



# Het Lot van de N – Symposium over stikstofterugwinning –

KNW Themagroep Circulaire Watertechnologie, 12 maart 2024

Kimo van Dijk - [kimo.vandijk@wur.nl](mailto:kimo.vandijk@wur.nl) - [www.wur.nl/knap](http://www.wur.nl/knap)

**KWR**



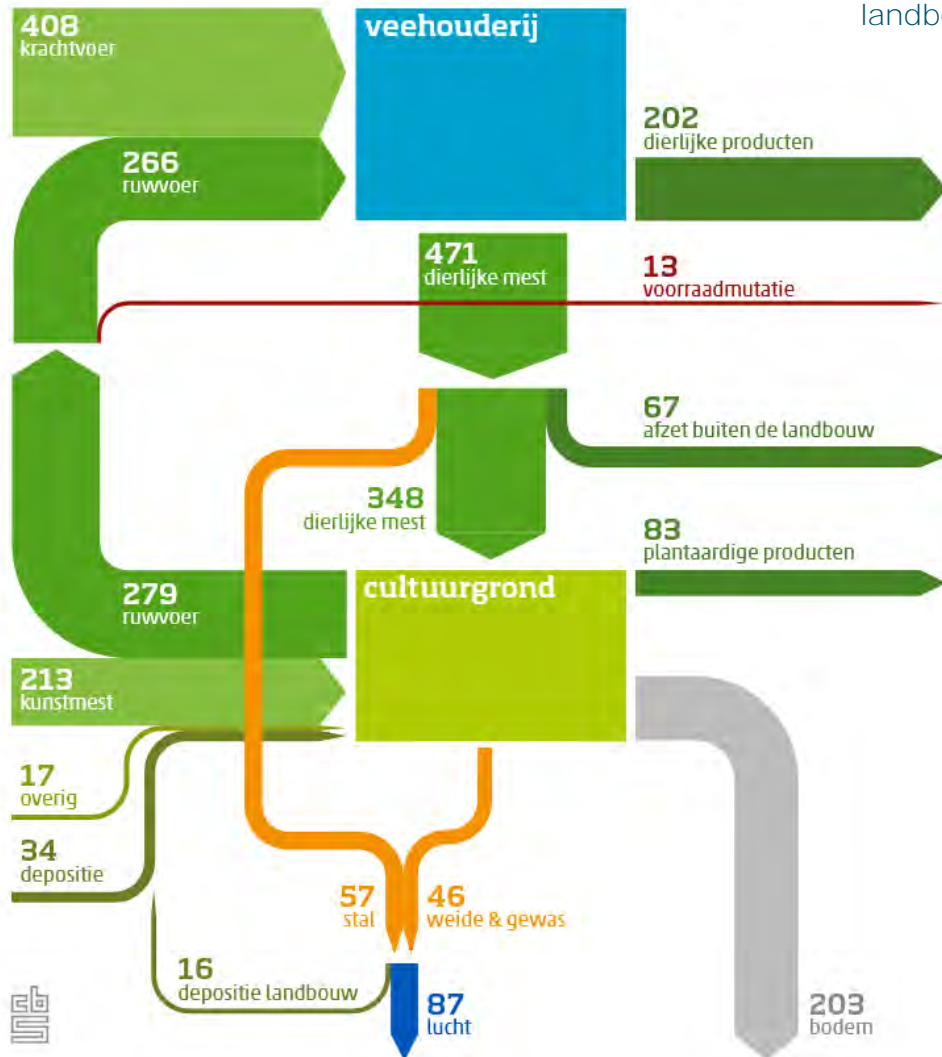
**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH



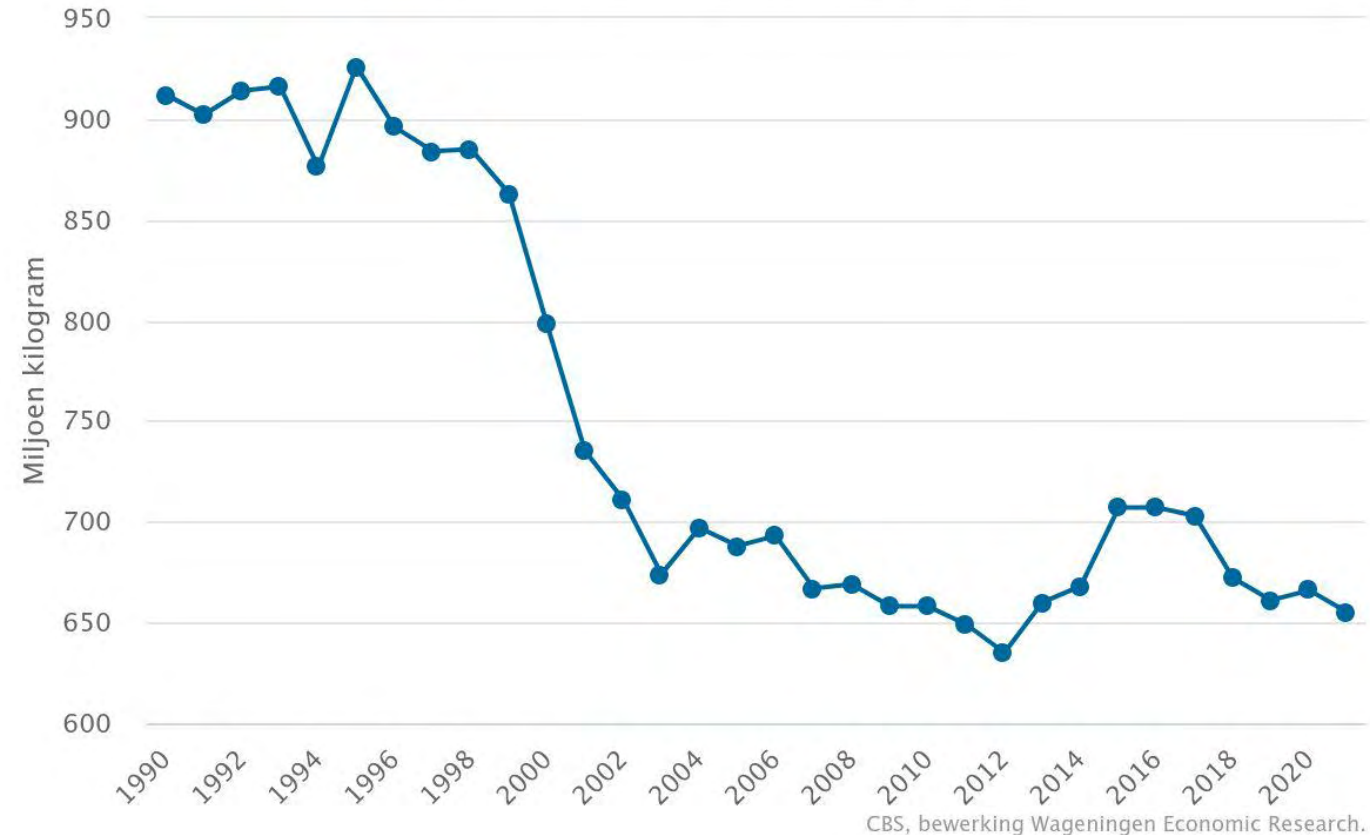
- Stikstof (N) balans en trends Nederlandse landbouw
- N potentie in afvalwater en slibstromen
  
- Uitdaging: N vangen in meststoffen, niet de lucht in
- N rijke meststoffen uit afvalwater (en veldproef)
  
- PPS project KNAP - Kringloopsluiting van Nutriënten uit Afvalwater en Proceswater

Stikstofstromen in de landbouw (miljoen kilogram), 2021

Bron: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2022/04/stikstofoverschot-landbouw-in-2020-iets-toegenomen>



