

III Hydrologische Konferenz der Baltischen Staaten
Warszawa, Mai 1930.

Wahl einer allgemeinen Referenzfläche für die Nullpunkte der Pegel

von

Dr. HENRIK RENQVIST (Finnland).

W A R S Z A W A

Herausgegeben vom Ministerium für öffentliche Arbeiten

1930

III Hydrologische Konferenz der Baltischen Staaten

Warszawa, Mai 1930.

Wahl einer allgemeinen Referenzfläche für die Nullpunkte der Pegel

von Dr. Henrik Renqvist (Finnland).

Hin und wieder begegnet man Reihen von Wasserstandsangaben einer Station an der Meeresküste, die darauf hindeuten, dass alle Angaben nicht von einem gemeinsamen Nullpunkt gerechnet werden sind. Unter Umständen kann man durch Nivellementsergebnisse Angaben über Nullpunktverschiebungen erhalten, in anderen Fällen bleibt man im Unklaren. Ohne weitere Motivierung können wir als ein Desideratum festhalten, dass in Veröffentlichungen alle Wasserstandsangaben einer Station "zu unverrückbarem Null" gegeben werden. Somit kann man bei Bearbeitung von längeren Reihen ohne präliminäre Reduktionen operieren.

Dies bedeutet natürlich nicht, dass man bestrebt sei die Pegelskalen oder die Mareographennulle selbst auf exakt demselben Niveau zu halten. Es ist tatsächlich in einem Binnenwasserdistrikt in Finnland früher geschehen, dass der leitende Ingenieur alle Pegelskalen mit einer Bezifferung versah, die vom Meeresniveau gerechnet war. Wenn neue Meereshöhen der Festpunkte durch Feinnivellements ermittelt wurden, wurden die Pegelskalen entsprechend verschoben. Dies ist ein grotesker Beispiel davon, wozu man kommen kann, wenn man die Forderung aufstellt, dass die rohen Beobachtungswerte zugleich reduzierte Werte bedeuten sollen. Indessen ist es ja natürlich glücklich, wenn die Pegel so fest fundamentiert sind, dass man mit derselben Reduktion für längere Zeiten hinauskommen kann. Und als Voraussetzung ist anzusehen, dass man zuverlässige Festpunkte in der Nähe der Pegel hat, und dass die Pegel mindestens einmal jährlich inspiziert und nivellistisch mit den Festpunkten verbunden werden. Die Reduktionen zu einem unverrückbaren Niveau müssen jedoch Kammerarbeit sein, der Feldingenieur (oder der Beobachter!) dürfen nicht mit Reduktionen anfangen. Soweit, was Beobachtungen einer Station betrifft.

Hier mag nur hinzugefügt werden, dass der Begriff „unverrückbares Niveau“ ein relativer ist, und zwar in Hinsicht zu den Festpunkten der Küste. Wenn das Land sich vertikal verschiebt, verschiebt sich auch unser „unverrückbares“ Niveau. Das Meer bleibt, von eustatischen Veränderungen abgesehen, auf konstanter Höhe, und die vertikale Landverschiebung kann durch eine mehrjährige Reihe von Beobachtungen, die insgesamt zu einem „unverrückbaren“ Niveau reduziert worden sind, ermittelt werden.

Wenn man mit mehreren Stationen an der Meeresküste zu tun hat, vermisst man oft Daten über die absoluten Höhen der Pegelnullpunkte. Von besonderem

Interesse ist jedoch, dass man die jeweiligen Neigungsverhältnisse der Meeresoberfläche, von einem Küstenpunkt zum nächsten, ermitteln kann. Eine gemeinsame Referenzfläche aller zur Veröffentlichung kommenden Angaben ist somit erwünscht. Wie soll nun diese Referenzfläche bestimmt werden?



Fig. 1. Die Mareographenstationen an den Küsten Finnlands, das Hauptnetz des Präzisionsnivellements und die Anschlusslinien zu den Mareographenstationen.

Zwei Wege sind betreten worden.

