

SALT EXPERT

Een expert system voor toedeling van vegetatieopnamen aan de SALT-typologie

John Janssen & Stephan Hennekens

Wageningen Environmental Research, Wageningen

September 2018

Met dank aan: Bas Kers & Johan Zielman (validatie vanuit Rijkswaterstaat) en Jackie Straathof & Bas Kers (begeleiding en opdrachtgevers vanuit Rijkswaterstaat)

1. Introductie

Achtergrond Expert Systems

Met een *expert system* (ES) wordt hier een set algoritmes bedoeld dat de toedeling van vegetatieopnamen aan (referentie)plantengemeenschappen uitvoert. Dit gebeurt consistent en kan voor grote databases (met duizenden vegetatieopnamen) in korte tijd worden uitgevoerd.

Het hier bedoelde type *expert system* is voor het eerst ontwikkeld in Tsjechië (Koçi et al. 2003) binnen het programma JUICE (Tichý 2002), waar het is toegepast voor de indeling van Tsjechische plantengemeenschappen (Chytrý 2007-2013). De aanpak kreeg in navolging in Slowakije (Jarolímek & Šibík 2008) en inmiddels wordt het formaliseren van classificaties via een *expert system* steeds breder toegepast, op Europese schaal onder meer voor vegetatieclassificatie van wetland begroeiingen (Landucci et al. 2013, 2015), rivierbossen (Douda et al. 2016), beukenbossen (Willner et al. 2017), laagveenmoerassen (Peterka et al. 2017), duingraslanden (Marcenò et al. 2018) en voor EUNIS habitats (Chytrý et al. in prep.). Diverse andere toedelingssystemen op Europese schaal zijn in ontwikkeling, terwijl op nationale schaal een systeem wordt gebouwd in Polen (Kački et al. 2013). Vanwege de verdere ontwikkeling van expert systemen in de loop der tijd is een herziening van de (eerste) Tsjechische ES voorzien (mond. meded. M. Chytrý). Bij een recent overzicht van eisen die tegenwoordig aan vegetatie-classificatie worden

gesteld, wordt het ontwikkelen van een *expert system* als één van de punten genoemd (De Cáceres et al. 2015).

Achtergrond SALT typologie

Vegetatiekarteringen van kwelders en schorren (VEGWAD-programma) vormen een belangrijke basis voor internationale rapportages binnen Rijkswaterstaat. Deze karteringen zijn gestandaardiseerd dankzij de ontwikkeling van de kweldertypologie SALT (De Jong et al. 1997), die door de karterende ecologische bureaus wordt toegepast. De SALT-typologie is in de afgelopen 30 jaar binnen Rijkswaterstaat verder ontwikkeld voor toedeling van zowel vegetatieopnamen als kaartvlakken aan een vaste typologie, die vervolgens de basis vormt voor vertaling naar Natura 2000-habitattypen, kwelderzones (voor de kwaliteitsmaatlat voor de Kaderrichtlijn Water), en de T-Map typologie voor het internationale Waddengebied (Kers 2012; Torensma 2014).

De SALT-typologie is een heel stuk gedetailleerder dan de plantengemeenschappen (associaties) uit de Vegetatie van Nederland. De software waarmee SALT kan worden toegepast is inmiddels sterk verouderd (draait binnen DOS) en bovendien is de indeling in typen aangepast en verder verfijnd tot de huidige **versie v2.45 van SALT2008**.

Door het ontbreken van een geschikt computerprogramma werden kwelderopnamen de laatste jaren handmatig toegedeeld aan de SALT-typologie, binnen een spreadsheet (EXCEL). De vegetatieopnamen worden wel digitaal door karterende bureaus aangeleverd aan Rijkswaterstaat (in het programma Turboveg; Hennekens & Schaminée 2001). Het programma JUICE wordt door de karterende bureaus niet of zelden gebruikt.

Bij de toedeling van opnamen worden in de SALT-sleutel de volgende vier basisprincipes gehanteerd:

- (1) ten eerste moet de opname op een kwelder gemaakt zijn;
- (2) vervolgens wordt aan de hand van de soortensamenstelling (soortengroepen) bepaald tot welke zone van de kwelder de opname behoort;
- (3) vervolgens wordt voor een opname eerst bekeken of deze tot een associatie kan worden toegedeeld; als een opname niet aan de criteria van een associatie voldoet, wordt bekeken of deze tot een rompgemeenschap kan worden gerekend;
- (4) indien een opname soorten van verschillende zones bevat, wordt in eerste instantie gekeken of de opname tot de hogere (complexere) zone kan worden gerekend; als dat niet het geval is, wordt de

opname tot de eenvoudigere zone gerekend. Oftewel: structuurrijke vegetatietypen krijgen voorrang op structuurarmere typen.

