



Staatstoezicht op de Mijnen
Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

> Retouradres Postbus 24037 2490 AA Den Haag

De minister van Economische Zaken en Klimaat
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Directie Energie & Omgeving
Postbus 20401
2500 EK DEN HAAG

Staatstoezicht op de Mijnen

Bezoekadres

Henri Faasdreef 312
2492 JP Den Haag

Postadres

Postbus 24037
2490 AA Den Haag

T 070 379 8400 (algemeen)
F 070 379 8455 (algemeen)

info@sodm.nl
www.sodm.nl

Behandeld door

T 070

Datum 26 november 2020
Betreft Toezichtsignaal Integriteit van het geothermisch reservoir en de afsluitende lagen.

Ons kenmerk
20230994

Uw kenmerk
-

Bijlage(n)
1

Excellentie,

Met deze brief geeft Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) een toezichtsignaal over de beoordeling van de integriteit van reservoirs en afsluitende lagen bij aardwarmtewinning. SodM heeft recent opgemerkt dat er onduidelijkheden in de sector zijn over veilige en verantwoorde limieten voor injectieparameters met betrekking tot de afsluitende lagen en het reservoir. Onjuiste injectieparameters kunnen leiden tot ongewenst en ongecontroleerd scheuren van de afsluitende lagen. Het is onvoldoende duidelijk voor de sector wat de norm is voor de integriteit van deze lagen.

SodM vindt deze onduidelijkheden ongewenst en wil een heldere norm en instrument als waarborg. Met deze brief wil SodM haar uitgangspunten delen die gebruikt zullen worden bij de beoordeling van en toezicht op winningsplannen voor aardwarmtewinning.

Ter overweging wil ik tevens meegeven om regelgeving en het tijdelijk beleidskader (d.d. 14 november 2019), waar nodig, aan te passen.

Wettelijk kader en achtergrond

Normstelling integriteit afsluitende lagen

SodM vindt vanuit het oogpunt van veiligheid het behoud van integriteit van de afsluitende laag belangrijk. Aantasting hiervan kan namelijk als mogelijk gevolg hebben dat er formatiewater in een andere formatie gebracht wordt of dat er vloeistoffen uit andere gesteentelagen in het reservoir terecht komen. Mocht het formatiewater uit het reservoir naar zo'n interval kunnen vloeien of andersom, is er niet langer sprake van een gebalanceerd systeem, met mogelijk bodembeweging als gevolg. Deze risico's bestaan ook als scheurvorming ten dele wordt toegestaan. Hoewel de afsluitende laag vaak wordt gekarakteriseerd als een enkel type gesteente is dit niet het geval. Er wordt namelijk in dat geval geen rekening gehouden met de eventuele complexere gelaagdheid. Zo kan een klei/schalie pakket ook intervallen met permeabele zandsteen bevatten waarbij ook een beperkte scheur al tot aantasting van de integriteit van het reservoir kan leiden. Deze aantasting is irreversibel omdat de scheur met de huidige stand van de techniek niet te dichten is. Tevens is het voorspellen van scheurvorming binnen

een afsluitend laagpakket onderhevig aan grote onzekerheden en is het zeer moeilijk tot niet controleerbaar hoe de eventuele scheurvorming plaatsvindt.

Als er sprake is van injectie in delen van de afsluitende laag, gaat het formatiewater feitelijk naar een andere formatie dan waar het vandaan kwam. Dit kan dus leiden tot nadelige gevolgen voor milieu en mogelijk leiden tot bodembeweging. Volgens artikel 33 van de Mijnbouwwet moeten vergunninghouders alle maatregelen nemen die redelijkerwijs gevegd kunnen worden om dat te voorkomen. Artikel 67 van het Mijnbouwbesluit stelt dat schade door het stimuleren van voorkomen via een boorgat voorkomen moet worden. Volgens artikel 68 van het Mijnbouwbesluit dienen "stoffen uit de ondergrondse formaties onder controle worden gehouden." SodM is van mening dat dit slechts kan als de integriteit en bescherming van de afdichtende formaties (afsluitende lagen) boven en onder het reservoir wordt zeker gesteld. Daarnaast stelt artikel 1h van het voorstel voor wijziging van de Mijnbouwwet voor het aanpassen van het vergunningstelsel voor aardwarmte dat opgepompt formatiewater in dezelfde geologische formatie teruggevoerd dient te worden. Indien in een afsluitende laag geïnjecteerd wordt (ook al is het ten dele), is hier niet langer sprake van. Ten slotte stelt afdeling 8.5 van de Mijnbouwregeling dat afsluiting van een boorput dusdanig moet zijn dat er voorkomen wordt dat ondergrondse gassen en vloeistoffen door de sluitlaag naar andere gesteentelagen stromen (Artikelen 8.5.1.2 en 8.5.1.3). SodM is van mening dat dit niet mogelijk is als er scheurgroei door een afsluitende laag plaatsgevonden heeft, omdat de scheur met de huidige stand van de techniek niet te dichten is. Scheurvorming in de afsluitende laag moet daarom in beginsel al voorkomen worden.

