

Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
Postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
fax 0570 69 73 44
www.witteveenbos.nl

onderwerp beschrijving formules voor het voorspellen van de ecologische kwaliteits ratio
project vervolg modellering EKR met PUNN's
opdrachtgever STOWA
projectcode STO179-2
referentie STO179-2/zutd/002
opgemaakt door dr.ir. A.C. de Niet
goedgekeurd door R.J. Brederveld, MSc.
status definitief
datum opmaak 11 februari 2013
bijlagen -

paraaf



aan STOWA B. van der Wal
kople Deltares E. Meijers
 G. van Geest
 J. van den Roovaart

1. INTRODUCTIE

In opdracht van STOWA heeft Witteveen+Bos modellen ontwikkeld waarmee de ecologische kwaliteitsratio (EKR) voor verschillende waterlichamen kan worden voorspeld op basis van een aantal stuurvariabelen. De modellen zijn getrainde en gevalideerde PUNN's (product unit neural network). De PUNN's zijn in essentie een formule met een beperkt aantal termen die eenvoudig kan worden opgeschreven en inzicht kan geven in de structuur van het systeem.

De methode en de dataset waarop de PUNN's tot stand zijn gekomen is beschreven in het rapport 'voorspellen ecologische kwaliteits ratio op basis van product unit neural networks' d.d. 15 oktober 2012 (referentie STO179-1/smid3/001). In dat rapport is als bijlage de ruwe matlab code opgenomen waarmee de EKR-scores kunnen worden berekend, maar deze zijn moeilijk te lezen.

Daarom is op verzoek van STOWA deze notitie opgesteld, waarin de formules voor de EKR-scores van diverse waterlichamen in deze notitie zijn weergegeven in een opmaak die beter leesbaar is.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de indeling in watertypenclusters beschreven. In hoofdstuk 3 zijn de stuurvariabelen beschreven en wordt uiteengezet aan welke voorwaarden deze moeten voldoen. In hoofdstuk 4 wordt per watertypencluster beschreven wat de formules voor de verschillende EKRdeelmaatlscores zijn. Het doel van deze notitie is het presenteren van deze formules. Hoofdstuk 4 is daarom tevens het laatste hoofdstuk.

2. WATERTYPENCLUSTERS

De formules zijn bepaald voor clusters van watertypen. In tabel 2.1 is per watertypencluster aangegeven welke watertypen er toe behoren. Per watertypencluster spelen andere stuurvariabelen een rol bij het verklaren van de ecologische kwaliteitsratio. In de tabel is met een 'x' aangegeven met welke stuurvariabelen de PUNN's zijn getraind.

Tabel 2.1. Stuurvariabelen per watertypencluster

watertypencluster	watertypen	Oeverinrichting	Peildynamiek	Onderhoud	Connectiviteit	Meandering	Verstuwing	Beschaduwing	Scheepvaart	BZV	Chloride	Fosfaat totaal	Stikstof totaal
Langzaam stromend beken	R4, R5, R6, R12					x	x	x		x		x	x
Snel stromende beken	R13, R14, R15, R17, R18					x	x	x		x		x	x
Sloten	M1, M2, M8	x	x	x								x	x
Kanalen	M3, M4, M6, M7, M10	x	x	x					x			x	x
Ondiepe meren	M14, M23, M27	x	x									x	x
Diepe meren	M20	x	x									x	x
Zwak brakke wateren	M30	x	x	x	x						x	x	x
Brakke tot zoute wateren	M31	x	x	x	x						x	x	x

Bij het trainen van de PUNN's wordt op basis van de data geselecteerd welke stuurvariabelen daadwerkelijk de EKR verklaren. In een aantal gevallen zal een stuurvariabele waarop wel getraind is, niet voorkomen in de uiteindelijke formule voor de EKR-score.