Ontwikkeling SALT EXPERT

Door een Expert Systeem te ontwikkelen voor de SALT-typologie, kan de toedeling van vegetatieopnamen aan de SALT-typen voortaan consistent worden uitgevoerd. Dit vormt een belangrijke ondersteuning bij het verbeteren van vegetatiekarteringen ten behoeve van onder meer rapportages voor Natura 2000, de Kaderrichtlijn Water en T-MAP. Naast het hier beschreven SALT EXPERT, wordt voor BIJ12 momenteel gewerkt aan een *Expert System* dat opnamen toedeelt aan de plantengemeenschappen (associaties, rompgemeenschappen) uit de Vegetatie van Nederland. Dit systeem wordt beoogd eind 2020 operationeel te zijn.

2. SALT EXPERT

SALT EXPERT is een expert systeem dat vegetatie-opnamen toedeelt aan de SALT typologie. Het betreft de typologie uit de versie SALT2018 volgens de regels die zijn vastgelegd in het bestand "SALT sleutel en soorten v2.45.xlsx" uit juni 2019.

Omdat in ons land weinig karteerders met JUICE werken, is SALT EXPERT ontwikkeld in het programma Turboveg. Dit is dé standaard voor opslag en beheer van vegetatieopnamen in Nederland en de rest van de wereld (Hennekens & Schaminée 2001), en vormt met JUICE (voor classificatie van vegetatieopnamen) een zeer veel gebruikte twee-eenheid in het vegetatieonderzoek. Momenteel is Turboveg2 in gebruik, maar dit programma is enigszins verouderd. Een nieuwe versie Turboveg3 is in ontwikkeling en zal in de loop van 2019/2020 beschikbaar komen. SALT EXPERT is dan ook ontwikkeld binnen Turboveg 3.

3. Opbouw van SALT EXPERT

De volledig uitgeschreven criteria uit SALT EXPERT zijn als los document (bijlage 1) bijgevoegd aan deze toelichting.

De SALT-sleutel bestaat uit een viertal hoofdregels, vervolgens criteria voor toedeling aan hoofdzones (op basis van een combinatie van soorten), waarna binnen de hoofdzone een lineaire sleutel word doorlopen. Voldoet een opname aan een criterium, dan wordt de sleutel niet verder doorlopen. De details zijn

beschreven in De Jong et al. (1997) en in het genoemde Excel-bestand "SALT sleutel en soorten v2.45.xlsx" (verkrijgbaar via B. Kers, Rijkswaterstaat CID).

SALT EXPERT werkt volgens een andere structuur dan de oorspronkelijke SALT-sleutel in DOS, aangezien het is gebaseerd op het Tsjechische voorbeeld. Het bestaat uit een algoritme dat is vastgelegd in de vorm van een tekstbestand (.txt) dat op de computer gezocht wordt in het programma JUICE of Turboveg. Het bestand bestaat uit drie secties. De gebruikt namen in alle secties moeten overeenkomen met de soortenlijst **Floranld_2017** die in Turboveg wordt gehanteerd.

Section 1: Species aggregation

Een sectie waarin alle synoniemen van plantensoorten worden aangegeven, die binnen het ES als één taxon worden beschouwd. Dit gedeelte is voor de SALT-sleutel volledig afgestemd op het *Expert System* dat voor de Vegetatie van Nederland wordt ontwikkeld. De in de sleutel gebruikte naam wordt telkens eerst genoemd, waarna soorten worden genoemd die als synoniemen worden beschouwd in SALT EXPERT. Een voorbeeld is:

Jacobaea vulgaris	0
Jacobaea vulgaris s.l.	0
Jacobaea vulgaris subsp. vulgaris	0
Jacobaea vulgaris subsp. dunensis	0

Section 2: Species groups

Een sectie waarin soortengroepen worden geformuleerd. Er zijn twee typen soortengroepen: (i) diagnostische soortengroepen (ook wel differentiërende soortengroepen genoemd), en (ii) sociologische soortengroepen (ook wel functionele soortengroepen genoemd).

