

Rola struktury krajobrazu w regulacji obiegu wody i składników odżywczych



Kinga Krauze
European Regional Centre for Ecohydrology
PAN

Trzy wyzwania gospodarki wodnej

Gospodarka wodna stoi przed tylko trzema, ale krytycznymi wyzwaniami: sezonowo jest za mało lub za dużo wody, co wpływa na przyrodę, liczne sektory i różnorodną działalność człowieka. Podczas rozwiązywania któregokolwiek z tych problemów bardzo ważne jest unikanie podejść, które mogą przyspieszyć inne. Jednoczesny pozytywny efekt można osiągnąć, stosując właściwości ekosystemu jako narzędzie zarządzania, zgodnie z propozycją Programu Ekohydrologii UNESCO IHP*



Źródło | Pniewski 2016

* Zalewski M., Janauer GA., Jolánkai G. (1997). Ecohydrology. A new paradigm for the sustainable use of aquatic resources. Technical Document in Hydrology, IHP. Paris: UNESCO, 58 p.

Luki w obiegu wody – dwa rodzaje wyzwań

Deficyt wody

długookresowa nierównowaga wodna = niska dostępność wody, a poziom zapotrzebowania na wodę przekraczający możliwości zaopatrzenia systemu przyrodniczego

przyczyny: niskie opady, duża gęstość zaludnienia, intensywne nawadnianie, działalność przemysłowa;

problem z jakością wody; ocena: Wskaźnik Eksploatacji Wody (WEI) stosowany w różnych skalach (tj. krajowej, dorzecza)

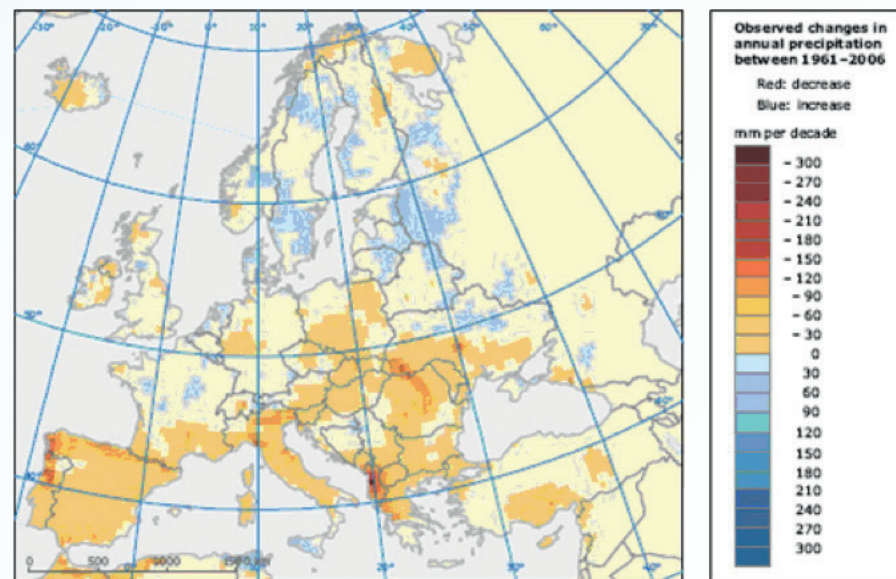
$$WEI = \frac{\text{average water demand}}{\text{long-term average resources}}$$

WEI identyfikuje tereny, które mają duże zapotrzebowanie na wodę w stosunku do ich zasobów

Susza

przejściowy spadek średniej dostępności wody skutkuje suszą, która może się nasilać, gdy występuje w regionie o niskich zasobach wodnych lub gdy zarządzanie prowadzi do braku równowagi między zapotrzebowaniem na wodę, a zdolnością zaopatrzenia systemu przyrodniczego

Zmiany rocznych opadów w latach 1961-2006



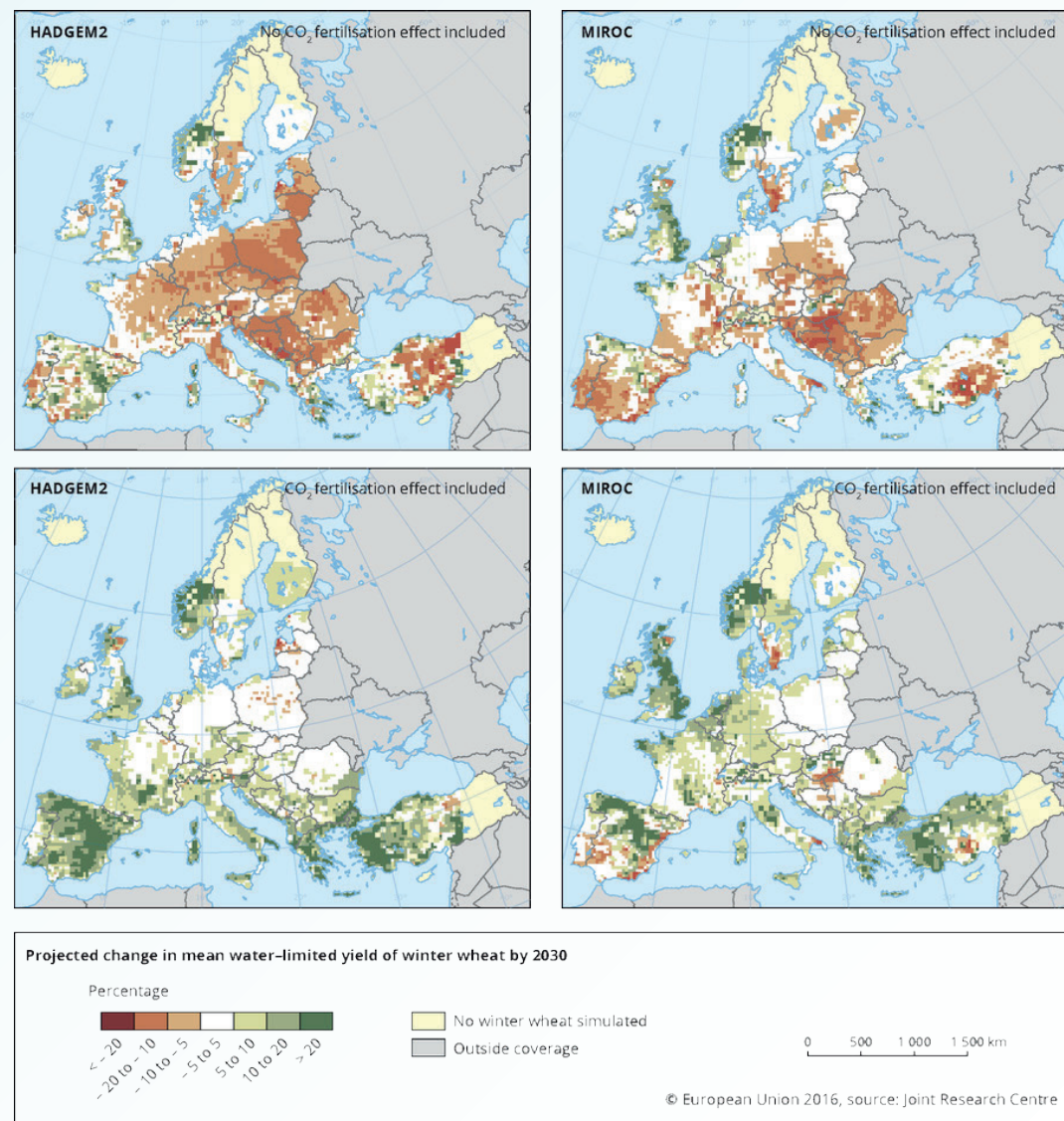
Source: The data come from two projects: ENSEMBLES (<http://www.ensembles-eu.org>) and ECA&D (<http://eca.knmi.nl>).

