

05. Le zone umide



planland[®]
studio tecnico daniel franco





5.1 Le zone umide

- Zone allagate per tutto l'anno o solo in alcuni periodi.
- Transizione tra ambienti terrestri e ambienti acquatici.
- Depressioni, terreni idromorfi a scarsa permeabilità.
- Habitat caratteristici

Condizioni di
allagamento



Peculiar
condizioni
fisico-chimiche



Comunità vegetali
– animali peculiari



5.1 Le zone umide

- Sono state considerate aree improduttive e malsane, estesamente bonificate.
- Negli ultimi vent'anni la tendenza si inverte, con numerosi interventi volti a ricostituire o conservare gli habitat umidi.
- Benefici: naturalistici, regimazione delle acque, miglioramento della loro qualità.
 - Produttività
 - Biodiversità
 - laminazione delle piene
 - ricarica delle falde acquifere
 - riciclo dei nutrienti





5.1 Tipologie di zone umide

○ Zone umide naturali

- Acque dolci (*Freshwater*)
 - *marsh* ? vegetazione radicata emergente erbacea - allagamento permanente o intermittente
 - *swamp* ? specie arboree - allagamento prolungato
- Acque salmastre (*salt, brackish*)
 - *marsh* ? paludi salmastre (erbacea)
 - *Forested salt water* ? vegetazione arborea, per lo più mangrovie

○ Zone umide artificiali

- Predisposte per funzioni diverse



5.1.2 Zone umide artificiali

- **Zone umide artificiali di trattamento**
 - ? per il miglioramento della qualità delle acque
- Constructed habitat wetlands
 - ? per la ricostituzione di ambienti umidi andati perduti nel corso dello sviluppo
- Constructed flood control wetlands
 - ? per la laminazione delle piene
- Constructed aquaculture wetlands
 - ? per la produzione di alimenti (ad es. coltivazioni o allevamenti di pesce)



5.1.2 Habitat wetlands

- Aree intese a
 - recuperare almeno in parte l'originario patrimonio di habitat umidi
 - fornire riparo alla fauna selvatica
- Interventi necessari:
 - assicurare un regolare apporto di acqua per sostenere la vegetazione idrofila
 - (escavazioni per raggiungere la falda superficiale o collegamenti a laghi e fiumi vicini)
- Spesso realizzate anche in considerazione del loro utilizzo a fini ricreativi.



5.1.2 Flood control wetlands

- Aree adibite alla laminazione delle piene
 - In genere progettate secondo rigidi criteri idraulici,
 - spesso vi si sviluppa spontaneamente la vegetazione tipica delle zone umide.
- L'irregolarità degli apporti idrici può ostacolare la crescita della vegetazione
- Una progettazione attenta può far ottenere gli stessi benefici naturalistici e di abbattimento di nutrienti tipici delle zone umide.



5.1.2 Acquaculture wetlands

- Zone umide artificiali utilizzate per
 - Allevamento di pesci
 - Coltivazioni di riso o altre specie di interesse commerciale.
- Principale differenza: maggior livello di intervento antropico per la gestione.
- Le zone umide di trattamento hanno forti potenzialità per lo sviluppo di acquacoltura compatibile.
 - Acque ricche di nutrienti provenienti da runoff da terreni agricoli aumentano la produttività



5.1.2 Trattamento delle acque

- *Trattamento delle acque*: depuratori o sistemi naturali.
- Richiede la stessa quantità di energia:
 - Impianti convenzionali: combustibili fossili
 - Zone umide: fonti naturali e rinnovabili (solare).
- Investimenti:
 - Impianti convenzionali: forte investimento in energia,
 - Wetlands: ampie zone di terreno.
- Utilizzo zone umide = stessi benefici dei depuratori, numerosi benefici aggiuntivi.



5.2 Sistemi naturali di trattamento

Sfruttano le capacità autodepurative degli ambienti umidi.