3. STUURVARIABLEN

Er zijn 12 verschillende stuurvariabelen gedefinieerd. Een overzicht daarvan is opgenomen in tabel 2.1. De waarden voor de stuurvariabelen zijn gebonden aan minima en maxima. De minimale en maximale waarde is gebaseerd op de dataset waarop de PUNN's zijn getraind. De geldigheid van de formules buiten de aangegeven range is beperkt. In de tool (executable) voor het toepassen van de PUNN's worden waarden buiten het aangegeven bereik daarom ook afgerond naar het minimum of maximum voor de desbetreffende stuurvariabele.

In de tabel staat ook aangegeven onder welke verkorte naam de stuurvariabelen in de formules zijn opgenomen. De verkorte codes zijn gebaseerd op de Engelse namen van de stuurvariabelen. Bijvoorbeeld Oeverinrichting - Banks - Ba.

Tabel 3.1. Stuurvariabelen

stuurvariabele	kort	eenheid	min	max	waarden en omschrijving
Oeverinrichting	Ba	-	1	3	1=beschoeid, 2=steil, 3=flauw/moerassig (NVO*)
Peildynamiek	L	-	1	3	1=tegennatuurlijk, 2=stabiel, 3=natuurlijk
Onderhoud	Ma	-	1	2	1=intensief, 2=extensief
Connectiviteit	Co	-	1	3	1=geïsoleerd, 2=periodiek geïsoleerd, 3=open verbinding
Meandering	Me	-	1	5	1=recht+normprofiel, 2=gestrekt+natuurlijker dwarsprofiel, 3=zwak slingerend, 4=slingerend, 5= vrij meanderend
Verstuwing	W	-	1	3	1=sterk gestuwd zonder vistrappen, 2=gestuwd met vistrappen, 3=ongestuwd
Beschaduwing	Sha	-	1	3	1=onbeschadwd zonder ruigte op de oevers,

stuurvariabele	kort	eenheid	min	max	waarden en omschrijving
					2=gedeeltelijk beschaduwd of ruigte op de oever en 3=grotendeels of geheel beschaduwd (opgaande begroeiing/bos)
Scheepvaart	Shi	-	1	2	1=intensief bevaren, 2 niet of nauwelijks bevaren
BZV	Bo	mg O ₂ /l	0,5	20	Zomergemiddelde (april-september), maat voor organische belasting
Chloride	Cl	mg Cl/l	100	15000	Zomergemiddelde (april-september), maat voor verzoeting
Fosfaat totaal	P	mg P/l	0.01	10	Zomergemiddelde (april-september), maat voor eutrofiëring
Stikstof totaal	N	mg N/l	0,67	100	Zomergemiddelde (april-september), maat voor eutrofiëring

De minima en maxima en de omschrijving komen uit het rapport 'Verdere ontwikkeling Expertsysteem Ecologische Effecten en evaluatie gebruik in de Ex ante evaluatie KRW' (april 2009) dat Royal Haskoning heeft opgesteld in opdracht van PBL.

4. FORMULES VOOR DE ECOLOGISCHE KWALITEITS RATIO

In dit laatste hoofdstuk van deze notitie wordt het resultaat gepresenteerd. Per watertypen-cluster is aangegeven wat de formules voor de verschillende EKR-deelmaatlatcores zijn zoals afgeleid met de PUNN's.

In de formules zijn alle coëfficiënten afgerond op maximaal 4 significante cijfers. Eventuele "trailing zeros" zijn daarbij niet weergegeven. "0.001400" wordt dus afgebeeld als "0.0014". In de tool wordt gewerkt met coëfficiënten die niet zijn afgerond. De berekeningen in de tool zijn daardoor preciezer dan op basis van de weergegeven formules.

Voor de volledigheid is voor elk watertypencluster de tabel opgenomen met de kwaliteit van de EKR-PUNN's zoals eerder gepresenteerd in het rapport "Voorspellen ecologische kwaliteits ratio op basis van product unit neural networks". De kwaliteit is daarin bepaald voor data waarop de PUNN's zijn getraind en voor data die alleen is gebruikt voor validatie.

