



# Naar een mechanistisch begrip van water en nutriënten in hybride sportvelden

Thomas Evers en Martin Brummel  
Thomas namens Lumbricus  
20-3-2024

# Introductie

---

- Wie ben ik?
  - MSc studie Earth and Environment, WUR
  - Research en Developement, Lumbricus
- Focus op bodem-plant interacties, hydrologie, kartering, statistiek, modellering, etc.



# Inhoud

---

- Aanleiding
- Materialen en Methode
- Resultaten en discussie
- Conclusies en aanbevelingen
- Implicaties en Next Steps





# Aanleiding

---

- Waargenomen verschillen tussen natuurgras en hybride sportvelden met betrekking tot water- en nutriëntenmanagement.
- Geen eerdere mechanistische onderzoeken naar water-/nutriëntenbalans of uitspoeling onder sportvelden.
- Verkrijgen van mechanistische kennis van water en nutriëntendynamiek in bodems om beheer te optimaliseren en verliezen te minimaliseren.



# Onderzoeksvragen

---

- 1) Wat is het effect van hybridevelden op de uitspoeling van stikstof onder de huidige bemestingsregimes?
  - a. Wat is het verschil tussen natuur- en hybridevelden wat betreft de stikstofuitspoeling?
  - b. Wat is het effect van textuur op de uitspoeling van stikstof? (normering toplaag)
  - c. Wat is het effect van verschillende bemesting strategieën (mineraal of organisch) op de uitspoeling van stikstof?
- 2) Welke mechanisme met betrekking tot de stikstofbalans spelen een significante rol in de uitspoeling van de stikstof zoals deze is waargenomen?
- 3) Wat zijn de eventuele aanbevelingen om stikstofuitspoeling te verminderen onder hybridevelden?





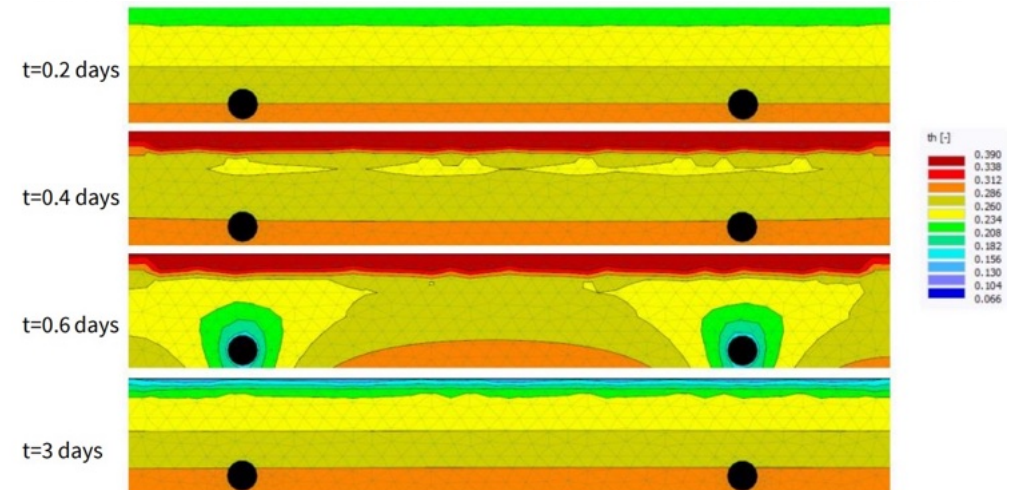
# Proefopzet

## 1) Experimenten



Meetbare verschillen en kalibratiedata voor modellen

## 2) Modellen



Mechanistisch begrip en schaalbaarheid



# Experimenten: opbouw

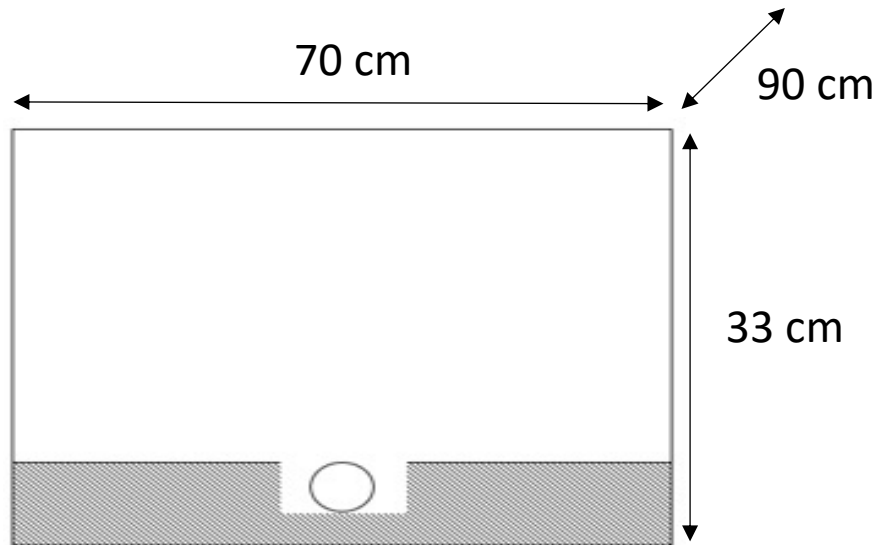
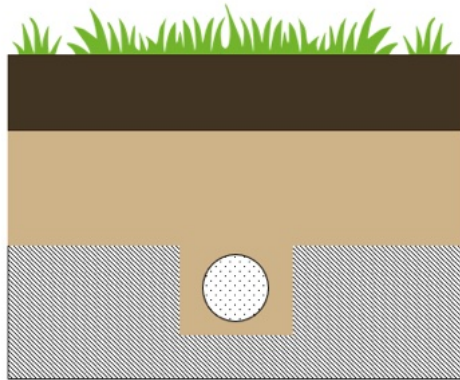


Foto Joep Laan (UniFarm)

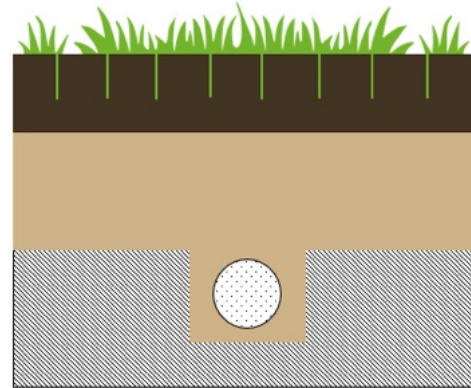
# Experimenten: grastype

---

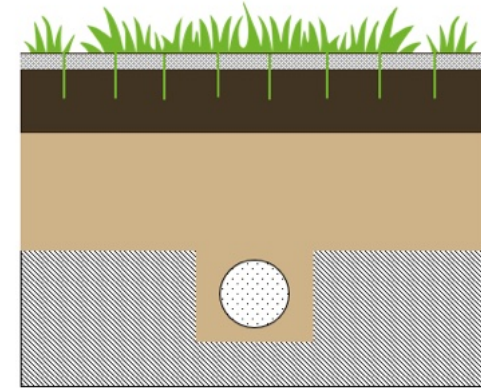
1) Natuurgras



2) Ingehaaide kunstvezel



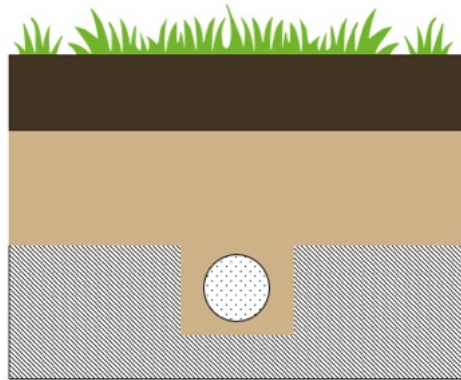
3) Hybride mat



# Experimenten: grastype

---

## 1) Natuurgras

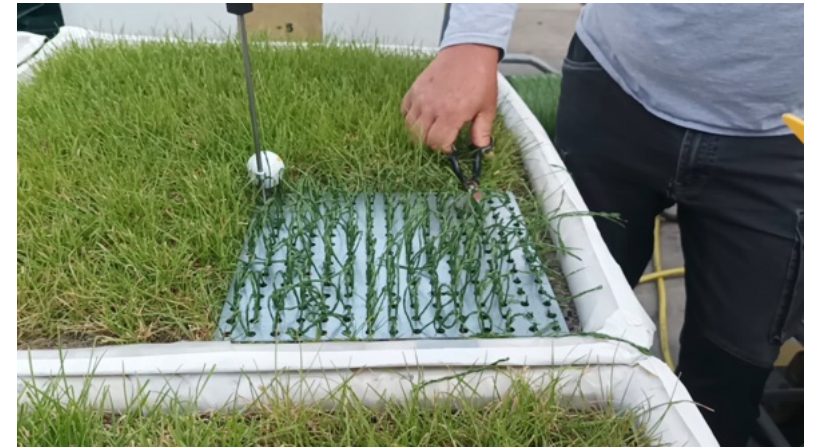
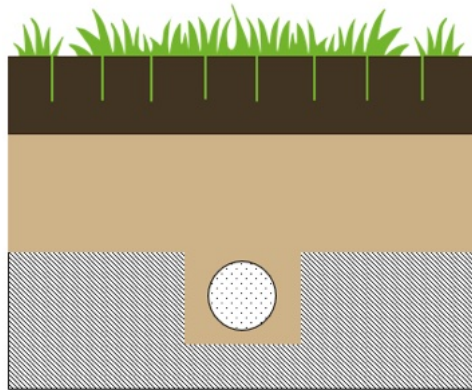


Grastype: Engels raaigras

# Experimenten: grastype

---

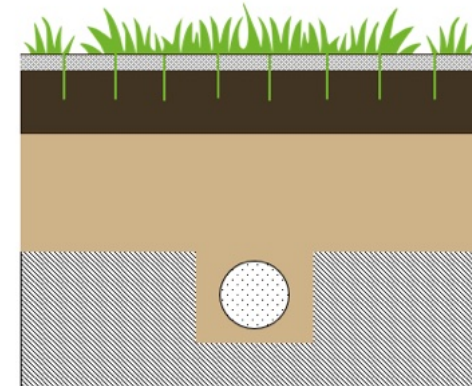
## 2) Ingenaaide kunstvezel



# Experimenten: grastype



3) Hybride mat



# Experimenten: textuur

---



1) M50 **210 $\mu$**  (80/20 zand-turf)

2) M50 **300 $\mu$**  (80/20 zand-turf)

Organischestofgehalte ca. 1-2 %

# Experimenten: bemestingstype

---

64 kg N ha<sup>-1</sup>



1) Minerale meststof  
(ICL Greenmaster pro lite 14-5-10)

2) Organische meststof  
(DCM Vital green 14-4-8)