Le tipologie progettuali più utilizzate sono:

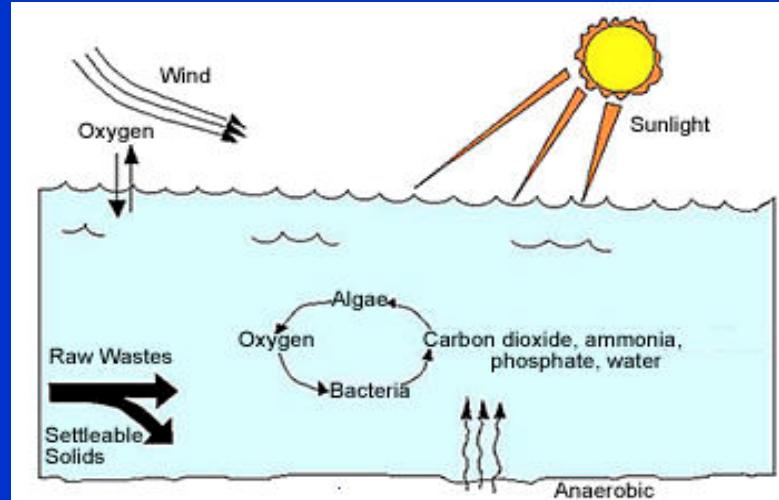
- 5.2.1 *Bacini di lagunaggio*
- 5.2.2 *Sistemi flottanti*
- 5.2.3 **Zone umide**
 - A flusso **superficiale** - **SF**
 - A flusso **subsuperficiale** - **SSF**



