geven de situatie voor een rechte toren.

In de dwarsmaster heb ik de volgende gegevens uitgezet:

1. Het grondvlak en topvlak (net onder de dakgoot) is door Far met meetlint, spantouw, waterpas, schietlood en allerlei hulpmiddelen bepaald. Dat grondvlak kan met de (op de grond) meetbare verjonging op peil 1 tot de doorsnede op peil 1+ (dat is juist even boven peil 1) omgerekend worden. De doorsnede onder de dakgoot kan men gelijkstellen aan 6a
2. De coördinaten van Lin die beperkt zijn tot de Westgevel van het stenen lichaam. Ze zijn gecorrigeerd voor de scheefheid als volgt: in x-richting met $-0,01z$ en in y-richting $-0,005z$. (zie tabel 18 van meetrapport)
3. De profielen van Bas die als volgt gedefinieerd zijn:

kleur	Peil NAP	Peil toren (NAP-27,58)	Komt overeen met
Groen (in Bas-tekening geel)	46.99	19,41	Peil 3 (2028)

Rood	55,52	27,94	Peil 5 (2884)
blauw	63,97	36,39	Peil 6a (3657)

De ligging van de X- en Y-as zijn niet aangegeven. De profielen zijn neergelegd met de middens als X- en Y-as

Analyse

Uitgangspunt is dat de handmetingen van Far in het horizontale vlak gelijkvloers en op de spitsvloer en in de hoogte "binnendoor" betrouwbaar zijn. Ze zijn bovendien onaantastbaar omdat ze al in een groot deel van het tekenwerk zijn toegepast.

De analyse spitst zich dus toe in hoeverre de metingen van Lin en Bas aansluiten op die van Far

Hoogtemaster

Druiplijst 2 is door Far met meetlint bemeten op 1115 cm, Lin 1110

Bovenkant steenlichaam is door Far met hulpapparatuur via luiken achter de wijzerplaten en metingen binnendoor bepaald op 3832 cm, Lin uit twee series gemiddeld op 3827 en 3830cm

Onderkant van ribbel buiten op bol binnendoor gemeten door Far op 6098 cm door Lin op 6093 cm

Op grond van deze drie resultaten zijn de overige hoogtemetingen van Lin heel goed bruikbaar (5cm in werkelijkheid is $\frac{3}{4}$ mm op papier).

Dwarsmaster (fig.7.3-3)

Wat direct opvalt is dat wat het vierkante lichaam betreft er een bijna een perfecte match voor Lin, Bas en Far is voor peil 6a (voor Lin de coördinaten 46,47,48, 75 t/m78).

De coördinaten van de laagste peilen bij Lin lagen 8 tot 16 cm buiten die van Far voor het vloerpeil terwijl de verjongingen pas bij peil 3 beginnen (alles gecorrigeerd voor scheefheid) De Far-coördinaten liggen op een niveau dat 11 meter lager ligt dan die van Lin. Het zou dus kunnen dat bovenop de algehele scheefheid nog eens een tweede onregelmatigheid (een uitstulping) gesuperponeerd is. Waarschijnlijk is dat ook zo.

Het is echter praktisch onuitvoerbaar om in het stadium waarin de tekeningen thans verkeren omdat nog te verwerken. Ik moet de vorm houden als één die netjes van het grondvlak af verjongend uitkomt op het bovenvlak waar wel tussen de drie meters overeenstemming is.

Zo kwam ik er toe om een eigen bepaling van de dwarsdoorsneden te ontwikkelen. Ik begon met het vierkante deel.

Na een studie van foto's en observaties ter plekke stelde ik vast dat vierkante romp van het stenen lichaam zich slechts op twee plaatsen verjongt (fig.7.3-2) namelijk op peil 3 met ca vijf centimeter en op peil 5 met ca 10 cm (een steenbreedte), dus 30 cm op de breedte van het rompvierkant en dat komt goed overeen met het verschil tussen Far peil 1+ (dat is het juist boven de verjonging van peil1) en het gemeenschappelijke vierkant gemeten op de muurkroon.

Ik kon dus het vierkant van peil 5 onafhankelijk zonder hulp van Lin- en Basmetingen bepalen.

Voor de steunberen begon ik ook een onafhankelijke weg. Ik moest dat so-wie-so door de beperkte actie-radius van Lin en incompleetheid van Bas

Bovenop elke steunbeer ligt een sluitsteen die aan de bovenkant het hoekpunt van het rompvierkant vormt. Door het tellen van stenen was het mogelijk om die deksteen te dimensioneren (het bleek dat deze op de ZO- en NO- punten behoorlijk asymmetraal waren) het steunbeerprofiel te reconstrueren (op peil 6a dus). De Bas-profielen liet ik hier en daar ook meespelen. Ook een "strijklicht-foto" (van onderaf stijl omhoog genomen) gaf een goed inzicht van de vier verjongingen van de kopse kant van de steunbeer.

De onderkant van de steunbeer lag al vast in Far peil 1+

Met de hulp van foto's en de Bas-profielen verdeelde ik de sprong van peil 1+ naar peil 6a in vier delen en dat leverde de doorsneden op peil 4, 5 en 6. Vooral de "strijklicht-foto" van de NW-steunbeer was daarbij heel instrumenteel (fig.7.3.4).

Nabeschuiving

De les die uit deze exercitie getrokken kan worden is dat de meting van het buitenwerk voltooid moet zijn voor dat met het echte tekenwerk begonnen wordt. Ook dat het gebouw compleet rondom van top tot teen bemeten moet worden.

M.a.w. het gebouw was exacter op papier terecht gekomen als de metingen én compleet én vooraf beschikbaar waren geweest.



Figuur 7.3-4. Verjonging steunbeer NW

foto Farjon



Figuur 7.3-5 Harry Basten (links) en Peter Linders aan het werk met de Total Station najaar 2007

foto Farjon



Figuur 7.3-6 Peter Linders plaatst reflector op markering in plaveisel

foto Farjon



Figuur 7.3-7 Jo Versteijnen plaatst de peilstok op de NAP-bout in de voorgevel van de pastorie

Deze bout heeft een bekende hoogte t.o.v. het Normaal Amsterdams Peil. Deze is gebruikt om de hoogte van de torenvloer te bepalen.

foto Farjon



Figuur 7.3-8 Aanbrengen van merkteken in plaveisel van Marktplein.

Deze is een onderdeel van het stelsel van vaste merktekens dat rondom de toren is aangelegd. Dat stelsel is de basis van waaruit de feitelijke metingen verricht zijn.

foto Farjon



7.3-9 Boren van gat waarin messing prop geplaatst wordt.

In deze prop wordt tijdelijk een reflector geplaatst t.b.v. de metingen (in figuur 7.3-10 ziet men een reflector geplaatst)

foto Farjon



7.3-10 Reflector op muurtje van de pastorie.

Rondom de toren zijn ca 6 van deze reflectorpunten aangebracht.

foto Farjon



7.3-11 Peter Linders in actie om de toren op te meten.
foto Farjon