



TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN LAHAN BASAH BUATAN (CONSTRUCTED WETLAND)

SYAFRUDIN RAHARJO

UNIVERSITAS PAPUA MANOKWARI



Disampaikan pada Seminar Nasional Daring PEPSILI Seri V
Sabtu, 10 April 2021



90% air limbah dunia tidak melalui proses pengolahan (Corcoran et al. 2010)



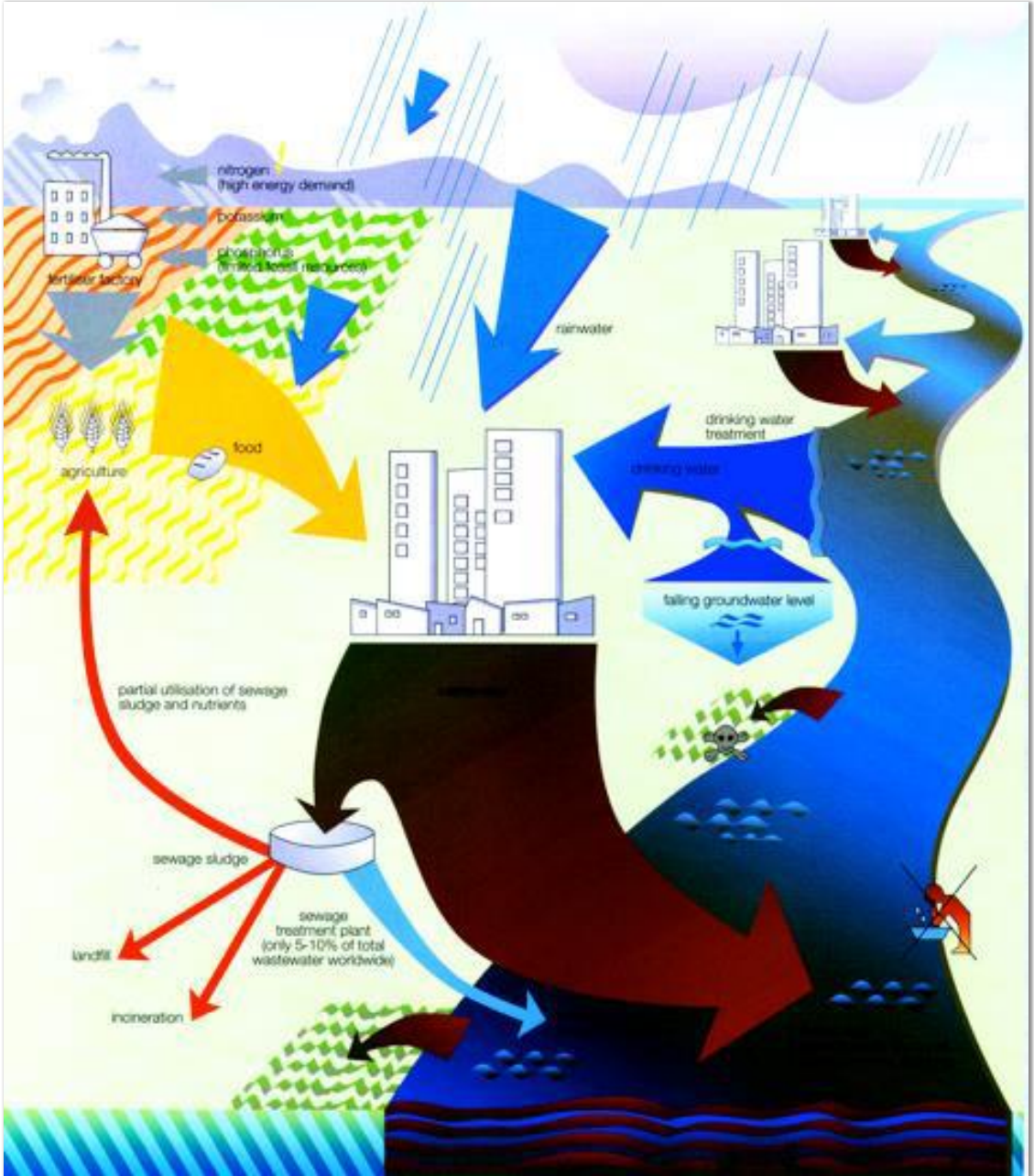
SICK WATER?