Lagunaggio e sistemi flottanti

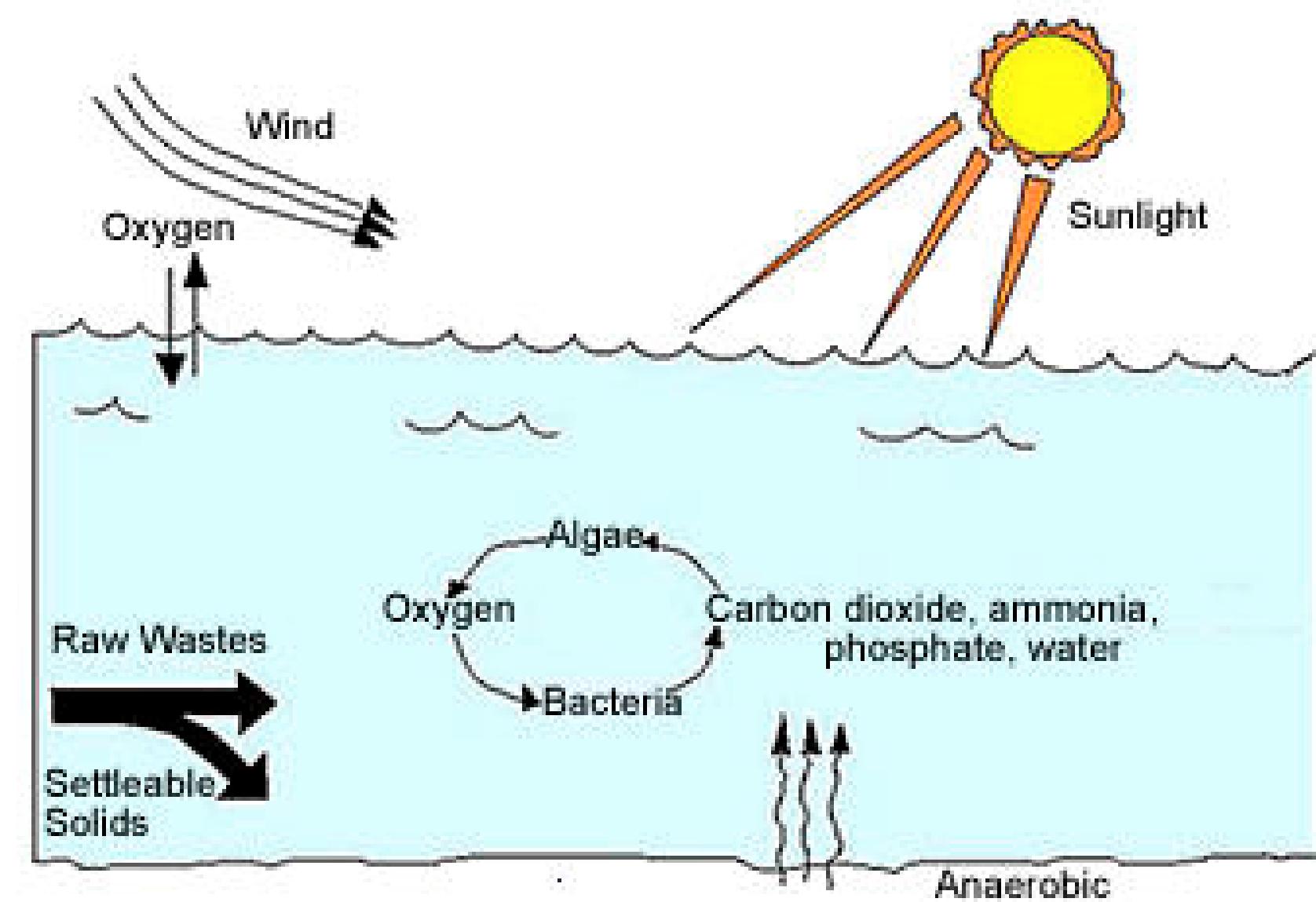
o 5.2.1 Sistemi di lagunaggio

- Privi di vegetazione
- ossigenato solo strato superficiale, per diffusione e fotosintesi algale.
- ☺ BOD, azoto totale.
- ☺ Solidi sospesi, fosforo totale (no filtro).