4.1. Langzaam stromende beken

Tabel 4.1. Kwaliteit EKR-PUNN's voor Langzaam stromende beken

EKR	training				validatie			
	R ²	perc. bin-nen 0.10	RMSE	coef of determ	R ²	perc. bin-nen 0.10	RMSE	coef of de-term
waterflora	0.81	87 %	0.066	0.81	0.54	78 %	0.080	0.49
macrofauna	0.84	85 %	0.070	0.84	0.81	85 %	0.064	0.79
vissen	0.86	88 %	0.062	0.86	0.84	80 %	0.081	0.80

4.1.1. Waterflora

$$\begin{aligned} EKR = & + 0.8864 \\ & + 8.248 \frac{Me^{0.1676}W^{0.1138}Bo^{0.09777}P^{0.4306}}{Sha^{0.2314}N^{0.3932}} \\ & - 3.049 \frac{Me^{0.275}W^{0.1989}Bo^{0.1974}P^{0.2733}}{Sha^{0.5427}N^{0.3072}} \\ & - 5.836 \frac{Sha^{0.08954}P^{0.5152}}{N^{0.3723}} \\ & + 1.399e - 008 \frac{Me^{3.303}W^{7.747}Bo^{0.9489}}{Sha^{0.8586}P^{1.195}} \end{aligned}$$

4.1.2. Macrofauna

$$\begin{aligned} EKR = & - 0.03584 \\ & + 0.05529 Me^{0.7455}W^{1.307} \\ & + 1.157 \frac{Me^{0.8749}Sha^{0.6372}Bo^{0.1718}}{W^{3.079}} \\ & - 1.382 \frac{Me^{0.7926}Sha^{0.5625}Bo^{0.1711}P^{0.01432}}{W^{3.285}} \\ & + 0.5247 \frac{1}{W^{1.864}} \end{aligned}$$

4.1.3. Vissen

$$\begin{aligned} EKR = & + 0.1341 \\ & - 0.0014 \frac{Bo^{0.3222}N^{0.5613}}{Me^{0.2973}W^{0.06634}Sha^{0.1859}P^{1.683}} \\ & - 0.004817 \frac{Me^{0.1727}Bo^{1.311}}{W^{3.257}Sha^{0.3665}P^{0.6051}N^{0.05213}} \\ & + 0.03815 \frac{Me^{2.084}W^{1.466}Sha^{1.383}P^{1.355}}{Bo^{0.4396}N^{0.6742}} \\ & + 0.04967 \frac{Me^{0.1532}Sha^{0.02319}Bo^{0.07699}N^{0.2572}}{W^{0.03341}P^{0.7357}} \end{aligned}$$

4.2. Snelstromende beken

Tabel 4.2. Kwaliteit EKR-PUNN's voor Snelstromende beken

EKR	training			validatie				
	R ²	perc. bin- nen 0.10	RMSE	coef of determ	R ²	perc. bin- nen 0.10	RMSE	coef of de- term
waterflora	0.92	94 %	0.056	0.92	0.88	85 %	0.072	0.88
macrofauna	0.77	72 %	0.10	0.76	0.52	46 %	0.13	0.50
vissen	0.82	72 %	0.093	0.82	0.86	74 %	0.097	0.86

4.2.1. Waterflora

$$EKR = + 0.9103$$

$$- 0.02948 \frac{Me^{1.756} W^{1.177} Bo^{0.4335} P^{0.1456}}{Sha^{0.8292} N^{0.2259}}$$

$$- 0.7139 \frac{W^{0.2669} P^{0.09942} N^{0.04034}}{Me^{0.4033} Sha^{0.07511} Bo^{0.0155}}$$

$$+ 0.01946 \frac{Me^{1.088} W^{3.404} Bo^{0.1363} P^{0.08747}}{Sha^{0.2866} N^{0.01887}}$$

$$- 0.002219 \frac{Me^{1.168} W^{4.843} Bo^{0.1381} P^{0.1147} N^{0.06554}}{Sha^{0.1273}}$$