JAKOŚĆ I ILOŚĆ WODY ZALEŻY OD KLIMATU I UŻYTKOWANIA GRUNTÓW (WPŁYW NA STRUKTURĘ KRAJOBRAZU)

Wpływ przerw w obiegu wody: prognoza zmian w zbiorach plonów

Oczekiwana zmiana (%) średniego plonu pszenicy
ozimej z powodu ograniczonych zasobów wodnych;
prognoza do 2030 r. według 4 scenariuszy.

Dwa modele przewidują znaczny spadek plonów,
po uwzględnieniu efektu nawożenia CO₂ sytuacja
jest bardziej optymistyczna dla Europy południowej
i staje się neutralna dla środkowej.



Prognozowane zmiany średniego plonu pszenicy
ozimej ograniczonej wodą do 2030 r. w procentach.
Brak efektu nawożenia CO₂ (model A. HADGEM12,
model B. MIROC), uwzględniony efekt nawożenia CO₂
(model C. HADGEM12, model D. MIROC)

Zmiany klimatyczne nałożone na użytkowanie gruntów

Na kwestie ilości/jakości wody mają wpływ nie tylko zmiany klimatyczne, ale także sposób, w jaki ludzie zarządzają ziemią. Na obszarach wiejskich oferowane dotacje przez WPR na uprawę ziemi wydają się być konkurencyjne w stosunku do działań rolno-środowiskowych. Gleby organiczne (torfowiska, bagna,) łatwo mineralizują gdy są intensywnie użytkowane jako grunty orne, tracąc produktywność, ale także zdolność do zatrzymywania wody, wychwytywania chemikaliów i zapewniania siedlisk.



Photos | Andrzejewski



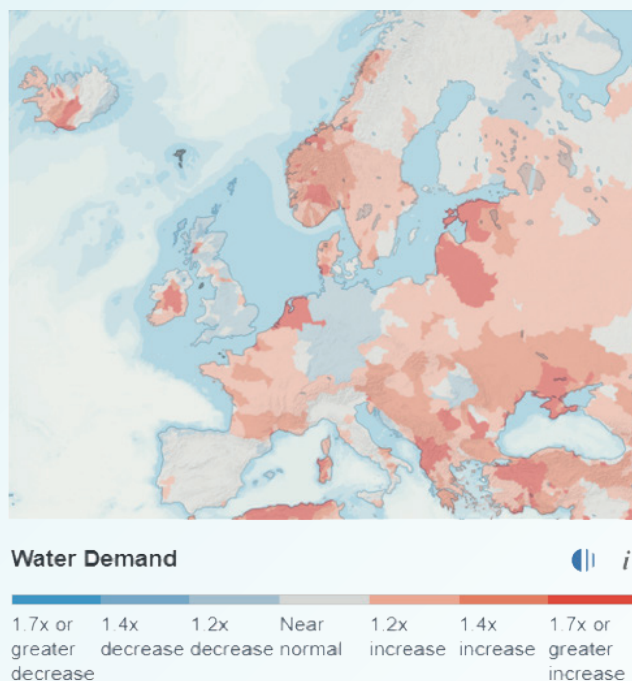
Oznaki rozkładu gleby organicznej
– szybka mineralizacja powoduje konwersję
żywej gleby w piaszczyste ugory



Zdjęcia pokazują dobre (górne) – rozległe i zbliżone do naturalnego i złe (dolne) – ziemia jest intensywnie uprawiana do brzegu rzeki, praktyki użytkowania gruntów na terenach zalewowych i na terenach podmokłych.

Zmiany klimatyczne nałożone na użytkowanie gruntów

Zapotrzebowanie na wodę i związane z nim prognozy stresu wodnego do 2030 r. jako zmiana w stosunku do stanu wyjściowego, zgodnie ze scenariuszem „business as usual”. Przy niezmiennych schematach wykorzystania wody, prawie cała Europa ma zwiększyć zapotrzebowanie na wodę około 1,2 do 1,4 raza, co może ostatecznie doprowadzić do zwiększonego niedoboru wody i zagrozić małej/krajobrazowej retencji: stawom, terenom podmokłym i potokom.



Zapotrzebowanie na wodę (A) i stres wodny (B) do 2030 r.: zakres między większym spadkiem – prawie normalnym – większym wzrostem