o 5.2.2 Sistemi flottanti

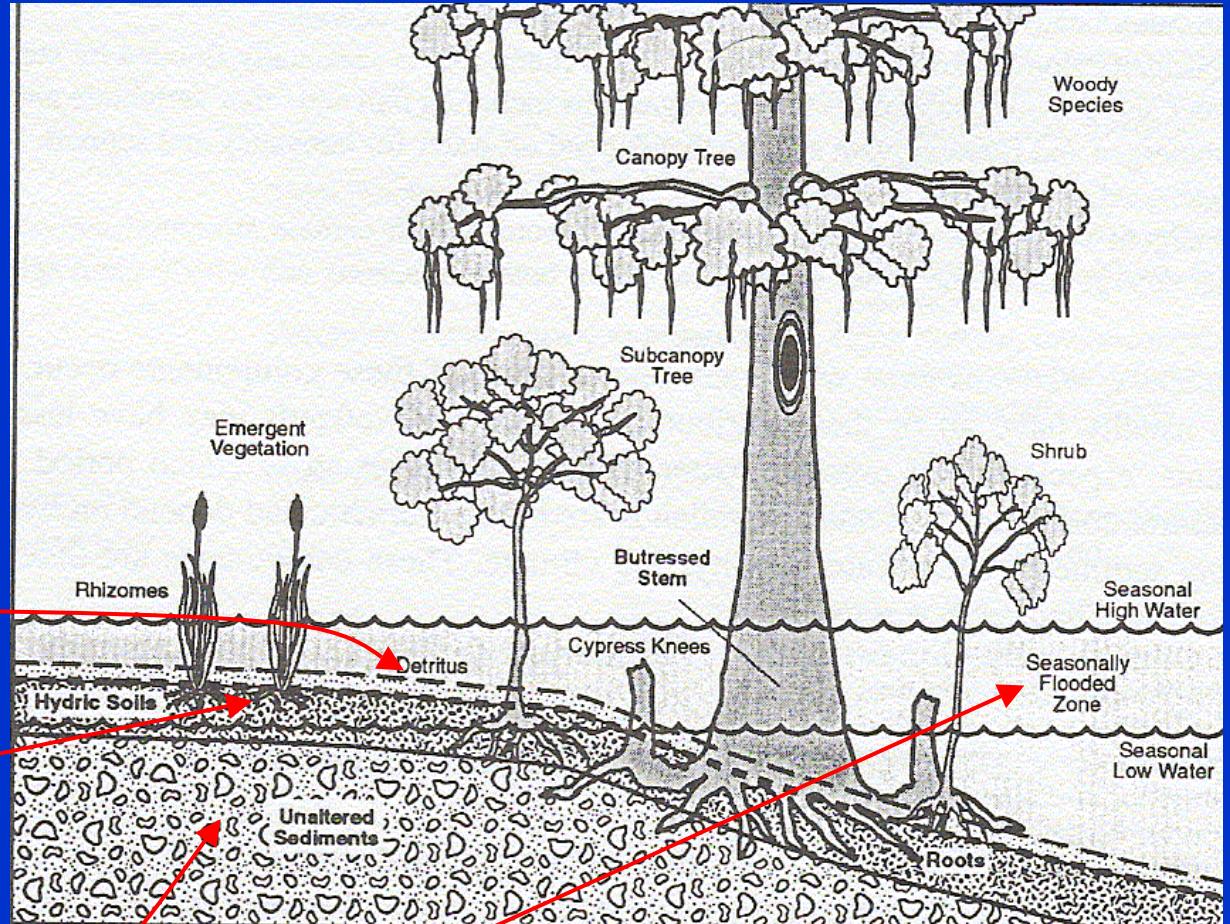
- Lagunaggio + piante flottanti, es. gigli d'acqua e *Lemna* spp.
- Limitano scambi di ossigeno: anaerobiosi.
- Processi: Degradazione batterica (radici, detrito), sedimentazione, assimilazione nei tessuti vegetali, periodicamente raccolti e asportati.
- ☺ BOD, solidi sospesi (radici), nitrato (denitrificazione), N e P totali (uptake).
- ☺ Manutenzione: popolazioni monospecifiche = danni da gelate e malattie; vegetazione rimossa deve essere disidratata e utilizzata o smaltita.



5.2.3 ZONA UMIDA:



- Vegetazione emergente (erbacea o arborea)
- Detrito: s. organica, piccoli organismi
- Suolo idromorfo (Hydric soil)
- Substrato non alterato: no apparati radicali
- Zona allagata stagionalmente



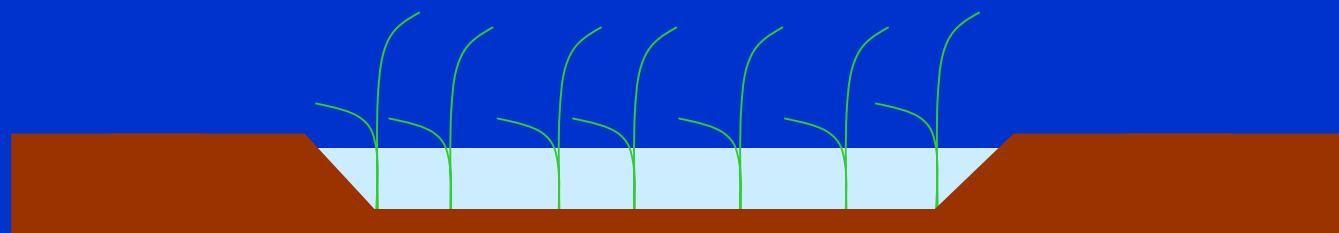
Zona umida naturale: tutte;
Zona umida artificiale: alcune
mancano o sono ridotte (ad es.
vegetazione, suolo).