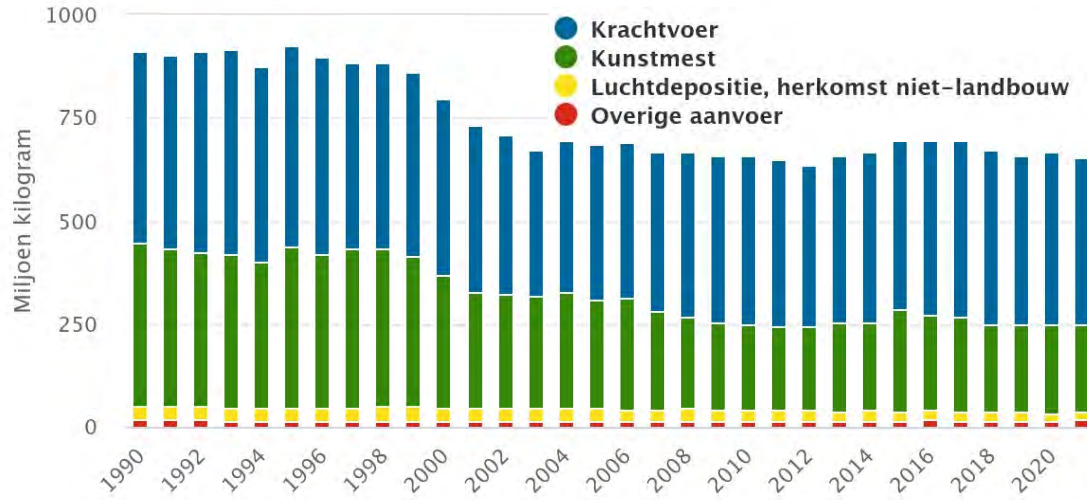
Stikstofbalans aanvoer landbouw



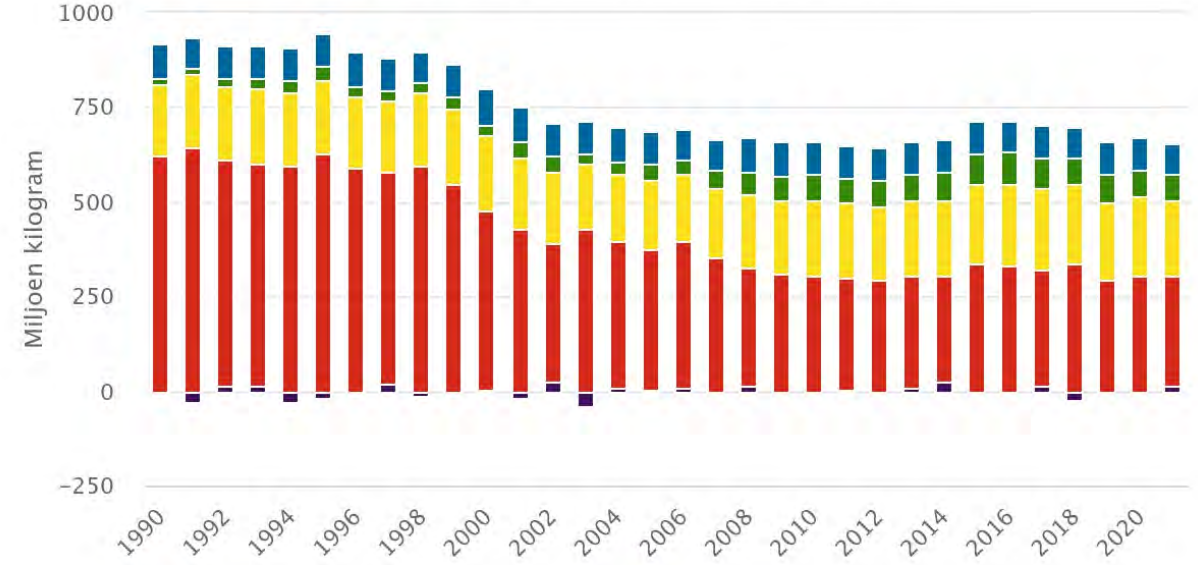
<https://www.staatvanlandbouwnatuurevoedsel.nl/kerncijfers/stikstofbalans-landbouw/#Balans>

# Trends N balansen NL landbouw

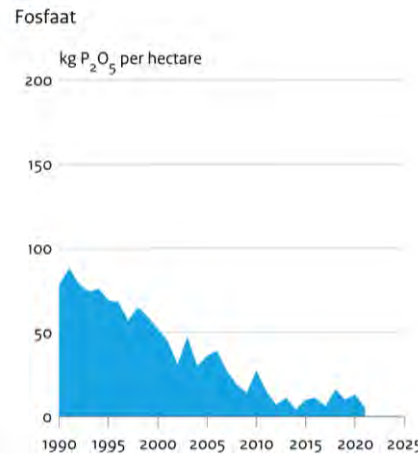
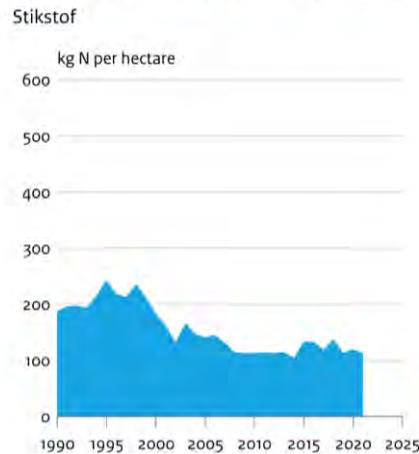
### Aanvoerposten stikstofbalans landbouw



### Afvoerposten stikstofbalans landbouw



### Overschot stikstof en fosfaat op landbouwgrond



Bron: CBS

CBS/mrt23  
www.clo.nl/nl009323

CBS, bewerking Wageningen Economic Research.

<https://www.staatvanlandbouwnatuurevoedsel.nl/kerncijfers/stikstofbalans-landbouw/#Afvoer>

<https://www.clo.nl/indicatoren/nl009323-stikstof-en-fosfaatbalans-voor-landbouwgrond-1990-2021>

Invoer en uitvoer fluxen	N (kton/jaar)
<b><u>Invoer</u></b>	
Krachtvoer	410
Kunstmest	194
Fixatie, compost etc	15
Depositie (niet landbouw)	19
<b>Totaal</b>	<b>638</b>
<b><u>Uitvoer</u></b>	
Dierlijke producten	199
Plantaardige producten	90
Mest export	65
Verliezen naar lucht/bodem	228
Verliezen naar water	84
Verandering N voorraad	-27
<b>Totaal</b>	<b>638</b>

## RWZI stikstof in NL in 2021

- Influent: 94 kton N
- Zuiveringsslib: 19 kton N (20%)
- Effluent: 14 kton N (15%)

Influent = helft NL kunstmest N  
 = helft NL verliezen lucht  
 = tot. NL verliezen water

Slib = 10% kunstmest N  
 = depositie N extern

## Veehouderij

- Hoge N organische mest toevoer
- Hoger verliezen naar **lucht** (vooral ammoniak) en **water** (vooral nitraat)

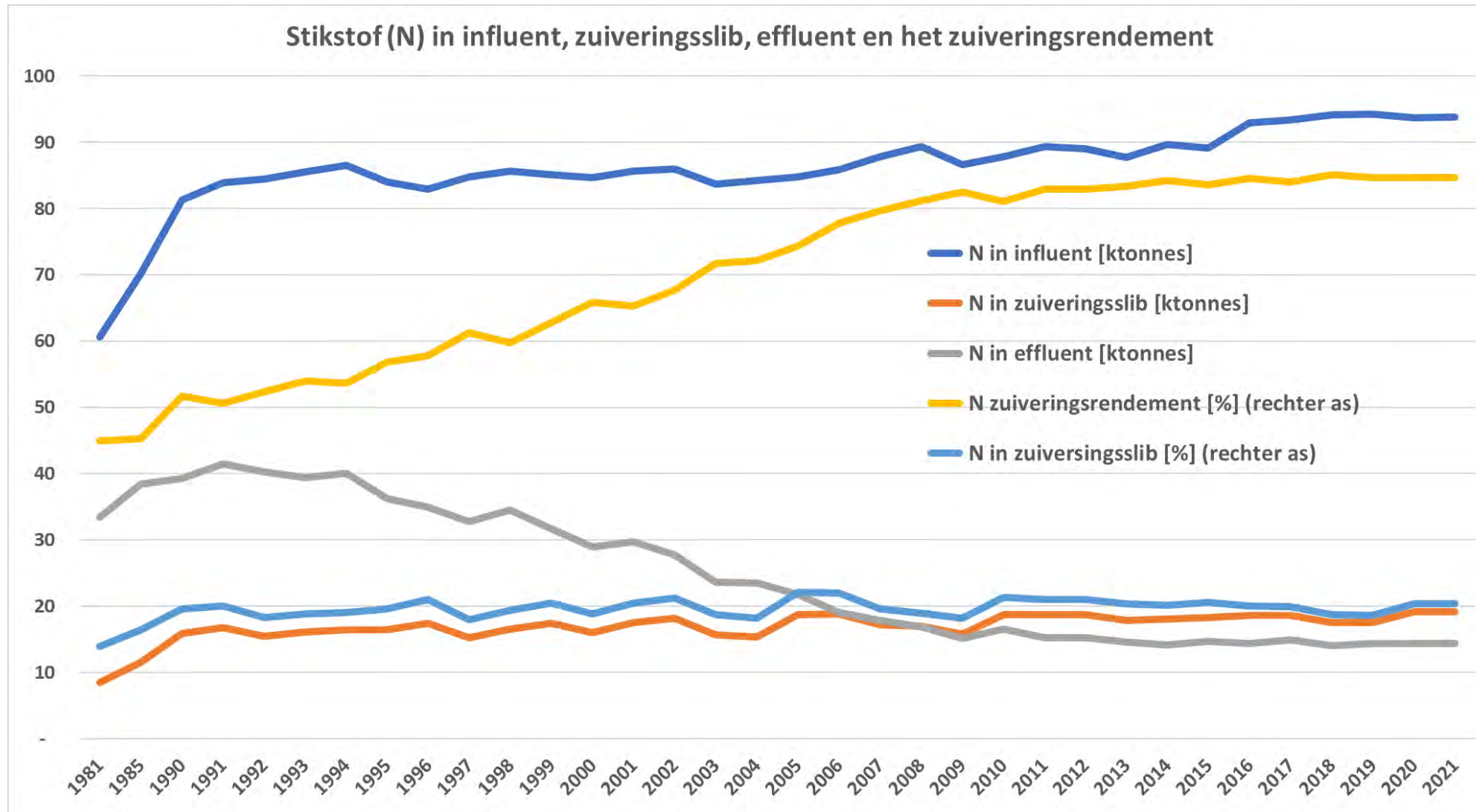
## Akkerbouw

- High N kunstmest toevoer
- Matige verliezen naar **lucht** maar veelal hoog naar **water**