Samengevat kan gesteld worden dat de gevolgen van het scheuren van de afsluitende laag met grote onzekerheden omgeven worden, het proces moeilijk te controleren is als het plaats zou vinden, en dat de gevolgen onomkeerbaar zijn waardoor extra voorzichtigheid geboden is. Het bestaande wettelijk kader onderschrijft dit ook. SodM beoordeelt daarom dat scheurgroei in de afsluitende lagen niet toegestaan kan worden. Scheurgroei in het reservoir is wel toegestaan, indien er voldaan wordt aan de randvoorwaarden die zijn beschreven in bijlage 1.

Waarom dit toezichtsignaal?

Bij de advisering op een winningsplan voor het winnen van aardwarmte wordt beoordeeld of het aardwarmtereservoir en de afsluitende lagen integer zijn en blijven gedurende de winning. Omdat in het verleden winningsplannen voor geothermie ontbraken, is deze beoordeling destijds gedaan en vastgelegd via de omgevingsvergunningen. Hiervoor konden operators gebruik maken van een injectieprotocol uit 2013 of een eigen onderbouwing aanleveren ter ondersteuning van de aangevraagde injectieparameters (druk, temperatuur en debiet).

Dit protocol uit 2013 is door TNO en SodM opgesteld en dient als conservatieve leidraad. Deze leidraad is toepasbaar tot een uitkoeling van het formatiewater van maximaal 40 °C (hierna afgekort als ΔT , het temperatuurverschil tussen de initiële formatietemperatuur en de temperatuur van het water bij herinjectie). SodM heeft in haar rol als adviseur en toezichthouder geconstateerd dat de mate van uitkoeling steeds groter wordt, en voorbij gaat aan de maximale ΔT van 40 °C.

Deze grotere uitkoeling heeft een ander risicoprofiel en vraagt aanpassing. Daarop heeft SodM het protocol aangepast in 2019, maar in overleg met uw ministerie nog niet publiek gemaakt. De aangepaste versie van het protocol is te vinden in bijlage 1. In het tweede en derde kwartaal van 2019 is er met uw ministerie besproken dat SodM dit aangepaste protocol zal toepassen als tijdelijke leidraad. Uw ministerie gaf aan dat deze normstelling past bij de rol van het bevoegd gezag en vergunningverlener en dat er al ideeën waren voor een nieuwe rekenmethode: een rekentool die momenteel door TNO-AGE ontwikkeld wordt. SodM heeft vervolgens aangegeven de aangepaste leidraad te zullen gebruiken tot er een bruikbare rekenmethode beschikbaar is.

Inmiddels is er gestart met een proces om in te stemmen met de winningsplannen. Helaas is de genoemde rekentool nog niet beschikbaar voor de sector. Evenmin is de leidraad uit 2019 gedeeld met de sector, terwijl SodM bij de advisering op de winningsplannen dit protocol wel toepast bij het beoordelen van de aangevraagde injectiedrukken, -debieten en -temperaturen. Indien er sprake is van ΔT groter dan 40 °C past SodM een correctie op de injectiedruk toe in haar adviezen. Dit houdt een correctie in van 1 bar vermindering in injectiedruk per graad temperatuurverschil boven de 40 °C. Deze adviezen zijn inmiddels kenbaar geworden binnen de sector, en daarmee is het beoordelingscriterium van SodM (in afwezigheid van een door uw ministerie vastgestelde norm) bekend. Operators hebben hier geen rekening mee kunnen houden bij het opstellen van de winningsplannen. Als gevolg hiervan is er onrust en onduidelijkheid ontstaan bij een aantal operators tijdens de behandeling van de winningsplannen. Er is behoefte aan een duidelijke norm.