THE CENTRAL ROLE OF WASTEWATER MANAGEMENT IN SUSTAINABLE DEVELOPMENT

A RAPID RESPONSE ASSESSMENT



UN HABITAT





PENGANTAR



- ◊ Air sangat penting untuk semua aspek kehidupan.
- ◊ 97,5% dari semua air ditemukan di lautan.
- ◊ Dari sisa air tawar, hanya satu persen yang dapat diakses untuk ekstraksi dan penggunaan langsung (air bersih).
- ◊ Ekosistem akuatik yang berfungsi dan sehat memberi kita berbagai manfaat.
- ◊ Pada awal abad ke-21, dunia menghadapi krisis air, baik kuantitas maupun kualitas.
- ◊ Kurangnya Pengelolaan air limbah berdampak langsung pada keanekaragaman hayati ekosistem perairan.

Air Limbah

- ❖ Air limbah merupakan salah satu hasil dari aktifitas hidup manusia, baik kegiatan rumah tangga maupun kegiatan lain seperti industri, perhotelan dan lain sebagainya.
- ❖ Air limbah domestic 90% berupa air (10% sisa-sisa zat berupa organik dan anorganik).
- ❖ Air limbah jika tidak diolah akan mencemari lingkungan sekitar.



PENGOLAHAN AIR LIMBAH

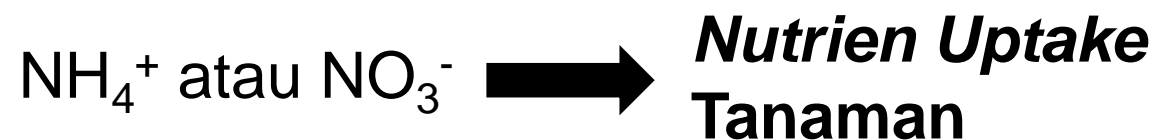
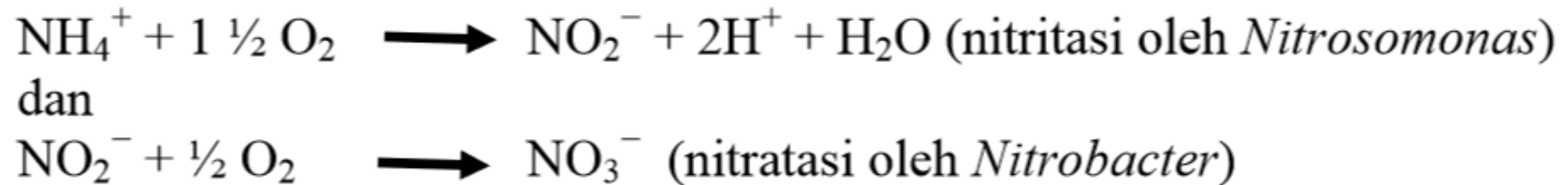
Ditujukan untuk mengurangi kandungan bahan pencemar, seperti :

- ◇ senyawa organik
- ◇ senyawa organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di alam
- ◇ Senyawa anorganik
- ◇ padatan tersuspensi (TSS)
- ◇ mikroba patogen



- ◇ Air limbah umumnya banyak mengandung Nitrogen dan Fosfor.
- ◇ Nitrogen dan Fosfor bisa menyebabkan pertumbuhan alga dan merupakan agen utama yang memicu eutrofikasi (pertumbuhan alga) di perairan.
- ◇ Perlu penerapan **teknologi pengolahan** air limbah yang tepat dan murah.

Konsep Pengolahan Air Limbah



There are 5 Assimilation Wetlands That Have Existed For 26 to 70 Years

Breaux Bridge - 70 years

Amelia - 47 years

Riverbend - 37 years

Mandeville - 30

Thibodaux - 27 years

Pontchatoula >50 years



ELSEVIER

Chapter 2 Using Natural Wetlands for Effluent Assimilation: A Half of Experience for the Mississippi and Surrounding Environs

Rachael G. Hunter, John W. Day, Robert R. Lane,
Jason N. Day, William H. Conner, John M. R
and Jae-Young Ko

Contents lists available at ScienceDirect

Ecological Engineering

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecoleng

Long-term assimilation wetlands in coastal Louisiana: Review of data and management

John W. Day Jr.^{a,b,*}, Rachael G. Hunter^a, Robert R. Lane^a, Gary P. Shaffer^c, Ja

^a Comite Resources, Inc. Box 66596, Baton Rouge, LA, 70896, United States¹

^b Dept. of Oceanography & Coastal Sciences, Louisiana State University, Baton Rouge, LA 70803, United States