## Landbouw

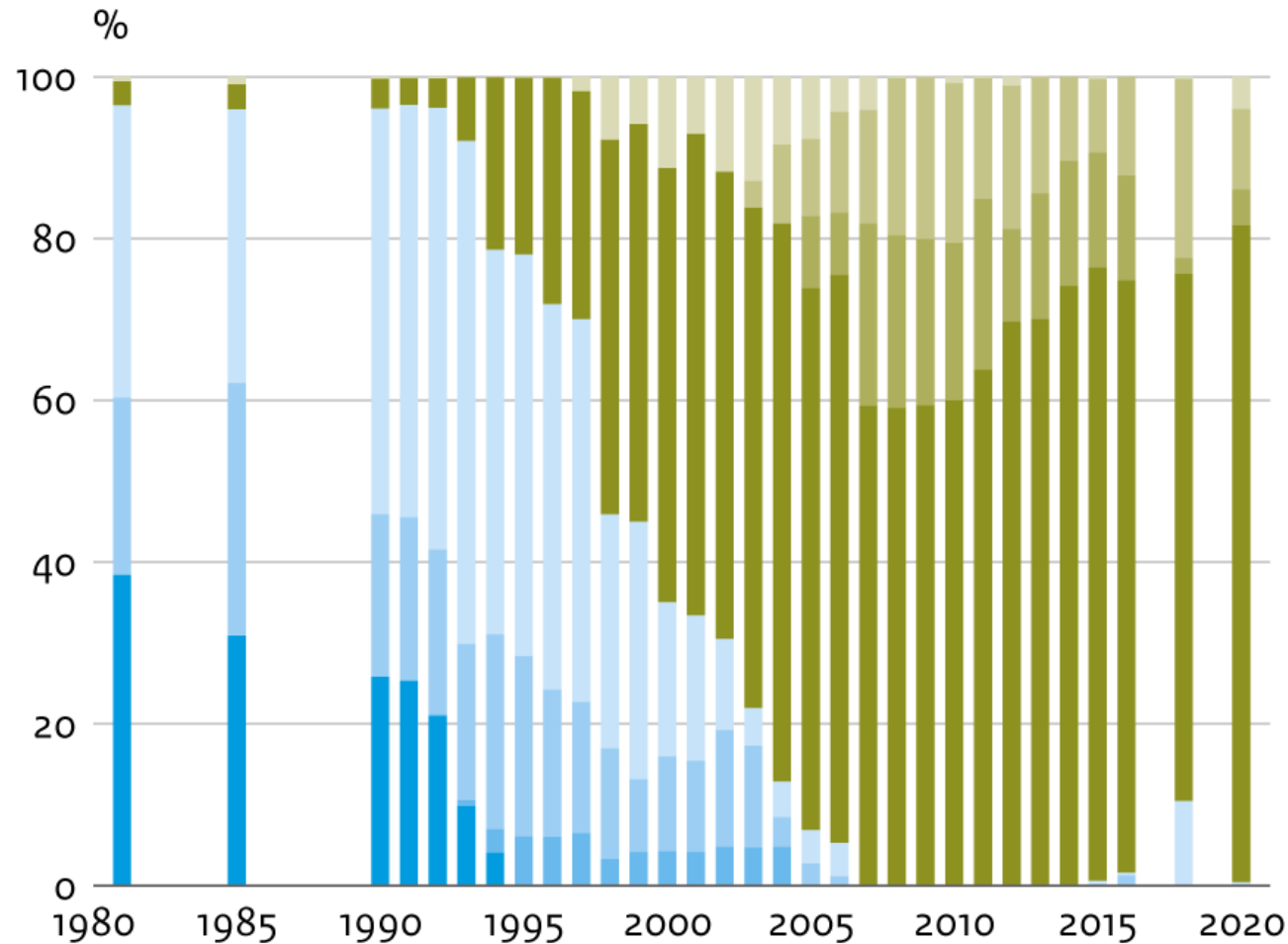
- Stikstof (N) gebruiksefficientie is 50% in 2022

# N verwijdering en rendement RWZIs NL



Bron: CBS  
<https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/7477/table?ts=1710180533230>

## Bestemming slib van rioolwaterzuiveringsinstallaties



- Overige bestemmingen
- Elektriciteitscentrale
- Cementindustrie
- Verbranden
- Storten
- Composteren
- Natte oxidatie
- Landbouw

