
**Capaciteitmeting
aanvoergemaal Mr. V.M. Vennix**



Verantwoording

Titel	Capaciteitmeting aanvoergemaal Mr. V.M. Vennix
Opdrachtgever	Waterschap Hunze en Aa's
Projectleider	ing. P. (Paul) Heuseveldt
Auteur(s)	G.W. (Gerrit) Hulsman
Uitvoering meet- en inspectiewerk	G.W. (Gerrit) Hulsman en J. (Jaap) Oosterhuis
Projectnummer	1206127
Aantal pagina's	22 (exclusief bijlagen)
Datum	24 april 2012
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale versie. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

Tauw bv
Business Unit Water
Handelskade 11
Postbus 133
7400 AC Deventer
Telefoon +31 57 06 99 91 1
Fax +31 57 06 99 66 6

Dit document is eigendom van de opdrachtgever en mag door hem worden gebruikt voor het doel waarvoor het is vervaardigd met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de wetgeving op het gebied van het intellectuele eigendom. De auteursrechten van dit document blijven berusten bij Tauw. Kwaliteit en verbetering van product en proces hebben bij Tauw hoge prioriteit. Tauw hanteert daartoe een managementsysteem dat is gecertificeerd dan wel geaccrediteerd volgens:

- NEN-EN-ISO 9001

Inhoud

Verantwoording en colofon	5
1 Inleiding.....	9
2 Omschrijving installatie.....	11
3 Metingen.....	13
3.1 Meetlocatie	13
3.2 Meetmethode	13
3.2.1 Capaciteitsmetingen	13
3.2.2 Capaciteitsberekeningen	13
3.2.3 Vermogensmeting	13
3.2.4 Toerental	14
3.2.5 Waterstanden/opvoerhoogten	14
3.3 Meetnauwkeurigheid	14
3.3.1 Capaciteitsmetingen	14
3.3.2 Vermogensmeting (elektrisch).....	15
4 Meetresultaten	17
4.1 Algemeen	17
4.2 Meetgegevens pomp 1	17
4.3 Meetgegevens pomp 2.....	17
4.4 Toelichting op de tabellen	17
4.4.1 Niveau (mNAP).....	17
4.4.2 Vermogen (P)	18
4.4.3 Toerental (n).....	18
4.4.4 Rendement.....	18
5 Bespreking meetresultaten	19
5.1 Algemeen	19
5.2 Resultaten pomp 1	19
5.2.1 Capaciteit	19
5.2.2 Energieverbruik	20
5.3 Resultaten pomp 2	20
5.3.1 Capaciteit	20
5.3.2 Energieverbruik	20

5.4 Conclusie..... 20

5.4.1 Conclusie..... 20

5.4.2 Samenvatting in tabelvorm..... 21

Bijlage(n)

- 1. Overzicht meetlocatie
- 2. Meetgrafieken pomp 1
- 3. Meetgrafieken pomp 2

1 Inleiding

Op 13 maart 2012 zijn in opdracht van Waterschap Hunze en Aa's door Tauw capaciteitsmetingen verricht bij aanvoergemaal Mr. V.M. Vennix te Stadskanaal.

De aanleiding voor het uitvoeren van de capaciteitsmetingen is de wens van het waterschap om informatie te verkrijgen over de prestaties van de pompinstallatie.

In de hierna volgende rapportage wordt verslag gedaan van de metingen en de resultaten.



Figuur 1.1 Aanzicht aanvoergemaal Mr. V.M. Vennix

Kenmerk R002-1206127GWH-kzo-V01-NL

2 Omschrijving installatie

Het aanvoergemaal Vennix bemaalt het Kanaal Veendam, en slaat uit op het Musselkanaal. De bemalingsinstallatie heeft de beschikking over 2 pompinstallaties. De pompen zijn ontworpen voor ieder 126 m³/min bij een statische opvoerhoogte van 5,20 mWk. De bouwvorm van de pomp laat zich omschrijven als een schroefcentrifugaalpomp met betonnen slakkenhuis. Elke elektromotor is voorzien van een softstarter. De installatie dateert van het jaar 1988.

De gegevens van de pompinstallaties zijn:

Tabel 2.1 Gegevens pompinstallaties

Pomp	
Fabricaat	Landustrie
Type	G 920
Toerental	495 omw/min
Elektromotor	
Fabricaat	AEG
Type	AM 400 LM 12
Vermogen	160 kW
Toerental	495 omw/min
Spanning, frequentie	400 V / 50 Hz
Cos φ (vollast)	0,79
Aanzetvoorziening	Softstarter
Softstarter	
Fabricaat	Control Techniques
Type	SFE3



3 Metingen

3.1 Meetlocatie

Voor de capaciteitsmetingen is een meetlocatie gekozen direct achter het krooshek (zie bijlage 1). De meetlocatie bevindt zich aan de noordzijde van het gemaal. Ter plaatse van de meetlocatie zijn de vloerroosters verwijderd. De instroming is 3,40 meter breed en de waterdiepte bedraagt tijdens de meting circa 2,59 meter.