^c Dept. of Biological Sciences, Southeastern Louisiana University, Hammond, LA 70402, United States

ARTICLE INFO

Keywords:

Assimilation wetlands
Nutrient loading
Coastal Louisiana
Treated municipal effluent

ABSTRACT

The term 'assimilation wetland' has been applied to natural wetlands in Louisiana where untreated municipal effluent is discharged with the dual purpose of improving vegetation productivity and soil accretion. Some municipalities discharge effluent into wetlands prior to state regulations, which began in 1992. Here we review assimilation wetlands in the Mississippi River Delta receiving discharge of treated effluent. In addition, we examine two adjacent forested wetlands, one that receives periodic discharge of effluent that does not. Information from these sites provides insight into how long-term wetlands. Analysis of tree-ring, leaf litter, accretion, and water quality data containing nutrients and sediments leads to enhanced wetland productivity through organic matter burial. In addition, long-term data indicate that assimilation wetlands sink even after decades of effluent discharge, with both nitrogen and phosphorus. Collectively, these data demonstrate that wetlands benefit from long-term discharge of effluent. Properly managed wetland assimilation systems can function for long periods without degrading wetland communities in coastal Louisiana.

AACL BIOFLUX

Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation
International Journal of the Bioflux Society

Phytoremediation of vaname shrimp (*Litopenaeus vannamei*) wastewater using vetiver grass system (*Chrysopogon zizanioides*, L) in flow water surface-constructed wetland

^{1,2}Syafurudin Raharjo, ³Suprihatin Suprihatin, ³Nastiti S. Indrasti, ⁴Etty



ELSEVIER

Ecological Engineering 16 (2001) 545–560

ECOLOGICAL
ENGINEERING

www.elsevier.com/locate/ecoleng

The potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing countries: a review

Amelia K. Kivaisi

University of Dar es Salaam, Botany Department, Applied Microbiology Unit, P.O. Box 35060, Dar es Salaam, Tanzania

Received 12 February 1999; received in revised form 4 May 2000; accepted 5 June 2000

Abstract

Constructed wetlands are among the recently proven efficient technologies for wastewater treatment. Compared to conventional treatment systems, constructed wetlands are low cost, are easily operated and maintained, and have a strong potential for application in developing countries, particularly by small rural communities. However, these systems have not found widespread use, due to lack of awareness, and local expertise in developing the technology on a local basis. This paper summarizes information on current methods used for wastewater treatment in developing countries, and briefly gives basic information on wetlands. The paper further examines the potential of constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing countries by looking at the results of current research initiatives towards implementation of the technology in these countries. Future considerations in choosing constructed wetlands as wastewater treating systems in developing countries are highlighted. © 2001 Elsevier Science B.V. All rights reserved.

Keywords: Developing countries; Water shortage; Wastewater treatment; Constructed wetlands

1. Introduction

The primary renewable source of freshwater is continental rainfall, which generates a global supply of 40 000–45 000 km³ per year. This more or less constant water supply must support the entire

countries are suffering water scarcity during a large part of the year (Gleick, 1993). During the last four decades, the number of countries experiencing water scarcity, most of which are developing countries, has increased. The number is expected to reach 34 by the year 2025 (Table 1)

Wetland dan Constructed Wetland

- ◆ *Wetland* adalah area yang sudah ada secara alami dengan debit dan struktur yang tidak direncanakan, misalnya rawa–rawa, pesisir pantai atau mangrove.
- ◆ *Wetland* banyak ditumbuhi oleh vegetasi *emergent*, seperti cattail (*Thypha* sp.), reed (*Phragmites* sp.), sedges (*Carex* sp.), bulrushes (*Scirpus* sp.), rushes (*Juncus* sp) dan jenis tanaman rumput–rumputan lainnya.
- ◆ *Constructed wetland* (CW) adalah lahan basah yang sengaja dibuat, dikelola dan dikontrol oleh manusia untuk keperluan filtrasi air buangan dengan **memadukan penggunaan tanaman, aktivitas mikroba dan proses lainnya.**