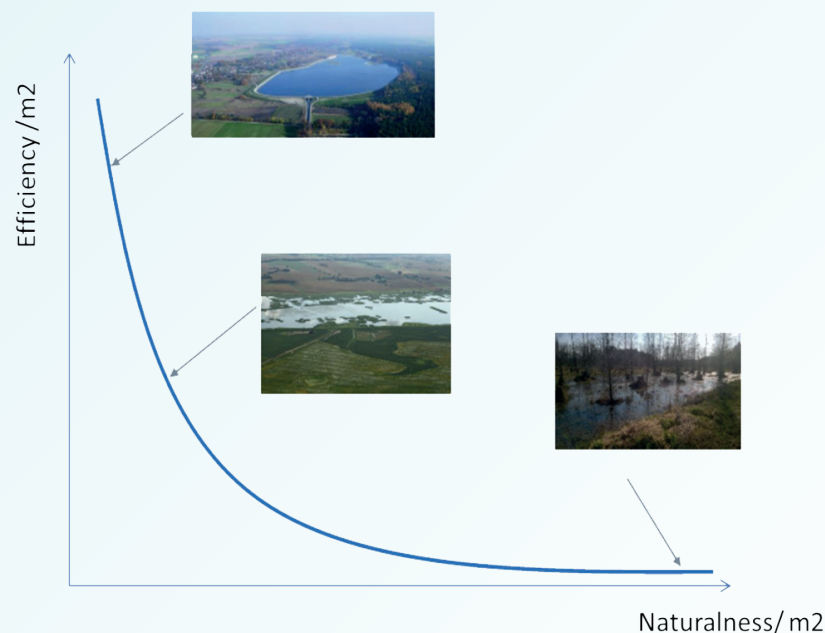
Photos | Andrzejewski

The picture illustrates drying marshland of Central Poland

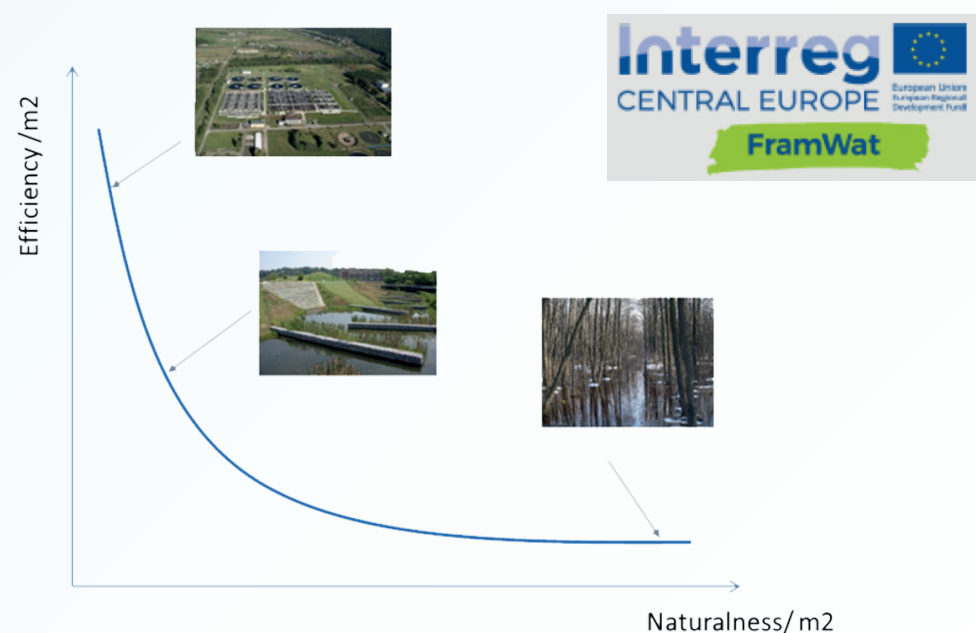
Źródło | © World Resources Institute – Aqueduct

Rola ekosystemów w obiegu wody i składników odżywczych

Zarówno funkcje retencyjne, jak i oczyszczające wodę pełnią ekosystemy na poziomie krajobrazu, często jednak zastępowane są przez rozwiązania techniczne. Efektywność magazynowania wody jest dla zbiorników wysoka, jednak jest to sztuczny sposób zatrzymywania wody, a zbiorniki pełnią ograniczone funkcje w porównaniu z naturalnymi ciekami wodnymi i terenami podmokłymi oraz wymagają kosztów utrzymania. Jednocześnie wydajność oczyszczania wody jest wysoka w oczyszczalni, ale tę samą funkcję mogą pełnić bezpłatnie strefy nadbrzeżne i tereny podmokłe.



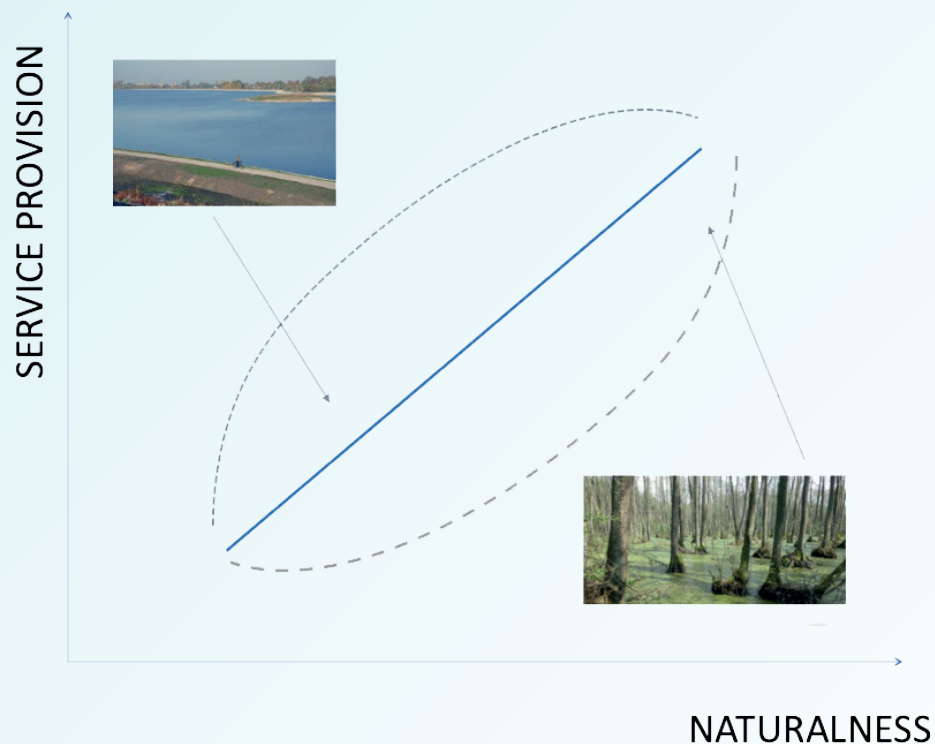
Magazynowanie wody: naturalność/m² vs Wydajność/m²



Oczyszczanie wody: naturalność/m² vs wydajność/m²

Źródło | Okruszko, 2019

Rola ekosystemów w obiegu wody i składników odżywczych



Systemy naturalne zazwyczaj nie mogą konkurować ze sztucznymi pod względem efektywności wykonywania jednej konkretnej funkcji (np. magazynowanie wody w zbiornikach), jednak są bezkonkurencyjne pod względem liczby usług świadczonych jednocześnie, ze szczególnym uwzględnieniem usług regulacyjnych i wspierających.

Na przykład tereny podmokłe nie tylko magazynują wodę, ale także skutecznie ją gromadzą w okresie deszczowym, przyczyniają się do wychwytywania CO₂, produkcji biomasy, zapewniania siedlisk, ochrony bioróżnorodności, edukacji i oczyszczania wody.