### Slibverwerking NL

**1/3 HVC**

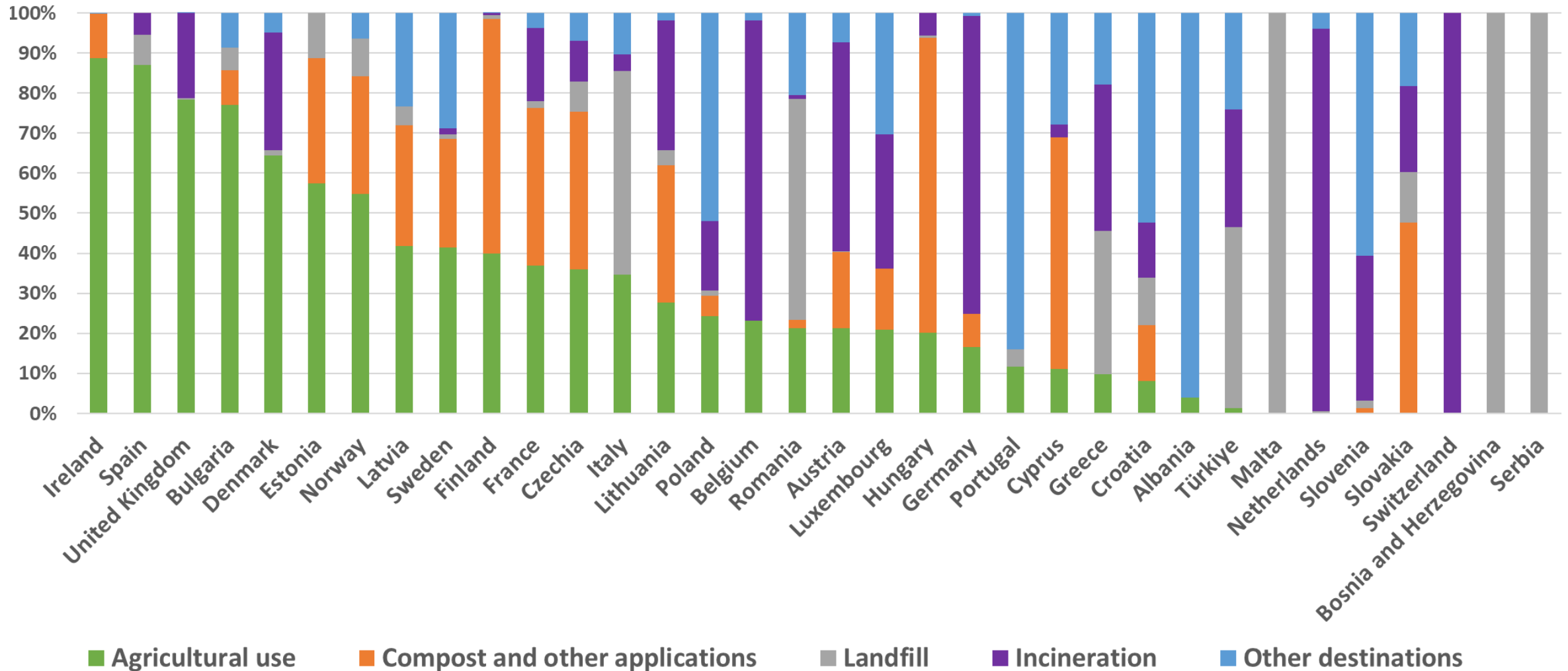
**1/3 SNB**

**1/5 GMB**

**15 % overig**

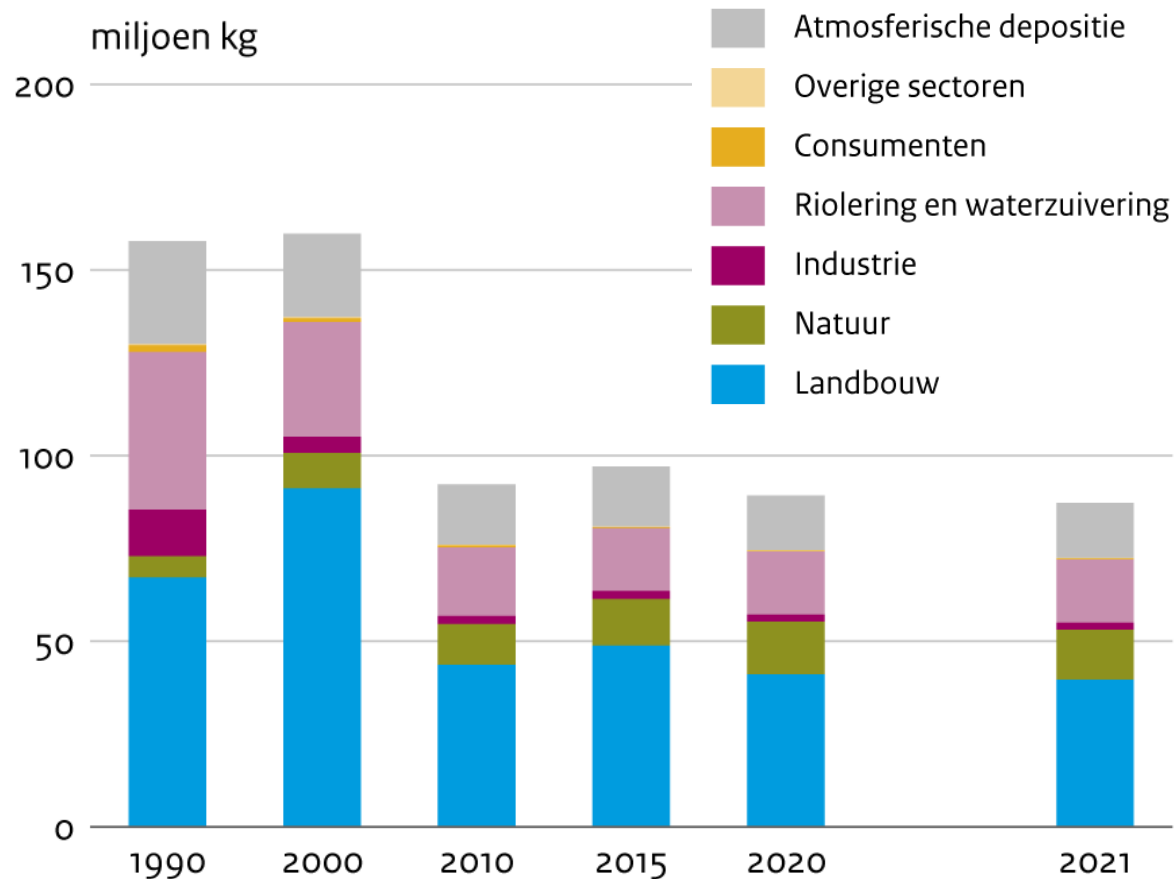
# Afzetroutes communaal slib in Europa

Communal sludge destinations Europe in 2020 [%] - Eurostat

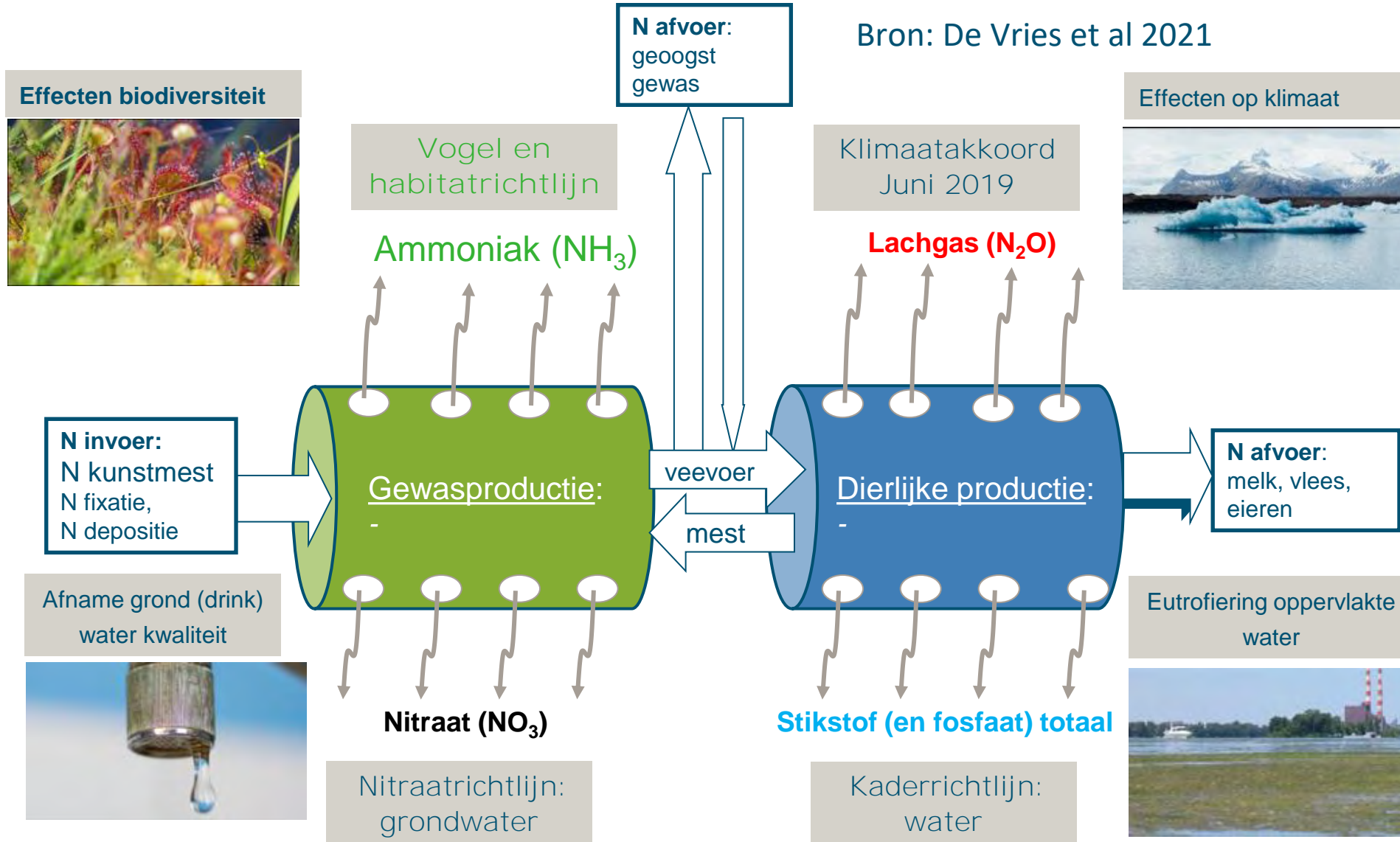




## Belasting van oppervlaktewater met stikstofverbindingen



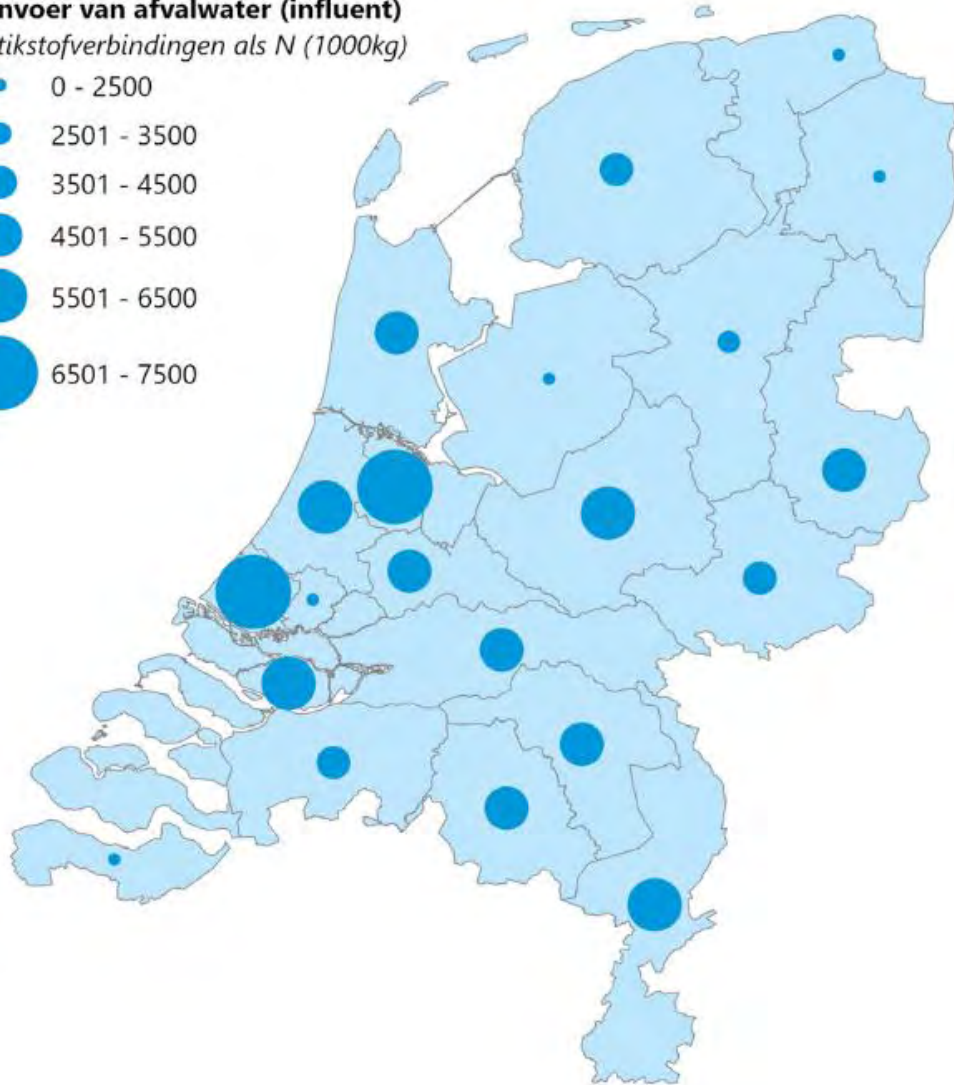
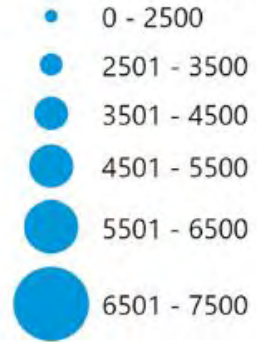
2018 [Mkg N/jaar] berekend	Oppervlakte water	Bodem
Effluenten RWZI	14	
Overstorten	0,4	
Regenwater riolen	2,1	
IBA water	0,1	
IBA bodem		0,9
Infiltratie wegoppervlak		0,05
<b>Totaal</b>	<b>16,6</b>	<b>0,95</b>