Op de meetlocatie is een dwarsprofiel gekozen welke werd verdeeld in 54 meetpunten (9 horizontaal en 6 verticaal). Op elk van deze punten is de stroomsnelheid bepaald.

Tijdens de metingen zijn de naastgelegen stuwen omhoog gezet, zodat deze geen turbulentie tijdens de metingen konden veroorzaken.

3.2 Meetmethode

3.2.1 Capaciteitsmetingen

De capaciteitsmetingen zijn uitgevoerd met stroomsnelheidsmeters, ook wel Ott-molens genoemd. Deze molens worden geprojecteerd in een matrix van het natte oppervlak, ook wel dwarsprofiel genoemd. De waarden van de gemeten snelheden, in combinatie met de maatvoering van de matrix van het dwarsprofiel, resulteert in een capaciteit.

De voor de stroomsnelheidmetingen gebruikte Ott-molens zijn van het type C31, met componentenschoep A Ø 100 mm. De metingen zijn uitgevoerd met zes molens gelijktijdig.

3.2.2 Capaciteitsberekeningen

De uitkomsten van de stroomsnelheidmetingen worden met eigen ontwikkelde software omgerekend naar een debiet. Het meten en verwerken van meetgegevens tot een debiet vindt plaats volgens de standaard Velocity-Area methode zoals omschreven in het Stowa-rapport 'Handboek debietmeten in open waterlopen' nr. 41 uit 2009. In hoofdstuk 5.1 van het Stowa-rapport worden verschillende benaderingswijzen nader omschreven; Tauw maakt gebruik van de beschreven 'Mean-section methode'.

3.2.3 Vermogensmeting

Voorts zijn gelijktijdig met de capaciteitsmetingen vermogensmetingen uitgevoerd. Deze zijn verricht met een GMC-Mavowatt 50 netanalyser, welke geschikt is voor 'true RMS-metingen' voorzien van ampèrelussen CF3x45 en ingesteld op 2000A.

3.2.4 Toerental

De capaciteitsmetingen zijn uitgevoerd bij één toerental, vanwege het ontbreken van een toerentalregeling.

De pomptoerentallen zijn vastgesteld met behulp van een draagbare tachometer van het fabricaat Hioki, type 3403.

3.2.5 Waterstanden/opvoerhoogten

De waterstanden zijn bepaald door aflezing van het display van het telemetriesysteem, en het meten van de waterhoogte ten opzichte van een bekend vast punt.

De waterstand aan de instroomzijde is bepaald door de aanwezige peilschaal (NAP +3,44 m) te controleren met de waarde op het display van het telemetriesysteem (NAP +3,45 m). Tevens is gecontroleerd ten opzichte van een bekend vast punt.

Dit vaste punt is:

- Instroomzijde : bovenzijde kroosvloer (beton) op NAP +4,50 m

De waterstand aan de uitstroomzijde is bepaald door de aanwezige peilschaal (NAP +8,37 m) te controleren met de waarde op het display van het telemetriesysteem (NAP +8,37 m). Tevens is gecontroleerd ten opzichte van een bekend vast punt.

Dit vaste punt is:

- Uitstroomzijde : bovenzijde beton op NAP +9,57 m

Uit bovenstaande controles blijkt dat er de volgende afwijkingen tussen display telemetriesysteem en peilschaal zijn.

- Instroomzijde : +1 cm
- Uitstroomzijde : 0 cm

3.3 Meetnauwkeurigheid

3.3.1 Capaciteitsmetingen

Onder normale condities wordt een meetafwijking aangehouden van $\pm 2,1$ % volgens ISO 3354:2008. Hierbij dient te worden voldaan aan de volgende condities:

- Voldoende rechte aanstroamlengte voor de meetlocatie
- Schone bodem en wanden
- Voldoende hoge stroomsnelheid

De meetlocatie voldoet aan de bovengenoemde condities.

Voor het gemaal bevindt zich voldoende rechte aanstroamlengte. Tevens is vastgesteld dat ter plaatse van de meetlocatie de bodem voldoende schoon is.

Voorts kan opgemerkt worden dat de gemeten stroomsnelheden variëren tussen 0,020 en 0,308 m/s. Op een enkel meetpunt wordt niet voldaan aan het gestelde criterium ($v > 0,025$ m/s) waarvoor de Ott-molens zijn geijkt. Echter door het geringe aantal meetpunten dat hier niet aan voldoet, is de invloed op de meettolerantie te verwaarlozen.