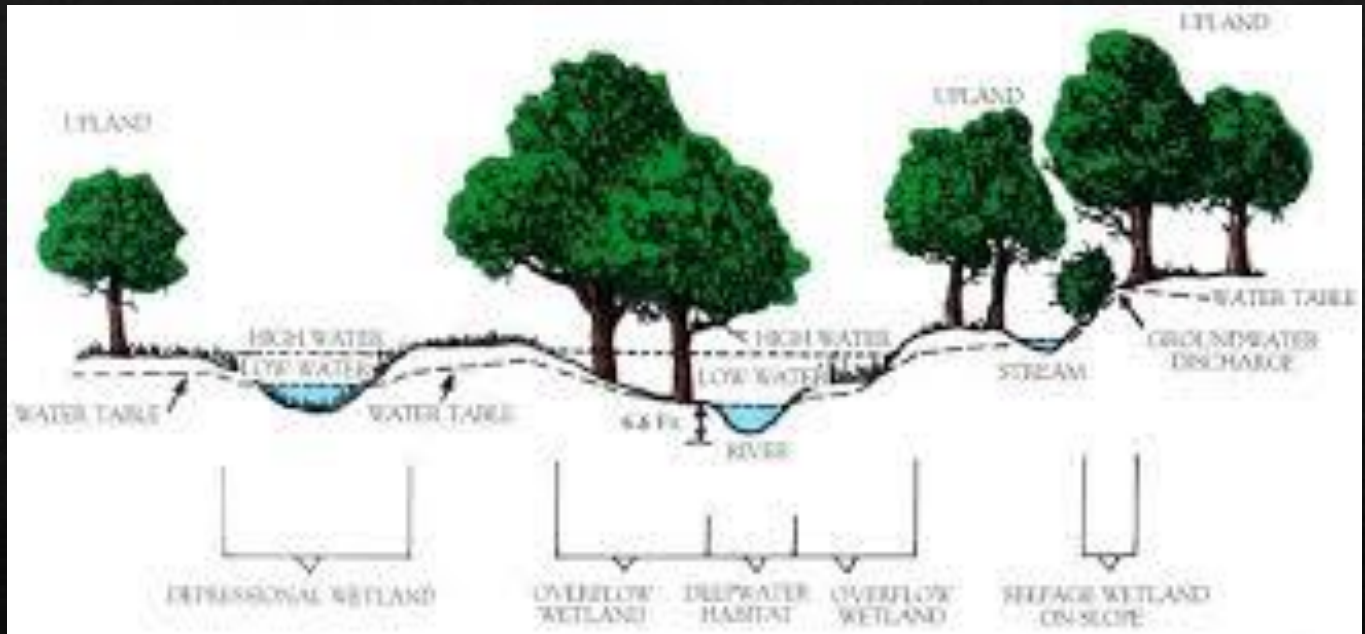
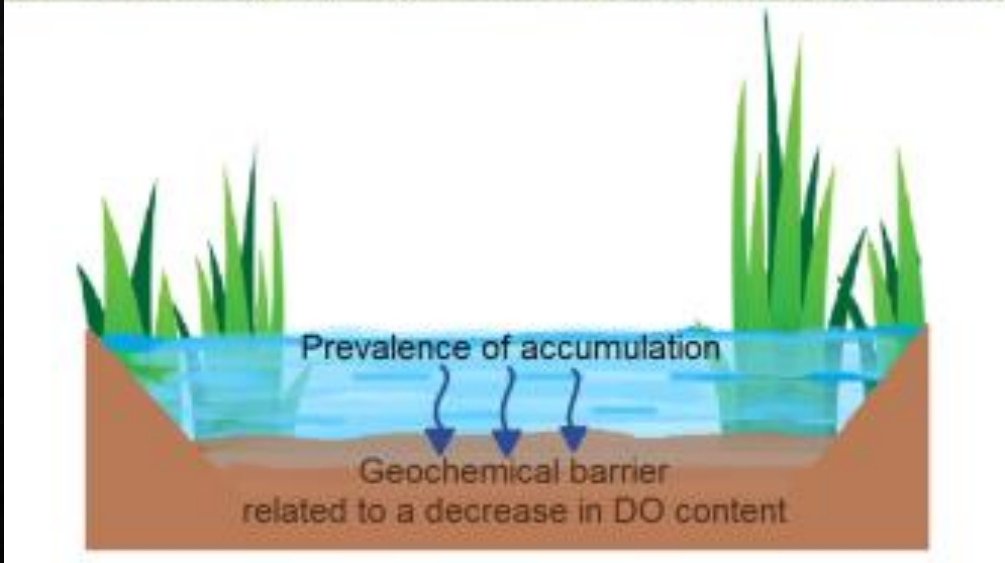
- ◆ Indonesia memiliki sekitar 40,5 juta Hektar lahan basah sehingga termasuk negara terluas ke dua setelah Cina di kawasan Asia.
- ◆ Berdasarkan Sistem Klasifikasi Konvensi Ramsar 1971, maka lahan basah diklasifikasikan menjadi tiga kelompok utama, yaitu: lahan basah pesisir dan lautan, lahan basah daratan, dan lahan basah buatan.