4.2.2. Macrofauna

$$EKR = - 3.16$$

$$+ 0.3542 \frac{Me^{1.518} Sha^{0.7935} Bo^{0.1753} P^{0.09731} N^{0.09585}}{W^{0.5307}}$$

$$+ 0.8674 \frac{1}{Me^{1.856} W^{0.5003} Bo^{0.2191}}$$

$$- 0.8375 \frac{Me^{1.297} Sha^{0.4557} Bo^{0.1907} P^{0.06909} N^{0.05914}}{W^{0.2573}}$$

$$+ 3.235 Me^{0.3869} W^{0.1035} Bo^{0.06701}$$

4.2.3. Vissen

$$EKR = + 2.277$$

$$+ 1.615 \frac{p^{0.1309}}{Me^{1.673}W^{0.7996}Bo^{0.2698}}$$

$$- 0.01623 Me^{0.8215}W^{0.9134}Sha^{0.03849}Bo^{0.7701}N^{0.1457}$$

$$- 2.317 \frac{p^{0.06052}N^{0.08924}}{Me^{0.1561}W^{0.441}Sha^{0.3269}Bo^{0.08154}}$$

$$- 0.802 \frac{Sha^{0.7063}}{Me^{0.7751}p^{0.06625}N^{0.1285}}$$

4.3. Sloten

Tabel 4.3. Kwaliteit EKR-PUNN's voor Sloten

EKR	training				validatie			
	R ²	perc. bin- nen 0.10	RMSE	coef of determ	R ²	perc. bin- nen 0.10	RMSE	coef of determ
waterflora	0.78	66 %	0.096	0.78	0.47	69 %	0.097	0.45
macrofauna	0.78	71 %	0.088	0.78	0.55	56 %	0.13	0.51
vissen	0.84	88 %	0.068	0.84	0.71	79 %	0.089	0.67

4.3.1. Waterflora

$$EKR = - 0.5021$$

$$+ 1.082 \frac{Ba^{0.8319}L^{0.4741}p^{0.3242}}{Ma^{1.304}N^{0.1376}}$$

$$+ 1.889 \frac{Ba^{0.9499}L^{0.3589}p^{0.1052}}{Ma^{0.2262}N^{0.2743}}$$

$$- 1.722 \frac{Ba^{1.187}L^{0.5274}p^{0.2513}}{Ma^{0.8523}N^{0.1876}}$$

$$- 0.7019 \frac{Ba^{0.8013}L^{0.1962}p^{0.1641}}{N^{0.8922}}$$

4.3.2. Macrofauna

$$\begin{aligned}
 EKR = & - 3.659 \\
 & + 4.057 \frac{L^{0.06662} Ma^{0.04294}}{p^{0.004204} N^{0.03028}} \\
 & + 3.947e - 005 \frac{Ba^{7.968} p^{2.109} N^{1.448}}{L^{3.007}} \\
 & + 0.1194 \frac{p^{0.2689}}{L^{7.412} Ma^{3.018}} \\
 & - 0.0009185 \frac{Ba^{5.721} p^{1.487} N^{0.9931}}{L^{2.089}}
 \end{aligned}$$

4.3.3. Vissen

$$\begin{aligned}
 EKR = & - 10.38 \\
 & + 6.796 \frac{L^{0.1253} Ma^{0.1178}}{p^{0.03803}} \\
 & + 4.326 \frac{p^{0.03148}}{L^{0.2724} Ma^{0.2525} N^{0.01809}} \\
 & - 0.1405 \frac{1}{p^{0.4452}} \\
 & - 0.1624 \frac{1}{L^{14.87} Ma^{11.67}}
 \end{aligned}$$