Zbiorniki magazynują wodę bardzo wydajnie, jednak nie spełniają tylu funkcji co tereny podmokłe i generują problemy, m.in. spadek bioróżnorodności rzek, kumulacja zanieczyszczeń i osadów, koszty utrzymania.



Źródło | Okruszko, 2019

Retencja krajobrazu

Komponenty retencji krajobrazowej wskazują kierunek wykorzystania narzędzi planowania krajobrazu.

Każdy z elementów równania można włączyć samodzielnie lub łącznie do praktyk gospodarki wodnej, np. poprzez ochronę lub zmianę meandrowania rzek możemy zwiększyć retencję w kanałach, poprawiając stan gleby i zwiększając zawartość substancji organicznych możemy zwiększyć retencję gleby itp.

RETENCJA KRAJOBRAZU R_c

$$R_c = R_i + R_{pn} + R_w + R_{rz} + R_d + R_{gl} + R_{gr} + R_{bo}$$

- Ri **PRZECHWYTY** (magazynowanie wody na powierzchni roślin)
- Rpn **RETENCJA POWIERZCHNI NIEPRZEPUSZCZALNYCH** (woda gromadzona na powierzchniach, która zapobiega infiltracji)
- Rw **RETENCJA WÓD STAGNUJĄCYCH** (jeziora, stawy, zbiorniki, bagna, mokradła, torfowiska)
- Rrz **RETENCJA RZEK I KANAŁÓW**
- Rd **RETENCJA W DEPRESJACH ZIEMI**
- Rgl **RETENCJA GLEBY**
- Rgr **RETENCJA WÓD PODZIEMNYCH**
- Rbo **RETENCJA WODY W WEWNĘTRZNYCH SYSTEMACH DRENAŻOWYCH** (bez hydraulicznego kontaktu z siecią dorzecza)

Retencja krajobrazu

RETENCJA RZEK
I KANAŁÓW

RETENCJA
POWIERZCHNI NIEPRZEPUSZCZALNYCH

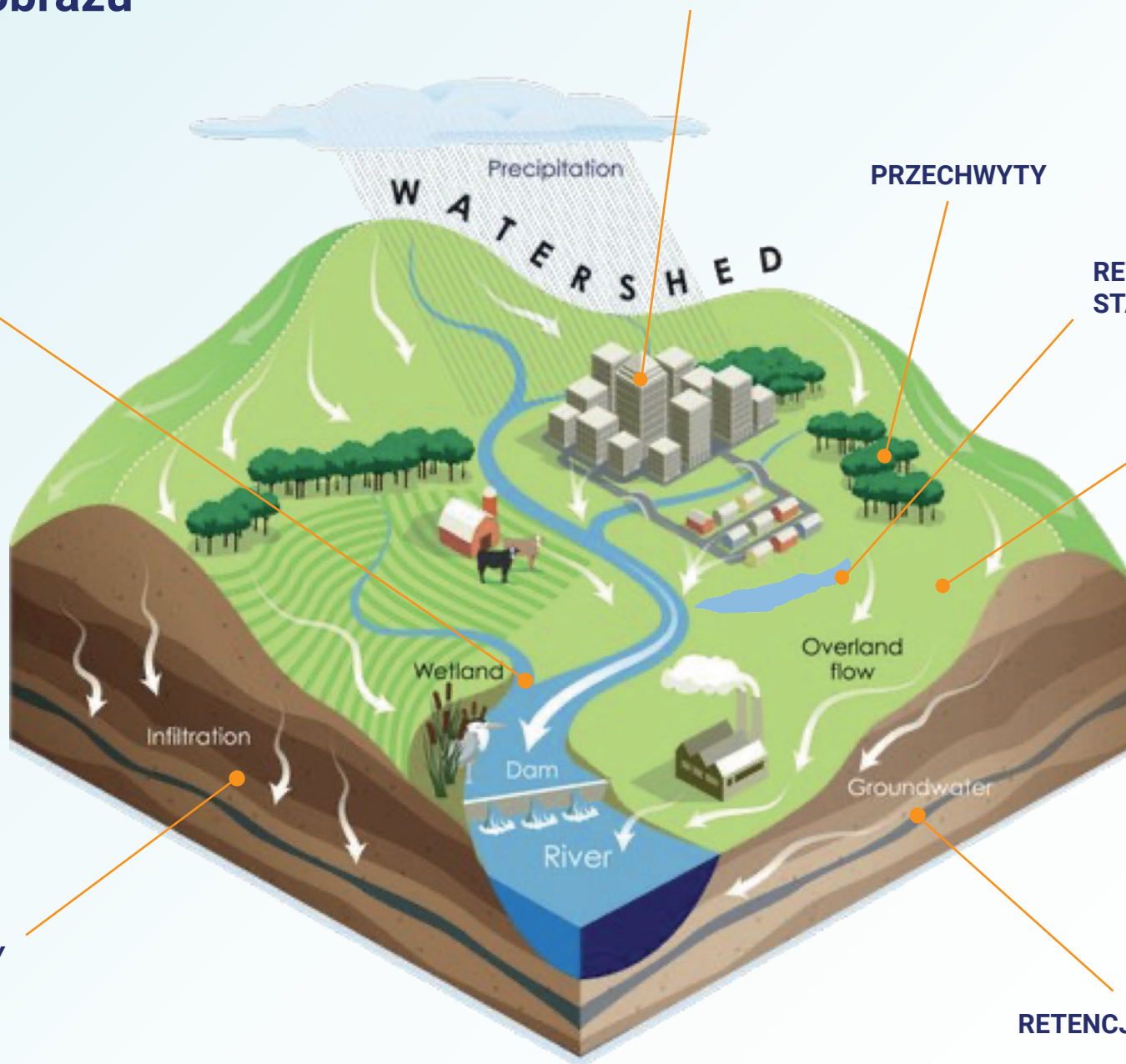
PRZECHWYTY

RETENCJA WÓD
STAGNUJĄCYCH

RETENCJA
W DEPRESJACH ZIEMI

RETENCJA GLEBY

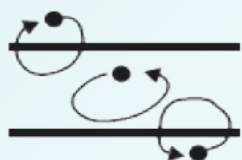
RETENCJA WÓD PODZIEMNYCH



Rola elementów krajobrazu

Zrozumienie roli elementów krajobrazu pomaga w ustaleniu zrównoważonego planowania krajobrazu: planowania, które zachowuje elementy krajobrazu z ich krytycznymi funkcjami wspierającymi gospodarkę wodną.