Beoordelingskader integriteit afsluitende lagen

Omdat de aardwarmte operators niet kunnen beschikken over een duidelijke vastgestelde norm, is het nu mogelijk dat er onnodig gekort wordt op de injectieparameters. Daarom is SodM bereid om waar nodig de reeds gegeven adviezen op de ingediende winningsplannen te herzien, nadat de aanvragers een onderbouwing van de gewenste injectiedruk, -debiet en -temperatuur hebben ingediend. Ook zouden aardwarmteoperators die een winningsplan bij u hebben ingediend, maar waarop SodM nog niet heeft geadviseerd in de gelegenheid gesteld kunnen worden om aanvullingen aan te leveren in de vorm van het onderbouwen van de injectieparameters. Voor deze onderbouwing kan het aangepaste protocol of een eigen studie worden toegepast.

Het protocol uit 2019 geeft een berekeningsmethodiek weer voor het bepalen van de maximale injectiedruk bij verschillende temperaturen. Dit is een relatief simpele conservatieve berekening. De voornaamste vervanging ten opzichte van het 2013-protocol is de toepasbaarheid bij temperatuurverschillen groter dan 40 °C. Deze conservatieve benadering geeft operators wellicht minder operationele ruimte dan veilig mogelijk is. Er kan worden afgeweken van de methodiek indien er een goede onderbouwing wordt aangeleverd van de voorgestelde maximale injectiedruk in combinatie met minimale temperatuur. In deze onderbouwing is het noodzakelijk dat er wordt aangetoond dat injectie bij deze druk veilig en verantwoord is. De onderbouwing moet ten minste de volgende aandachtspunten bevatten:

1. een adequate geomechanische beschrijving van de afsluitende laag boven het geothermisch reservoir met onzekerheden,
2. een adequate beschrijving van het gebruikte model inclusief de onzekerheden,
3. een voorspelling van de te verwachte scheurgroei inclusief onzekerheden,
4. beheersmaatregelen om verdere scheurgroei te beperken en te monitoren,
5. een berekening of bepaling van het dynamisch drukval-effect.

In bijlage 2 ga ik nader in op bovenstaande onderdelen.

Toetsing toekomstige winningsplannen

Zoals eerder benoemd, werkt uw ministerie aan een methodiek inclusief een rekentool voor aardwarmteoperators om te kunnen berekenen of hun voorgenomen injectieplannen veilig en verantwoord uitgevoerd kunnen worden met betrekking tot de afsluitende lagen en het reservoir. In de tussentijd zal SodM als norm het bijgevoegde injectieprotocol uit 2019 aangevuld met bovenstaande overwegingen gebruiken om de integriteit van de afsluitende laag en het reservoir te toetsen.

Aanpassing van het Mijnbouwbesluit en de Mijnbouwregeling

Op dit moment worden door u voorstellen opgesteld voor het aanpassen van het Mijnbouwbesluit en de Mijnbouwregeling. Ter overweging wil ik meegeven om het Mijnbouwbesluit en de -regeling waar nodig aan te passen op de punten die ik in deze brief noem. Ik adviseer u ook om het tijdelijk beleidskader (d.d. 14 november 2019), waar nodig, overeenkomstig aan te passen.

Vanzelfsprekend ben ik bereid deze brief nader toe te lichten.

Hoogachtend,

T.F. Kockelkoren MBA
Inspecteur-generaal der Mijnen

Bijlage 1 - Protocol injectiedrukken

Protocol ter bepaling maximale injectiedrukken bij aardwarmtewinning - versie 3

SodM, april 2019

Inleiding

Dit document is een actualisatie van het gelijknamig protocol van 23 november 2013 (versie 2).

De wijzigingen betreffen voornamelijk een correctie voor het temperatuureffect en een beperking van de diepte waarbinnen dit protocol gebruikt kan worden.

Bij het produceren van aardwarmte wordt het afgekoelde reservoirwater weer terug gepompt in de ondergrond via een injectieput. De productie- en injectievolumes van een aardwarmtedoublet moeten met elkaar in evenwicht zijn. Om dit te bereiken, is er meestal extra druk nodig om het water in de ondergrond geïnjecteerd te krijgen.