# Experimenten

---

3 grastype

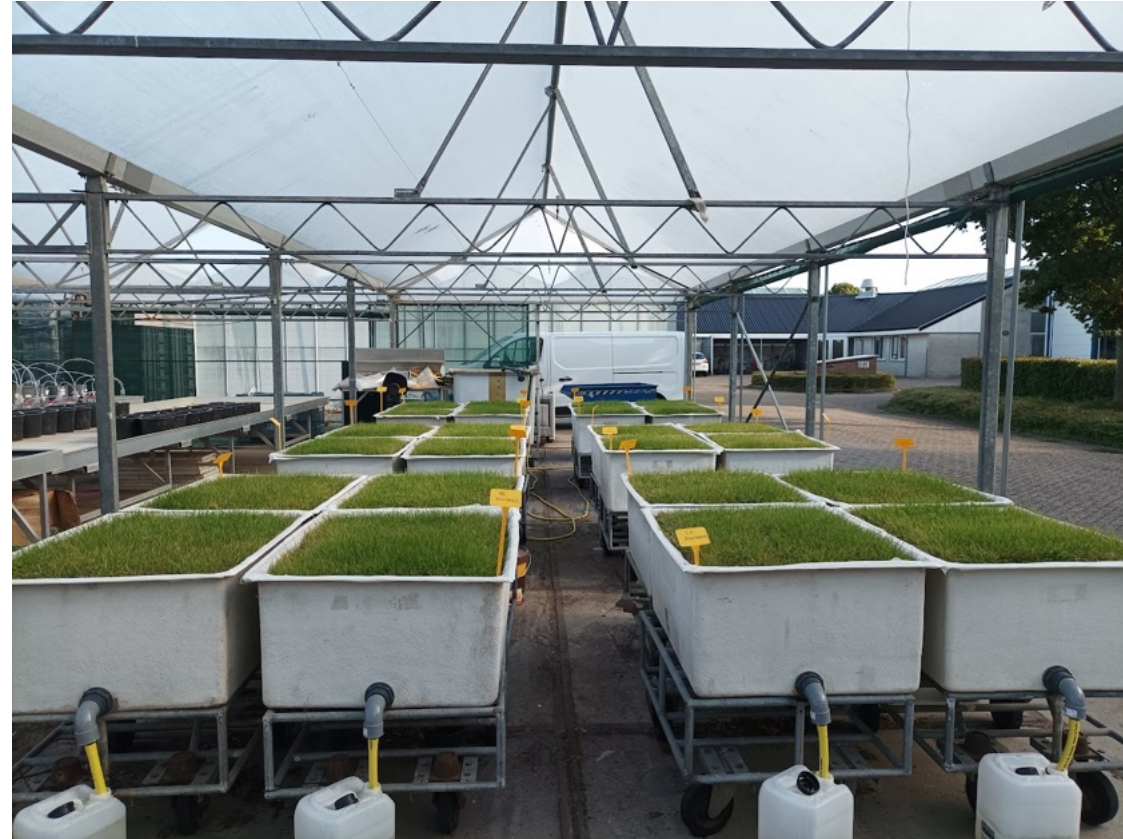
2 texturen

2 bemestingstype

2 herhalingen

---

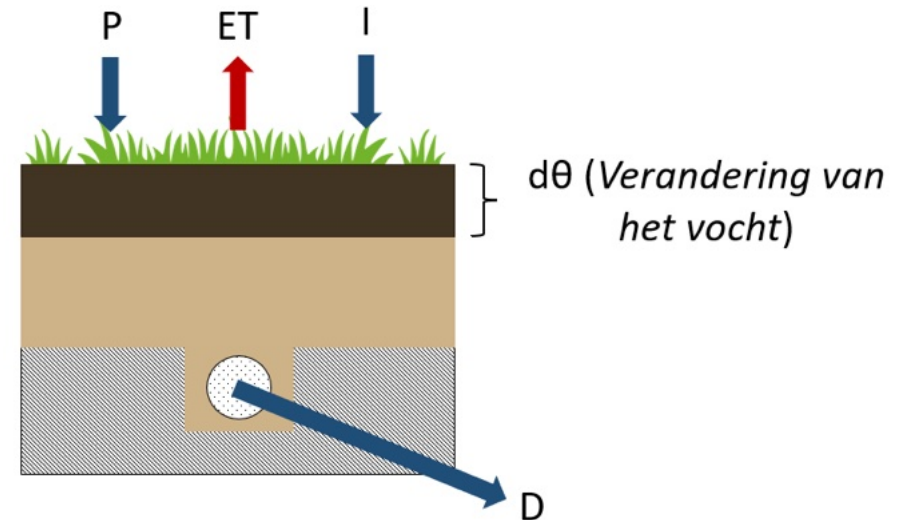
Totaal 24 bakken





# Experimenten: onderhoud

- 1) Irrigatieschema
  - 3 keer per week irrigatie
  - Hoeveelheid afhankelijk van verdamping
  - Altijd (veel) meer dan verzadiging (uitspoeling)
- 2) Wekelijks knippen en opvangen

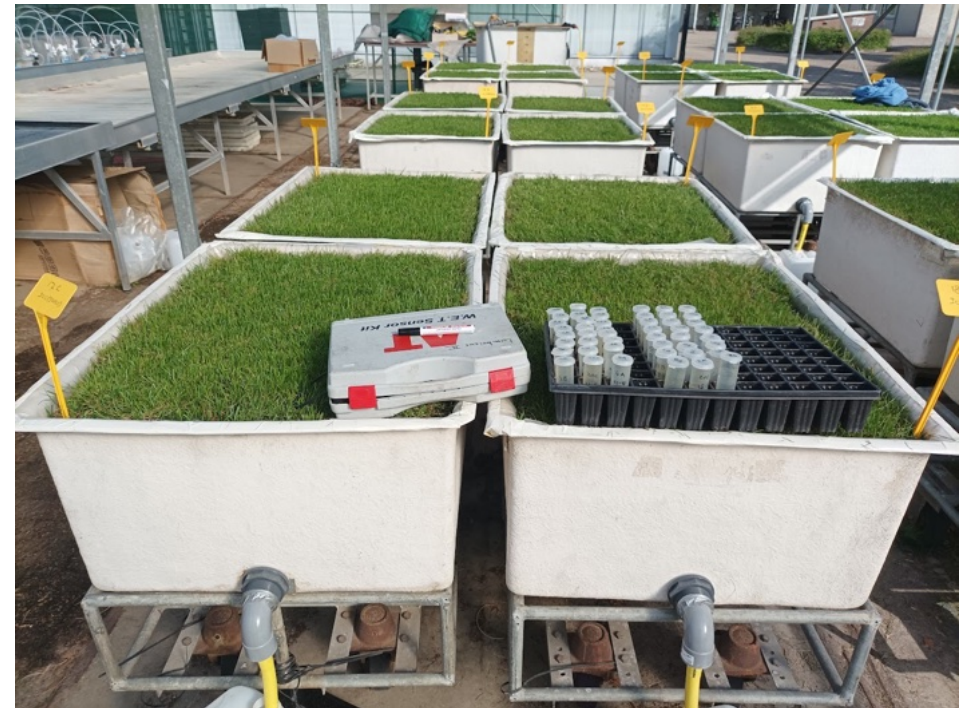


# Experimenten: metingen

---

Wekelijkse metingen gedurende 6 weken:

- 1) Volume uitgespoeld water
- 2) Labanalyse van N in uitgespoeld water (persulfaat destructie)
- 3) Biomassa maaisel
- 4) Concentraties N en C in maaisel
- 5) Vochtgehalte en EC (3-4 keer per week)

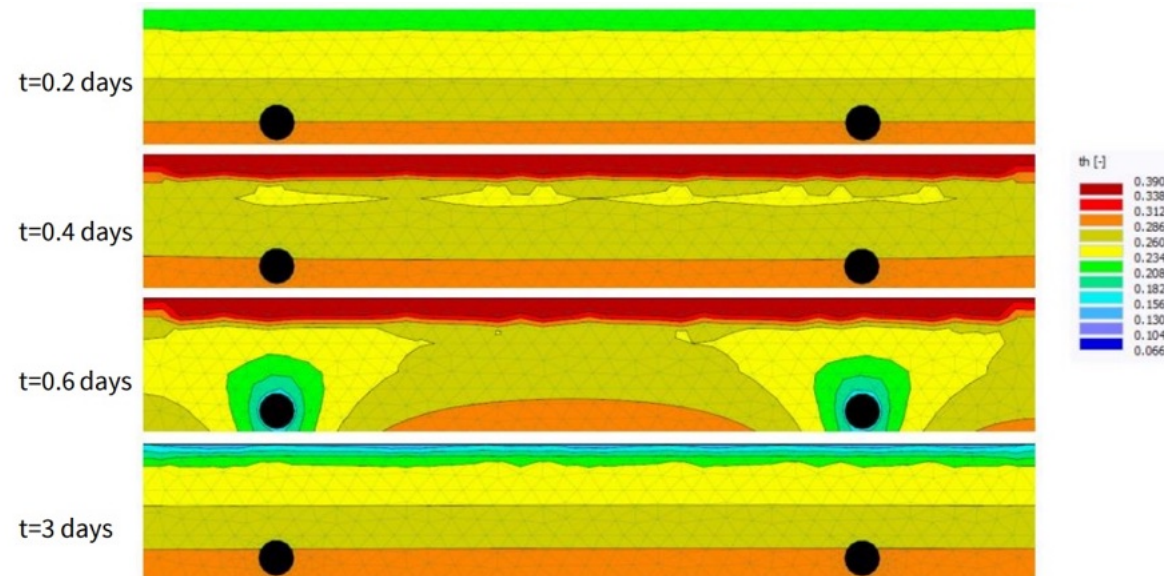


# Modellering

## Hydrus 2D/3D

- Transport van water en opgeloste stoffen
- Mechanistisch begrip (in de bodem kijken)

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( K(h) \cdot \frac{\partial h}{\partial z} + K(h) \right) - S(z, t)$$





# Overzicht Statistiek

- Lineaire regressie (normaalverdeling)
  - Effect textuur
  - Effect bemesting
  - Effect grastype
- Enkel significante effecten worden meegenomen
- Tukey-test voor subgroepen
- Overige vergelijkingen met ANOVA of non-parametrische testen

## Regression

**Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	F, T, G <sup>b</sup>	.	Enter

a. Dependent Variable: CumNupt

b. All requested variables entered.

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.923 <sup>a</sup>	.851	.796	.15758

a. Predictors: (Constant), F, T, G

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.139	3	.380	15.285	.001 <sup>b</sup>
	Residual	.199	8	.025		
	Total	1.337	11			

a. Dependent Variable: CumNupt

b. Predictors: (Constant), F, T, G

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.705	.227		16.291	.000
	G	.065	.056	.159	1.168	.276
	T	.316	.091	.474	3.478	.008
	F	-.518	.091	-.776	-5.692	.000

a. Dependent Variable: CumNupt

# Overzicht Statistiek

- Lineaire regressie (normaalverdeling)
  - Effect textuur
  - Effect bemesting
  - Effect grastype
- Enkel significante effecten worden meegenomen
- Tukey-test voor subgroepen
- Overige vergelijkingen met ANOVA of non-parametrische testen

## Regression

### Variables Entered/Removed<sup>a</sup>

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	F, T, G <sup>b</sup>	.	Enter

a. Dependent Variable: CumNupt

b. All requested variables entered.