Der üblichere Weg geht über Präzisionsnivellements. Alle Pegelstationen werden durch Feinnivellements miteinander verbunden. In manchen Fällen ist man dabei gezwungen längere Anschlusslinien zum Hauptnetz zu messen, und oft führt die Anschlusslinie über breite, die Genauigkeit herabsetzende Wasserstrassen. Und

wenn die Mareographenstation auf eine isolierte Insel gelegen ist, ist man ganz und gar gezwungen von nivellistischer Verbindung abzusehen. Man hilft sich dann durch gleichzeitige Wasserstandsangaben an der Station und am nächsten Küstenpunkt, und bekommt durch Vergleiche eine Schätzung der Nullpunkthöhe der Station bezüglich der Referenzfläche des Nivellements. Es ist einleuchtend, dass die Genauigkeit des Transports der Referenzfläche des Nivellements zur Inselstation vieles übrig zu wünschen lässt. Und auch in dem Falle, dass die Anschlusslinie zum Hauptnetz kurz und leicht zu messen ist, ist das Endergebnis doch von Fehlerquellen beeinträchtigt.

Wir wollen von groben Fehlern, die doch nicht ganz selten sind, absehen, und nehmen an, dass der mittlere Fehler pro *km* 1 *mm* ist. In Finnland kann man mit dieser Genauigkeit der Messung rechnen, doch ist dabei von der Landhebung, welche die absoluten Höhen der Festpunkte in verschiedenen Teilen des Landes in verschiedenem Masse verschiebt, abgesehen.

Fig. 1 zeigt das Hauptnetz des Präzisionsnivellements in Finnland und die Anschlusslinien zu den verschiedenen Mareographenstationen. Die Station Degerby kann nicht mit dem Netze nivellistisch verbunden werden. Die Lage der übrigen Stationen ist besonders günstig für nivellistische Fixierung, das Hauptnetz bedeckt das Land bis zu den Küsten, und die Anschlusslinien sind kurz.

Wenn wir nun eine gemeinsame Referenzfläche der Wasserstandsangaben nach dem Präzisionsnivellement bestimmen wollen, müssen wir mit mittleren Fehlern, die nur von den Messungen abhängen, rechnen, und zwar zu den von der Tabelle ersichtbaren Beträgen.

Referenzfläche bezüglich Helsingfors an der Mareographenstation zu	Kürzeste Nivellementlinie von Helsingfors aus <i>km</i>	Mittlerer Nivel- lement-Fehler der Fixierung der Referenzfläche <i>mm</i>
Hangö (Hanko)	140	12
Ruissalo (Runsala)	213	15
Mäntyluoto	345	19
Kaskö (Kaskinen)	460	21
Vasklot	500	22
Alholmen	535	23
Hornankallio	720	27
Toppila	765	28
Kemi	860	29
Hamina (Fredrikshamn)	200	14
Viipuri (Viborg)	320	18
Koivisto (Björkö)	370	19

Diese Zusammenstellung zeigt, dass auch unter sehr günstigen Umständen man mit aus Messungen herrührenden Fehlern von 1 bis 3 *cm* zu rechnen hat. Und es mag betont werden, dass die Nivellementsergebnisse von der Landhebung abhängig sind, somit geben erneute Nivellements neue Werte, deren Abweichungen von den früheren nicht nur von den Messungsfehlern herrühren, sondern

auch reell begründet sind. Früher oder später kommt man immer zu verbesserten Höhenwerten, und dann steht man vor der Wahl entweder neue Reduktionen anzubringen, was nach dem früheren verwerflich ist, oder auch bewusst von Benutzung einer möglichst genau bestimmten gemeinsamen Referenzfläche abzustehen. Und wenn auch die Nivellementsergebnisse ein für allemal so genau wären, dass man keine neuen Verbesserungen von Nöten hätte, so ist man immer zu einer Referenzfläche gekommen, die sich wohl der Geoidenfläche anpasst, aber den tatsächlichen mittleren Verhältnissen, die von Verschiedenheiten des Salzgehalts, von Strömungen, von resultierenden Windstauwirkungen u. s. w. abhängig sind, Gewalt tut. Man erhält eine Schätzung der mittleren Neigung, wenn man mit Mittelwerten operiert; die jeweiligen, von meteorologischen Begebenheiten herrührenden Neigungen können jedoch nicht ohne weitere Rechnung ermittelt werden. Wir kommen somit zu dem Endergebnis, dass die nivellistisch zu bestimmende Referenzfläche den Anforderungen der praktischen Bearbeitung nicht entgegenkommt, abgesehen davon, dass sie theoretisch nicht aufrecht zu erhalten ist.