- ❖ Truong *et al.* (2008) mengemukakan bahwa lahan basah alami (*wetland*) dan lahan basah buatan (*CW*) secara efektif mengurangi jumlah kontaminan pada limpasan pertanian dan industri.
- ❖ Penggunaan lahan basah mewajibkan penggunaan berbagai proses biologi yang kompleks, termasuk proses transformasi mikrobiologi dan proses fisik-kimia seperti adsorpsi dan sedimentasi.



Manfaat Wetland

- ◆ Tempat pembuangan limbah kota yang sudah diolah dan didesinfeksi masuk ke lahan basah alami;
- ◆ Peningkatan pertumbuhan pohon, produksi daun dan produktivitas;
- ◆ Akresi (sedimentasi) tanah;
- ◆ Peningkatan penyerapan karbon;
- ◆ Peningkatan kualitas air.



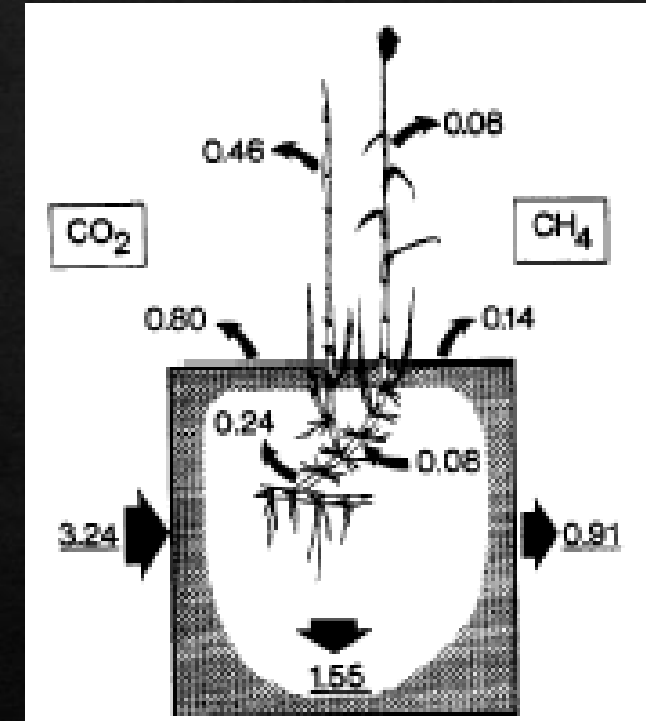
Wetlands in Virginia

Lahan Basah Buatan (CW)

- ◊ CW mrpkan instalasi pengolah air limbah biologis secara buatan yg dirancang & dibuat berupa kolam atau saluran yg ditanami tumbuhan air.
- ◊ Proses penjernihan/pemulihan air limbah dilakukan secara biologis dg bantuan mikroba, & tanaman serta proses fisika & kimia.
- ◊ Dirancang menyerupai di alam tetapi dg lingkungan yg bisa dikendalikan..

Bahan Organik dihilangkan oleh CW dengan lima kombinasi mekanisme (García et al. 2004):

- ◇ reduksi sulfat,
- ◇ denitrifikasi,
- ◇ difusi udara di antarmuka udara dan air (respirasi aerobik),
- ◇ transportasi oksigen melalui makrofit (respirasi aerobik), dan
- ◇ metanogenesis



Brix (1990). Wat. Res.

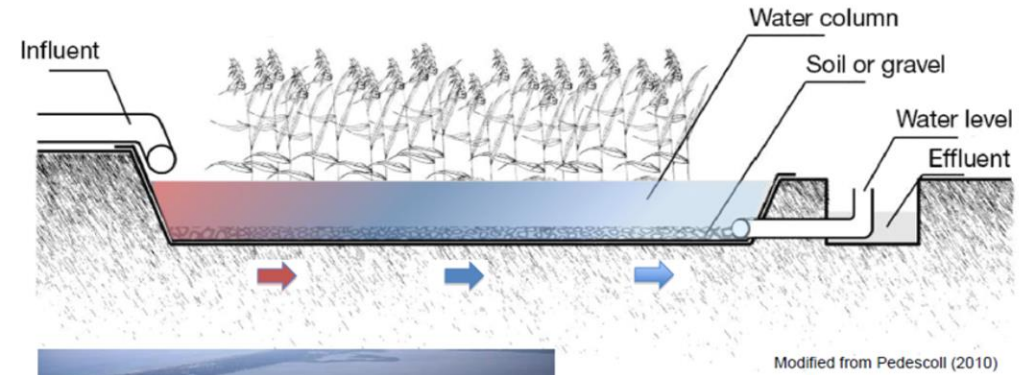
"Bahan organik didegradasi secara aerob dan secara anaerobik oleh bakteri metanogen ..."