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.923 <sup>a</sup>	.851	.796	.15758

a. Predictors: (Constant), F, T, G

### ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.139	3	.380	15.285	.001 <sup>b</sup>
	Residual	.199	8	.025		
	Total	1.337	11			

a. Dependent Variable: CumNupt

b. Predictors: (Constant), F, T, G

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.705	.227		16.291	.000
	G	.065	.056	.159	1.168	.276
	T	.316	.091	.474	3.478	.008
	F	-.518	.091	-.776	-5.692	.000

a. Dependent Variable: CumNupt

# Overzicht Statistiek

- Lineaire regressie (normaalverdeling)
  - Effect textuur
  - Effect bemesting
  - Effect grastype
- Enkel significante effecten worden meegenomen
- Tukey-test voor subgroepen
- Overige vergelijkingen met ANOVA of non-parametrische testen

## Regression

**Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	F, T, G <sup>b</sup>	.	Enter

a. Dependent Variable: CumNupt

b. All requested variables entered.

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.923 <sup>a</sup>	.851	.796	.15758

a. Predictors: (Constant), F, T, G

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.139	3	.380	15.285	.001 <sup>b</sup>
	Residual	.199	8	.025		
	Total	1.337	11			

a. Dependent Variable: CumNupt

b. Predictors: (Constant), F, T, G

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.705	.227		16.291	.000
	G	.065	.056	.159	1.168	.276
	T	.316	.091	.474	3.478	.008
	F	-.518	.091	-.776	-5.692	.000

a. Dependent Variable: CumNupt

# Overzicht Statistiek

- Lineaire regressie (normaalverdeling)
  - Effect textuur
  - Effect bemesting
  - Effect grastype
- Enkel significante effecten worden meegenomen
- Tukey-test voor subgroepen
- Overige vergelijkingen met ANOVA of non-parametrische testen

## Regression

Variables Entered/Removed<sup>a</sup>

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	F, T, G <sup>b</sup>	.	Enter

a. Dependent Variable: CumNupt

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.923 <sup>a</sup>	.851	.796	.15758

a. Predictors: (Constant), F, T, G

ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.139	3	.380	15.285	.001 <sup>b</sup>
	Residual	.199	8	.025		
	Total	1.337	11			

a. Dependent Variable: CumNupt

b. Predictors: (Constant), F, T, G

Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.705	.227		16.291	.000
	G	.065	.056	.159	1.168	.276
	T	.316	.091	.474	3.478	.008
	F	-.518	.091	-.776	-5.692	.000

a. Dependent Variable: CumNupt

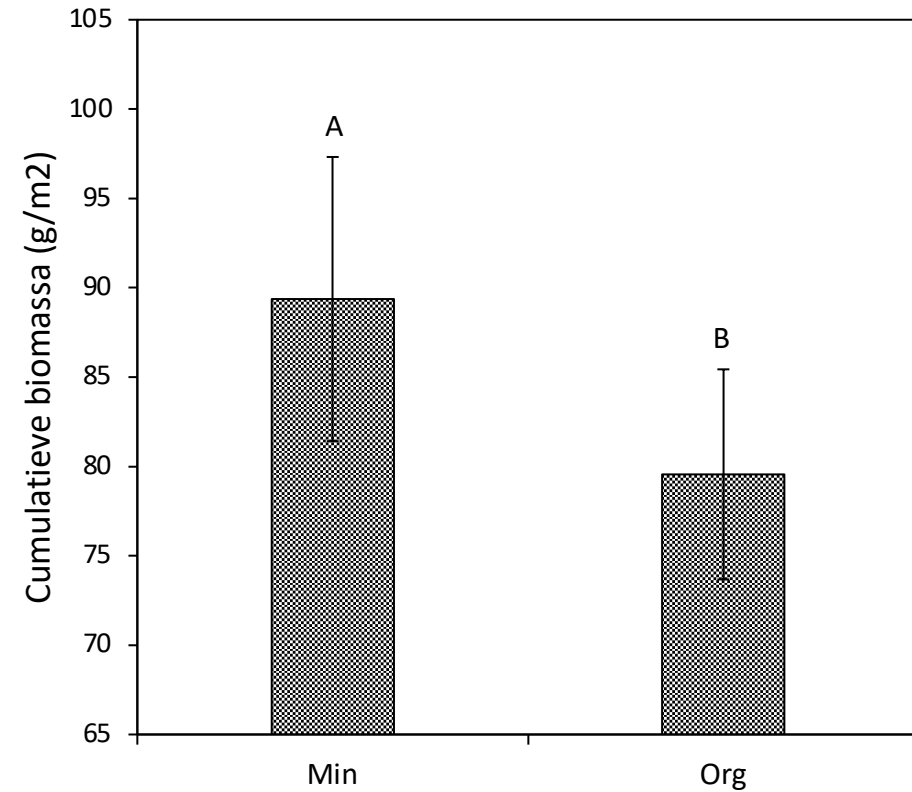




# Plantgroei: Biomassa

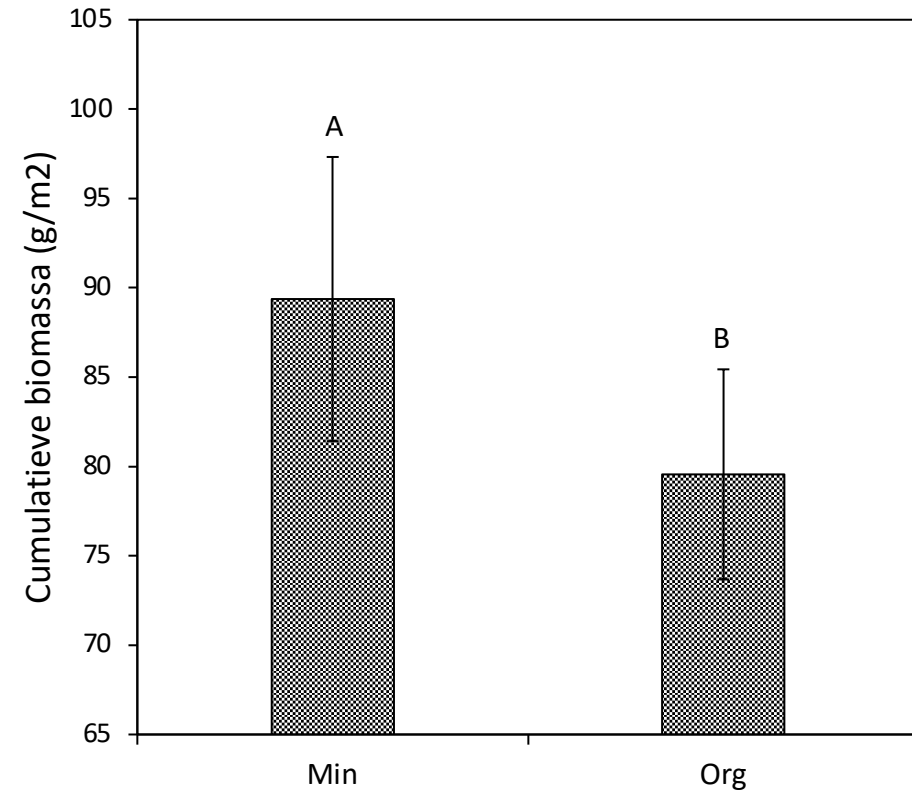
---

- Effect van getoetste variabelen:
  - Textuur
  - Grastype
  - Bemestingstype



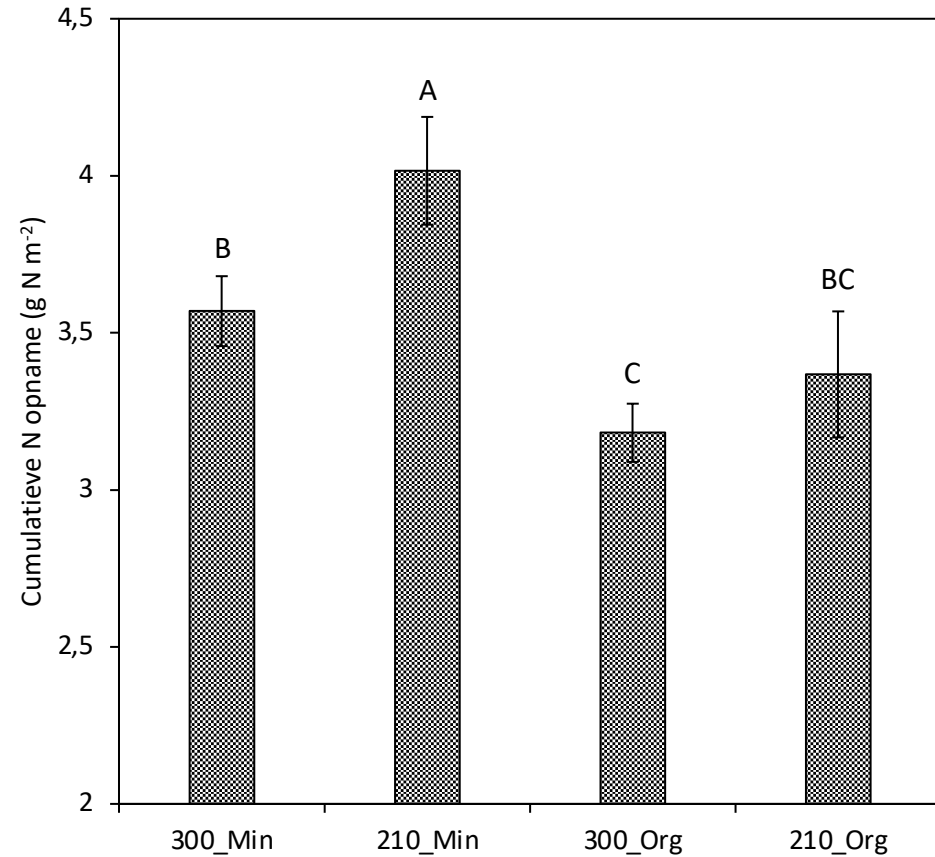
# Plantgroei: Biomassa

- Effect van getoetste variabelen:
  - Textuur
  - Grastype
  - Bemestingstype
- Verschil organisch en mineraal
  - 6 maanden en 6 weken
  - Mineralisatie