5.2.3 Zone umide

○ A flusso superficiale (SF)

- Profondità dell'acqua < 0.5 m.
Specchi liberi per esigenze idrauliche o per fauna selvatica
- Specie palustri emergenti: filtro meccanico, substrato per batteri, sorgente di C.
- Alternanza (spaziale e/o temporale) di ossigenazione e anaerobiosi nei sedimenti.
- NB:livelli troppo elevati o eccesso di s. organica
l'anaerobiosi può danneggiare le piante e ostacolare la trasformazione dei nutrienti.

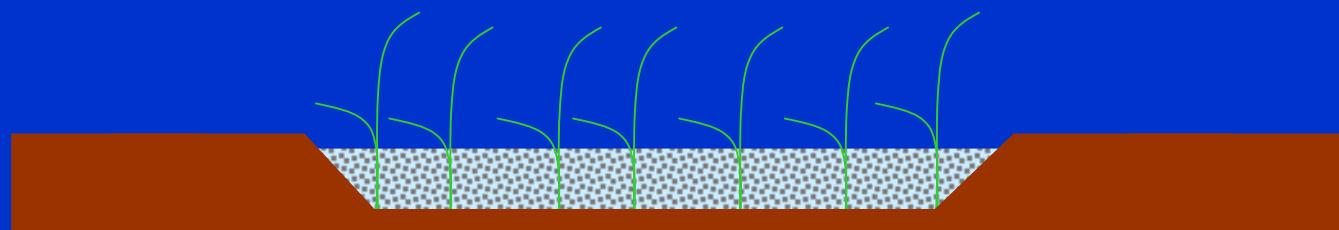




5.2.3 Zone umide

o A flusso subsuperficiale (SSF)

- Letto di terreno o di ghiaia: l'acqua scorre sotto la superficie, a contatto con suolo e radici = popolazione microbica.
- Saturazione = anaerobiosi; radici = microzone ossigenate.
- Specie es. *Typha* e *Phragmites*.
- Corretto regime idraulico e quantità sostanze immesse.
- Rispetto alle SF: maggior manutenzione (capacità filtrante del substrato vs accumulo di s.organica e sedimenti fini).





5.3 Vantaggi e Svantaggi

- Poco costose e facili da gestire
- Poca energia
- Buoni abbattimenti,
efficace trattamento terziario
- Più tipologie di inquinanti
- Habitat per la fauna selvatica
- Esteticamente gradevoli
- In genere ben accette
all'opinione pubblica
- Ampie superfici di terreno
(tra le principali voci di costo)
- Insetti e odori molesti
- Non adatte a alte
concentrazioni
- Efficienza varia in base agli
andamenti stagionali
- Periodo di *start up* per la
stabilizzazione



5.4 Comprendione & progettazione

- o Idrologia
- o Bilancio di massa
- o Caratteristiche dei suoli
- o Specie vegetali



5.4 Comprendione & progettazione

- o Idrologia
- o Bilancio di massa
- o Caratteristiche dei suoli
- o Specie vegetali



5.4.1 Idrologia

- Le condizioni idrologiche influenzano la tipologia del suolo, i nutrienti e la composizione in specie.
- Naturali, trattamento acque di runoff: input intermittenti e di portata **variabile**.
 - Possibili prosciugamenti più o meno completi e prolungati.
- Artificiali: flusso regolato per essere **costante**
 - solo vegetali che tollerano condizione di allagamento permanente possono sopravvivere.



5.4.1 Idrologia

- Regime idraulico e idroperiodo
- Tempo di ritenzione
- Hydraulic Loading Rate
- Bilancio idraulico
 - Il problema dell'evapotraspirazione



○ REGIME IDRAULICO

- durata di allagamento + profondità dell'acqua.

○ IDROPERIODO

- N° giorni/ anno di inondazione
(permanente:365).

○ FREQUENZA DI INONDAZIONE

- Permanente = frequenza pari a 1.
- Stormwater wetlands = frequenza>1.
- Notevole differenza ecologica fra
allagamenti brevi e frequenti
allagamenti lunghi e meno frequenti,
anche se l'idroperiodo è uguale.