Wir müssen einen anderen Weg einschlagen, und es mag von vornherein betont werden, dass der übrig bleibende Weg einfach und sicher zu betreten ist.

Ein bekanntes Schlagwort sagt, dass das Meer genauer nivelliert als der geschickteste Geodät. Aus den Wasserstandsdaten selbst mögen wir uns eine Referenzfläche berechnen. Vergleiche einzelner Jahresmittel verschiedener Stationen weisen auf eine deutliche Parallelität hin. Abweichungen von dieser Parallelität sind als Zeichen meteorologischer Einflüsse oder ungleichen Küstenbewegungen zu deuten, wenn die Beobachtungen einwandfrei sind.

Aus praktischen Gründen, um negative Zahlen zu vermeiden, wählen wir zu Referenzfläche nicht ein Mittelwert einer gewissen Periode, sondern ein Niveau, das unterhalb dieses Mittelwertes liegt. In Finnland ist, bei der Feststellung des Plans der Veröffentlichungen des Instituts für Meeresforschung im J. 1920, folgendes Verfahren beschlossen und seitdem benutzt worden.

Aus 10 Jahresmitteln jeder Station (die Jahre 1911—20) wird ein Mittelwert (M_0) gebildet. Dies Mittelwert mag somit das Mittelwasser der Epoche 1916.0 vorstellen. Nun haben wir Angaben über die Landhebung in verschiedenen Gegenden (Witting, Hafsytan, Fennia 39: 5), und können aus diesen Angaben berechnen, wie sich das Mittelwasser für eine 5 Jahr spätere Epoche (m. a. W., für 1921.0) herausstellt. Mag die Landhebung pro 100 Jahre α cm sein, für 5 Jah-

re haben wir dann eine Hebung $= \frac{5 \alpha}{100}$ cm. Der Ausdruck $M_0 = \frac{5 \alpha}{100}$ stellt somit

das Mittelwasser der Epoche 1921.0 dar. Nun definieren wir die Referenzfläche als ein Niveau, das genau 200 cm unterhalb dieses Mittelwassers liegt:

$$\text{Referenzfläche} = M_0 - \frac{5 \alpha}{100} - 200$$

Das Verfahren wird von der Fig. 2 veranschaulicht.

Für jede Station ist in dieser Weise die Referenzfläche bestimmt worden, und alle Wasserstandsangaben werden zu dieser Referenzfläche reduziert. Somit weiss man, dass ein Wert von 200 cm in den gedruckten Tabellen das Mittelwasser (von der Landhebung seit 1921.0 abgesehen) darstellt, und bei Diskussionen der Neigungen der Meeresoberfläche bei einzelnen Begebenheiten hat man leicht die tatsächlichen Verhältnisse zu beurteilen.

Es ist einleuchtend, dass man aus guten Beobachtungen ausgehen soll. Wenn man nicht 10 Jahre zu Verfügung hat, ist man gezwungen fehlende Jahre durch Vergleiche oder interpolatorisch zu ergänzen. Dies ist tatsächlich der Fall bei uns gewesen, und die Bestimmungen der Referenzflächen könnten in einigen Fällen verbessert werden, was doch aus prinzipiellen Gründen nicht geschehen ist—die „Unverrücktheit“ bedeutet mehr als die eventuellen Korrekturen.