Bovenstaande in aanmerking genomen bedraagt de meetafwijking daarom $\pm 2,1$ %.

3.3.2 Vermogensmeting (elektrisch)

De elektrische vermogensmetingen zijn uitgevoerd met de volgende meetapparatuur:

Mavowatt 50 met de volgende lussen:

- Ampèrelussen CF3x45

De vermogensmeting uitgevoerd met Mavowatt 50 heeft een totale meetafwijking (opgebouwd uit de onderdelen: ampèrelus en meetapparaat) van: $\pm 0,6$ %

4 Meetresultaten

4.1 Algemeen

De metingen zijn uitgevoerd bij min of meer vaste peilen. Er kon tijdens de metingen geen peil- of toerentalverschil worden gecreëerd.

4.2 Meetgegevens pomp 1

Hieronder staan de meet- en berekende gegevens van pomp 1, samengevat in tabelvorm:

Tabel 4.1 Meet- en berekende gegevens pomp 1

Meting	Niveau instroming [mNAP]	Niveau uitstroming [mNAP]	H _{stat.} [m]	Cap. [m ³ /min]	n. [min ⁻¹]	P _{elec.} [kW]	P _{specifiek.} [kWh/1.000m ³]	η _{tot} [%]
1	3,43	8,39	4,96	120,8	497,0	145,2	20,0	67
2	3,43	8,39	4,96	124,0	497,0	145,2	19,5	69

4.3 Meetgegevens pomp 2

Hieronder staan de meet- en berekende gegevens van pomp 2, samengevat in tabelvorm:

Tabel 4.2 Meet- en berekende gegevens pomp 2

Meting	Niveau instroming [mNAP]	Niveau uitstroming [mNAP]	H _{stat.} [m]	Cap. [m ³ /min]	n. [min ⁻¹]	P _{elec.} [kW]	P _{specifiek.} [kWh/1.000m ³]	η _{tot} [%]
1	3,43	8,40	4,97	124,6	497,5	146,6	19,6	69
2	3,43	8,41	4,98	123,2	497,5	146,5	19,8	68

4.4 Toelichting op de tabellen

4.4.1 Niveau (mNAP)

De in de tabellen vermelde niveaus zijn bepaald uit het rekenkundig gemiddelde van de meetwaardes bij respectievelijk start en stop van iedere meting.

4.4.2 Vermogen (P)

De vermelde meetwaarden van het vermogen zijn bepaald uit het (langdurig) gemiddelde over de periode tussen start en stop van de meting (er wordt per seconde een 'sample' genomen; deze waarden zijn gemiddeld).

4.4.3 Toerental (n)

De toerentallen zijn steekproefsgewijs genomen tijdens de metingen.

4.4.4 Rendement

Het rendement genoemd in bovenstaande tabellen is berekend met behulp van H_{stat} .

De meetwaarden zijn met het metingnummer aangegeven in de grafiek.

5 Bespreking meetresultaten

5.1 Algemeen

De meetresultaten zullen worden besproken aan de hand van de meetgrafiek. Deze is bepaald uit het gemiddelde van de meetpunten.

De meetresultaten van de pompen 1 en 2 staan weergegeven in grafiekvorm in de bijlagen 2 en 3. De ontwerpgegevens zijn overgenomen van grafieknnummer 6451 d.d. 6-4-1988 van Landustrie, hierop is het ontwerppunt aangegeven.

De pompgegevens luiden:

Pompgegevens pomp 1 en 2:

- Q = 126 m³/min
- H_{stat} = 5,20 mWk
- n = 495 omw/min (komt overeen met 50 Hz van de motor)

De meetgegevens zullen worden getoetst aan de ontwerpgegevens, zoals deze in deze rapportage ongewijzigd zijn overgenomen uit de ontwerpgrafieken van de leverancier (Landustrie), te weten grafieknnummer 6451 d.d. 6-4-1988 De ontwerpkromme die opgegeven is door Landustrie is weergegeven in de grafieken van de bijlagen.

Omdat de metingen zijn uitgevoerd bij 497,5 omw/min zijn de ontwerpwaarden (495 omw/min) verschaald naar de meetwaarde, en zullen hiermee worden vergeleken.

In de ontwerpgegevens is het vermogen uitgedrukt in het netzijdig opgenomen vermogen. Het elektrische vermogen is eveneens netzijdig gemeten, zodat de gemeten waarden rechtstreeks met de ontwerpgegevens zijn te vergelijken.

5.2 Resultaten pomp 1

In bijlage 2 zijn de verkregen resultaten weergegeven in de grafieken. Het toerental van 497 omw/min komt overeen met een frequentie van 50 Hz.