# N aan/afvoer afvalwater waterschappen

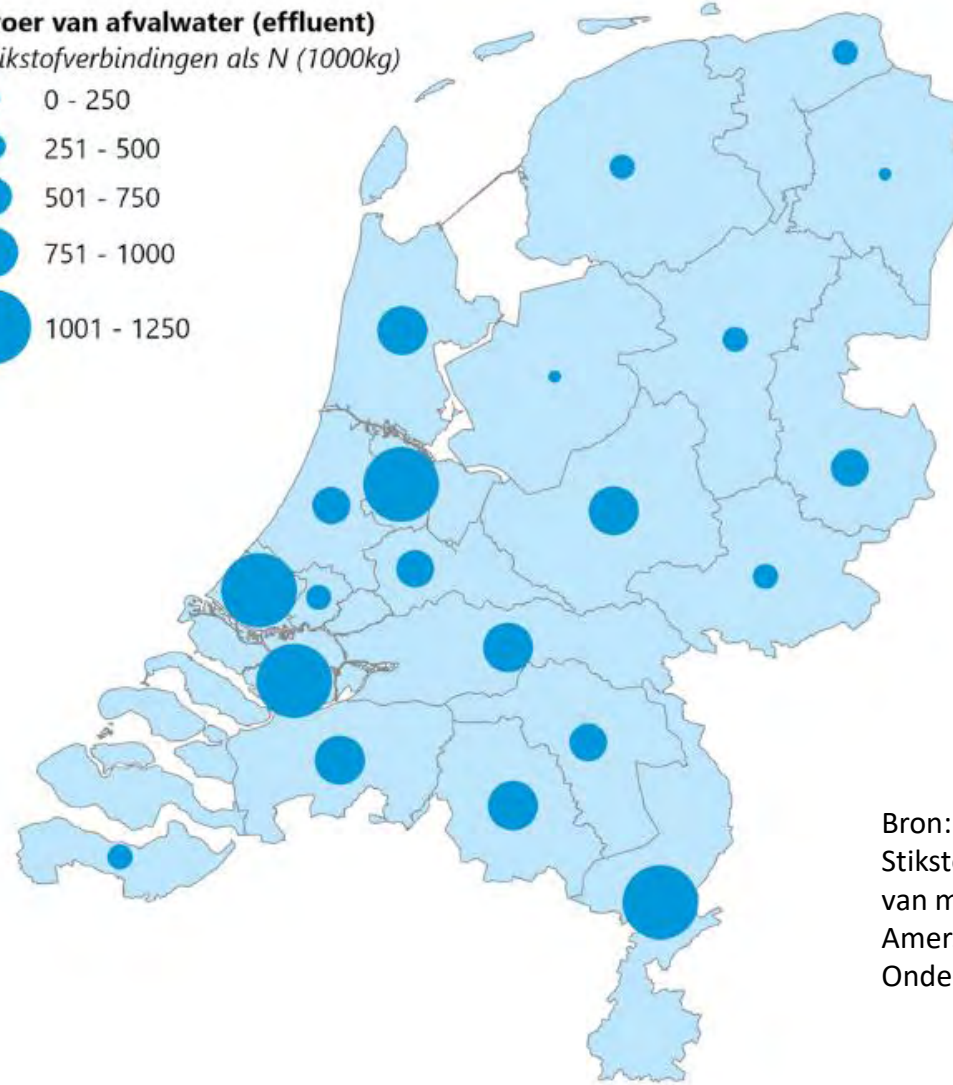
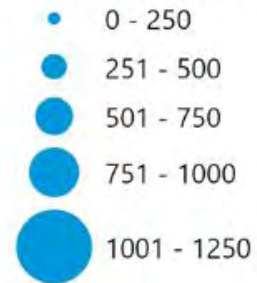
## Aanvoer van afvalwater (influent)

Stikstofverbindingen als N (1000kg)



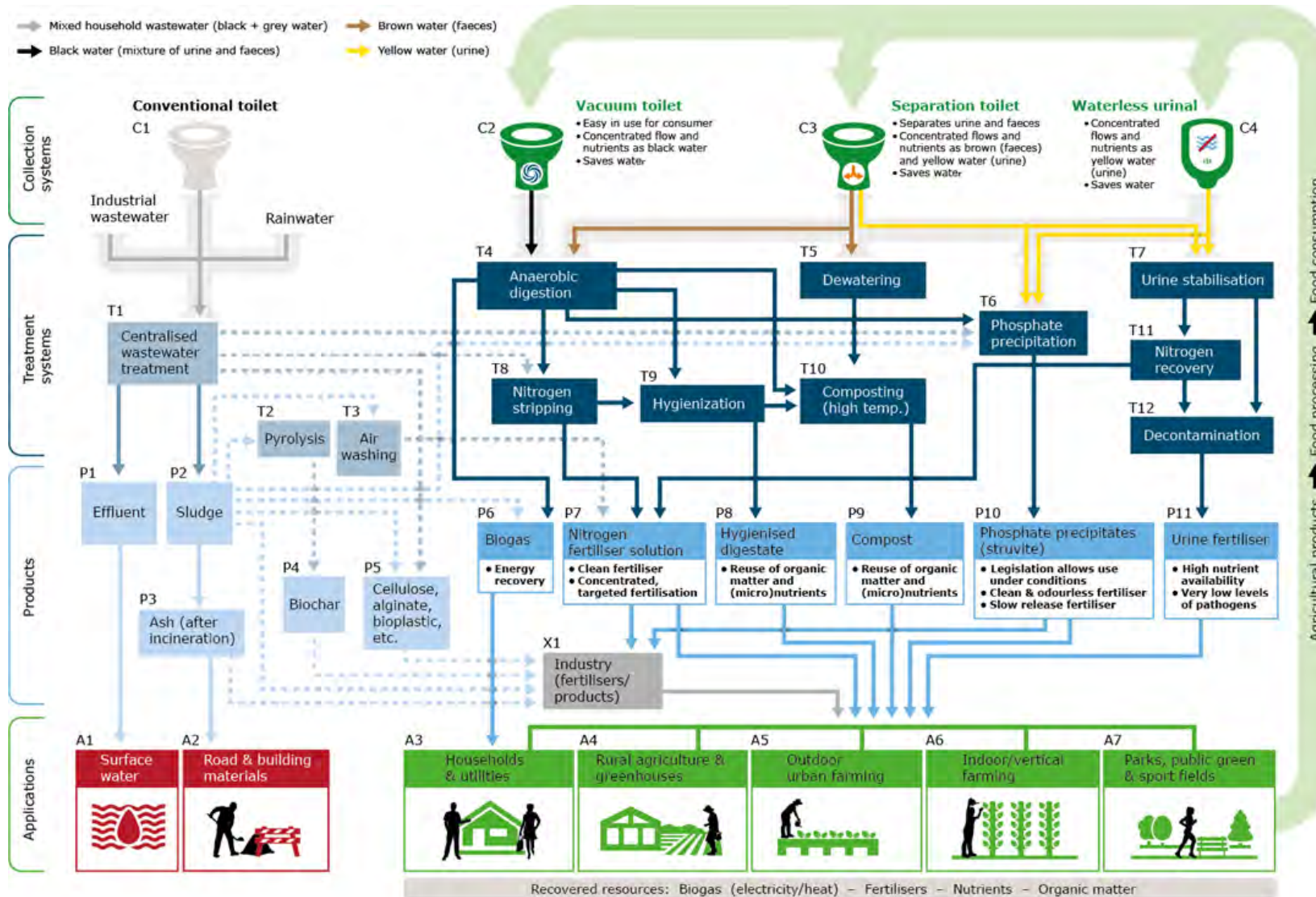
## Afvoer van afvalwater (effluent)

Stikstofverbindingen als N (1000kg)



Bron: Elbersen, R., et al. (2021).  
Stikstofterugwinning uit rioolwater:  
van marktambitie naar praktijk.  
Amersfoort, Stichting Toegepast  
Onderzoek Waterbeheer (STOWA).

# N teruwinning (de)centrale com. afvalwater



## Potentiele routes:

- Slib gebruik direct in Landbouw
- N terugwinnen uit afvalwater
- Waterfabriek concept
- Decentrale (brongescheiden) circulaire sanitatie

Source: van Dijk, K., et al. (2022). Circular sanitation in relation to nutrients recycling and (urban) agriculture in the city of Amsterdam : deliverable D4.4 Opportunities and barriers for circular sanitation within urban context. Wageningen, Wageningen Environmental Research.