5.4.1 Idrologia

- Regime idraulico e idroperiodo
- Tempo di ritenzione
- Hydraulic Loading Rate
- Bilancio idraulico
 - Il problema dell'evapotraspirazione



TEMPO DI RESIDENZA (Nominal detention time)

La capacità di una zona umida di abbattere nutrienti e inquinanti si esplica nel periodo di tempo che l'acqua trascorre nel sistema.

$$\tau_n = \frac{V}{Q} = \frac{\varepsilon A \tilde{h}}{Q}$$

- Stima del tempo impiegato dall'acqua per attraversare il sistema.
- Abbattimento: tempo di ritenzione = tempo di reazione (4 - 15 d).
- volume poco accurato per incertezze su porosità (ε) e profondità (h).
- Nominale: presuppone che tutta l'acqua presente sia coinvolta nella circolazione
→ il tempo di residenza misurato è sempre minore di quello nominale, anche di molto.



5.4.1 Idrologia

- Regime idraulico e idroperiodo
- Tempo di ritenzione
- Hydraulic Loading Rate
- Bilancio idraulico
 - Il problema dell'evapotraspirazione



HYDRAULIC LOADING RATE

$$q = \frac{Q}{A}$$

Q portata, m³/d
A area, m²

- Flusso per unità di area [m/d].
 - In genere è riferito al flusso di acqua in ingresso.
 - Se intermittente: flusso medio nel tempo.
- Inversamente proporzionale al tempo di residenza:
 $\tau = V/Q = \varepsilon A * h/Q = \varepsilon * h/q$
- Entrambe contengono il concetto di durata del contatto fra l'acqua immessa e l'area di trattamento.



5.4.1 Idrologia

- Regime idraulico e idroperiodo
- Tempo di ritenzione
- Hydraulic Loading Rate
- Bilancio idraulico
 - Il problema dell'evapotraspirazione



BILANCIO IDRAULICO

$$Q_i - Q_o + Q_c - Q_b - Q_{gw} + PA - ET \cdot A = \frac{dV}{dt}$$

È necessario conoscere con la migliore approssimazione l'effettiva quantità di acqua presente nella wetland, e le variazioni subite durante il transito, al fine di stimare l'entità degli abbattimenti

- A superficie wetland, m²
- ET tasso di evapotraspirazione, m/d
- P precipitazioni, m/d
- Q_b perdite dagli argini, m³/d
- Q_c runoff dalle zone emerse, m³/d
- Q_{gw} infiltrazioni in falda, m³/d
- Q_i input di acque da trattare, m³/d
 - In genere Q_i è il principale tipo di input, ma in casi particolari altre tipologie possono essere rilevanti.
- Q_o output di acque trattate, m³/d
- t tempo
- V volume di acqua nella zona umida, m³