De diagnostische soortengroepen worden in de toedelingsregels met een aantal groepen tegelijk onderling vergeleken, waarbij met een + en een dubbel cijfer wordt aangegeven welke groepen onderling worden vergeleken. In SALT EXPERT zijn soortengroepen opgesteld voor het onderscheiden van formaties (+01), en voor gebruik bij de criteria voor hoofdzones (+02 t/m +08).

Voorbeeld: De regel <##C +01 AQ> eist dat de totale bedekking van de soorten uit groep AQ (formatie Aquatisch) groter is dan de bedekking van de soorten uit enige andere groep binnen +01 (groepen van andere formaties).

De sociologische soortengroepen (in sectie 2 aangegeven met ###) worden in de toedelingsregels afzonderlijk bekeken. Er zijn diverse sociologische groepen opgesteld, om de diverse criteria uit SALT2008 te ondervangen. Sommige kleine groepen zijn naar één of twee soorten genoemd, andere komen overeen met de soorten zoals die in SALT2008 zijn geformuleerd en met letters zijn aangegeven (groepA, groepCc, etc.).

Voorbeelden:

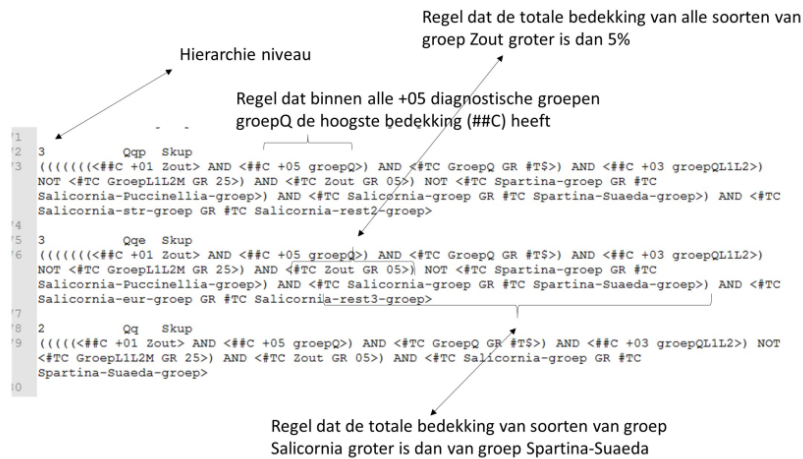
de regel <#TC Matricaria-groep GR 15> betekent dat de soorten uit de Matricaria-groep samen meer dan 15% moeten bedekken;

de regel <#01 GroepBK> betekent dat tenminste één soort uit de GroepBK aanwezig moet zijn.

Section 3: Group definitions

Een sectie met de toedelingsregels. Per SALT-type wordt tenminste één toedelingsregel geformuleerd, maar soms meerdere (als de toedeling aan een type op meerdere plekken in de sleutel plaats kan vinden). De regels werken met de volgende *operators*: GR (groter dan), EQ (gelijk aan) en GE (groter of gelijk aan), waarbij de bedekking (cover), wortel van de bedekking (root-square cover), of het aantal van de soorten in een soortengroep wordt vergeleken of beoordeeld. De regels kunnen worden samengesteld uit meerdere onderdelen, die verbonden zijn met AND, OR of NOT. Tenslotte wordt hier een hiërarchie aangegeven in de regels: regels met de hoogste hiërarchie worden eerst doorlopen, en alleen als een opname aan geen van die regels voldoet, wordt gekeken of er op een lager hiërarchieniveau wel toedeling aan een type mogelijk is. In JUICE zijn maximaal 9 hiërarchieniveaus mogelijk.

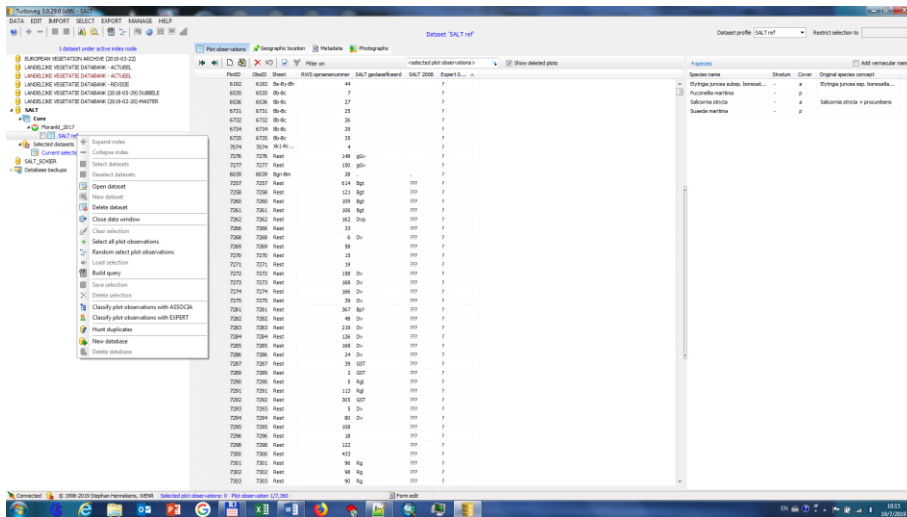
Enkele voorbeelden van regels worden hieronder gegeven, met toelichting erbij.