5.2.1 Capaciteit

Bij H_{stat} van 4,96 mWk en een toerental van 497 omw/min bedraagt de uit de meetgrafiek bepaalde capaciteit 122,4 m³/min. De afwijking met de verschaalde ontwerpwaarde (130,0 m³/min) bedraagt – 5,8 %.

5.2.2 Energieverbruik

Bij H_{stat} van 4,96 mWk en een toerental van 497 omw/min bedraagt het uit de meetgrafiek bepaalde vermogen 145,2 kW. De afwijking met de verschaalde ontwerpwaarde (140,0 kW) bedraagt + 3,7 %.

Het specifiek energieverbruik bij H_{stat} van 4,96 mWk en een toerental van 497 omw/min dat is vastgesteld uit de meetresultaten bedraagt 19,7 kWh/1000 m³. De afwijking met de verschaalde ontwerpwaarde (18,0 kWh/1.000 m³) bedraagt + 9,4 %.

5.3 Resultaten pomp 2

In bijlage 3 zijn de verkregen resultaten weergegeven in de grafieken. Het toerental van 497,5 omw/min komt overeen met een frequentie van 50 Hz.

5.3.1 Capaciteit

Bij H_{stat} van 4,97 mWk en een toerental van 497,5 omw/min bedraagt de uit de meetgrafiek bepaalde capaciteit 123,9 m³/min. De afwijking met de verschaalde ontwerpwaarde (130,0 m³/min) bedraagt – 4,7 %.

5.3.2 Energieverbruik

Bij H_{stat} van 4,97 mWk en een toerental van 497,5 omw/min bedraagt het uit de meetgrafiek bepaalde vermogen 146,5 kW. De afwijking met de verschaalde ontwerpwaarde (141,0 kW) bedraagt + 3,9 %.

Het specifiek energieverbruik bij H_{stat} van 4,97 mWk en een toerental van 497,5 omw/min dat is vastgesteld uit de meetresultaten bedraagt 19,7 kWh/1.000 m³. De afwijking met de verschaalde ontwerpwaarde (18,0 kWh/1.000 m³) bedraagt + 9,4 %.

5.4 Conclusie

5.4.1 Conclusie

Naar aanleiding van de metingen kan geconcludeerd worden dat beide pompen identiek zijn. Pomp 1 is bij een H_{stat} van 4,96 mWk goed voor 122,4 m³/min en pomp 2 voor 123,9 m³/min.

5.4.2 Samenvatting in tabelvorm

De ontwerpwaarden en de meetwaarden zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 5.1 Meet- en ontwerpwaarden pomp 1 en 2

Pomp 1	Ontwerpwaarden bij Hstat=5,2 mWk / n=495 min ⁻¹	Ontwerpwaarden (verschaalde) bij Hstat=4,96 mWk / n=497 min ⁻¹	Meetwaarden bij Hstat=4,96 mWk / n=497 min ⁻¹
Capaciteit [m ³ /min]	126	130	122,4
Vermogen, Pelek [kW]	125,5	140	145,2
Pspec elektr [kWh/1.000 m ³]	18,8	18,0	19,7
Pomp 2		Hstat=4,97 mWk / n=497,5 min⁻¹	Hstat=4,97 mWk / n=4,97,5 min⁻¹
Capaciteit [m ³ /min]	126	130	123,9
Vermogen, Pelek [kW]	125,5	141	146,5
Pspec elektr [kWh/1.000 m ³]	18,8	18,0	19,7

De gemeten afwijkingen in procenten ten opzichte van de garantiegegevens zijn weergegeven in onderstaande tabel.