Dit protocol is een richtlijn voor het bepalen van de maximale injectiedruk bij een aardwarmte-injectieput. Hierbij is het uitgangspunt het veiligstellen van de omgeving van de put bij de injectie van geothermisch water.

De vergunninghouder is verantwoordelijk voor het toepassen van een veilige injectiedruk. Dit protocol is een hulpmiddel dat bij veel conventionele aardwarmteprojecten toegepast kan worden. De toepasbaarheid van het protocol is beperkt tot een diepte van injectie tussen de 1500 m en 3000 m (TVD). Verder kunnen er locatie- en projectspecifieke beperkingen zijn, waarbij de injectiedruk op een andere manier bepaald moet worden.

Indien het protocol gevolgd wordt, dient er twee weken voordat er met het injecteren mag worden begonnen, een bepaling van maximale injectiedruk ter goedkeuring overlegd te worden aan SodM. Indien van dit protocol wordt afgeweken, geldt een termijn van vier weken. Deze injectiedruk moet goedgekeurd zijn voordat er met de injectie mag worden begonnen.

Randvoorwaarden

De maximaal toe te passen injectiedruk voor aardwarmtewinning moet voldoen aan een aantal randvoorwaarden:

- Alle bovengrondse en ondergrondse leidingen en verbuizingen (inclusief cement) moeten ontworpen en getest zijn op de te gebruiken druk en temperatuur.
- De injectie van water mag geen negatieve invloed hebben op de omgeving, bijvoorbeeld op aanwezige:
 - drinkwaterlagen
 - olie- en/of aardgasvelden of olie- en/of aardgasprospecten

- andere geothermische projecten en bodemenergiesystemen zoals warmte- en koude-opslag (WKO) projecten
 - ondergrondse aardgas- of CO₂-opslag
 - zoutcavernes.
- De injectie van water mag geen (schade veroorzakende) seismischeiteit veroorzaken.
- De gemiddelde initiële reservoirdruk dient te worden gehandhaafd om de integriteit van het reservoir en de afsluitende laag te borgen:
 - Het te injecteren water moet in hetzelfde reservoir worden gebracht als waar de productie uit geschiedt.
 - Het geïnjecteerde water moet binnen dit reservoir blijven; scheurvorming in de afsluitende laag moet worden voorkomen.
 - De productie- en injectievolumes van een aardwarmte-douplet moeten met elkaar in evenwicht zijn.

Berekeningsmethodiek

Om de maximale injectiedruk te bepalen kan gebruik worden gemaakt van de volgende berekening.

De maximale injectiedruk, de maximale Tubing Head Pressure (THP) op de injectieput is:

$$THP_{max} = TVD * (0,135 - dp) - \text{temperatuureffect [bar]}$$

Waarbij:

TVD	Verticale diepte van de injectieput, gemeten vanaf het maaiveld tot de top van het reservoir (gemeten in meters, TVD)
dp	Hydrostatische druk gradiënt van het lokale injectiewater als functie van het zoutgehalte (gemeten in bar/m)
0,135 bar/m	Deze constante waarde is gebaseerd op een conservatieve waarde voor de kleinste horizontale gesteentespanning.
Temperatuureffect	Indien de uitkoeling groter is dan 40 graden Celsius geldt voor elke graad extra uitkoeling, één bar temperatuureffect. Is de uitkoeling minder dan 40 graden Celsius dan vervalt deze term. = (dT - 40), waarbij dT de mate van uitkoeling is in graden Celsius.

Echter, indien de bovengrondse en ondergrondse leidingen en verbuizingen (inclusief cement) niet op de bepaalde maximale injectiedruk zijn getest maar op een lagere druk, dan geldt uiteraard deze geteste druk als maximale injectiedruk. Daarom is het noodzakelijk om ook de geteste drukken in de evaluatie van de maximale injectiedruk aan te geven.