4.4. Kanalen

Tabel 4.4. Kwaliteit EKR-PUNN's voor Kanalen

EKR	training			validatie				
	R ²	perc. bin- nen 0.10	RMSE	coef of determ	R ²	perc. bin- nen 0.10	RMSE	coef of determ
fytoplankton	0.81	78 %	0.089	0.81	0.77	73 %	0.095	0.73
waterflora	0.72	74 %	0.091	0.72	0.32	58 %	0.12	0.13
macrofauna	0.77	71 %	0.091	0.77	0.63	65 %	0.11	0.58
vissen	0.81	85 %	0.071	0.81	0.71	80 %	0.072	0.70

4.4.1. Fytoplankton

$$\begin{aligned} EKR = & - 6.286 \\ & + 1.457 \frac{Ma^{2.326} Shi^{1.326} p^{0.2136}}{Ba^{0.2466}} \\ & - 1.286 \frac{Ma^{2.841} Shi^{1.322} p^{0.2451}}{Ba^{0.5875} N^{0.04242}} \\ & + 2.245 \frac{Ma^{1.691} p^{0.06715}}{Ba^{1.14} N^{0.2037}} \\ & + 4.842 \frac{Ba^{0.1644}}{Ma^{0.6369} Shi^{0.1877} p^{0.06294}} \end{aligned}$$

4.4.2. Waterflora

$$\begin{aligned} EKR = & - 0.1595 \\ & + 0.05647 \frac{Ba^{1.26} L^{0.503} Ma^{0.8065} N^{0.1694}}{p^{0.1042}} \\ & + 1.432 \frac{Shi^{0.9275}}{Ba^{1.934} L^{0.7576} Ma^{1.718} p^{0.4759} N^{0.2846}} \\ & - 2.443 \frac{Shi^{1.374}}{Ba^{2.798} L^{1.207} Ma^{0.4431} p^{0.5277} N^{0.4078}} \\ & + 1.586 \frac{Ma^{0.533} Shi^{1.588}}{Ba^{2.754} L^{1.298} p^{0.3705} N^{0.5855}} \end{aligned}$$

4.4.3. Macrofauna

$$\begin{aligned} EKR = & + 0.5472 \\ & + 29.7 \frac{Ma^{2.869} p^{2.155} N^{0.8558}}{Ba^{0.7403} L^{0.9586} Shi^{1.47}} \\ & - 29.3 \frac{Ma^{2.844} p^{2.144} N^{0.8634}}{Ba^{0.7088} L^{0.9607} Shi^{1.467}} \\ & - 0.02316 \frac{L^{1.7} Shi^{1.761}}{Ba^{2.151} p^{0.287}} \\ & + 0.03661 \frac{L^{1.395} Ma^{3.226}}{Ba^{1.186} N^{0.9514}} \end{aligned}$$

4.4.4. Vissen

$$EKR = + 2.014$$

$$- 0.08334 \frac{Ma^{0.3646} Shi^{1.704} N^{0.5548}}{Ba^{0.2097} p^{0.1385}}$$

$$- 0.8651 \frac{Ba^{0.7911} L^{0.3596} Shi^{0.3245}}{Ma^{0.7585} p^{0.08515} N^{0.1745}}$$

$$- 1.001 \frac{p^{0.3354}}{Ba^{1.617} Shi^{1.312}}$$

$$+ 0.06986 \frac{Ba^{1.398} L^{0.7065} Shi^{1.584}}{Ma^{1.062} p^{0.2604}}$$

4.5. Ondiepe meren

Tabel 4.5. Kwaliteit EKR-PUNN's voor Ondiepe meren

EKR	training				validatie			
	R ²	perc. bin- nen 0.10	RMSE	coef of determ	R ²	perc. bin- nen 0.10	RMSE	coef of determ
fytoplankton	0.85	73 %	0.095	0.85	0.79	67 %	0.13	0.72
waterflora	0.86	75 %	0.079	0.86	0.42	59 %	0.14	0.37
macrofauna	0.74	77 %	0.087	0.74	0.58	64 %	0.097	0.57
vissen	0.85	81 %	0.080	0.85	0.44	69 %	0.11	0.40

