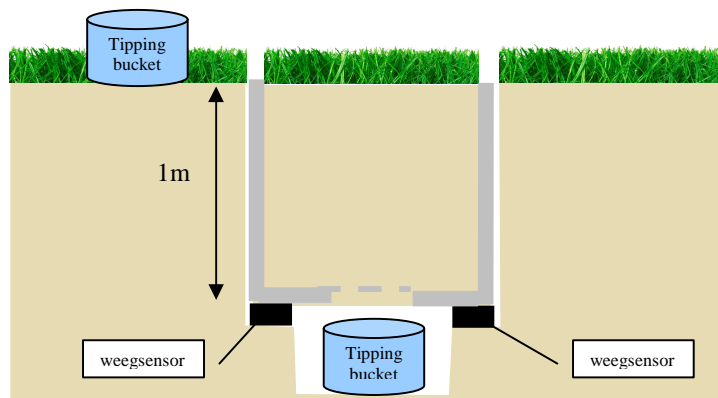

Tentamen Meten aan Water CT3412 (-MI)

Donderdag 8 december 2011
9:00-12:00 uur

Maak elke opgave op een apart nieuw vel voorzien van naam en studienummer!

1. LYSIMETER (25%)

Maurits berekent met de Penman-Monteith vergelijking de verdamping van een grasveld tijdens een vrij droge zomer. Wim meet ook de verdamping, maar hij gebruikt een lysimeter. De lysimeter die Wim gebruikt, bestaat uit een betonnen bak die gevuld is met grond waar gras op groeit. De betonnen bak kan gewogen worden. De onderkant van de betonnen bak is doorlatend en het gepercoleerde water wordt gemeten met een tipping bucket. Verder meet Wim vlak naast de lysimeter de neerslag, wederom met een tipping bucket. Met een waterbalansvergelijking kan Wim de verdamping berekenen. In onderstaande figuur is de lysimeter van Wim weergegeven.



- Welke 4 parameters moet Maurits meten om de verdamping te bepalen?
- Stel de waterbalansvergelijking van de lysimeter op en leg uit hoe Wim hieruit de verdamping kan bepalen.
- Maurits berekent een verdampingsflux van 4 mm/dag. Verwacht je dat Wim een hogere, lagere, of eenzelfde verdampingsflux zal meten? Leg je antwoord uit.
- Wim heeft het idee dat het gras in zijn lysimeter groener is dan de omgeving en vreest dat de lysimeterresultaten dus niet representatief zijn. Hoe zou Wim kunnen meten of de bodemcondities in de lysimeter gelijk zijn aan die van de omgeving?
- Wat voor probleem kunnen we verwachten als het gaat sneeuwen? Hoe kunnen we dit oplossen?

2. SAMPLING EN FILTERING (25%)

Stel je voor: je bent Julien of Jeroen en je krijg onderstaande mail. Leg (in netjes, goed Nederlands!) uit waarom Thoms voorstel een slecht idee is en geef een (ongevraagd) advies hoe er wel correct gemeten kan worden. Maak hierbij gebruik van de termen aliasing en filtering. Doe dit in maximaal een half A4tje.

De mail:

Beste heren Dicker en van den Elzen,

met interesse heb ik de demonstraties gevolgd van de sensoren die ontwikkeld zijn binnen het practicum van vak "Meten aan Water". Uw zouttong-sensor in het bijzonder heeft mijn aandacht getrokken. Graag zou ik deze sensor willen gebruiken om het zout-concentratieprofiel te meten bij onze drinkwater-inlaat bij Tiel. Momenteel worden daar wekelijks (maandag, 8.00 am) waterkwaliteitsmetingen gedaan. Kunt u binnenkort bij onze organisatie een demonstratie van uw sensor komen geven zodat onze medewerkers de meting van de zouttong kunnen toevoegen aan de wekelijkse waterkwaliteitsmetingen die ze nu al doen?