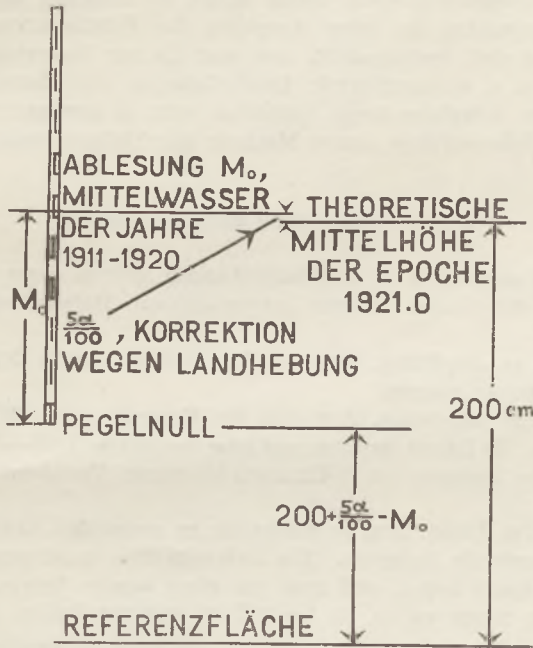


Fig. 2. Ermittlung der Referenzfläche.

Die später erhaltenen Registrierergebnisse der Mareographenstationen zeigen folgendes über die Genauigkeit der Methode.

Mittlerer Fehler der Bestimmung der Referenzfläche relativ Helsingfors			
an der Station	Nach Ergebnissen der Jahren	pro 1 - Jahr-Vergleich mm	im Mittel für 10 Jahre mm
Hangö	1921—27	7	2 (12)
Ruissalo	1922—27	10	3 (15)
Vasklot	1922—27	15	5 (22)
Alholmen	1922—27	20	6 (23)
Hornankallio	1923—27	24	8 (27)
Toppila	1923—27	27	8 (28)
Kemi	1923—27	30	9 (29)

In der letzten Kolumne sind auch die mittleren Fehler der nivellistischen Bestimmung (Parenthesen) angegeben. Es ist ohne weiteres einleuchtend, dass schon ein Jahresmittel die Genauigkeit der nivellistischen Bestimmung erreicht und (mit Ausnahme von Kemi) sogar überschreitet. Die letzte Kolumne zeigt deutlich die Überlegenheit der Methode der individuellen Bestimmung des Ausgangsniveaus aus den Wasserstandsbeobachtungen selbst.

Die Mareographenergebnisse bilden somit, im Einklang mit dem zitierten Schlagwort, Hauptpunkte, die beim Ausgleich der Nivellementsnetze unbedingt zu berücksichtigen sind, vorausgesetzt, dass man die aus Salzgehaltsunterschieden, Windresultanten u. s. w. herrührende Denivellationen der Meeresoberfläche vernachlässigen bzw. berechnen kann. Immerhin wäre es erwünscht, dass man bei der Wahl einer Referenzfläche unsere Methode durchführen konnte.

Zusammenfassung und Desiderata.

1) Alle Wasserstände in Veröffentlichungen sind zu einer für die bezügliche Station ein für allemal fixierten unverrückbaren Referenzlage reduziert zu geben.

2) Es ist zu empfehlen, dass man bei Fixierung dieser örtlichen Referenzlage vom Mittelwasser ausgeht.

3) Es ist zu empfehlen, dass man bei Fixierung des Mittelwassers Beobachtungen von 10 Jahren benutzt, und zwar der Jahren 1916—25, wodurch die Epoche 1921.0 (in Einklang mit in Finnland benutztem Verfahren) Ausgangsdatum wird.

4) Negative Zahlen sind grundsätzlich zu vermeiden. Grössere Zahlen sollen höhere Wasserstände bedeuten. Die Referenzfläche muss unterhalb des in 3) fixierten Mittelwassers liegen, und zwar um einen runden Betrag, wozu die Zahl 200 *cm* sich am besten eignet, da bei 100 *cm* negative Zahlen auftreten können.

5) Das gesagte ist in erster Linie für die Pegel zu beachten, deren Angaben bisher von lokalem Null aus gegeben worden sind, und für alle neuen Meerespegel.

Institut für Meeresforschung, Helsingfors.



BIBLIOTEKA
UNIwersytecka
Gdańsk

946674

621