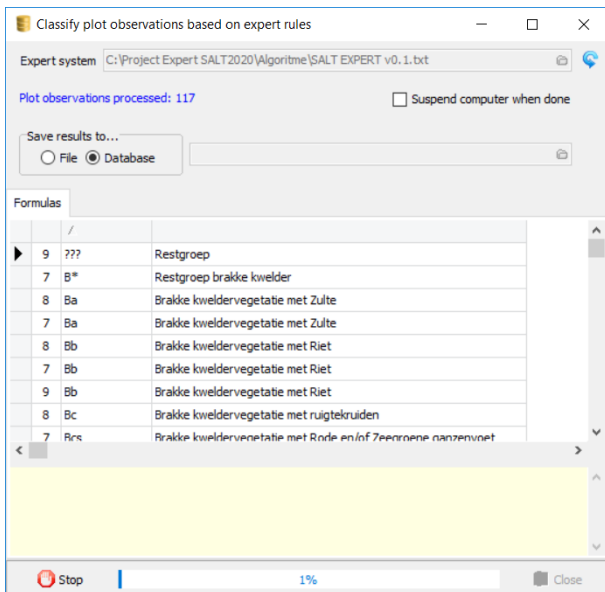
4. Een korte handleiding

Identificeren van alle opnames in een database

Om SALT EXPERT te draaien moet binnen Turboveg3 eerst de juiste database met vegetatieopnames worden geselecteerd. Vervolgens is de functie "Classify plot observation with EXPERT" te vinden onder de hoofdfunctie "EDIT".



Er opent een nieuw scherm, waarin bovenaan het tekstbestand van SALT EXPERT moet worden gezocht op de juiste directory. Er kan vervolgens worden aangegeven of de resultaten van de identificatie direct in de database worden gezet (optie "database"), of naar een apart Excel-bestand worden geschreven (optie "file"). Via "Execute" wordt het programma tenslotte gedraaid.

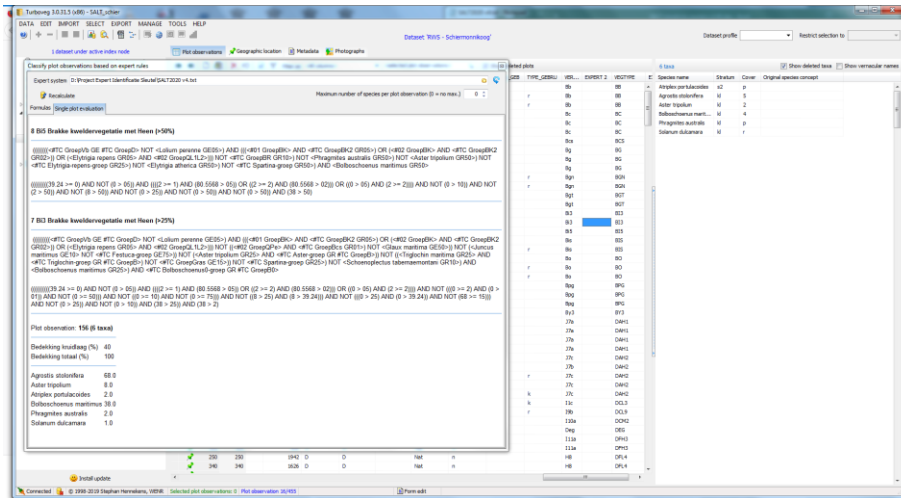


Identificeren van individuele opnames

Naast het identificeren van een hele database kan ook een enkele opname worden geïdentificeerd met SALT EXPERT. Dit kan door in de database op een opname te gaan staan, op de rechtermuis te klikken, en vervolgens de optie "Classify plot observation with EXPERT" te kiezen. In het nieuwe scherm dat opent wordt voor de opname aangegeven tot welk type deze wordt geïdentificeerd, en in hoeverre aan de criteria van die regel wordt voldaan. Ook is te zien hoe de bedekkingscodes van de soorten in de opname zijn omgerekend naar percentages.