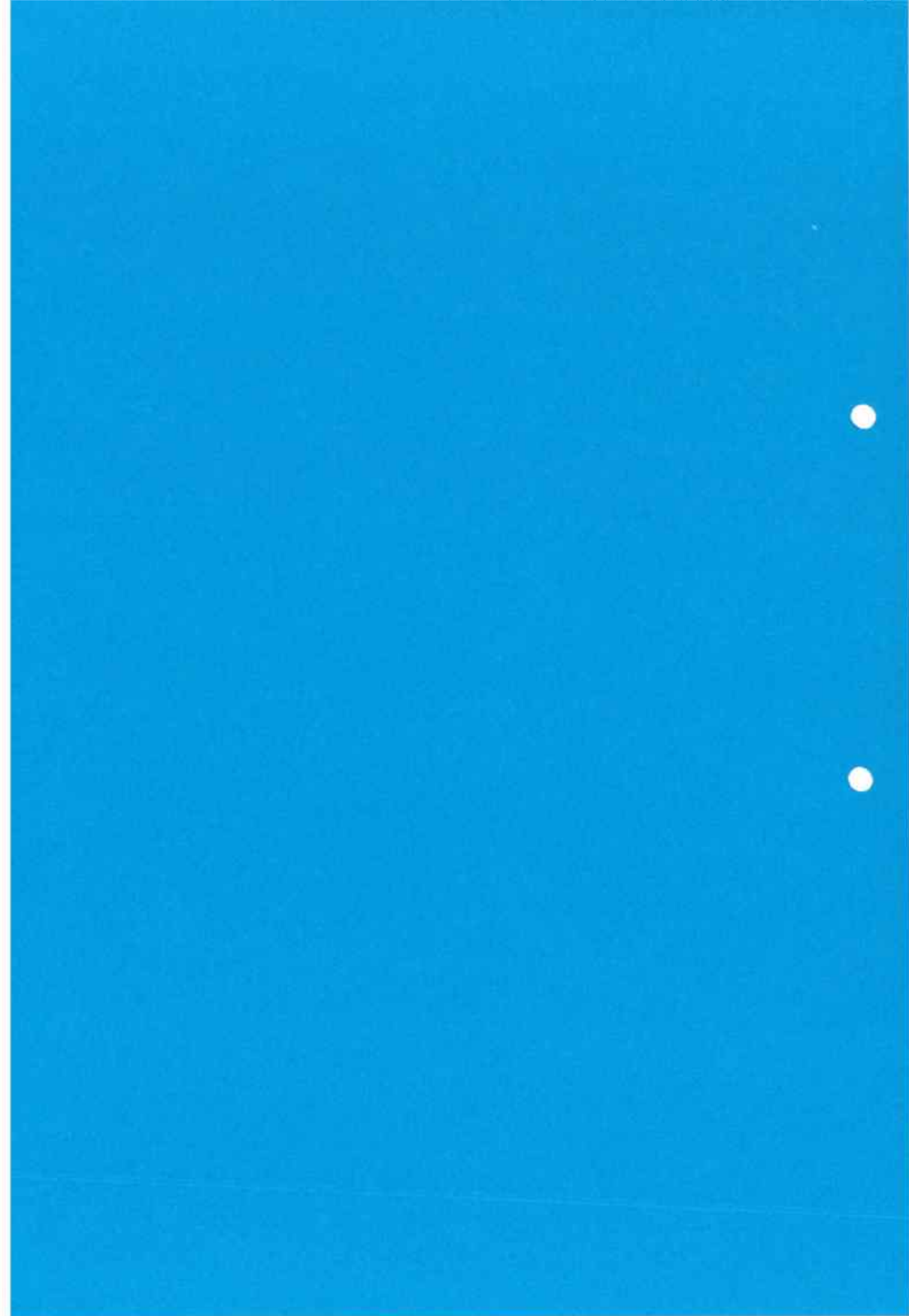
Tabel 5.2 Gemeten afwijkingen in procenten t.o.v. garantiegegevens

Afwijkingen in procenten gemeten bij H _{stat} = 4,96/97mWk			
	<i>Q</i>	<i>P</i>	<i>P_{specifiek}</i>
Pomp 1	- 5,8%	+ 3,7%	+ 9,4%
Pomp 2	-4,7 %	+ 3,9 %	+ 9,4 %