Ekologiczne funkcje pasów ochronnych (Mize et al. 2008)



Habitat

Siedlisko:

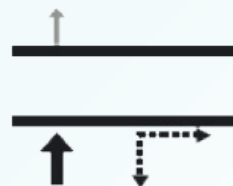
Zapewnia zasoby (np. pożywienie, schronienie, osłonę reprodukcyjną) w celu zaspokojenia potrzeb organizmu



Conduit

Kanał:

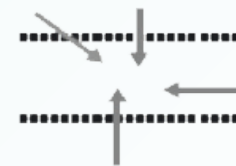
Przesyła energię, wodę, składniki odżywcze, nasiona, organizmy i inne elementy w ramach elementów liniowych



Filter/Barrier

Filtr/Bariera:

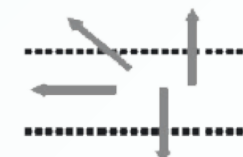
Przechwytuje wiatr, cząstki wiatru, wodę powierzchniową i podpowierzchniową, materiały przenieszone przez wodę (np. składniki odżywcze, pestycydy, osady), geny i zwierzęta



Sink

Odbiornik:

Odbiera i zatrzymuje przedmioty i substancje pochodzące z sąsiedniej matrycy ziemi



Source

Źródło:

Uwalnia przedmioty i substancje do sąsiedniej matrycy gruntu

Źródło | <https://digitalcommons.unl.edu/usdafsfacpub/40>

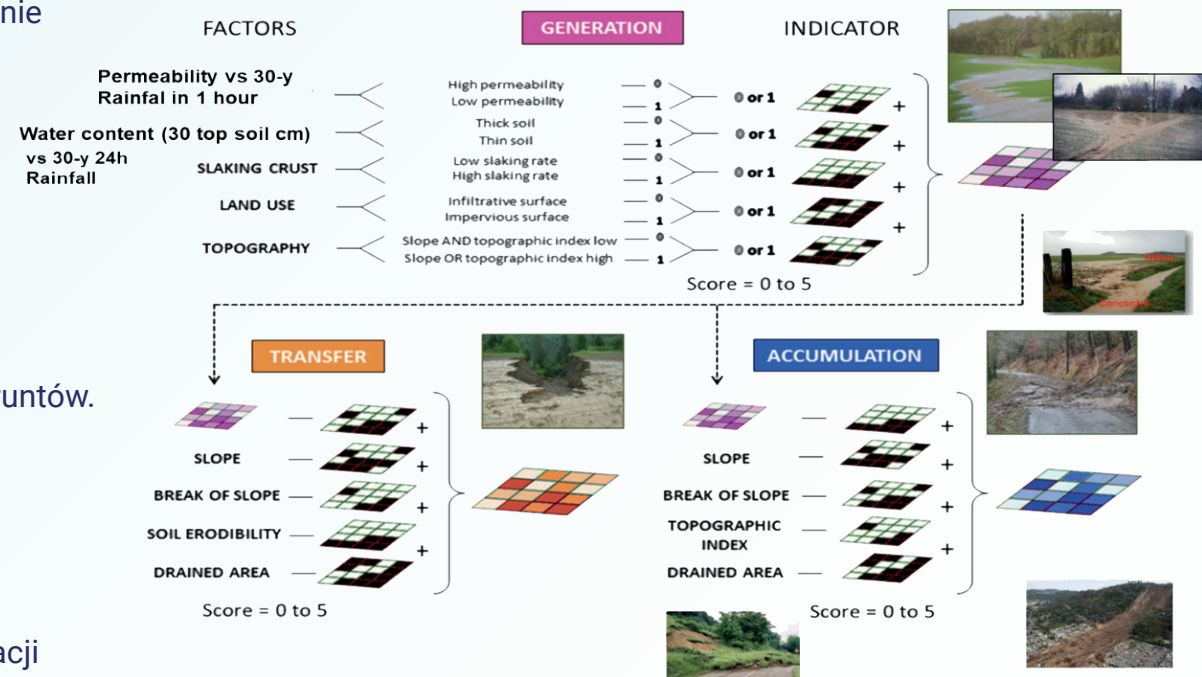
Prawidłowy rozmiar agregatów glebowych zmniejsza parowanie

MODELOWANIE W CELU IDENTYFIKACJI ZBIORNIKÓW, ŹRÓDEŁ, STREF PRZESYŁOWYCH I BARIER, NP. MODEL IRIP WEDŁUG INRAE

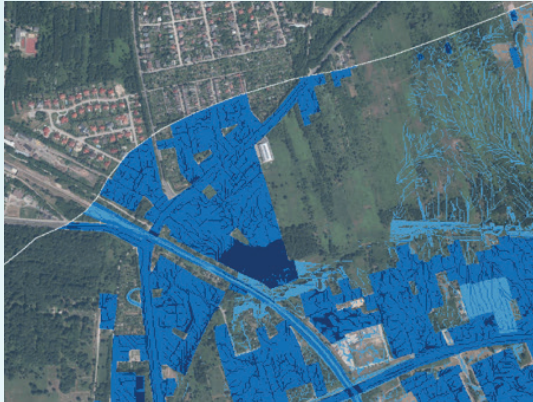
Aby zrozumieć, które elementy krajobrazu muszą zostać zachowane lub odrestaurowane, kluczowe jest zidentyfikowanie obszarów przyczyniających się do powstawania, przenoszenia i akumulacji spływów.

Model IRIP – Wskaźnik intensywnego spływu pluwialnego jest jednym z modeli pomagających zrozumieć te procesy w oparciu o ukształtowanie terenu, typ gleby i użytkowanie gruntów.

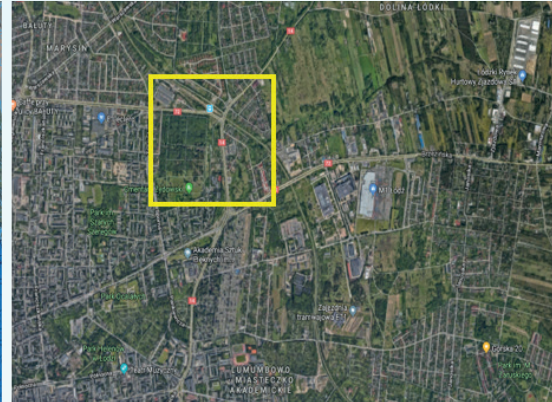
Ważne jest wychwytywanie wody i związków chemicznych w obszarach powstawania spływów, aby zapobiec utracie wody i m.in. utracie składników odżywczych. Obszary akumulacji wody powinny być wyposażone w systemy wspomagające wychwytywanie biogenów i magazynowanie wody. Często tereny podmokłe są lokalizowane w takich miejscach, które powinny być wyłączone z zabudowy.