De mogelijkheid bestaat om een andere regel toe te voegen en te evalueren waarom de opname daar niet aan voldoet, maar dit kan alleen met regels die op een hoger niveau gelden dan de regel van het type waartoe de opname wordt gerekend. Klik hiervoor rechtsboven in het nieuwe scherm op "Formulas" en selecteer de gewenste regels voor andere typen. Klik dan opnieuw het tabblad "Single plot evaluation" aan en kies "recalculate". Een voorbeeld is hieronder

gegeven: voor een opname die is toegedeeld aan type Bi3 (op hiërarchieniveau 7) wordt bekeken waarom deze niet voldoet aan de eisen van Bi5 op niveau 8. Het gaat mis bij het laatste deel van het criterium voor Bi5: de bedekking van *Bolboschoenus maritimus* (38%) is niet groter dan 50%.



5. Evaluatie van SALT EXPERT

SALT EXPERT dekt alle typen af die in SALT2008 zijn onderscheiden. Uiteraard werkt het programma alleen voor opnamen die aan de algemene eisen van vegetatieonderzoek voldaan: de opname heeft betrekking op een homogeen proefvlak (Westhoff et al. 1995; Janssen et al. 2019). Ook moeten de plantensoorten goed op naam zijn gebracht, volgens de soortenlijst in Turboveg.

De werking van SALT EXPERT is getest aan de hand van een referentietabel van 7324 opnamen, waarin alle opnamen handmatig aan de SALT-typologie zijn toegekend (deze tabel is in de loop der jaren bij Rijkswaterstaat opgebouwd). Een deel van deze opnamen is verwijderd, omdat er geen referentiecode was aangegeven of deze niet binnen de SALT-typologie past. Uiteindelijk zijn 7236 opnamen gevalideerd. De toedeling van de SALT EXPERT en de handmatige toedeling komen voor 84% overeen, maar dit verschilt enigszins per type. Details per type zijn weergegeven in Bijlage 3. De verschillen tussen de identificatie door experts en Expert worden enerzijds veroorzaakt doordat SALT EXPERT niet precies hetzelfde werkt als de oorspronkelijke SALT-sleutel in DOS, maar – voor het grootste deel !! – door fouten in de referentietabel: opnamen

Commented [JJ1]: Ik zal de details per type in een bijlage zetten, zodra Bas gereed is met zijn controles

die onjuist door de experts aan een type zijn toegekend.¹ Om die laatste reden ligt de werkelijke betrouwbaarheid van SALT EXPERT naar schatting hoger dan 90%.

Maar, er zijn ook enkele verschillen tussen de oorspronkelijke SALT-regels het programma SALT EXPERT, die voortkomen uit verschillen in het basis-ontwerp. Die verschillen worden hier nader toegelicht:

- Op de eerste plaats kunnen de **hoofdregels** voor de SALT-sleutel niet helemaal in een algoritme gegoten worden. Met name de hoofdregel "Gebied staat in verbinding met zee" moest via de soortensamenstelling ingevuld worden. In de 4^e hoofdregel wordt geëist dat een soort de "**enigste bedekker**" is. Binnen de ES zijn geen mogelijkheden om dit letterlijk te programmeren. In deze gevallen is gekozen om te programmeren dat de soort de hoogste bedekking heeft van alle soorten. Een toelichting op de programmering van de hoofdregels wordt gegeven in Bijlage 1.
- Een ander verschil in ontwerp is dat SALT2008 bestaat uit een **lineaire sleutel**: als een opname niet aan de eis voldoet, ga je door naar de volgende regel. Expert werkt anders: alle criteria worden tegelijk bekeken, en een opname die aan twee criteria voldoet wordt aan twee vegetatietypen toegedeeld. Ten dele kan dit verschil in SALT EXPERT worden ondervangen door verschillende hiërarchie-niveaus te onderscheiden, waarbinnen vergelijking van criteria plaatsvindt. Binnen eenzelfde hiërarchie-niveau wordt vervolgens in elk criterium het voldoen aan de overige criteria uitgesloten: de toedelingsregels worden hierdoor wel uitgebreid en gecompliceerd.
- Enkele keren wordt geëist dat een soort de hoogste bedekking heeft **binnen een groep**. Dit is niet zodanig te programmeren in het expert systeem. Bij kleine groepen is de bedekking van de soort vergeleken met elke andere soort uit de groep. In het geval van grote groepen is in sommige gevallen geëist dat de soort de hoogste bedekking in de opname heeft. Dit speelt bij Dxh, Dxc, By3 (waarbij *Festuca rubra* is uitgezonderd), Bi3, Ss0, Qq0, Qu0, Qu (2^e regel). In andere gevallen is ervoor gekozen deze eis te benaderen door de bedekking van een soort hoger te laten zijn dan de totale bedekking van de groep waarmee de soort vergeleken wordt. Dit speelt bij Deu, Py (2^e regel), Jy3 en Rgv.