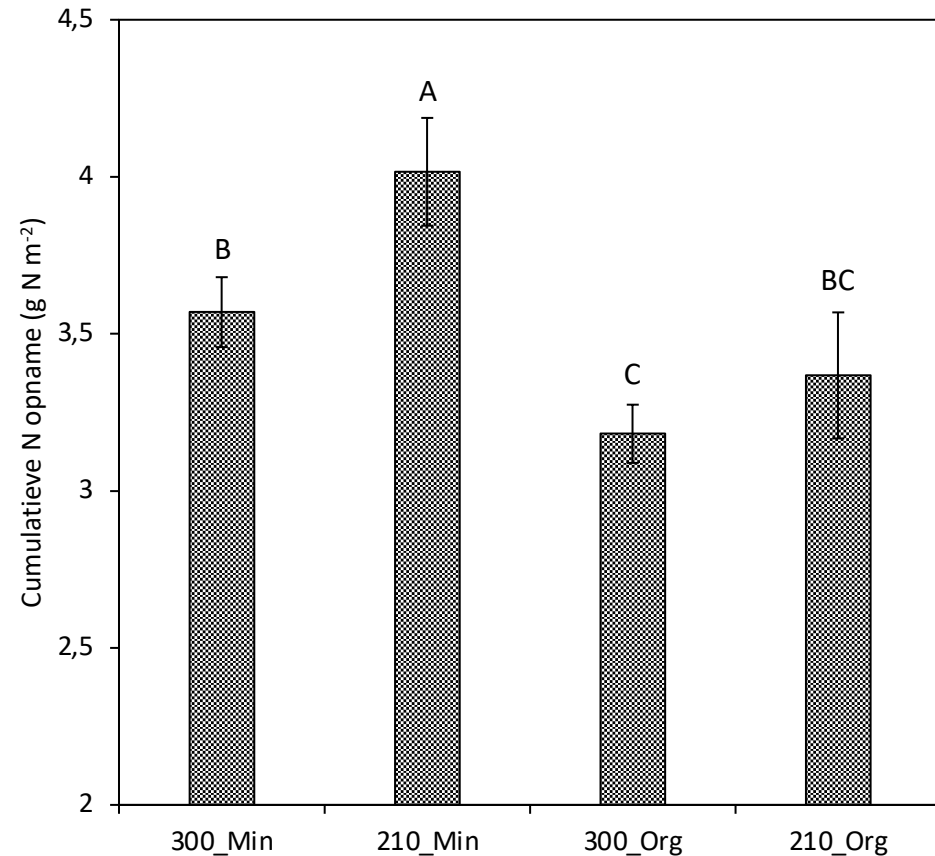
# Plantgroei: N-opname

- Effect van getoetste variabelen:
  - Textuur
  - Grastype
  - Bemestingstype



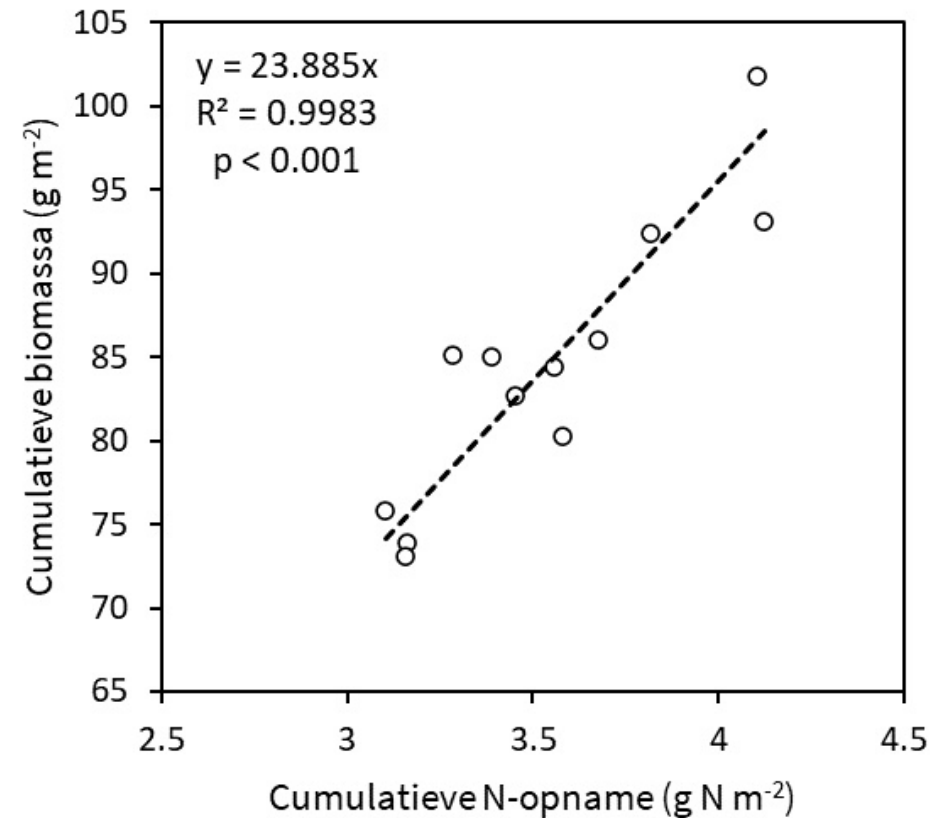
# Plantgroei: N-opname

- Effect van getoetste variabelen:
  - Textuur
  - ~~Grastype~~
  - Bemestingstype
- Interactie tussen textuur en bemestingstype
  - 210\_min > 300\_min > 210\_org > 300\_org
- Verklaring: Mineralisatie in combinatie met waterdoorlaatbaarheid.



# Plantgroei: Biomassa en N-opname

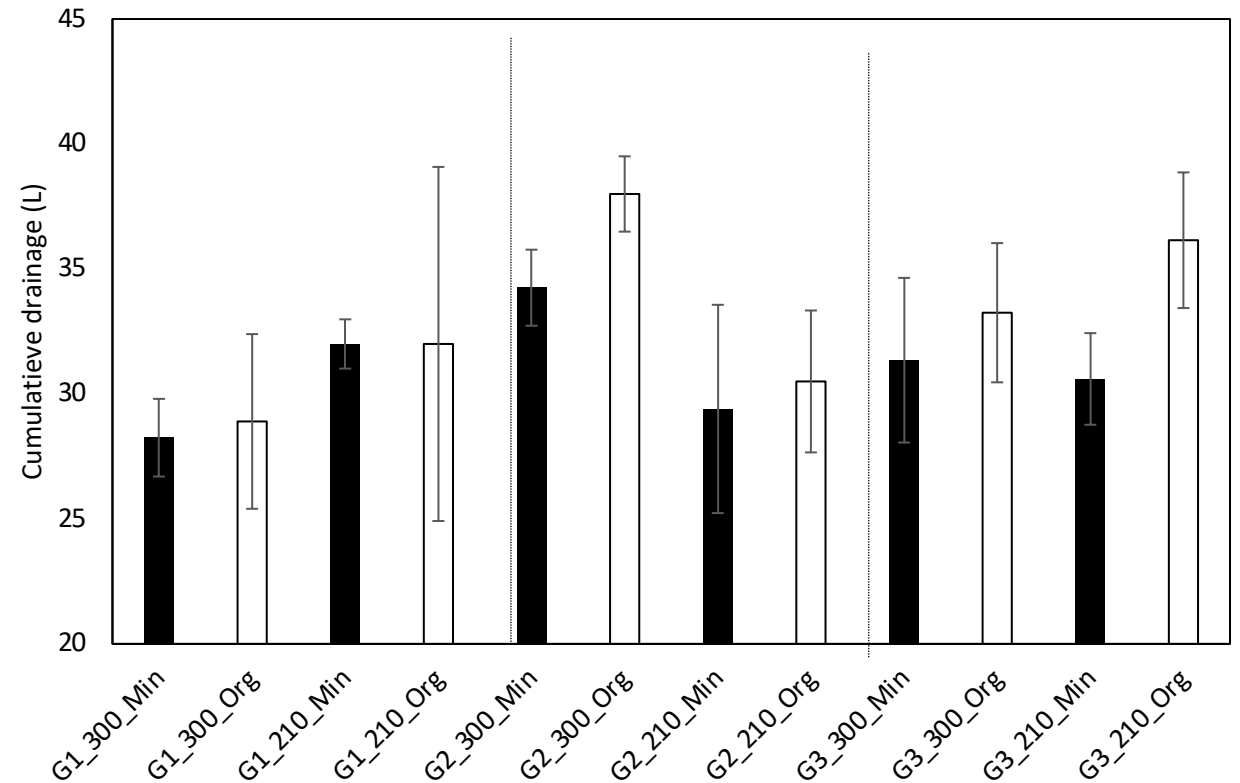
- Sterke relatie tussen N-opname en biomassa productie.
- Gemiddeld %-N in biomassa is 4.35%
  - Overeenkomstig met literatuur
  - Hoge opname-efficiëntie → implicaties voor uitspoeling





# Hydrologie: Drainage

- Effect van getoetste variabelen:
  - Textuur
  - Grastype
  - Bemestingstype





# Hydrologie: Drainage

- Effect van getoetste variabelen:
  - ~~Textuur~~
  - ~~Grastype~~
  - ~~Bemestingstype~~
- **Geen** statistische verschillen in cumulatieve drainage tussen bakken.
- Verklaring: Bodemeigenschappen?

ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	51.047	3	17.016	2.411	.142 <sup>b</sup>
	Residual	56.459	8	7.057		
	Total	107.506	11			

a. Dependent Variable: CumDrain

b. Predictors: (Constant), T, G, F

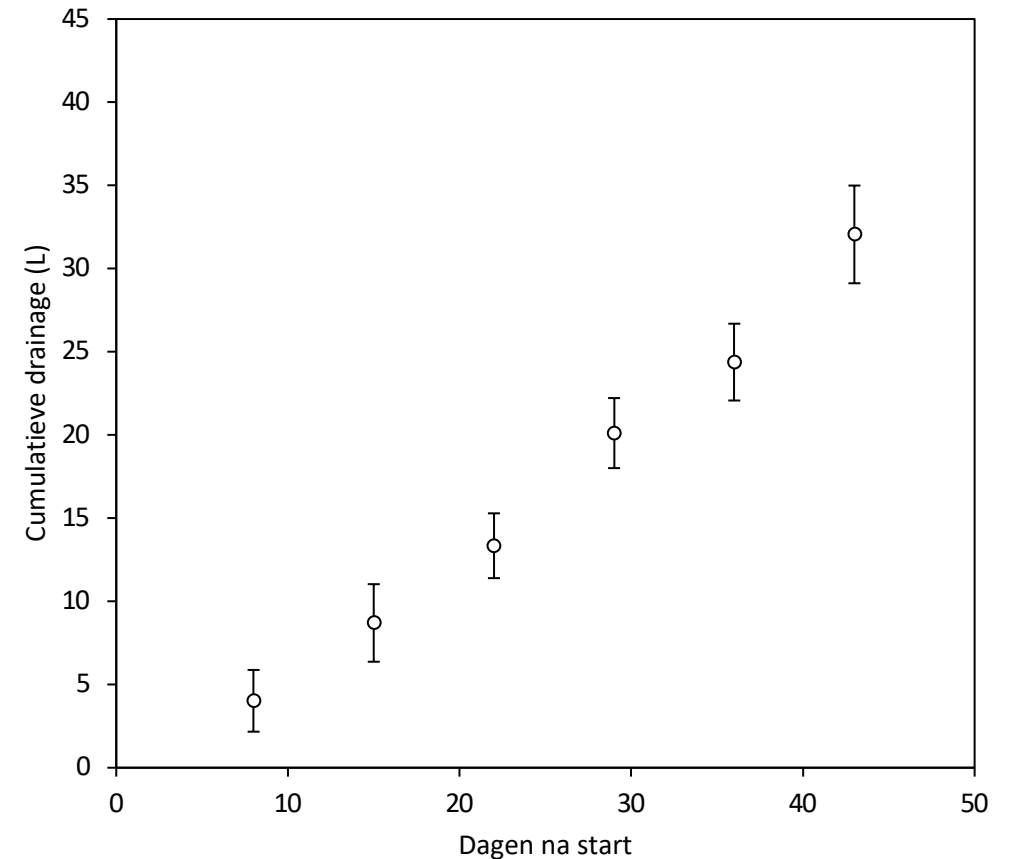
Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	27.486	2.301		11.947	.000
	F	2.767	1.534	.462	1.804	.109
	G	1.732	.939	.472	1.844	.102
	T	-1.167	1.534	-.195	-.761	.468