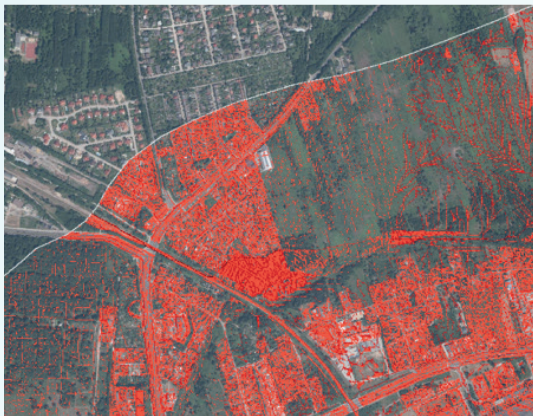
Modelowanie, np. model IRIP dla obszarów podmiejskich miasta Łodzi



Obszary produkcyjne o intensywnym spływie



Strefa zainteresowania



Obszary akumulacji



Obszary transferowe



Podsumowanie mapy ze wszystkimi warstwami

Źródło | Breil 2020

Działania na poziomie krajobrazu

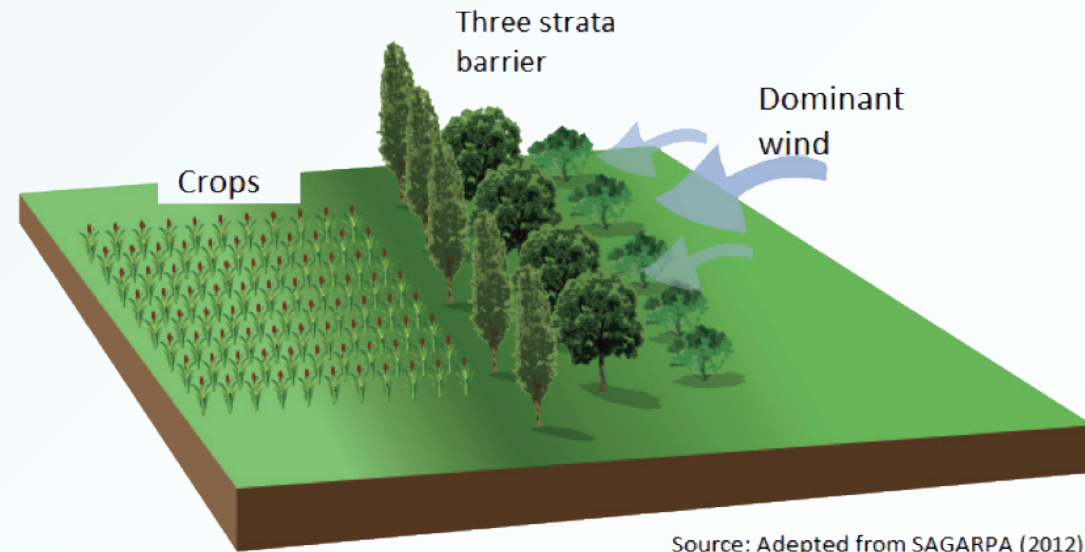
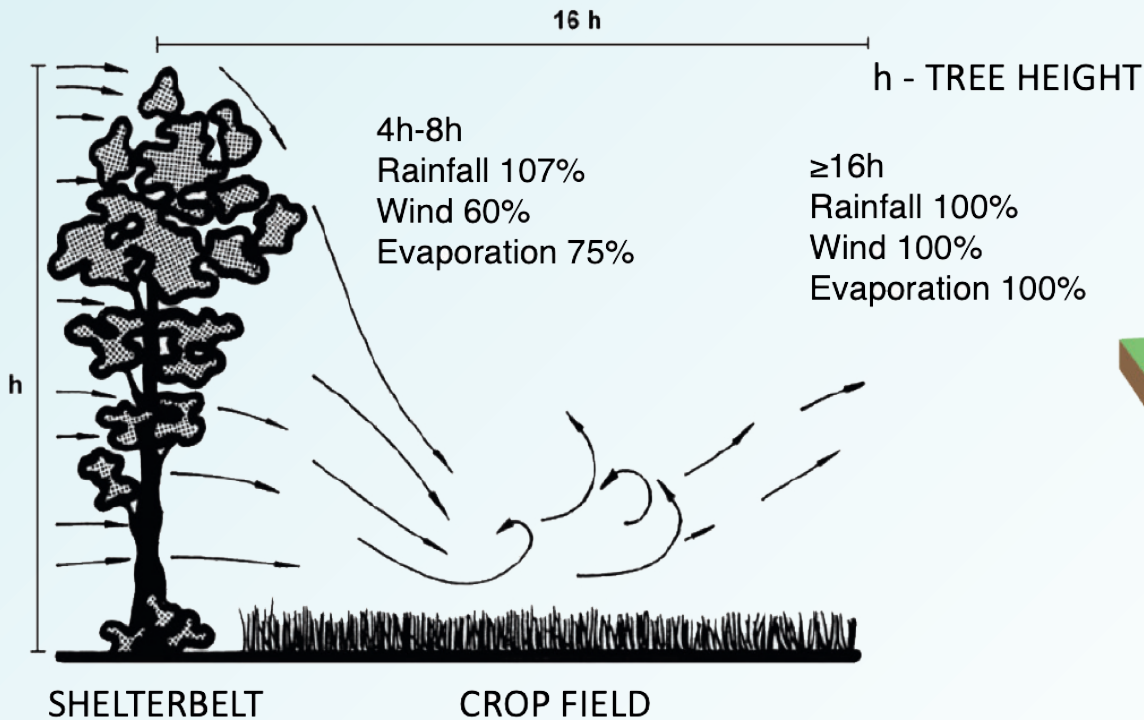
Istnieje szereg środków mających zastosowanie na poziomie krajobrazu, które kształtują obieg wody i składników odżywczych w miejscach powstawania i akumulacji spływów. Poniżej zostały wyszczególnione najbardziej wydajne działania:

- Zalesianie gruntów rolnych (gleby słabo przepuszczalne, teren pagórkowaty, występowanie powodzi z roztopów)
- Zalesienia śródpolne (intensywne rolnictwo, brak lasów, problemy wynikające z erozji eolicznej)
- Strefy buforowe wzdłuż cieków wodnych i terenów zbiorników (grunty słabo przepuszczalne, teren pagórkowaty)
- Budowa mikrozbiorników na rowach
- Rekultywacja cieków wodnych (meandrowanie)
- Rekultywacja bagien (torfowisk)
- Małe stawy (rekultywacja)
- Stare meandry/zbiorniki boczne na rzekach (zatrzymywanie wody podczas silnego przepływu wiosennego)