¹ Niet overeenkomstige combinaties tussen SALT-type en Referentietype die bij meer dan 10 opnames voorkomen zijn allen gecontroleerd en eventueel gecorrigeerd in de referentietabel; bij minder dan 10 combinaties is dit niet meer gedaan.

6. Conclusies

Het voor handen zijn van het gebouwde SALT Expert systeem binnen Turboveg betekent een versnelling en verbeterde consistentie van toedeling van vegetatieopnamen aan de kweldertypologie door uitvoerende karteerbureaus. Het is tevens een hulpmiddel om controlestappen in het karteerproces door RWS-medewerkers te vereenvoudigen.

7. Literatuur

Chytrý, M. (ed.) (2007–2013). *Vegetace České republiky. Vegetation of the Czech Republic*. Praha, Czech Republic: Academia.

Chytrý, M., Tichý, L., Hennekens, S.M., Knollová, I., Janssen, J.A.M., Rodwell, J.S., Marcenò, C., Landucci, F., Dengler, J., Novák, P., Zúkal, D., Danihelka, J., Borja Jiménez-Alfaro, J., ... Bonari, G., Kuzemko, A. ... Doug Evans, D., Palitzsch Lund, M., Tryfon, E. & Schaminée, J.H.J. (in prep.). EUNIS Habitat Classification: expert system, indicator species and distribution maps of European grassland, shrubland and forest habitats. *Applied Vegetation Science*.

De Cáceres, M., Chytrý, M., Agrillo, E., Attorre, F., Botta-Dukát, Z., Capelo, J., ... Wisser, S.K. (2015). A comparative framework for broad-scale plot-based vegetation classification. *Applied Vegetation Science*, 18, 543–560.

De Jong, D.J., Dijkema, K.S., Bossinade, J.H. & Janssen, J.A.M. (1997). SALT97, een programma voor toedeling van vegetatieopnames aan vegetatietypen op de kwelder. Intern rapport Rijkswaterstaat.

Douda, J., Boublík, K., Slezák, M., Biurrun, I., Nociar, J., Havrdová, A., ... Zimmermann, N. E. (2016). Vegetation classification and biogeography of European floodplain forests and alder carrs. *Applied Vegetation Science*, 19, 147–163.

Hennekens, S.M. & J.H.J. Schaminée (2001). TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science* 12: 589-591.

Janssen, J.A.M., J.H.J. Schaminée & H. van Loon (2019). Handleiding Vegetatiekunde. Wiki op www.groenkennisnet.nl

Jarolímek, I. & Šibík, J. (eds) (2008). *Diagnostic, constant and dominant species of the higher vegetation units of Slovakia*. Bratislava, Slovakia: Veda.