	N (kg/ton)	N-effective (legal) (kg/ton)	P (kg/ton)	K (kg/ton)	Organic matter (kg/ton)	Effective organic matter <sup>1</sup> (kg/ton)
Sewage sludge	14.0	5.6	8.4	0.9	168	84
Sewage sludge (-50% P)	14.0	5.6	4.2	0.9	168	84
Sewage sludge (-75% P)	14.0	5.6	2.1	0.9	168	84
Cattle manure	4.0	2.4	0.65	4.5	71	49
Pig manure	7.0	4.2/5.6 <sup>2</sup>	1.70	3.9	79	26
VFG <sup>3</sup> -compost	8.9	0.9	1.92	6.6	242	218

1 assuming a humification coefficient of 50% for sewage sludge; 2 Clay/sand; 3 Vegetable, Fruit and Garden Compost

**Mineral and organic matter content of sewage sludge (CBS, 2018; K estimated based on Regelink et al., 2017, PPS project Sludge2Soil), sludge where 50% or 75% of the P is extracted, and commonly used animal manures and composts ([www.handboekbodemenbemesting.nl](http://www.handboekbodemenbemesting.nl)).**

# RWZI slib OS applicatie potentie met P norm

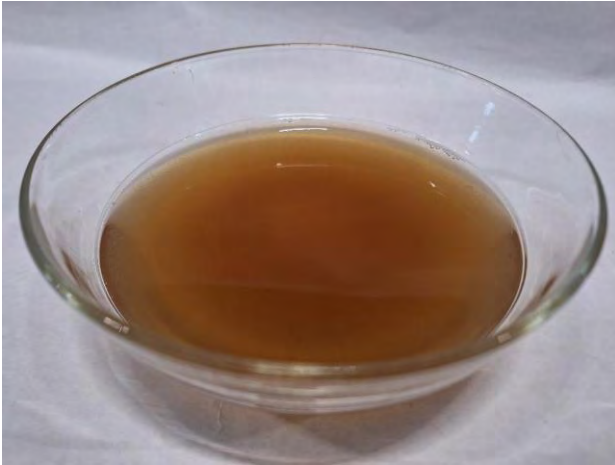
	N	N-effective <sup>1</sup> (legal)	P	K	Organic matter	Effective organic matter <sup>4</sup>
WWTP sludge	44	18	26	2	527	264
WWTP sludge (-50% P)	88	35	26	6	1055	527
WWTP sludge (-75% P)	176	70	26	11	2109	1055
Cattle manure	160	96	26	179	2840	1960
Pig manure	108	65/86 <sup>2</sup>	26	60	1215	400
VFG-compost <sup>3</sup> (incl 100% P)	121	12	26	90	3300	2970
VFG-compost <sup>3</sup> (incl 50% P)	243	24	52	178	6600	5940

1 Effective N as described in Dutch legislation; 2 Clay/sand; 3 Vegetable, Fruit and Garden Compost. For legal application standards, only 50% of the phosphorus has to be taken into account. 4 For manure and compost data derived from [www.handboekbodemenbemesting.nl](http://www.handboekbodemenbemesting.nl), for WWTP sludge a humification coefficient of 50% is used.

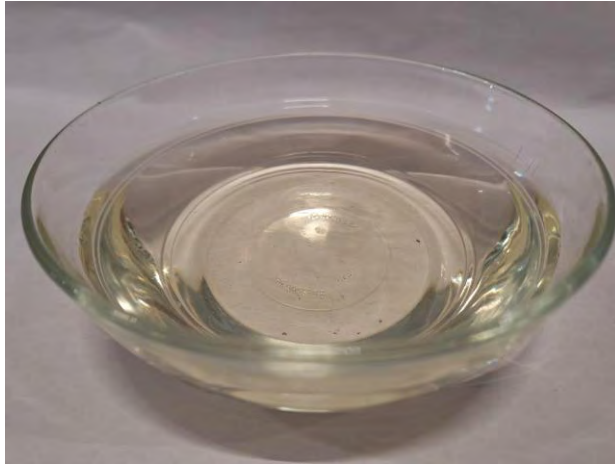
**Nitrogen, phosphorus, potassium and organic matter supply (kg/ha) for a situation of maximum use of the product within the phosphorus application standards (60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha) on arable land.**

# Deel KNAP producten agron. N veldproef

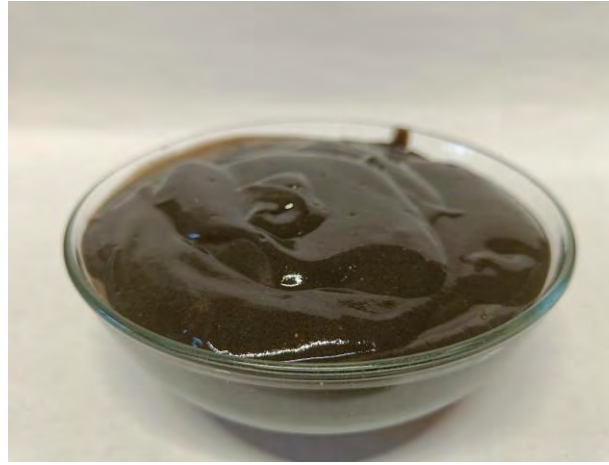
**Vergist zwart water #1**



**Brongescheiden urine mineralen concentraat #2**



**Kaumera slibextract #4**



**ICL Puraloop NPK korrel uit slibas #5**



**Aerobe biomassa  
Heineken #6**



**Anaerobe slib  
FrieslandCampina #7**



**Aerobe biomassa  
Peka Kroef #12**

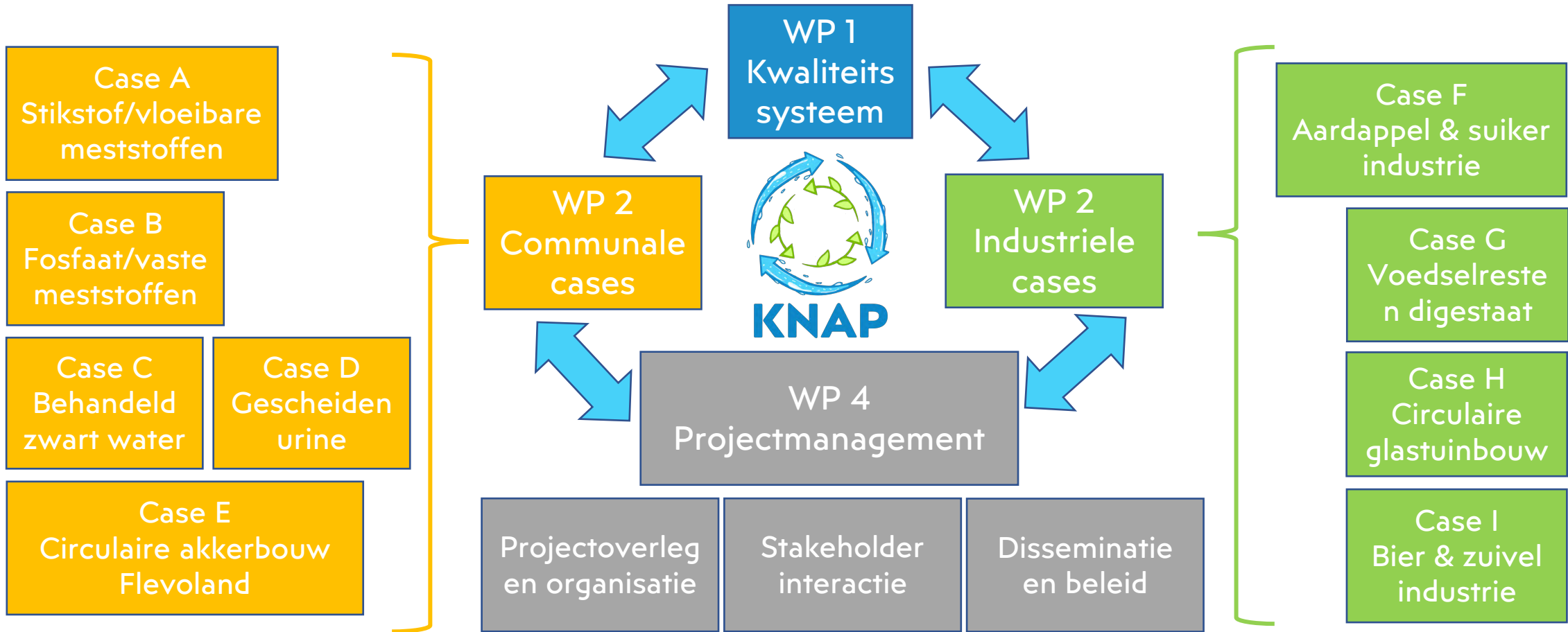


**Anaerobe UASB slibkorrels  
Peka Kroef #13**

- Alle RWZI stikstof raakt op dit moment verloren
  - 65% naar direct naar lucht
  - 20% naar communal slib (verbranding) ook naar lucht
  - 15% naar oppervlaktewater
- RWZI influent N = 94 kton N = helft NL kunstmest N
- RWZI zuiveringslib N = 19 kton = 10% kunstmest
- Potentiele routes N terugwinning
  - Slib gebruik direct in landbouw (verontreinigingen uitdagingen)
  - N terugwinnen uit afvalwater (technische uitdagingen, o.a. strippen, EDR, etc.)
  - Waterfabriek concept (van concept naar full scale)
  - Decentrale (brongescheiden) circulaire sanitatie (uitdagingen techniek, schaal, transitie)



# KNAP project overzicht, cases en activiteiten



# Vragen of suggesties?

Meststoffen uit afvalwater, knap werk!