Name of the indicator	Impact on water resources			Impact on			Threats
	Surface water	Soil retention	Groundwater	Landscap e	Biodiversity	Water quality	
Afforestation of agricultural lands (poorly permeable soils, hummocky area, presence of snow melting floods)	++	+/-	+/-	+++	+++	++	Disappearance of certain plants (weeds)
Afforestation of agricultural lands (permeable soils – sands, presence of snow melting floods)	+	+/-	+/-	++	+++	++	Decrease of alimentation of groundwater aquifers
Mid-field afforestation (intensive agriculture, lack of forests, problems resulting from eolian erosion)	+	++	+	+++	+++	+	Implementation of foreign species
Agrotechnics (soil structure improvement) – poorly permeable soils	++	+++	++	+	+	++	Excessive intensification of agriculture
Agrotechnics (soil structure improvement) – permeable soils	+++	+++	++	+	+	++	Decrease of alimentation of groundwater
Agrotechnics-field water harvesting (small dikes around field edges)	+++	+++	+++	+/-	++	+++	Large impact on the loss of deposits on the floodplain valley
Buffer zones along water courses and reservoirs lands (poorly permeable soils, hummocky area)	+	+	+	++	++	+++	Decrease of the area of grasslands and arable lands
Regulated outflow from drainage systems	+	++	+++	+	+	+++	Excessive humidity of arable lands, soil degradation (reduction processes)
Active water management on a drainage system (river valleys)	+++	+++	+	+	+	+	Intensification of agriculture
Construction of micro reservoirs on ditches	+++	++	++	++	+++	++	Excessive humidity of arable lands
Infiltration reservoirs and ditches	+	+	+++	+	+	++	Pollution of groundwater
Dry reservoirs/flood polders (river valleys used for agricultural purposes)	+++	++	+	+	++	+	Periodic destruction of crops yields, excessive humidity/drying
Construction of reservoirs on outflows from drainage systems	++	+	+	++	++	+++	Loss of the area for agricultural production
Old meanders/side reservoirs on rivers (retaining water during high spring flow)	++	+	++	++	++	+	--
Construction of small reservoirs on rivers (dammed reservoirs)	+++	++	++	+	++	++	Destruction of valuable ecosystem, problems with fish migration
Dug ponds in local terrain denivelations	+	++	+	+	++	+	Destruction of valuable ecosystems
Small ponds (restoration)	++	++	+	++	+++	+++	Conversion of the ecosystem into less valuable
Water course restoration (meandering)	+++	++	+	+++	+++	++	Flooding of agricultural lands
Swamps restoration (peatlands)	+++	+++	++	+++	+++	++	Excessive limitation of water courses alimentation
Anti-erosion measures (various)	++	+	++	++	++	++	Changes in ecosystems

Skala: +++ znaczący wpływ, ++ średni wpływ, + mały wpływ, +/- negatywny lub brak wpływu

Środki krajobrazowe: zalesienia śródpolne



Source: Adepted from SAGARPA (2012).

Sposób, w jaki zalesienie śródpolne modyfikuje klimat pobliskich terenów: porównanie strefy odległej do 8-krotnej wysokości drzew i poza strefą oddziaływania. Ogólnie rzecz biorąc, drzewa zmniejszają utratę wody poprzez zmniejszenie prędkości wiatru i ewapotranspiracji, a także zwiększają wilgotność, co wpływa na opady i pozwala na dłuższe utrzymanie pokrywy śnieżnej.

Źródło | Kędziora 2004

Środki krajobrazowe

Zróżnicowanie krajobrazu (m.in. poprzez realizację szeregu działań) ma szczególnie pozytywny wpływ na obieg wody i związków chemicznych. Poniższe dane przedstawiają przykładową zlewnię wiejską w zachodniej Polsce.

Niezależnie od pory roku mozaikowy krajobraz zapobiega utracie wody i wyciekom składników odżywczych, a tym samym zmniejsza ryzyko susz i zanieczyszczenia wody. Dodatkowo utrzymują bioróżnorodność na poziomie parków narodowych, zapewniając naturalną regulację szkodników, chorób i gatunków inwazyjnych.