- Kaçki, Z., Czarniecka, M. & Swacha, G. (2013). Statistical determination of diagnostic, constant and dominant species of the higher vegetation units of Poland. *Monographiae Botanicae*, 103, 1–267.
- Kers, A.S, 2012. SALT sleutel en soorten v2.30. Bijlage bij: Kers, A.S., M. van Splunder, J. Bergwerff & J. Buiks, 2012. Productspecificaties Vegetatiekartering v1.50. Rijkswaterstaat, Delft.
- Kočí, M., Chytrý, M. & Tichý, L. (2003). Formalized reproduction of an expert-based phytosociological classification: A case study of subalpine tall-forb vegetation. *Journal of Vegetation Science*, 14, 601–610.
- Landucci, F., D. gigante, R. Venanzoni & M. Chytrý (2013). Wetland vegetation of the class Phragmito-Magno-Caricetea in central Italy. *Phytocoenologia* 43 (1/2): 67–100.
- Landucci, F., Tichý, L., Šumberová, K. & Chytrý, M. (2015). Formalized classification of species-poor vegetation: a proposal of a consistent protocol for aquatic vegetation. *Journal of Vegetation Science*, 26, 791–803.
- Marcenò, C., Guarino, R., Loidi, J., Herrera, M., Isermann, M., Knollová, I., ... Chytrý, M. (2018). Classification of European and Mediterranean coastal dune vegetation. *Applied Vegetation Science*, 21, 533–559.
- Peterka, T., Hájek, M., Jiroušek, M., Jiménez-Alfaro, B., Aunina, L., Bergamini, A., ... Chytrý, M. (2017). Formalized classification of European fen vegetation at the alliance level. *Applied Vegetation Science*, 20, 124–142.
- Tichý, L. (2002). JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*, 13, 451–453.
- Torensma, N. (2014). Basisrapportage MWTL kweldervegetatie per Natura 2000-gebied, cyclus 1998-2003 & 2004-2009. Rijkswaterstaat Centrale Informatie Voorziening (CIV), Delft.
- Willner, W., Jiménez-Alfaro, B., Agrillo, E., Biurrun, I., Campos, J. A., Čarni, A., ... Chytrý, M. (2017). Classification of European beech forests: a Gordian Knot? *Applied Vegetation Science* 20: 494–512.

Bijlage 1. Definities van hoofdvoorwaarden

De hoofregels van SALT2008 zijn:

- 1) Gebied staat in verbinding met zee en:
- 2) Wanneer (totbed - bedekking strooisellaag) =< 1 dan zone 00, type 'Kaal'
- 3) Totbed > 1; ga verder met sleutel
- 4) groepZ + groepE + groepW :
 - minimaal 4 soorten
 - minimaal 3 soorten en minimaal 1 soort met bedekking p,
 - minimaal 2 soorten en minimaal bedekking p per soort,
 - of minimaal 1 soort en deze soort >= 5 en groepA + Hippo rha < 10
 - of minimaal 1 soort en enigste bedekker
 - of minimaal 1 soort en groepD + groepVz < 5
 - of Riet > 25 & groepD + groepVz < 5

Wanneer niet aan deze 4 hoofdvoorwaarden wordt voldaan, dan type ??? = geen kwelder

In SALT-Expert zijn deze regels als volgt toegepast:

Aan de **eerste hoofdregel** kan niet letterlijk worden voldaan, aangezien dit niet vanuit de opnamegegevens is af te lezen. Dit criterium is daarom vervangen door de eis dat de opname voldoet aan de formatie "zout" zoals die binnen het Expert-system voor de Vegetatie van Nederland is ontwikkeld. Dit wordt vertaald in de regel:

<##C +01 Zout>

Deze regel is overigens alleen voor de "zoute" zones toegepast.

De **tweede en derde hoofdregel** wordt ondervangen door op het hoogste hiërarchie-niveau (9) de begroeiing als 'Kaal' te beschouwen indien de totale bedekking of de totale bedekking van de kruidlaag (in de kopgegevens van de opname) niet boven de 1% uitkomt, of indien de gezamenlijke bedekking van soorten van de formaties Zout, Grasland, Aquatisch, Wetland of Pionier niet boven de 1% uitkomt. De regel die leidt tot 'Kaal' luidt:

(((((<\$\$N Bedekking totaal (%) GR 01> NOT <\$\$N Bedekking kruidlaag (%) GR 01>) NOT <#TC Zout GR 01>) NOT <#TC Gras GR 01>) NOT <#TC AQ GR 01>) NOT <#TC WE GR 01>) NOT <#TC PIO GR 01>

Aan de **vierde hoofdregel** wordt voldaan door op hetzelfde hoge niveau (9) opnamen tot de restgroep "???" te rekenen indien niet aan de 4^e eis wordt voldaan. Alleen het onderdeel "enigste bedekker" (4^e subcriterium van regel 4) kon niet worden geprogrammeerd en is vervangen door "bedekking van deze soort hoger dan van enige andere soort in de opname".

Tenslotte eindigen de hoofdregels met een **aanvullende opmerking**: "Het kan zijn dat dit criterium niet voldoet en toch heb je te maken met een kweldervegetatie (expert judgement a.d.v. de bestaande tabellen!). Voorbeeld is Fioringras met Zilverschoon en verder geen zilte begeleiders, maar de locatie geeft aan dat het behoort tot de kwelder, dan toch verdergaan met de SALT sleutel."

Het moge duidelijk zijn dat deze regel niet concreet genoeg is om geprogrammeerd te worden. Als oplossing zijn opnamen met alleen Fioringras en Zilverschoon uitgesloten bij de restgroep "???".