[www.wur.nl/knap](http://www.wur.nl/knap)



# KNAP

	Organic matter (10 <sup>6</sup> kg)	N (10 <sup>6</sup> kg)	P (10 <sup>6</sup> kg)	K (10 <sup>6</sup> kg)
Manure <sup>1</sup>	6125	448	76	452
Sludge <sup>2</sup>	228	19	11	1

1 based on national statistics for 2016 (CBS, 2018) and [www.handboekbodemenbemesting.nl](http://www.handboekbodemenbemesting.nl) (organic matter content manures); 2 based on national statistics for 2016 (CBS, 2018) and Regelink et al. (2017) (PPS project Sludge2Soil)

**Nitrogen, phosphorus, potassium and organic matter supply in manure and WWTP sludge on a national level for the Netherlands in 2016.**



# Essential plant nutrients in wastewater NL



Element	Unit	INPUT <sup>1</sup> Wastewater	Destination (OUTPUT, %) <sup>2</sup>			Current source <sup>3</sup>	Recoverable from seawater <sup>4</sup>	Criticality <sup>5</sup>
			Sludge	Effluent	Other			
Essential plant nutrients								
Nitrogen (N)	ton	92,967	20.0	15.5	64.5	see <sup>3</sup>		Low
Phosphorus (P)	ton	13,401	80.8	13.2	6.0	Mining		Moderate
Potassium (K)	ton		Some	Most		Mining	X	Moderate
Calcium (Ca)	Kg		Some	Most		Mining	X	Low
Magnesium (Mg)	Kg		Some	Most		Mining	X	High
Sulfur (S)	Kg		Some	Most		see <sup>3</sup>	X	Low
Chlorine (Cl)	Kg		Some	Most			X	Low
Iron (Fe)	Kg		Most	Some		Mining		Moderate
Zinc (Zn)	Kg	445,153	72.1	17.5	10.4	Mining		Low
Copper (Cu)	Kg	145,423	82.8	5.9	11.3	Mining		Moderate
Manganese (Mn)	Kg		Most	Some		Mining		Moderate
Boron (B)	Kg		Some	Most		Mining	X	Low
Molybdenum (Mo)	Kg		Half	Half		Mining		Moderate
Nickel (Ni)	Kg	20,271	44.9	42.9	12.2	Mining		Low
Other elements								
Chromium (Cr)	kg	19,718	85.6	11.9	2.5			
Lead (Pb)	Kg	36,194	87.0	6.1	6.9			
Cadmium (Cd)	Kg	453	70.4	32.2	-2.6			
Mercury (Hg)	kg	222	81.1	25.7	-6.8			
Arsenic (As)	Kg	6,868	48.7	47.5	3.8			

Essential plant nutrients and other elements present in wastewater in 2016, and the division over sludge, effluent and other destinations after wastewater treatment. For the essential plant nutrients, current sources for fertilizer production are given, together with an indication of global recoverable amounts.

Uit Ruijter et al., WPR rapport Recycling of nutrients and carbon from waste water to agriculture (nog te publiceren)

# RWZI slib OS applicatie potentie met P norm

Element	Unit	Sludge	Unit	Effluent
N	g/kg DM	57	mg/L	7.6
P	g/kg DM	33	mg/L	0.9
Cu	mg/kg DM	370		
Cr	mg/kg DM	52		
Zn	mg/kg DM	988		
Pb	mg/kg DM	97		
Cd	mg/kg DM	1.0		
Ni	mg/kg DM	28		
Hg	mg/kg DM	0.6		
As	mg/kg DM	10		

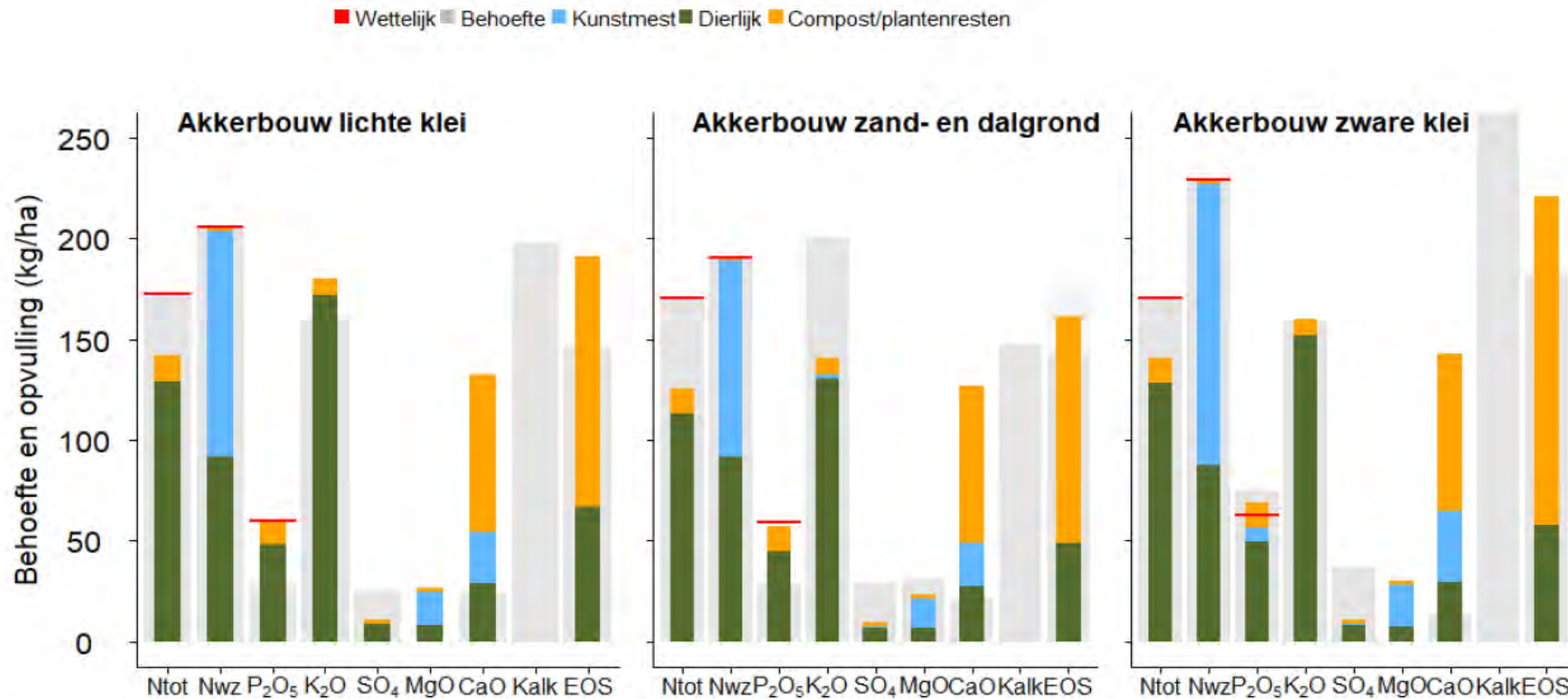
**Concentration of nitrogen, phosphorus and heavy metals in sludge and effluent from communal WWTP's in the Netherlands in 2016 (CBS, 2018).**

# Slib zware metalen vs meststof limieten

Metal	Concentration in WWTP sludges 2016 <sup>1</sup>	Max. permissible levels NL <sup>2</sup>	Max. permissible levels EU 1986 <sup>3</sup>	EoW <sup>4</sup>	Max. permissible levels in compost NL <sup>7</sup>
As	10	15	nd		15
Cd	1.0	1.25	20-40	1.5	1
Cr	52	75	nd	2 <sup>5</sup>	50
Cu	370	75	1000-1750	(600) 6	90
Hg	0.6	0.75	16-25	1	0.3
Ni	28	30	300-400	50	20
Pb	97	100	750-1200	120	100
Zn	988	300	2500-4000	(1500 ) <sup>6</sup>	290

**Average heavy metal concentrations of WWTP sludges and maximum permissible levels (in mg/kg DM) in the Netherlands, the EU and under possible future legislation (EoW = End of Waste).**