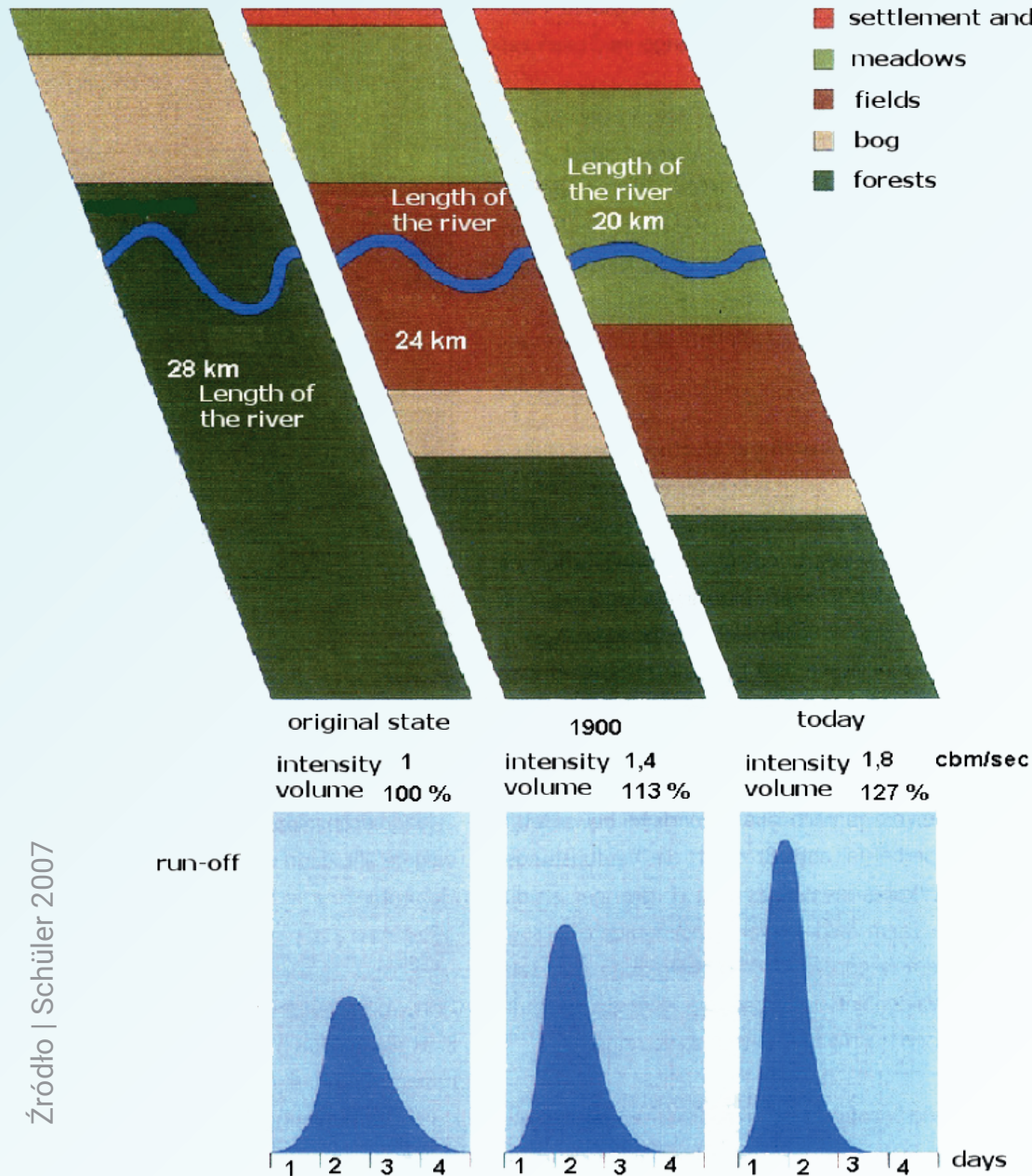


Season	Rainfall (mm)	Unified landscape			Mosaic landscape		
		Water outflow	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	Water outflow	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺
Winter (Nov.-April)	220.7	60.8	12.3	3.0	56.8	0.90	0.95
Summer (May – Oct.)	292.9	41.2	4.0	1.1	13.4	0.05	0.25
Year	513.6	102.0	16.3	4.1	70.2	0.95	1.20

Outflow [mm], nutrient retention [g/m² yr]

Źródło | Bartoszewicz, 1994

Planowanie przestrzenne ma znaczenie – Zlewnia Nahe, Niemcy



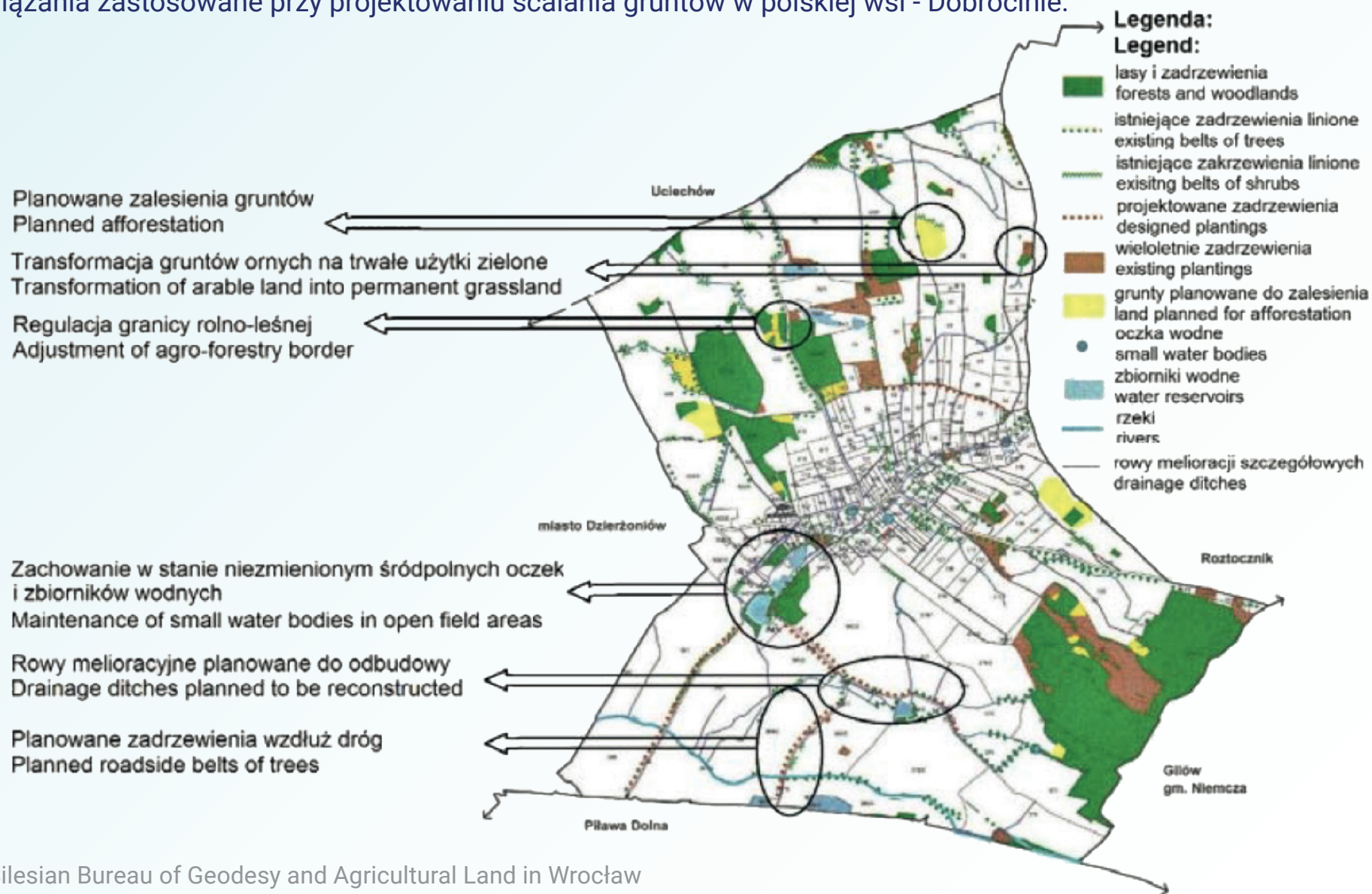
Kolejny przykład wpływu struktury krajobrazu na odpływ.

Im bardziej przekształcona jest dolina rzeczna, tym więcej wody traci się na skutek zwiększonego odpływu. Skutkuje to szczytowymi przepływami po opadach i generuje zagrożenie powodziowe na obszarach położonych poniżej. Pozostawienie naturalnej roślinności powoduje zahamowanie retencji wody na miejscu.



Przykład wodnego planowania przestrzennego z jednej z polskich gmin

Wybrane rozwiązania zastosowane przy projektowaniu scalania gruntów w polskiej wsi - Dobrocinie.



Źródło | Lower Silesian Bureau of Geodesy and Agricultural Land in Wrocław

Rola struktury krajobrazu w regulacji obiegu wody i składników odżywczych



Kinga Krauze
European Regional Centre for Ecohydrology
PAN