a. Dependent Variable: CumDrain

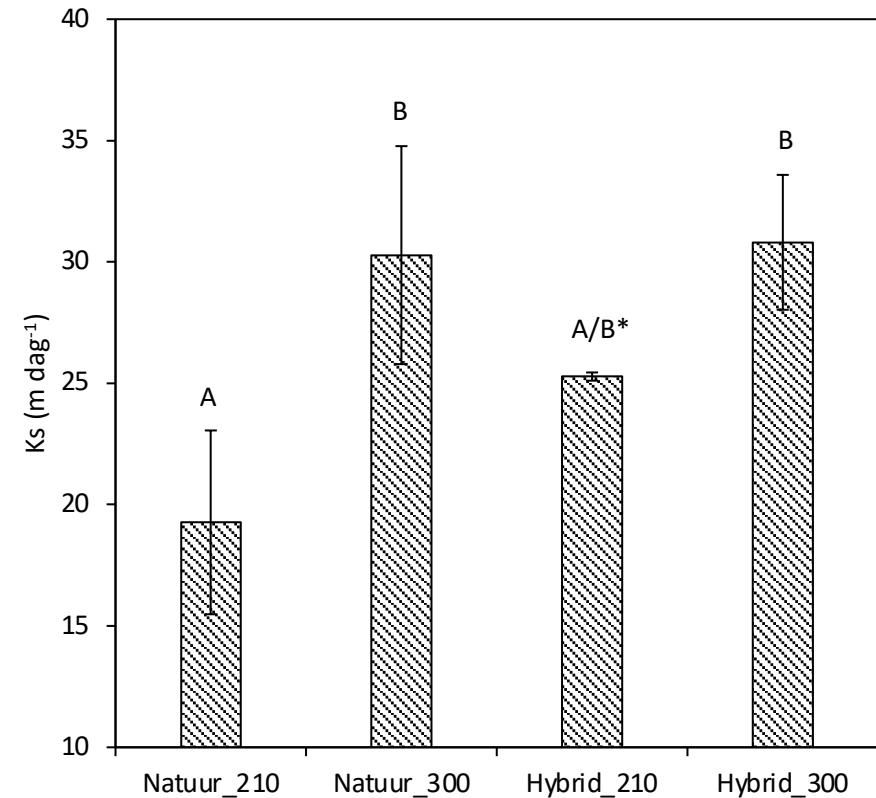
# Hydrologie: Drainage

- Geen verschil tussen behandelingen, dus het gemiddelde is een goede weerspiegeling.
- Wekelijkse drainage is nagenoeg hetzelfde.
  - Validatie van irrigatie en methode.
- Gemiddelde cumulatieve drainage van 32 L.



# Hydrologie: Bodemeigenschappen

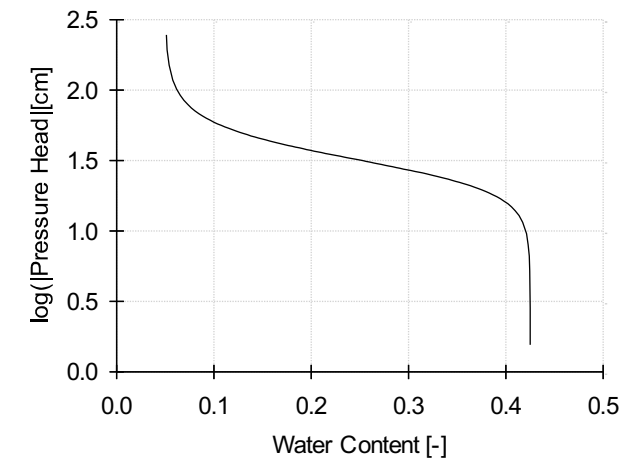
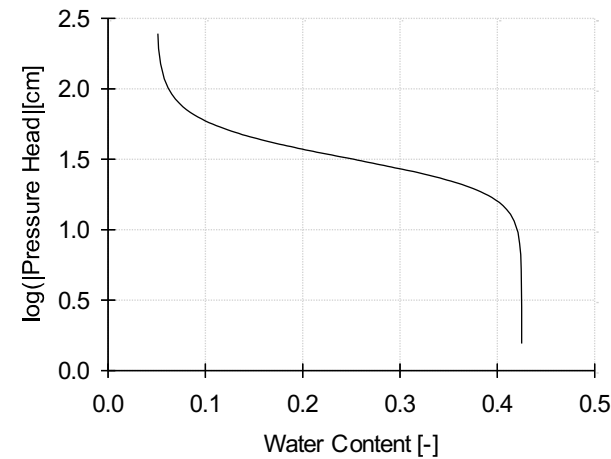
- Een van de belangrijkste parameters voor hydrologie: verzadigde waterdoorlaatbaarheid ( $K_s$ ).
- Significante verschillen tussen textuur.
- Geen significante verschillen tussen natuurgras en hybride (ingenaaide vezel).
- Er is dus geen fundamenteel mechanistisch verschil in watertransport tussen natuurgras en hybride.



# Hydrologie: Bodemeigenschappen

- Verklaring voor afwezigheid van verschillen in drainage:

## Hydraulic Properties: log h vs. Theta Hydraulic Properties: log h vs. Theta



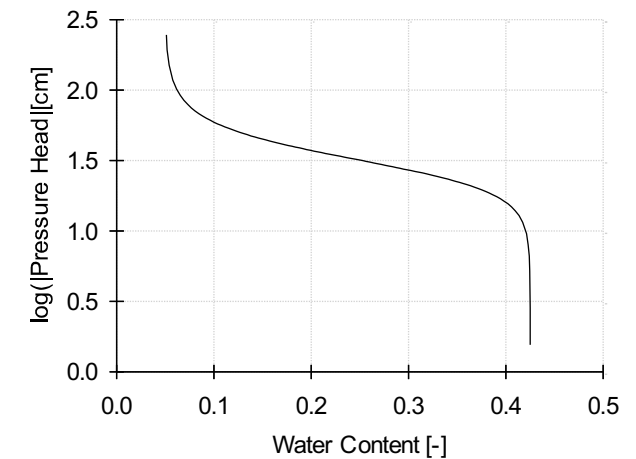
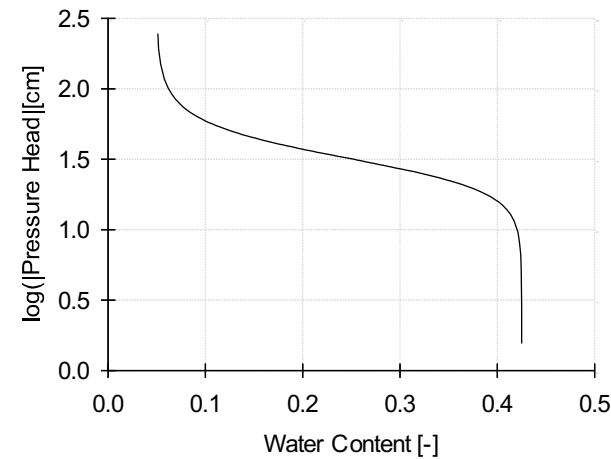
	Qr	Qs	Alpha	n	l	Ks
Parameter Name	ThetaR	ThetaS	Alpha	n	l	Ks
Parameter Values	0.05	0.424	0.033	3.598	0.5	2000

	Qr	Qs	Alpha	n	l	Ks
Parameter Name	ThetaR	ThetaS	Alpha	n	l	Ks
Parameter Values	0.05	0.425	0.033	3.701	0.5	3000

# Hydrologie: Bodemeigenschappen

- Verklaring voor afwezigheid van verschillen in drainage:
  - Verzadigingspercentage is gelijk tussen bodems
  - pF curve toont vergelijkbaar gedrag tussen bodems

Hydraulic Properties: log h vs. Theta Hydraulic Properties: log h vs. Theta



	Qr	Qs	Alpha	n	l	Ks
Parameter Name	ThetaR	ThetaS	Alpha	n	l	Ks
Parameter Values	0.05	0.424	0.033	3.598	0.5	2000

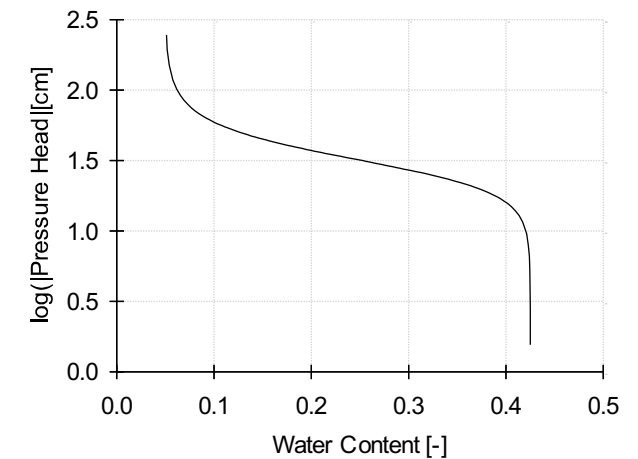
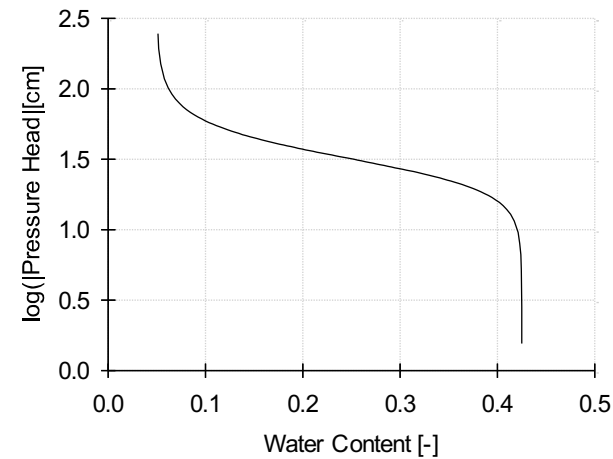
  

	Qr	Qs	Alpha	n	l	Ks
Parameter Name	ThetaR	ThetaS	Alpha	n	l	Ks
Parameter Values	0.05	0.425	0.033	3.701	0.5	3000

# Hydrologie: Bodemeigenschappen

- Verklaring voor afwezigheid van verschillen in drainage:
  - Verzadigingspercentage is gelijk tussen bodems
  - pF curve toont vergelijkbaar gedrag tussen bodems
- Enkel verschil in doorlaatbaarheid
- Ofwel, water draineert sneller in grovere textuur, maar niet in grotere hoeveelheid.