In afwachting van u antwoord, met vriendelijke groet,

*Thom Janssen,
hoofd meetnetwerk,
Water-sync, drinkwaterbedrijf land van Maas en Waal.*

{dit is een fictieve mail, enige gelijkenis met personen of organisaties berust geheel op toeval}

3. STEDELIJK WATERBEHEER – RIOLERING (25%)

Figuur 1 geeft de kaart van de Harnaschpolder, een nieuw ontwikkelde woonwijk in de buurt van Delft. De wijk ligt in een poldergebied met een gemiddeld maaiveldniveau van NAP-0.1 m. De totale oppervlakte bedraagt 27 ha. Het gebied is voorzien van een gemengd rioolstelsel met een totale lengte van ongeveer 1000 m. Bij M (zie figuur 1) staat een rioolpompstation en er zijn 2 gemengde overstorten, aan de noord- en zuidzijde van het gebied (op figuur 1 aangegeven met een rode pijl).

- Geef 3 doelstellingen voor het verrichten van metingen in een gemengd rioolstelsel;
- Als de doelstelling het kalibreren van een hydrodynamisch rioolmodel is, welke parameters moeten dan in elk geval worden gemeten?
- Je wordt gevraagd een advies te geven voor het meetplan: welke sensoren zou je installeren en op welke locaties? Motiveer je antwoord.

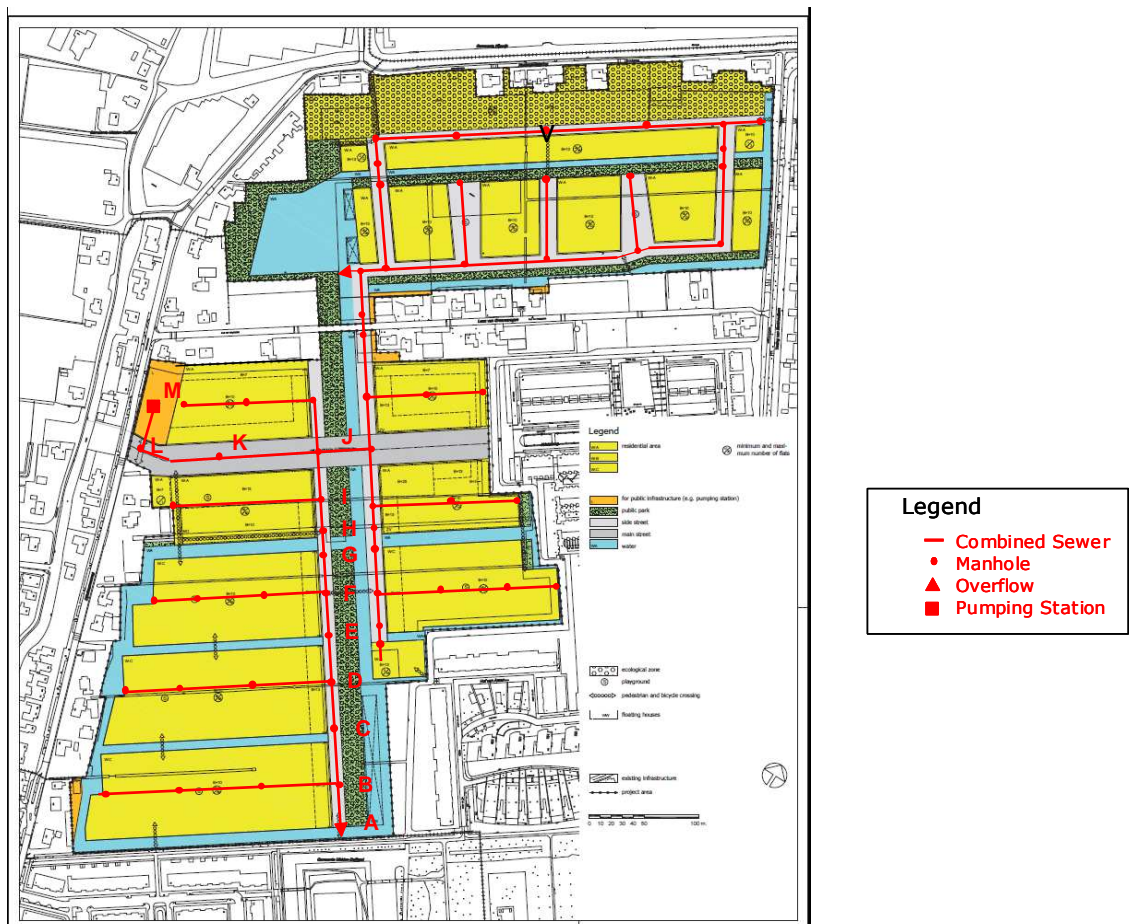


Figure 1 Ontwerptekening van een gemengd rioolstelsel voor de woonwijk Harnaschpolder