De regel voor de restgroep "???" luidt zodoende:

```
((((((<#TC Zout|#TC Gras|#TC AQ|#TC WE|#TC PIO GR 01> NOT <#04 GroepEWZ>) NOT (<#03 GroepEWZ> AND <#SC GroepEWZ GR 01>)) NOT (<#02 GroepEWZ> AND <#SC GroepEWZ GR 02>)) NOT ((<#01 GroepEWZ> AND <#SC GroepEWZ GE 05>) NOT <#TC GroepA2 GE 10>)) NOT (<#01 GroepEWZ> AND <#TC GroepEWZ GR #T$>)) NOT (<#01 GroepEWZ> NOT <#TC GroepDVz GE 05>)) NOT (<Phragmites australis GR 25> NOT <#TC GroepDVz GE 05>)) NOT ((<#02 Potentilla2-groep> AND <#TC Potentilla2-groep EQ #TC Zout>) AND <#TC Potentilla2-groep EQ #TC Gras>))
```

Bijlage 2. Definities van hoofdzones

0. Restgroep a-zonale typen

De twee typen in deze hoofdzone (Xk1, Xx) zijn beide op het hoogste hiërarchie-niveau (9) geformuleerd. Bij andere toedelingsregels op hetzelfde niveau worden telkens de kenmerken (criteria) van Xk1 en Xx uitgesloten.

1. Waterzone

De typen van de waterzone onderscheiden zich ten opzichte van alle andere typen, doordat ze binnen de Aquatische formatie (AQ) vallen. Door deze unieke eis, is een hoog hiërarchie-niveau niet nodig om de opnames van deze typen uit te sleutelen.

2. Embryonale duintjes

De typen van de embryonale duintjes onderscheiden zich ten opzichte van alle andere typen, doordat ze binnen de Pionierformatie (PIO) vallen. Door deze unieke eis, is een hoog hiërarchie-niveau niet nodig om de opnames van deze typen uit te sleutelen.

3. Kwelvegetatie in brak milieu

Deze typen zijn op hoog niveau (9) gedefinieerd, omdat ze vroeg in de SALT-sleutel voorkomen.

4. Brakke kwelder

Ook deze typen zijn op relatief hoog niveau (8, 7) gedefinieerd, omdat ze relatief vroeg in de SALT-sleutel voorkomen. Volgende zones zijn vanaf niveau 6 gedefinieerd.

De volgende vier zones zijn allen gedefinieerd op niveau 6 en lager. Ze worden onderling uitgesloten aan de hand van soortengroepen.

5. Pionierzone

Bij de pionierzone is de hoofdvoorwaarde uitgedrukt in de eis dat +05 GroepQ een hogere totale bedekking heeft dan +05 GroepL1L2M én dat de totale bedekking van GroepL1L2M niet boven de 25% uitkomt. Dit levert het onderscheid met de lage en middelhoge kwelder. Bovendien wordt geëist dat +03 groepQL1L2 een hogere bedekking heeft dan +03 groepMCCrDVRg, zodat ook geen verwarring optreedt met de hoge kwelder.

6. Lage kwelder

De hoofdvoorwaarde is uitgedrukt in de eis dat +05 GroepL1L2M een hogere totale bedekking heeft dan +05 GroepQ óf dat de totale bedekking van GroepL1L2M hoger is dan 25% (onderscheid met pionierzone). Daarnaast wordt geëist dat +03 groepQL1L2 een hogere totale bedekking heeft dan +03 GroepMCCrDVRg (onderscheid met middelhoge en hoge kwelder).

7. Middelhoge kwelder

De Hoofdvoorwaarde is uitgedrukt in enerzijds (ten opzichte van pionierzone en lage kwelder) de eis dat +03 GroepMCCrDVRg een hogere totale bedekking heeft dan +03 groepQL1L2, en anderzijds (ten opzichte van de hoge kwelder) dat +07 groepQL1L2M een hogere totale bedekking heeft dan +07 groepDVCr.

8. Hoge kwelder

Dit is de laatste zone in de sleutel, die pas opgaat als een opname niet aan een eerdere zone voldoet. Dit is uitgedrukt in de eis dat at +03 GroepMCcCrDVRg een hogere totale bedekking heeft dan +03 groepQL1L2, en dat +07 GroepDVCrRGI een hogere totale bedekking heeft dan +07 groepQL1L2M.

Bijlage 3. Validatie van SALT EXPERT