Hydraulic Properties: log h vs. Theta Hydraulic Properties: log h vs. Theta



	Qr	Qs	Alpha	n	l	Ks
Parameter Name	ThetaR	ThetaS	Alpha	n	l	Ks
Parameter Values	0.05	0.424	0.033	3.598	0.5	2000

	Qr	Qs	Alpha	n	l	Ks
Parameter Name	ThetaR	ThetaS	Alpha	n	l	Ks
Parameter Values	0.05	0.425	0.033	3.701	0.5	3000

# Hydrologie: Uitspoeling

---

- Meting 1: filteren en SFA analyse voor  $\text{NO}_2/3$  en  $\text{NH}_4$  → waardes onder detectielimiet van 0.01 mg/L → ofwel, geen uitspoeling
- Waar is de uitspoeling? Is er iets fout gegaan? Alg formatie?

# Hydrologie: Uitspoeling

- Meting 1: filteren en SFA analyse voor  $\text{NO}_2/3$  en  $\text{NH}_4$  → waarden onder detectielimiet van 0.01 mg/L
- Is er iets fout gegaan? Alg formatie?
- Meting 2: persulfaat destructie → totaal N: ca. 1.2 mg/L





# Hydrologie: Uitspoeling

---

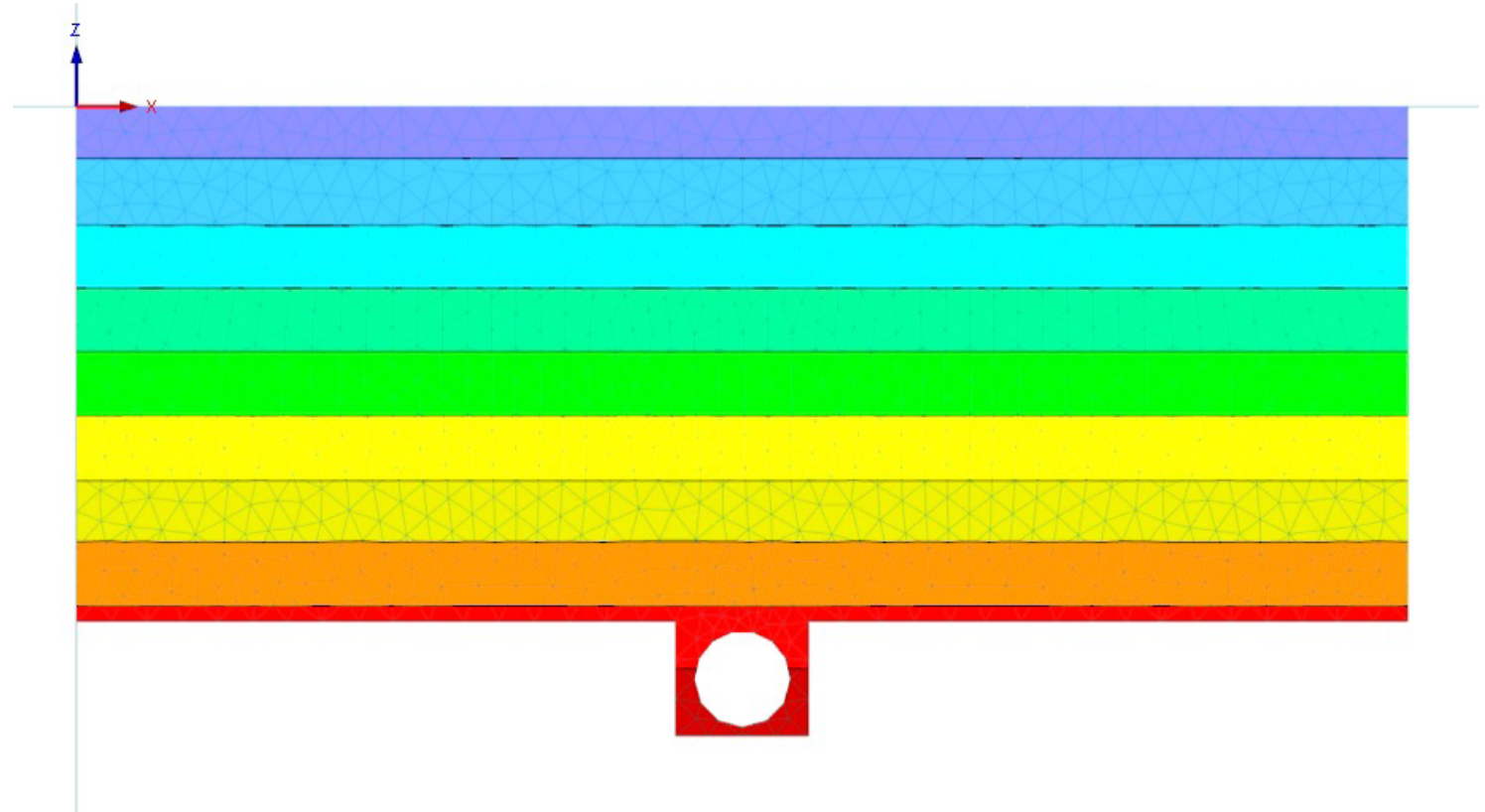
- Meting 1: filteren en SFA analyse voor  $\text{NO}_2/3$  en  $\text{NH}_4$  → waardes onder detectielimiet van 0.01 mg/L
- Is er iets fout gegaan? Alg formatie?
- Meting 2: persulfaat destructie → totaal N: ca. 1.2 mg/L
- Geen significant effect van gras, bemesting of textuur
- **Gemiddelde totale uitspoeling van 0.05 g N m<sup>-2</sup>**



# Modellen:

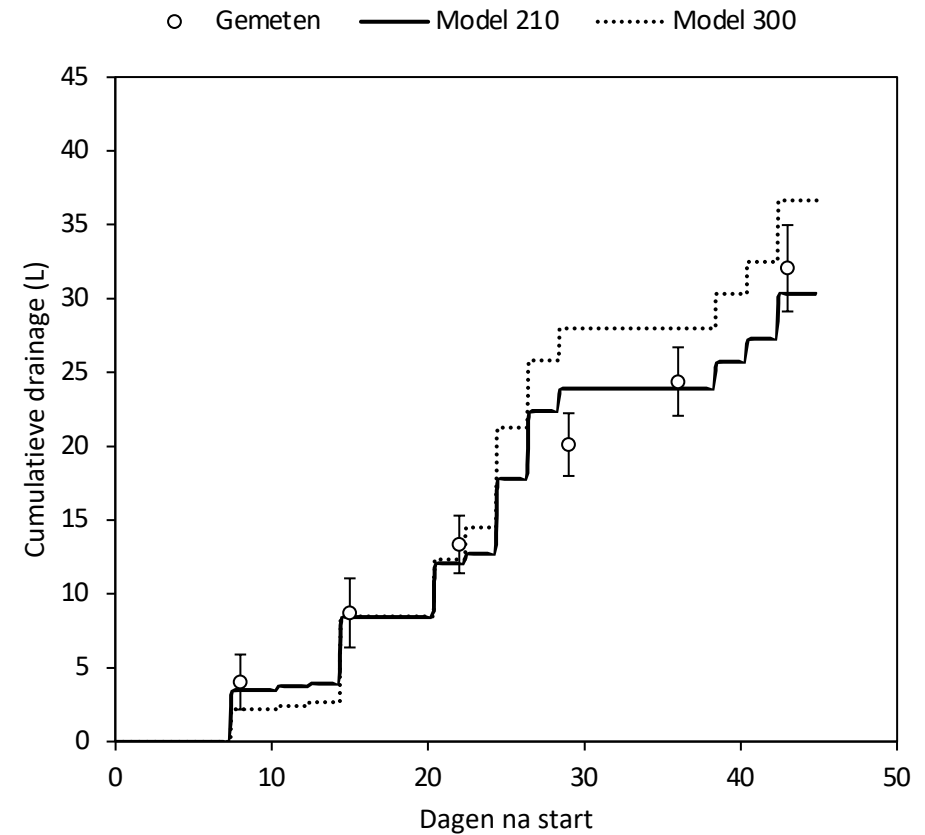
---

- 2D transport van water



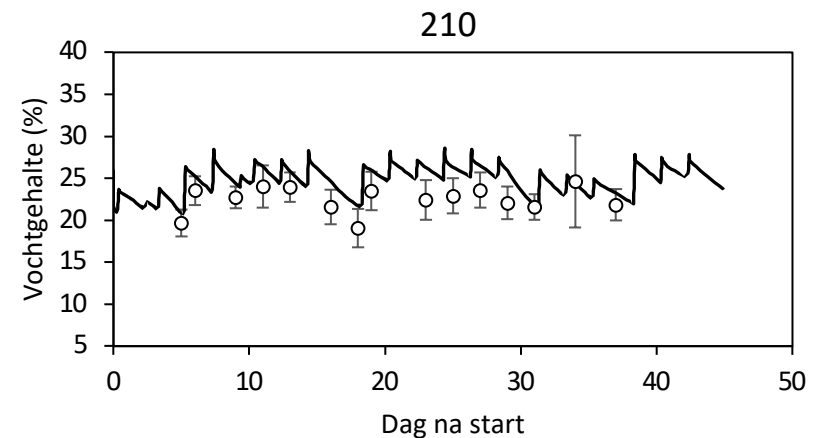
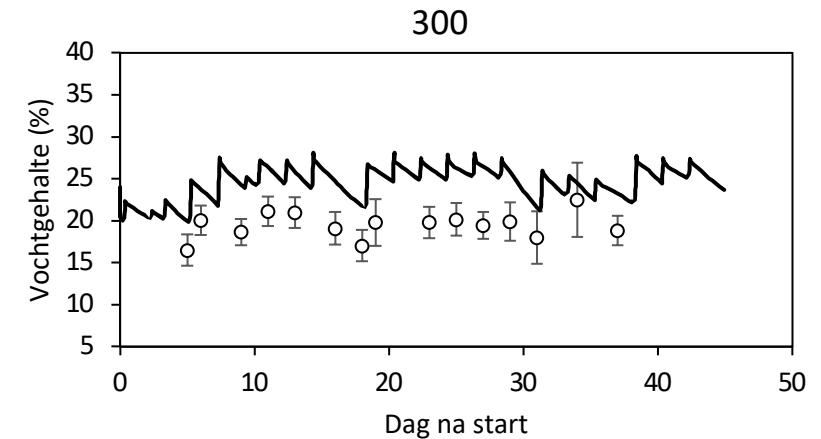
# Modellen: Drainage

- Gemeten drainage is in overeenkomst met gemiddelde gemodelleerde drainage
- Rond  $t=25$  is de gemodelleerde afvoer iets te hoog
  - Dit is het resultaat van onnauwkeurigheid in model-input.