1

Bijlage

Overzicht meetlocatie

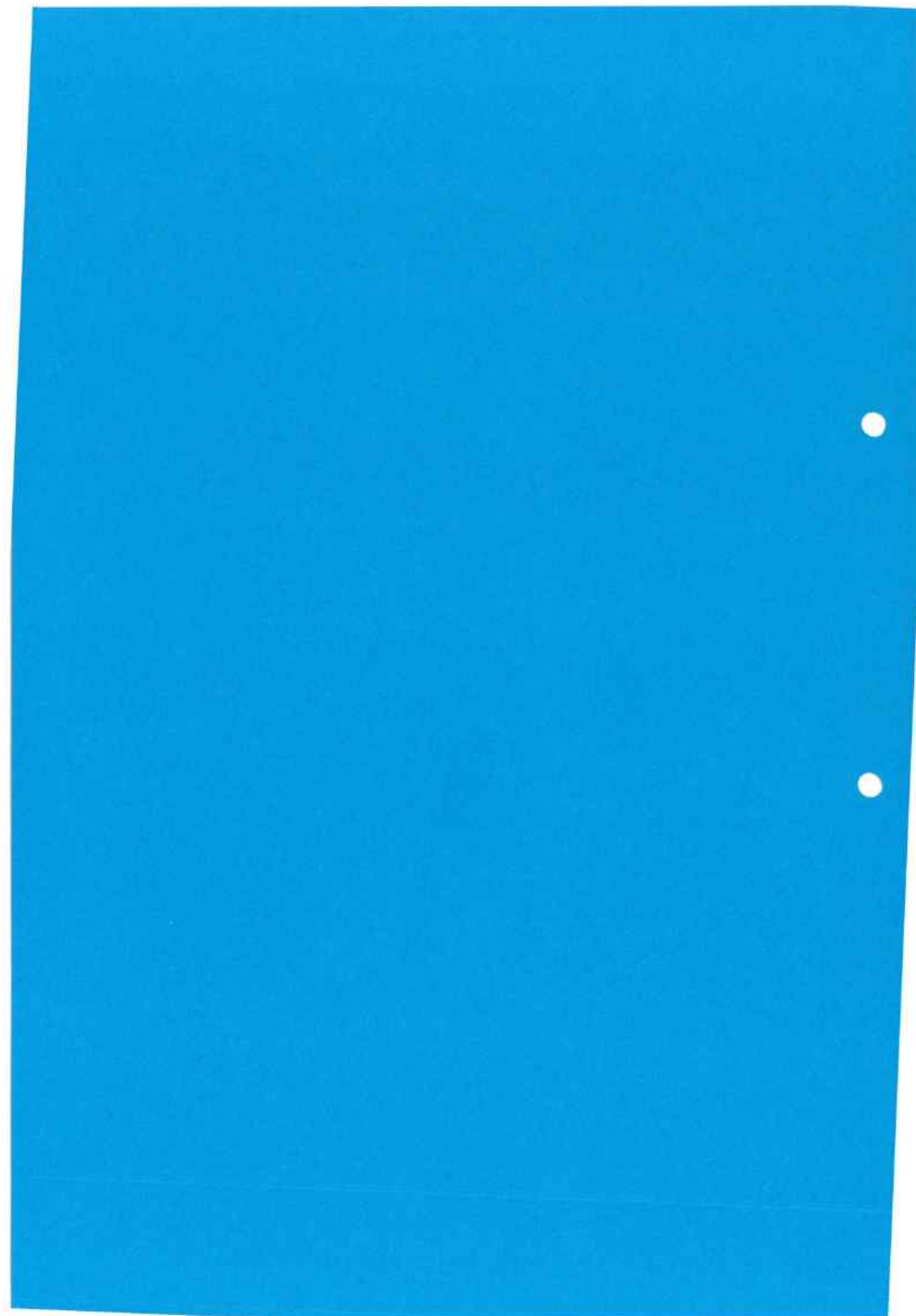


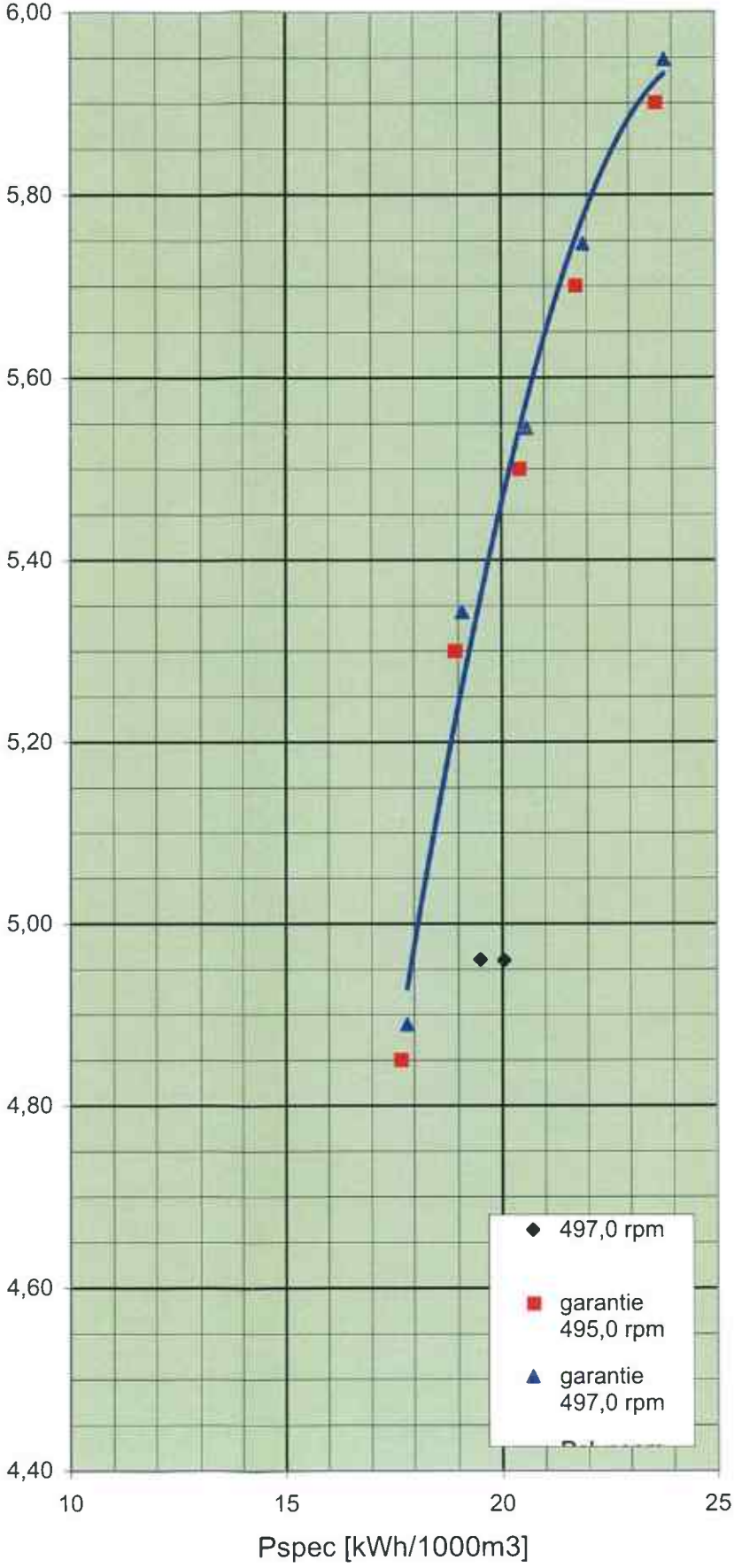