4.5.1. Fytoplankton

$$EKR = - 0.1975$$

$$+ 0.002726 \frac{L^{4.845} N^{1.749}}{Ba^{0.4983} p^{0.7672}}$$

$$- 0.01901 \frac{Ba^{0.6492} L^{2.194} N^{1.22}}{p^{0.5833}}$$

$$+ 0.4164 \frac{Ba^{0.6992} N^{0.01588}}{L^{0.1276} p^{0.2623}}$$

$$- 0.0003138 \frac{L^{6.706} N^{1.984}}{Ba^{1.34} p^{0.8539}}$$

4.5.2. Waterflora

$$\begin{aligned}EKR = & - 0.02656 \\ & - 4.09 \frac{L^{1.756} p^{0.2838}}{Ba^{1.87} N^{0.6893}} \\ & + 3.86 \frac{L^{1.689} p^{0.2335}}{Ba^{1.682} N^{0.6279}} \\ & - 0.0006601 \frac{Ba^{1.519}}{L^{3.082} p^{2.066} N^{0.616}} \\ & + 0.02476 \frac{Ba^{1.514}}{L^{1.075} p^{0.8335} N^{0.03913}}\end{aligned}$$

4.5.3. Macrofauna

$$\begin{aligned}EKR = & + 0.4662 \\ & - 0.4966 \frac{L^{3.1} p^{0.09625}}{Ba^{2.065} N^{0.08783}} \\ & - 0.0001988 \frac{N^{3.273}}{Ba^{2.29} L^{0.8546} p^{1.079}} \\ & + 0.3316 \frac{L^{3.506} p^{0.4261}}{Ba^{3.286} N^{0.2796}} \\ & + 0.2227 \frac{L^{2.966}}{Ba^{1.512} p^{0.07433} N^{0.09371}}\end{aligned}$$

4.5.4. Vissen

$$\begin{aligned}EKR = & + 0.2008 \\ & + 0.5029 \frac{Ba^{0.1388}}{L^{1.055} p^{0.7705} N^{0.1527}} \\ & - 0.1051 \frac{Ba^{0.5287}}{L^{1.425} p^{1.013} N^{0.33}} \\ & - 1.785 \frac{1}{Ba^{0.4519} L^{2.279} p^{0.6236} N^{0.1068}} \\ & + 2.842 \frac{1}{Ba^{0.2624} L^{3.717} p^{0.3936} N^{0.4711}}\end{aligned}$$

4.6. Diepen meren

Tabel 4.6. Kwaliteit EKR-PUNN's voor Diepe meren

EKR	training				validatie			
	R ²	perc. bin- nen 0.10	RMSE	coef of determ	R ²	perc. bin- nen 0.10	RMSE	coef of determ
fytoplankton	0.69	50 %	0.15	0.69	0.64	46 %	0.17	0.63
waterflora	0.85	76 %	0.086	0.85	0.82	73 %	0.091	0.81
macrofauna	0.86	87 %	0.066	0.86	0.61	85 %	0.080	0.60
vissen	0.86	90 %	0.069	0.86	0.70	69 %	0.12	0.69

4.6.1. Fytoplankton

$$\begin{aligned}
 EKR = & - 0.7347 \\
 & + 0.9958 \frac{1}{N^{0.288}} \\
 & + 0.002878 N^{1.535} \\
 & + 0 \\
 & + 0.09921 \frac{N^{0.3107}}{p^{0.4086}}
 \end{aligned}$$

4.6.2. Waterflora

$$\begin{aligned}
 EKR = & + 7.054 \\
 & - 0.3623 \frac{L^{3.13}}{Ba^{2.456}} \\
 & + 0.2406 \frac{L^{3.554}}{Ba^{3.148}} \\
 & + 0.5741 \frac{1}{L^{7.167}} \\
 & - 7.474 \frac{p^{0.01563}}{L^{0.1776}}
 \end{aligned}$$