Voorbeeld berekening:

TVD = 2000 m
dP = 0,105 bar/m
dT = 50 graden Celsius

$$THP_{max} = 2000 * (0,135 - 0,105) - (50 - 40) = 50 \text{ bar}$$

Casing is getest tot 45 bar

Conclusie: De maximale injectiedruk die is toegestaan is 45 bar

Afwijkingen van het protocol

Voor veel projecten (waar injectie plaats zal vinden op een diepte tussen de 1500 en 3000 m) zal dit protocol geschikt zijn. In sommige gevallen kan het nodig zijn om van het protocol af te wijken, omdat het protocol niet goed toepasbaar is door locatie- en projectspecifieke situaties. Zowel afwijkingen naar een kleinere als een grotere THP-waarde zijn mogelijk. Een goede onderbouwing van de voorgestelde maximale injectiedruk is noodzakelijk om aan te tonen dat injectie bij deze afwijkende druk verantwoord is.

SodM kan per project te allen tijde beslissen dat de protocol berekening niet van toepassing is.

Bijlage 2 – Aandachtspunten onderbouwing injectiedruk

Het protocol uit 2019 (Bijlage 1) geeft een berekeningsmethodiek weer voor het bepalen van de maximale injectiedruk bij verschillende temperaturen. Er kan worden afgeweken van de methodiek indien er een goede onderbouwing wordt aangeleverd van de voorgestelde maximale injectiedruk. In deze onderbouwing is het noodzakelijk dat er wordt aangetoond dat injectie bij deze afwijkende druk veilig en verantwoord is. De onderbouwing moet ten minste de volgende aandachtspunten bevatten:

1. Adequate beschrijving afsluitende laag en onzekerheden

Bij de beschrijving van de afsluitende laag moet gedacht worden aan 1) fysische gesteenteparameters, 2) het spanningsveld, 3) een beschrijving van de stratigrafie en 4) de ondergrondse structuur. Hieronder wordt nader ingegaan op deze punten.

Fysische eigenschappen materiaal

De fysische eigenschappen van de afsluitende laag moeten bekend zijn. Bij gesteenteparameters kan gedacht worden aan elasticiteitsmoduli (Young's Modulus, Poisson's ratio), thermische expansie coëfficiënt, en sterkte (UCS unconfined compressive strength) reksterkte (tensile strength) en eventueel ook triaxiale sterkte (cohesie/interne frictie). Dit soort analyses heeft SodM binnen de geothermiesector tot nu toe weinig gezien in aangeleverde plannen. In enkele gevallen wordt er gebruik gemaakt van akoestische logs, waarbij op basis van de akoestische golfsnelheid gesteente-eigenschappen berekend worden. Dit levert geschikte informatie over de verschillen binnen de formatie. De informatie wordt nog verder bruikbaar als de logs gekalibreerd worden op basis van metingen op intact kernmateriaal. Deze kunnen uit de boringen naar het aardoppervlak worden gehaald zodat er materiaal beschikbaar is om in het laboratorium de gesteente-eigenschappen onder statische condities te onderzoeken. Dit is al gangbaar binnen andere mijnbouwsectoren.

Spanningsveld

De limieten van de afsluitende laag zijn afhankelijk van de sterkte van de laag en het lokale spanningsveld en moeten daarom goed onderbouwd worden. Puttesten zoals (extended) leak off tests ("X)LOT") kunnen een belangrijk zijn om onzekerheden te verminderen. Deze kunnen een indicatie geven van de sterkte van de afsluitende laag in combinatie met het lokaal heersende spanningsveld (ook wel stressveld). Het lokaal heersende spanningsveld is te benaderen als de gesteenteparameters reeds bekend zijn. Ook deze testen zijn onderhevig aan onzekerheden als gevolg van aannamen, dus kunnen niet rechtstreeks gebruikt worden. Een zekere veiligheidsmarge is wenselijk.

Stratigrafie van de afsluitende laag en geologische structuur

Het moet duidelijk zijn welk gedeelte van een afsluitend pakket daadwerkelijk de afsluiting verzorgt. De stratigrafie kan bekend worden door bijvoorbeeld boorlogs (boorgruisanalyse tijdens de boring) in combinatie met gamma-raylogs.

Afsluitende lagen zijn vaak inhomogeen, niet een enkel homogeen pakket. Er kunnen binnen de afsluitende laag variaties zijn die van invloed kunnen zijn.