# Modellen: Vochtgehalte

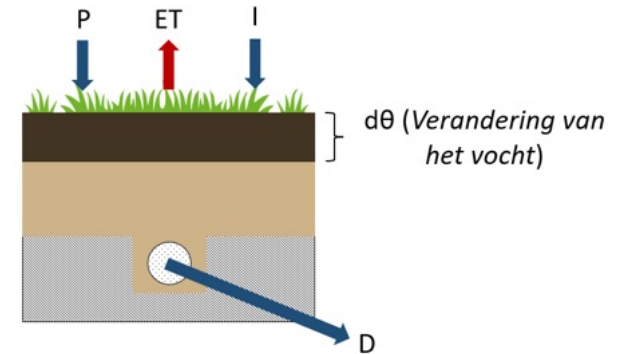
- De trend in gemeten en gemodelleerde vochtgehaltenes zijn in overeenkomst met elkaar.
- Voor een grove textuur lijkt het gemodelleerde vochtgehalte te hoog.
  - Dit is te verklaren door het tijdstip van meten in de bakken en het gedrag van grover zand





# Waterbalans

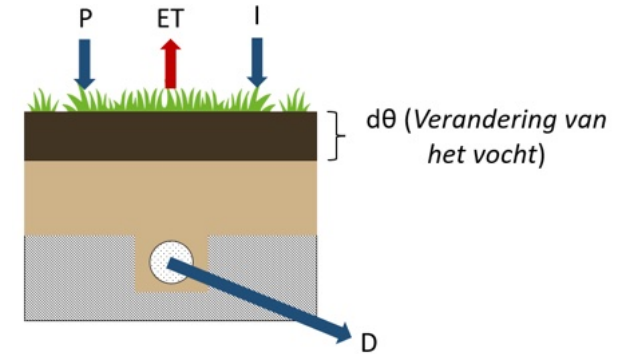
- Waterbalans geeft alle *sources* en *sinks*
- Rest/bodemvoorraad van 8 mm
- Conclusie: In dit onderzoek zijn we erin geslaagd om alle termen van de waterbalans te verklaren en na te bootsen met modellen.
- Implicaties voor optimale irrigatie  
→ verminderen uitspoeling.



Balansterm	Cumulatieve hoeveelheid (mm)
Irrigatie	+173
Plantopname	-100
Evaporatie	-33
Drainage	-48
Rest/bodemvoorraad	-8

# Nutriëntenbalans

- Alle sources min sinks geeft een rest/bodemvoorraad van ca. 2.78 g N m<sup>-2</sup>

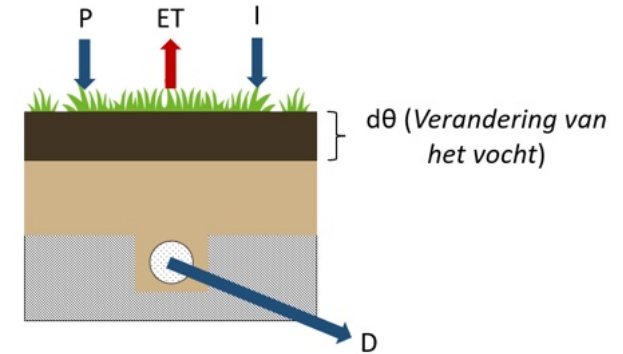


Balansterm	Cumulatieve hoeveelheid (g N m <sup>-2</sup> ) 300_min	Cumulatieve hoeveelheid (g N m <sup>-2</sup> ) 210_min	Cumulatieve hoeveelheid (g N m <sup>-2</sup> ) 300_org	Cumulatieve hoeveelheid (g N m <sup>-2</sup> ) 210_org
Bemesting	+6.4	+6.4	+6.4	+6.4
Plantopname	-3.6	-4.0	-3.3	-3.4
Uitspoeling	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05
Rest/bodemvoorraad	2.75	2.35	3.05	2.95



# Nutriëntenbalans

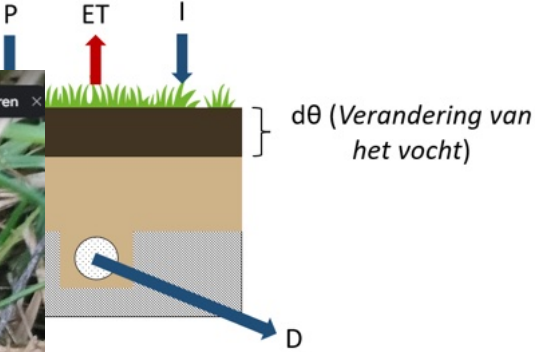
- Alle sources min sinks geeft een rest/bodemvoorraad van ca.  $2.78 \text{ g N m}^{-2}$
- Waarom geen uitspoeling?



Balansterm	Cumulatieve hoeveelheid (g N m <sup>-2</sup> ) 300_min	Cumulatieve hoeveelheid (g N m <sup>-2</sup> ) 210_min	Cumulatieve hoeveelheid (g N m <sup>-2</sup> ) 300_org	Cumulatieve hoeveelheid (g N m <sup>-2</sup> ) 210_org
Bemesting	+6.4	+6.4	+6.4	+6.4
Plantopname	-3.6	-4.0	-3.3	-3.4
Uitspoeling	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05
Rest/bodemvoorraad	2.75	2.35	3.05	2.95

# Nutriëntenbalans

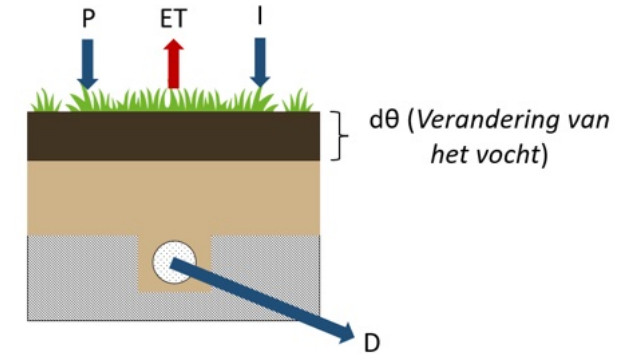
- Alle sources min sinks van ca. 2.78 g N m<sup>-2</sup>
- Waarom geen uitspoel



	Cumulatieve hoeveelheid (g N m <sup>-2</sup> ) 210_min	Cumulatieve hoeveelheid (g N m <sup>-2</sup> ) 300_org	Cumulatieve hoeveelheid (g N m <sup>-2</sup> ) 210_org
	+6.4	+6.4	+6.4
	-4.0	-3.3	-3.4
	-0.05	-0.05	-0.05
	2.35	3.05	2.95

# Nutriëntenbalans

- Alle sources min sinks geeft een rest/bodemvoorraad van ca.  $2.78 \text{ g N m}^{-2}$
- Waarom geen uitspoeling?
- Optimale plantopname, binding aan de bodem en “slow release” effect meststof.



Balansterm	Cumulatieve hoeveelheid (g N m <sup>-2</sup> ) 300_min	Cumulatieve hoeveelheid (g N m <sup>-2</sup> ) 210_min	Cumulatieve hoeveelheid (g N m <sup>-2</sup> ) 300_org	Cumulatieve hoeveelheid (g N m <sup>-2</sup> ) 210_org
Bemesting	+6.4	+6.4	+6.4	+6.4
Plantopname	-3.6	-4.0	-3.3	-3.4
Uitspoeling	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05
Rest/bodemvoorraad	2.75	2.35	3.05	2.95

# Nutriëntenbalans

---

- Alle sources min sinks geeft een rest/bodemvoorraad van ca.  $2.78 \text{ g N m}^{-2}$
- Waarom geen uitspoeling?
- Optimale plantopname, binding aan de bodem en “slow release” effect meststof.
- Wat gebeurt er met de rest N?





# Conclusies

---

- **Minerale bemesting** resulteert in meer biomassaproductie vergeleken met **organische bemesting** door verschillen in mineralisatie.
- Voor N-opname speelt naast het effect van **bemestingstype** ook de **textuur** een rol, waarbij grovere texturen een negatief effect hebben op de N-opname.
- Er is **geen significant verschil** aangetoond in plantengroei of hydrologische eigenschappen tussen **natuurgras en hybridevelden**.
- Data van **hydrologische modellen** zijn in overeenkomst met de **gemeten data**. Dit betekent dat we een **goed mechanistisch begrip** hebben van de processen die water en opgeloste stoffen beïnvloeden in sportgras.
- Er is **geen substantiële uitspoeling van stikstof** waargenomen in dit onderzoek.
- **Bestaande verschillen** in drainage en graskwaliteit tussen natuurgras en hybridevelden worden **niet veroorzaakt door het hybride gras**. Dit onderzoek laat zien dat **bemestingstype en textuur** de belangrijkste verklarende factoren zijn.





# Implicaties en next steps

---

- **Effect van textuur:** fijnere textuur → lagere doorlaatbaarheid → meer N opname
- **Effect van betreding:** meer betreding → meer compactie → hogere dichtheid → lagere doorlaatbaarheid → meer N opname
- **Effect van onderhoud:** beluchten → lagere dichtheid → hogere doorlaatbaarheid → minder N opname
  
- **Hoe voorkomen we uitspoeling? → TIMING en DOSERING gebaseerd op SPECIFIEKE BEREKENINGEN**





# Uitspoeling naar 0

---

1. **Specifieke berekening voor mineralisatie afhankelijk van bodem**
2. **Specifieke berekening voor timing afhankelijk van bodem en meststof**
3. **Specifieke berekening voor dosering afhankelijk van meststof, bodem, plant en klimaat (en depositie)**
4. **Integratie in model**
5. **Bemestingsadvies → precisiebemesting**
6. **Irrigatieschema → precisie-irrigatie**