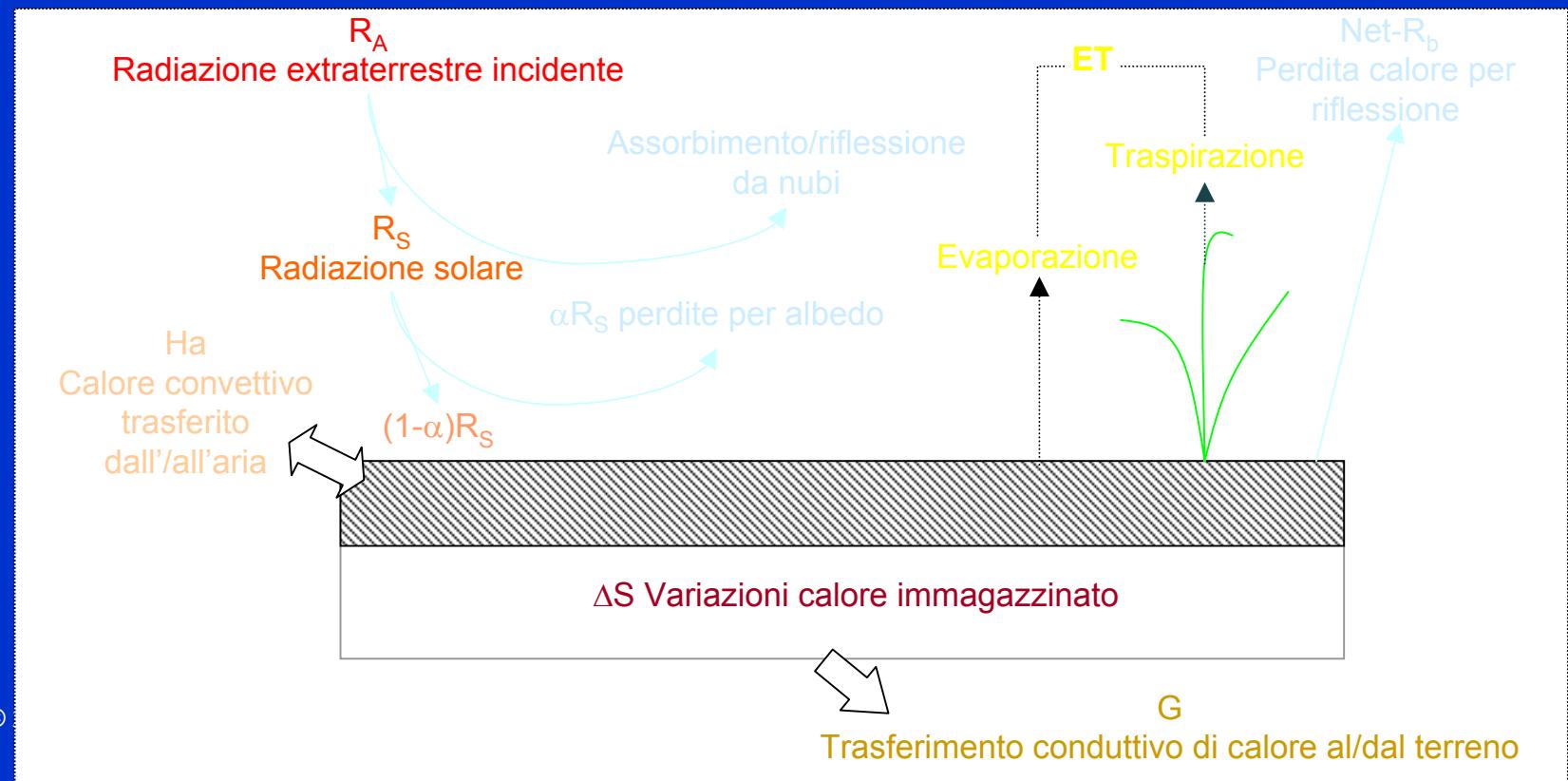
EVAPOTRASPIRAZIONE (ET)

- Perdite d'acqua sotto forma di vapore:
 - per evaporazione diretta dalla superficie libera
 - per traspirazione dalle piante durante fotosintesi.
- La vegetazione può rallentare o aumentare l'ET (ombreggiamento – traspirazione).
- Forte stagionalità: radiazione solare + sviluppo vegetale
- Effetti:
rallenta il flusso, aumenta il tempo di ritenzione, aumenta la concentrazione dei soluti.
- Spesso termine rilevante del bilancio = stima ET condiziona stima abbattimenti.
- Metodi per stimare l'evapotraspirazione potenziale (ETP)
 - la stima tramite la *pan evaporation* (EP)
 - la stima tramite bilanci energetici →



EVAPOTRASPIRAZIONE

- Energy balance method
 - Penman Estimator: R_n , t , u , $RH\%$
 - Penman Montheit (influenza altezze vegetazione)





5.4 Comprendione & progettazione

- o Idrologia
- o **Bilancio di massa**
- o Caratteristiche dei suoli
- o Specie vegetali



5.4.2 Bilancio di massa

- Progettazione wetlands di trattamento: necessario modello semplificato per
 - dimensionare la wetland
 - date le C in uscita (limiti di legge) e una serie di parametri ambientali.
- → bilancio di massa acqua e inquinante:
 - Nel suo passaggio all'interno nella zona umida l'inquinante interagisce con i vari comparti e all'uscita si presenta con una concentrazione diversa (che il modello deve prevedere).