De afsluitende laag dient het gehele reservoir te bedekken. Ook de geometrie van de afsluitende laag in de ondergrond kan variëren. Afsluitende lagen kunnen wegvallen ('pinch out') doordat ze in de geologische geschiedenis ten dele niet zijn afgezet, of geërodeerd zijn. Dit is te verifiëren met behulp van meerdere 2D seismiek lijnen in combinatie met naburige boorputten, of 3D-seismiek met naburige putdata.

2. Adequate beschrijving van het gebruikte model inclusief de onzekerheden

Om combinaties van maximale injectiedruk en minimale injectietemperatuur te bepalen kan gebruik worden gemaakt van een model. Hierin wordt berekend of de afsluitende laag intact blijft of kan scheuren. Het gaat hier om de injectiedruk op reservoirniveau. Er moet duidelijk worden gemaakt hoe het model in elkaar zit, wat de aannamen zijn, wat de randvoorwaarden zijn en wat de daaruit volgende onzekerheden in het model zijn. Daarnaast is het van belang een onzekerheidsmarge in te bouwen.

Modelbeschrijving

Het injectieprotocol is in feite een eendimensionaal (1D) analytisch model op basis van enkele conservatieve aannamen, zoals de toename van de horizontale spanning met diepte (de spanningsgradiënt). Een aanpak waar met twee of drie dimensies gewerkt wordt, kan mogelijk de structuur in de ondergrond beter weergeven.

Echter kunnen meer vrijheidsgraden in het model ook leiden tot grotere onzekerheden in het model. Mogelijk kan een rekenmodel wel een oplossing berekenen, maar is deze geen adequate weergave van de werkelijkheid doordat de modelopzet niet correct was. De beschrijving van het model in termen van randvoorwaarden en gebruikte parameters is daarom van belang.

Onzekerheid in scheurgroeimodellen

Modellen die gebruikt worden om scheurgroei te berekenen, gaan vaak uit van geïdealiseerde situaties. Dit kan onterecht leiden tot zekerheid, omdat het model zelf niet ter discussie staat. Er bestaan verschillende benaderingen om scheurgroei te modelleren, elk heeft voor- en nadelen. Een beschrijving van de gebruikte modellen of berekeningen moeten daarom goed beschreven worden, inclusief waarom deze voor het project toepasbaar zijn.

3. Voorspelling van de te verwachte scheurgroei inclusief onzekerheden

Gegeven bovenstaande onzekerheden dient een scheurgroei-model aan te tonen hoe ver scheurgroei in het reservoir verwacht wordt, zowel in laterale zin (langs de gelaagdheid) als verticale zin (loodrecht op de gelaagdheid). Ook dient er op basis van de modellen, rekening houdend met de onzekerheden, een zekere veiligheidsmarge beschreven te worden. Dit kan bijvoorbeeld op basis van een

sensitiviteitsanalyse. Bij de voorspelling is het van belang dat de invoerparameters (druk, temperatuur) overeen komen met de limieten uit het winningsplan.

4. *Beheersmaatregelen om verdere scheurgroei te beperken en te monitoren.*

Beheersmaatregelen om te voorkomen dat scheurgroei plaatsvindt in de afsluitende laag dienen te worden beschreven. Hierbij kan gedacht worden aan de afstand van de perforaties in de injector tot afsluitende laag en veiligheidsmarges. Ook kan monitoring van injectiviteit mogelijk een aanwijzing geven dat scheurvorming plaatsvindt, waarop acties ondernomen kunnen worden zoals het verlagen van de injectiedruk of het afsluiten van injectie-intervallen in de put.

5. *Een berekening of bepaling van het dynamisch drukvalexpect.*

Eventueel moet nog een debietsafhankelijke drukval meegenomen worden om de druk aan het aardoppervlak (tubing head pressure THP) te relateren aan de druk op reservoirniveau (bottom hole pressure, BHP) tijdens injectie. Er zijn een aantal methoden om dit te berekenen. Deze zijn op basis van het verbuizingsschema (diameter/lengte) en wrijvingseffecten. Hierbij is het van belang dat het type berekening en de invoerparameters (vooral de wrijvingscoëfficiënt of ruwheid) beschreven worden. Het drukvalexpect kan ook worden bepaald op basis van een meting, door tijdens injectie de BHP te meten en te vergelijken met de THP bij verschillende debieten. Als er grote onzekerheden zijn voor de materiaaleigenschappen van de verbuizing, is de meting te verkiezen boven een berekening.