4.6.3. Macrofauna

$$\begin{aligned}
 EKR = & + 0.7516 \\
 & - 0.1273 \frac{L^{0.6037} p^{0.3094} N^{0.8157}}{Ba^{0.1388}} \\
 & + 0.08084 \frac{Ba^{1.107} L^{1.124}}{p^{0.03239} N^{0.2039}} \\
 & - 0.3805 \frac{Ba^{0.3697} L^{0.6279} p^{0.05867}}{N^{0.1495}} \\
 & + 0.03044 Ba^{0.3636} L^{1.545} p^{0.4326} N^{1.041}
 \end{aligned}$$

4.6.4. Vissen

$$\begin{aligned}
 EKR = & + 0.5086 \\
 & + 0.002819 \frac{Ba^{2.018} L^{1.275} N^{0.4715}}{p^{0.3671}} \\
 & - 0.4976 \frac{L^{1.115} p^{0.4029} N^{1.043}}{Ba^{1.24}} \\
 & + 0.3934 \frac{L^{1.201} p^{0.3831} N^{1.103}}{Ba^{1.942}} \\
 & + 0.01605 \frac{Ba^{2.513} L^{2.454} p^{1.948}}{N^{0.04953}}
 \end{aligned}$$

4.7. Zwak brakke wateren

Tabel 4.7. Kwaliteit EKR-PUNN's voor Zwak brakke wateren

EKR	training				validatie			
	R ²	perc. bin- nen 0.10	RMSE	coef of determ	R ²	perc. bin- nen 0.10	RMSE	coef of determ
fytoplankton	0.59	54 %	0.14	0.59	0.55	51 %	0.13	0.54
waterflora	0.81	75 %	0.082	0.81	0.76	76 %	0.10	0.73
macrofauna	0.68	77 %	0.10	0.68	0.37	66 %	0.095	0.35
vissen	0.77	79 %	0.078	0.77	0.71	78 %	0.099	0.71

4.7.1. Fytoplankton

$$EKR = + 3.526$$

$$+ 0.01341 \frac{Co^{1.802} N^{0.9902}}{Ma^{1.655} p^{0.5506}}$$
$$- 3.206 \frac{L^{0.009276} Co^{0.06119} N^{0.1598}}{Ba^{0.1539} Cl^{0.004934}}$$
$$+ 0.003032 Co^{1.639}$$
$$+ 0.3277 \frac{p^{0.188} N^{0.5482}}{Ba^{1.007}}$$

4.7.2. Waterflora

$$EKR = - 0.06272$$

$$+ 0.01041 \frac{Ba^{0.7411} Ma^{3.248} N^{0.2425}}{L^{0.5203} Co^{1.482} Cl^{0.04762} p^{1.001}}$$
$$+ 2.295 \frac{Ba^{1.428} L^{0.1947} Ma^{2.096} p^{0.9784} N^{0.09725}}{Co^{0.05576} Cl^{0.7786}}$$
$$+ 0.1532 \frac{Ba^{0.7224} Co^{0.6193} N^{0.2011}}{p^{0.08784}}$$
$$- 0.3917 \frac{Ba^{1.21} L^{0.08057} Ma^{0.8105} Co^{0.4422} N^{0.6502}}{Cl^{0.386} p^{0.06574}}$$

4.7.3. Macrofauna

$$EKR = + 0.1358$$

$$+ 1.028e - 008 \frac{Ba^{4.048} Ma^{0.9007} Cl^{1.982}}{p^{0.9546} N^{0.9079}}$$
$$- 1.212e - 008 \frac{Ba^{3.899} Ma^{0.8571} Cl^{1.987}}{p^{0.9486} N^{0.9135}}$$
$$+ 0$$
$$+ 0.01197 Cl^{0.4638}$$