# Uitspoeling naar 0

1. Specifieke be
2. Specifieke be
3. Specifieke be
4. Integratie in
5. Bemestingsa
6. Irrigatiescher

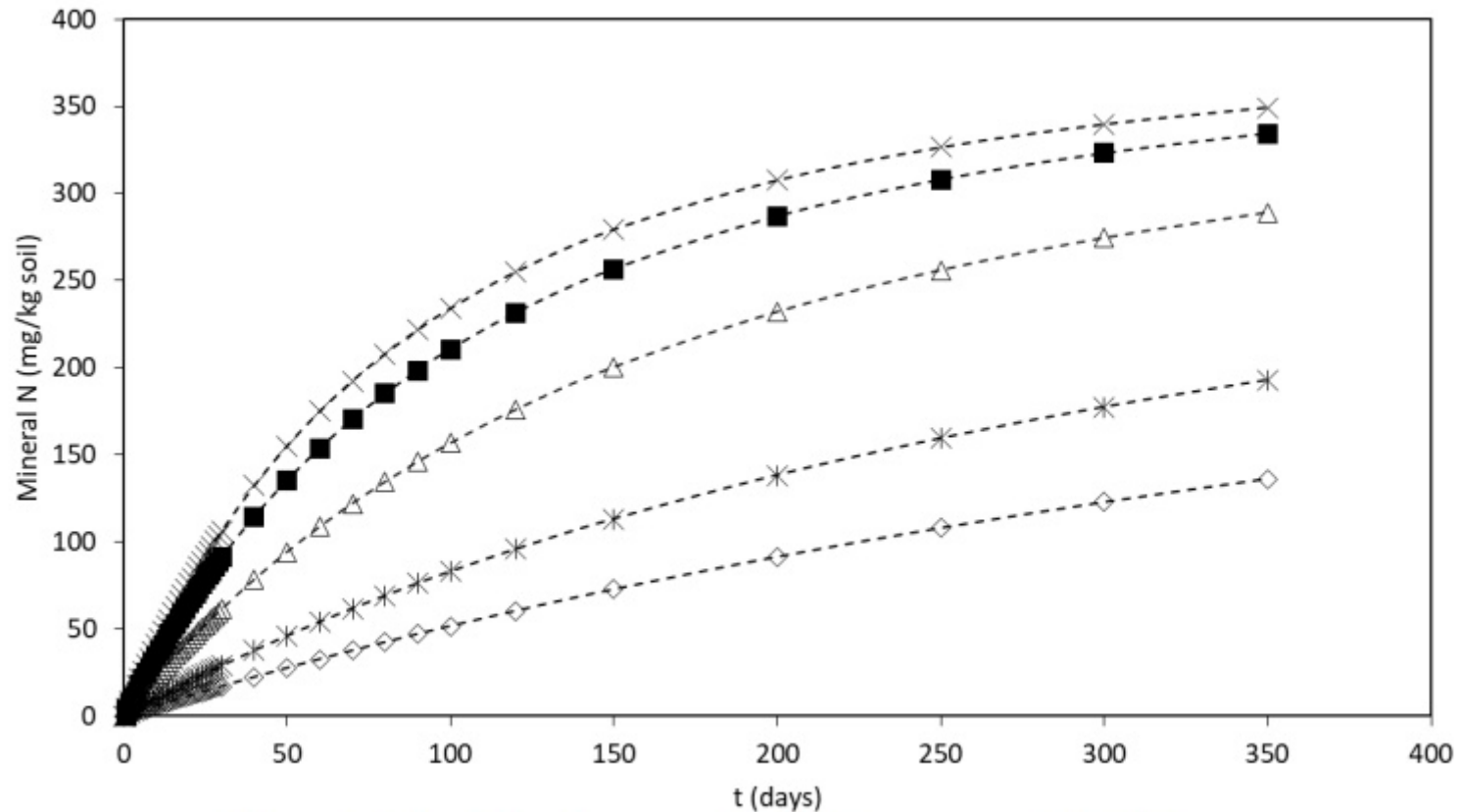


Figure 6: Mineralisation curves for different organic fertilizers.

e)



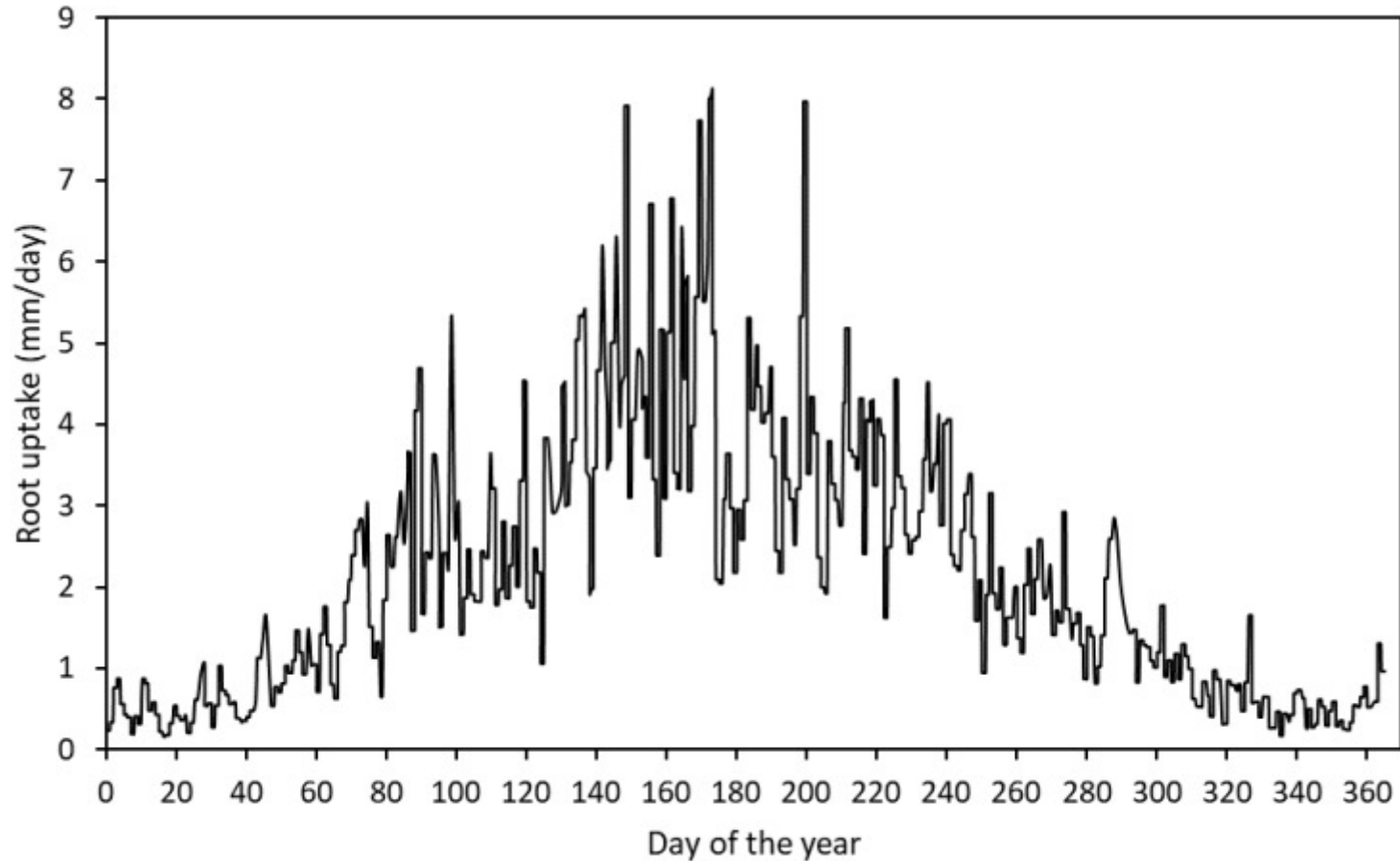
# Uitspoeling naar 0

1. **Specifieke berekening voor mineralisatie afhankelijk van bodem**
2. **Specifieke berekening voor timing afhankelijk van bodem en meststof**
3. **Specifieke berekening voor dosering afhankelijk van meststof, bodem, plant en klimaat (en depositie)**
4. **Integratie in model**
5. **Bemestingsadvies → precisiebemesting**
6. **Irrigatieschema → precisie-irrigatie**



# Uitspeeling naar 0

1. Specifieke be
2. Specifieke be
3. Specifieke be
4. Integratie in
5. Bemestingsa
6. Irrigatieschei



e)

Figure 5: Modelled root water uptake for grass vegetation for 2017 in Enschede, the Netherlands.



# Uitspoeling naar 0

1. **Specifieke berekening voor mineralisatie afhankelijk van bodem**
2. **Specifieke berekening voor timing afhankelijk van bodem en meststof**
3. **Specifieke berekening voor dosering afhankelijk van meststof, bodem, plant en klimaat (en depositie)**
4. **Integratie in model**
5. **Bemestingsadvies → precisiebemesting**
6. **Irrigatieschema → precisie-irrigatie**



# Uitspoeling naar 0

1. Specifieke
2. Specifieke
3. Specifieke
4. Integratie i
5. Bemesting
6. Irrigatiesch

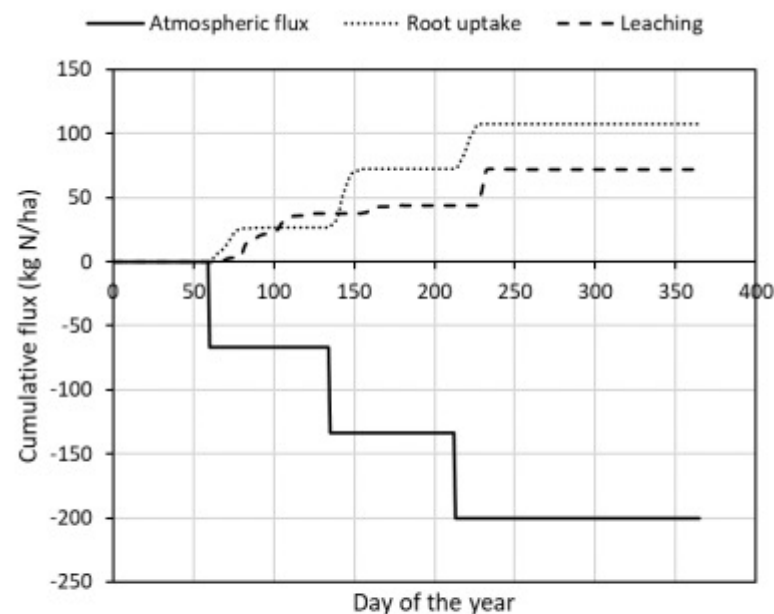
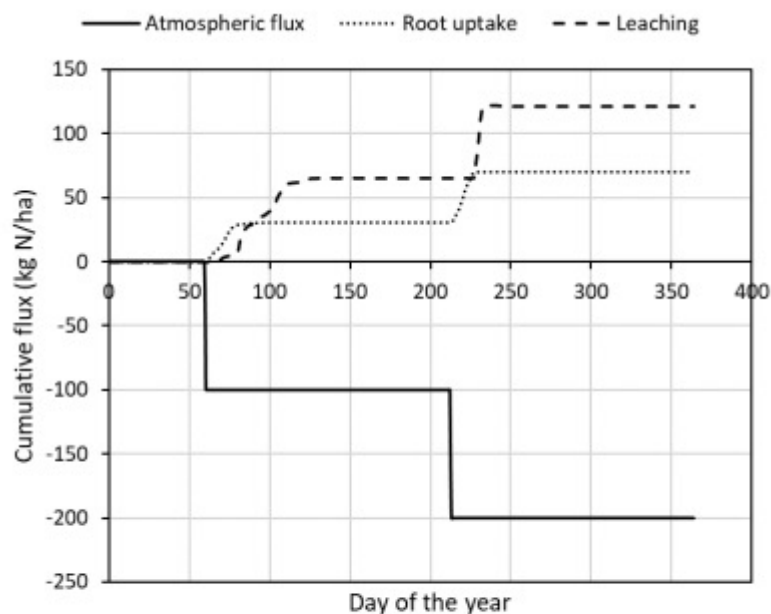


Figure 7: Cumulative fluxes of  $\text{NO}_3$  for mineral fertilizers applied following strategy 1 (2 applications), and strategy 2 (3 applications).



# Uitspoeling naar 0

1. **Specifieke berekening voor mineralisatie afhankelijk van bodem**
2. **Specifieke berekening voor timing afhankelijk van bodem en meststof**
3. **Specifieke berekening voor dosering afhankelijk van meststof, bodem, plant en klimaat (en depositie)**
4. **Integratie in model**
5. **Bemestingsadvies → precisiebemesting**
6. **Irrigatieschema → precisie-irrigatie**





**Dank voor uw  
aandacht!**