4. **RIVERS & DELTA'S (25%)**

- a. Wanneer beschouwt men een vloeistof als onsamendrukbaar?
- b. Wat is het verschil tussen turbulente en laminaire stroming?
- c. Wat betekent dynamisch gelijkvormig? En geometrisch gelijkvormig?
- d. Water stroomt met een gemiddelde snelheid $U = 0,5\text{m/s}$ door een buis met inwendige diameter $D=0,03$ m. Neem aan dat de dynamische viscositeit gelijk is aan 1×10^{-3} kg/m/s. Bepaal of de stroming laminair of turbulent is.
- e. Een vliegtuig vliegt met een snelheid van 885 km/u en gegeven is dat de voorplantingssnelheid van geluid gelijk is aan 292 m/s. Bepaal de waarde van het getal van Mach.
- f. In een probleem spelen de volgende grootheden een rol:
 - Lengte l
 - Massadichtheid ρ
 - Dynamische viscositeit η
 - Zwaartekrachtsversnelling g
 - Snelheid U

Ga na hoeveel onafhankelijke dimensieloze parameters hieruit gevormd kunnen worden en leid die af.

Antwoorden

Vraag 1

- netto straling, wind snelheid, relatieve vochtigheid en temperatuur
- Neerslag-Percolatie-Verdamping=Bergingsverschil in lysimeter. Dus de verdamping = $P-R-dS/dt$. Alle termen rechts worden gemeten.
- Wim zal waarschijnlijk een lagere verdampingsflux meten. Hij meet de actuele verdamping ('moisture constrained'), terwijl Maurits de potentiële verdamping ('moisture unconstrained') meet.
- Wim zou het bodemvocht kunnen meten in de lysimeter en in de omgeving. Dit zou gelijk moeten zijn.
- Tipping buckets werken niet goed => verwarmingselement

Vraag 4

- Als $Ma \ll 1$ (oftewel $u \ll c$). In dat geval is de relatieve volumeverandering ($\Delta V/V$) bij een gegeven druktoename Δp veel kleiner dan 1.
- Turbulent: chaotische, wervelende stroming ($Re \gg 500$ voor stroming met een vrij oppervlak)
Laminair: stroperige, rustige gelaagde stroming. ($Re \ll 500$ voor stroming met een vrij oppervlak)
- Dynamisch gelijkvormig betekent dat voor de beschouwde situaties (bijv. een rivierarm en een schaalmodel van die rivierarm) de dynamische dimensieloze getallen (Re , Fr) hetzelfde zijn. Geometrisch gelijkvormig betekent dat de dimensieloze geometrische kentallen gelijk zijn voor prototype en schaalmodel.

d)

$$Re_{water} = \frac{\rho u l}{\eta} = \frac{1000 \cdot 0,5 \cdot 0,03}{110^{-3}} = 15000 \rightarrow \text{turbulent}$$

e) $Ma = u/c = 885 * 1000 / 3600 / 292 = 0.84$ (dimensieloos!)

- f) Schrijf eerst de dimensies van de grootheden op:

l	L
ρ	M/L ³
η	M/LT
g	L/T ²
u	L/T

Buckingham pi-theorema: Als we te maken hebben met I grootheden en J dimensies, dan kunnen we het aantal van I-J dimensieloze grootheden vormen.

In dit geval: $I=5$ en $J=3$ (M,L,T), dus we kunnen 2 dimensieloze grootheden vormen. Vorm de eerste dimensieloze parameter door bijv. met ρ te beginnen en de dimensie M te elimineren met η (dus $\rho \cdot \eta$), daarna elimineren we T met u (dus $\rho u \cdot \eta$), en dan gebruiken we l om L te elimineren. We vinden dan de eerste dimensieloze parameter $\rho u l / \eta$ (=Re!).

De tweede parameter kunnen we vinden door bijv. te starten met u en de dimensie T

te elimineren met g (dus $u \cdot \sqrt{g}$) en vervolgens L te elimineren met l . We vinden dan de tweede dimensieloze parameter u/\sqrt{gl} (=Fr!).