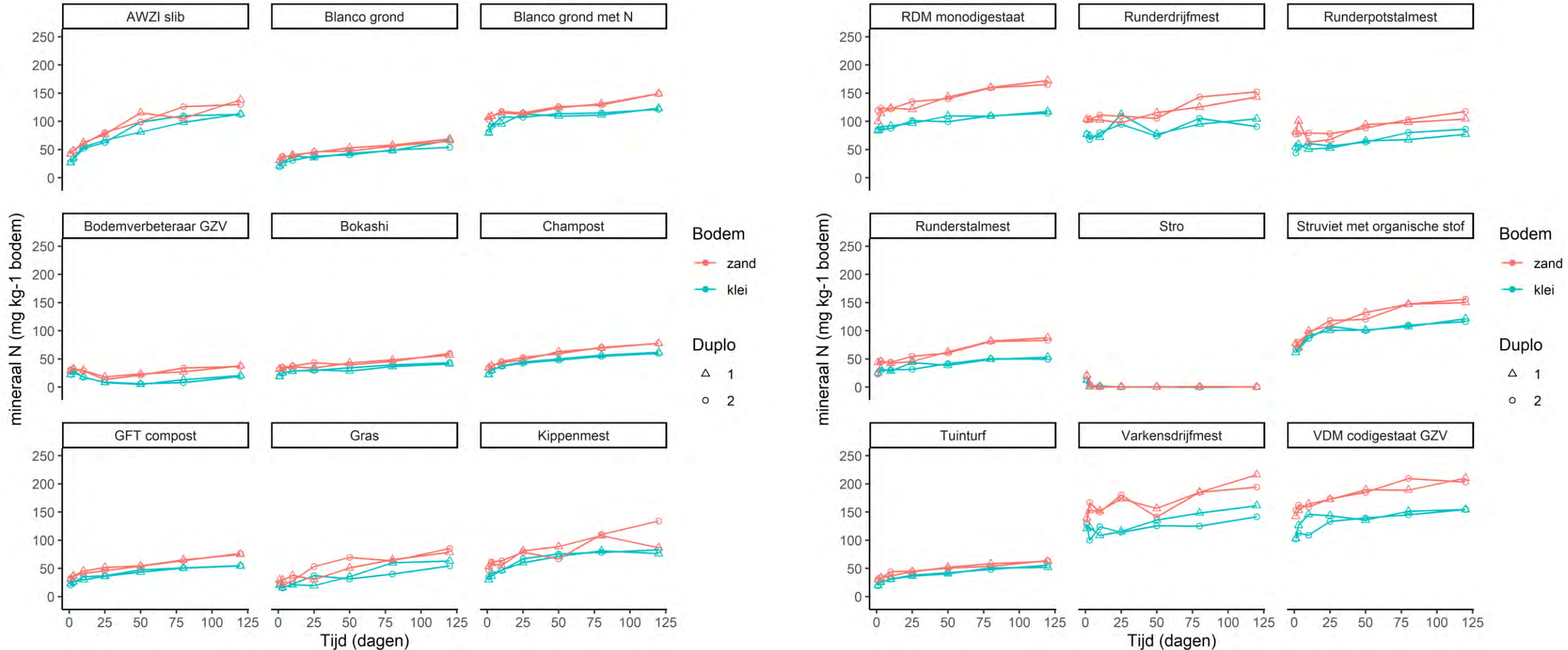
# EOS behoefte akkerbouw per bodemtype



**Figuur 3.8** Agronomische behoefte (grijs) en aanvoer van OS, kalk en nutriënten (in  $\text{kg ha}^{-1}$ ) via dierlijke mest (groen), kunstmest (blauw) en compost/gewasresten (oranje) voor drie akkerbouwbedrijfssystemen. Voor N totaal (dierlijke mest) is de grijze balk de wettelijke ruimte voor dierlijke mest. De aanvoer van kalk is onbekend. De aanvoer van OS is om visuele redenen uitgedrukt in eenheden van  $10 \text{ kg ha}^{-1}$ , waarbij de lichtgrijze balk gelijk is aan de OS-afbraak uit veen.

Vries et al. 2018  
Kansen voor het  
sluiten van de  
mineralenbalanse  
n in Noord-  
Nederland

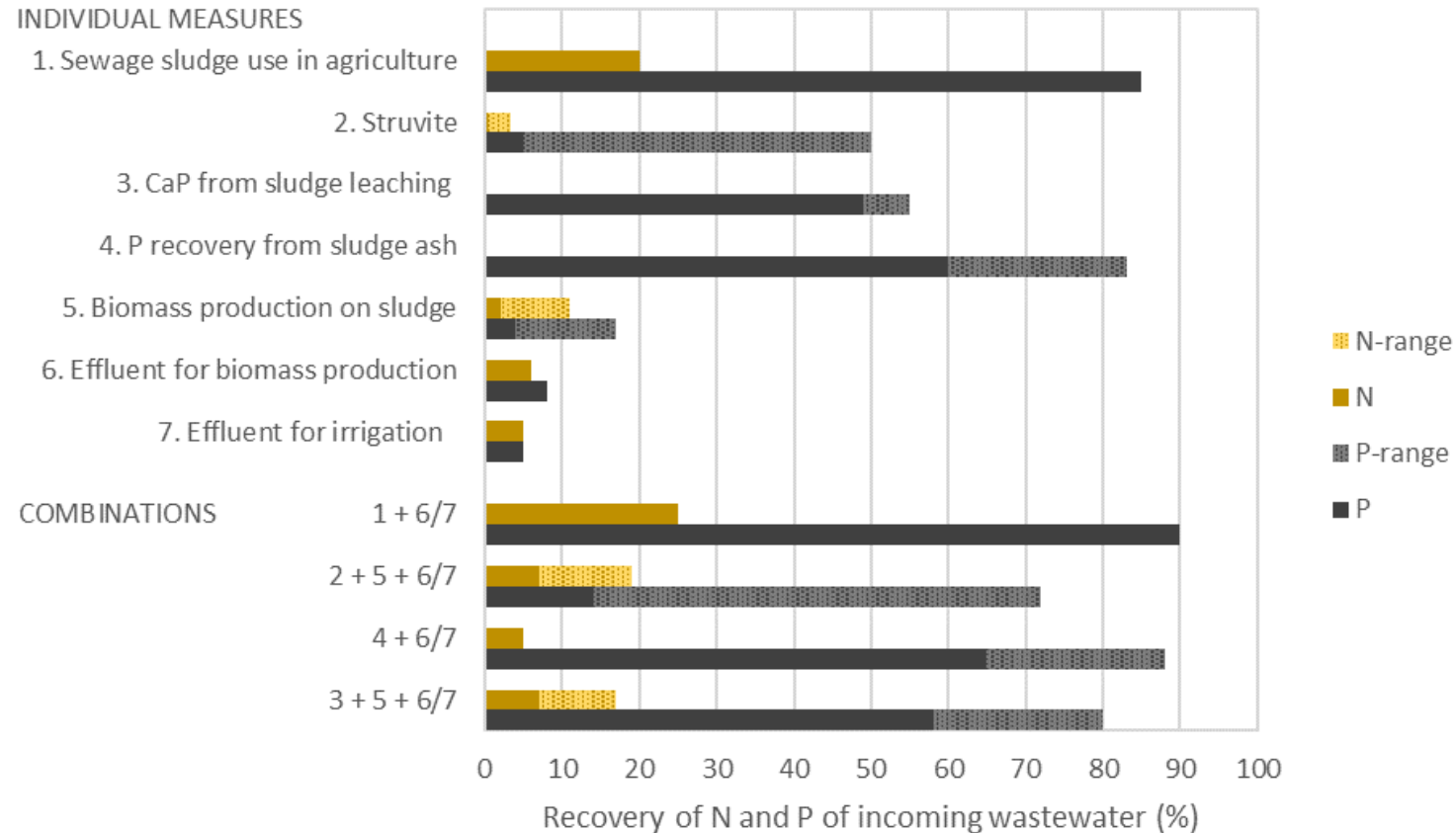
# Decomposition organic N (soil + org. fertiliser)



N-dosering obv 200 kg N/ha

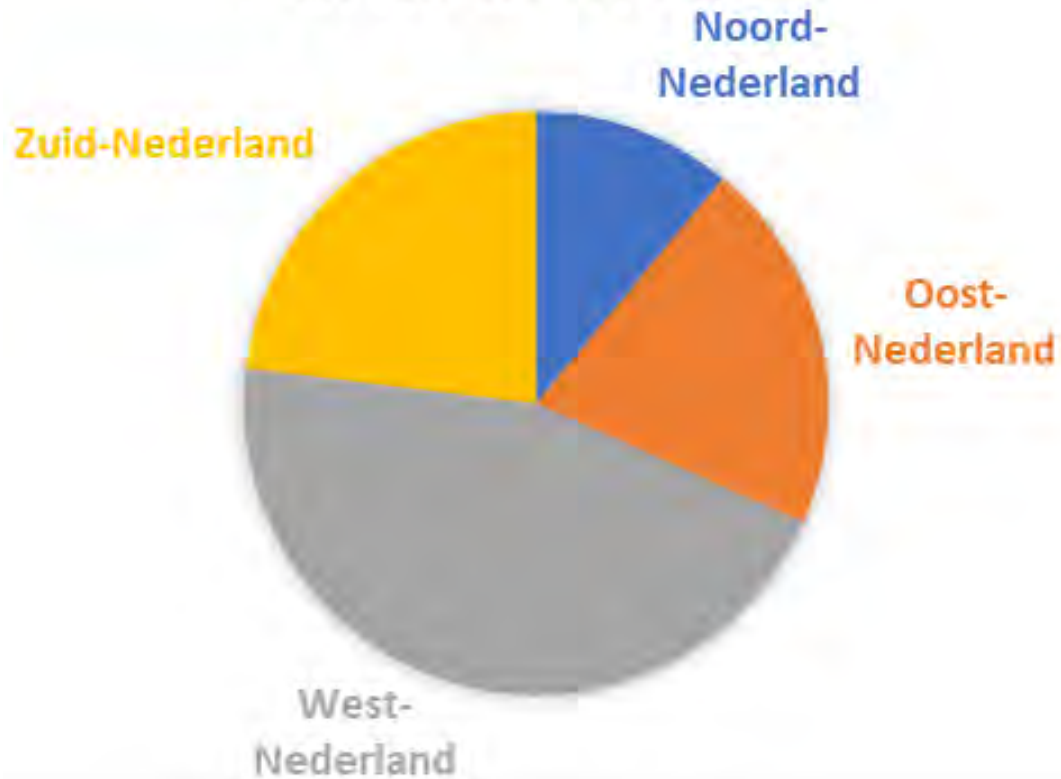


# N en P teruwinning scenario's afvalwater



**Overview of recovery of N and P by different (combinations) of measures, expressed as percentage of the amounts present in wastewater entering domestic wastewater treatment plants.**

## AFZET ZUIVERINGSSLSIB PER REGIO NL 2020



## AFZET ZUIVERINGSSLSIB PER PROVINCIE 2020