4.7.4. Vissen

$$\begin{aligned}
 EKR = & + 0.3949 \\
 & + 0.13 \frac{L^{1.5}}{N^{0.3875}} \\
 & - 0.02513 \frac{Cl^{0.2928}p^{0.4011}N^{0.2245}}{Ma^{1.278}} \\
 & - 2.517 \frac{L^{0.8571}}{Cl^{0.5449}p^{0.2137}} \\
 & + 0.0005403 \frac{Ba^{1.519}Co^{1.272}Cl^{0.6402}p^{0.4704}}{L^{1.583}Ma^{1.853}}
 \end{aligned}$$

4.8. Brakke tot zoute wateren

Tabel 4.8. Kwaliteit EKR-PUNN's voor Brak tot zoute wateren

EKR	training				validatie			
	R ²	perc. bin- nen 0.10	RMSE	coef of determ	R ²	perc. bin- nen 0.10	RMSE	coef of determ
fytoplankton	0.57	58 %	0.12	0.57	0.56	59 %	0.11	0.55
waterflora	0.82	84 %	0.067	0.82	0.62	73 %	0.090	0.60
macrofauna	0.78	68 %	0.10	0.78	0.50	46 %	0.15	0.47
vissen	0.76	86 %	0.073	0.76	0.50	57 %	0.13	0.43

4.8.1. Fytoplankton

$$\begin{aligned}
 EKR = & - 0.6899 \\
 & - 0.001505 \frac{Ma^{3.259}}{p^{1.001}} \\
 & - 2.973e + 004 \frac{Co^{3.478}p^{0.4353}N^{0.6915}}{L^{4.712}Cl^{1.473}} \\
 & + 1.511 \frac{1}{L^{0.05739}p^{0.08869}N^{0.1542}} \\
 & + 2.481e + 004 \frac{Co^{3.504}p^{0.4505}N^{0.6971}}{L^{4.238}Cl^{1.455}}
 \end{aligned}$$

4.8.2. Waterflora

$$EKR = - 1.31$$

$$+ 0.06355 \frac{Ba^{1.414} Co^{1.471} Cl^{0.03803} P^{0.1136}}{L^{0.3035}}$$

$$+ 3.747 \frac{L^{0.1378} Ma^{1.014}}{Ba^{1.282} Co^{0.9469} P^{0.192} N^{0.07287}}$$

$$+ 2.126 \frac{1}{Ba^{1.09} Ma^{1.258} Co^{1.244}}$$

$$- 8.097 \frac{L^{0.1753} Ma^{1.442}}{Ba^{2.852} Co^{1.875} Cl^{0.05268} P^{0.3057} N^{0.07069}}$$

4.8.3. Macrofauna

$$EKR = + 0.334$$

$$- 15.59 \frac{Ba^{0.8861}}{Co^{0.3713} Cl^{0.3655} P^{0.3035} N^{0.4309}}$$

$$- 3.317e - 014 \frac{Ba^{9.776} Cl^{2.272} N^{1.318}}{L^{1.727} Ma^{3.638} P^{1.09}}$$

$$+ 0.5797 \frac{Ba^{1.001} Ma^{0.2762} Co^{0.09019}}{P^{0.1687} N^{0.4754}}$$

$$+ 9.678e - 009 \frac{Ba^{5.268} Cl^{1.339} N^{1.132}}{Ma^{3.135} Co^{2.846} P^{0.8398}}$$

4.8.4. Vissen

$$EKR = + 0.7573$$

$$+ 3.037e - 007 \frac{Ba^{1.801} Co^{1.192} Cl^{1.346} P^{1.079}}{L^{0.5037} Ma^{0.6636}}$$

$$+ 0.003544 \frac{Ba^{2.502} Co^{1.678} Cl^{0.2539}}{L^{0.8245} Ma^{1.028} P^{0.1448} N^{0.2325}}$$

$$- 2.733e - 005 \frac{Ba^{1.28} Co^{0.9331} Cl^{0.9802} P^{0.6374} N^{0.07196}}{L^{0.4065} Ma^{0.458}}$$

$$- 1.128e + 004 \frac{Ba^{0.4523}}{Ma^{0.6686} Cl^{1.271} P^{0.2874}}$$