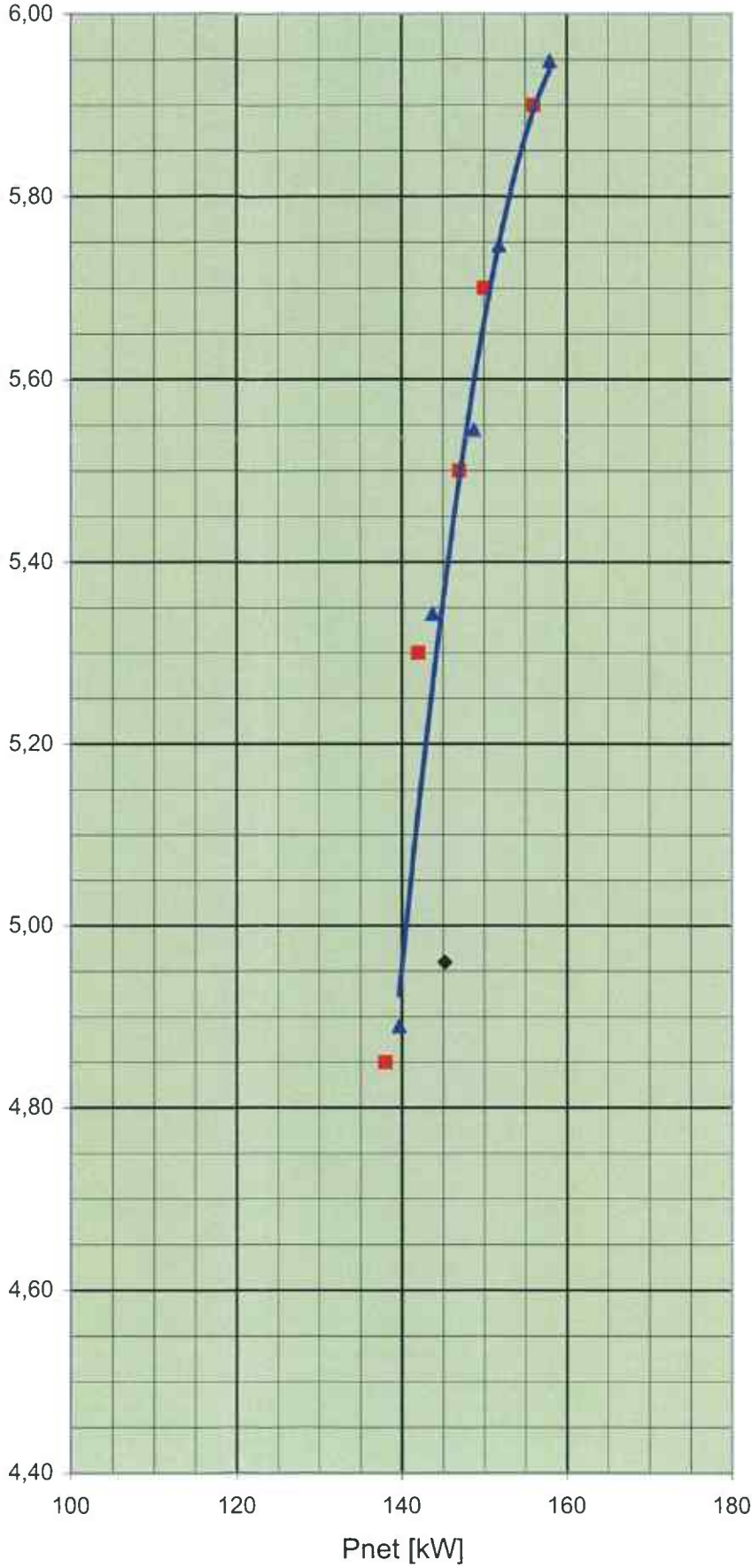
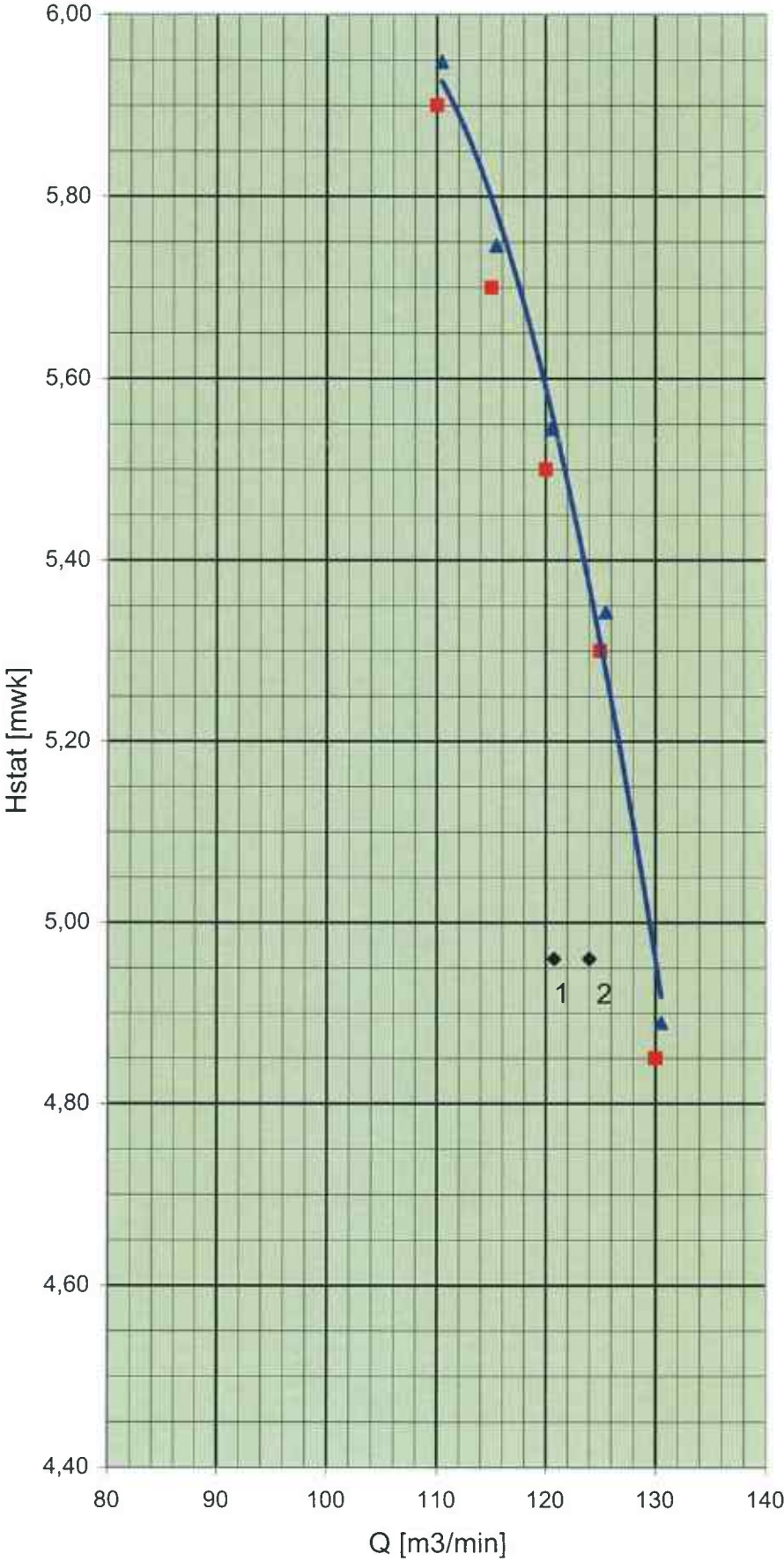


Figuur 5.1 Overzicht meetlocatie pomp 1

Bijlage

Meetgrafieken pomp 1





Bijlage

Meetgrafieken pomp 2