5.4.2 Bilancio di massa

- Un inquinante immesso nella wetland è soggetto a:
 - Variabilità spaziale e temporale;
 - Processi di dispersione;
 - Trasformazioni chimiche o biologiche;
 - Trasferimento ad altri comparti, più o meno inerti.



5.4.2 Bilancio di massa

- Necessarie delle **semplificazioni (assunzioni)**:
 - Stato stazionario: il sistema non modifica il comportamento nel tempo
 - = medie su lungo periodo vs fluttuazioni (almeno 3 o 4 τ)
 - Prevalenza del flusso superficiale
 - no infiltrazioni, $P = ET$, no apporti atmosferici
 - Si esclude la presenza di riflussi o zone escluse dal flusso (rettangolare).
 - Unico tasso di abbattimento J per tutte le trasformazioni e gli scambi.
 - in genere considerato una reazione di primo ordine
- Modello areale di primo ordine per l'abbattimento di un inquinante una wetland (Kadlec & Knight, 1996)

$$\ln\left(\frac{C_o - C^*}{C_i - C^*}\right) = -\frac{k}{q}$$



5.4 Comprendione & progettazione

- o Idrologia
- o Bilancio di massa
- o Caratteristiche dei suoli
- o Specie vegetali



5.4.3

Caratteristiche dei suoli

- In relazione alla quantità di acqua presente:
 - drenati
 - Idromorfi
- Suoli idromorfi:
 - Limitata ossigenazione: diffusione dell'ossigeno è 10.000 volte più lenta
 - Allagamento continuato + produzione di sostanza organica = anaerobiosi quasi permanente
 - Mancanza di ossigeno = attività microbica rallentata = scarsa degradazione della s. organica = accumulo s.o.





5.4.3 Caratteristiche dei suoli

- **SCAMBIO CATIONICO**
 - Sostituzione catione (+) con un altro catione
 - Sostanze umiche hanno carica (-) = siti di legame per i cationi (+).
- CSC: quantità di ligandi presenti in un sedimento
 - pH: H^+ in eccesso sostituiscono i cationi.
- Disseccamento suoli umidi = distruzione strutture micellari idratate = ridotta capacità adsorbimento



5.4 Comprendione & progettazione

- o Idrologia
- o Bilancio di massa
- o Caratteristiche dei suoli
- o Specie vegetali



5.4.4 Specie Vegetali

- La distribuzione delle specie dipende:
 - dalla profondità dell'acqua
 - Dalla durata delle condizioni di saturazione.
- Hanno numerose funzioni:
 - Filtro: aumentano la sedimentazione dei solidi sospesi.
 - Substrato: habitat per colonie batteriche
 - Ossigenazione di acque e sedimenti (radici) = habitat per batteri aerobici.
 - Produzione s. organica: alimento per una varietà di organismi (batteri), consumo O₂ per degradazione.
 - Uptake: rimozione attiva di nutrienti e inquinanti.
 - Ombreggiamento: limita i bloom algali



5.4.4 Specie Vegetali

Piante erbacee

- ⇒ radicate emergenti (*Typha, Carex, Juncus*)
- ⇒ radicate con foglie galleggianti (*Nymphaea*)
- ⇒ radicate sommerse (*Zostera, Potamogeton*)
- ⇒ flottanti (*Lemna*)

Piante arboree

- ⇒ Alberi o arbusti in suoli allagati periodicamente (*Salix, Acer, Alnus*)