Kelebihan CW

- ◆ Lokasi bisa dipilih sesuai kebutuhan;
- ◆ Ukuran fleksibel;
- ◆ Pola aliran bisa diatur;
- ◆ Waktu tinggal bisa diatur.

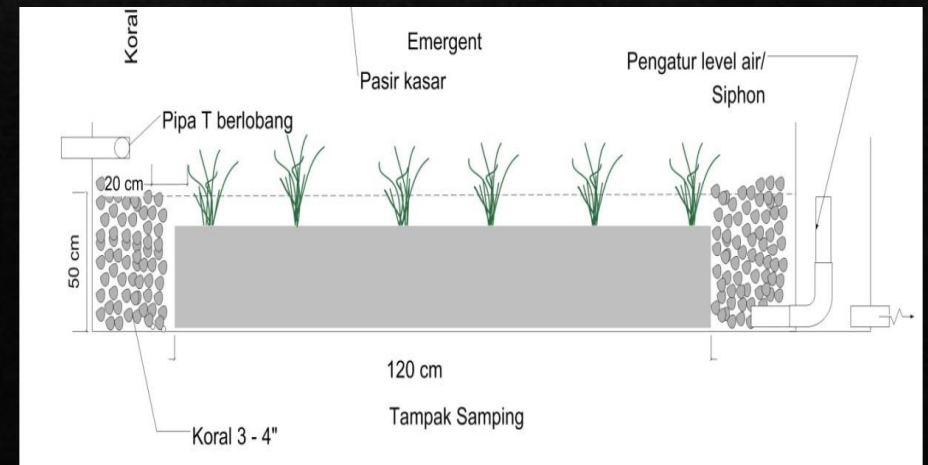


Surface flow constructed wetlands



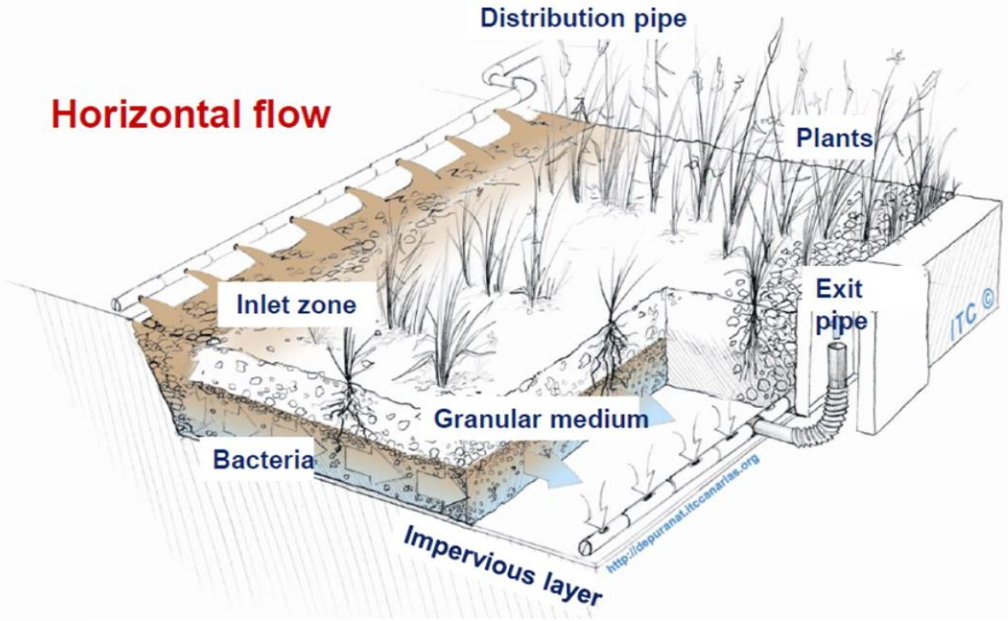
Tancat de la Pipa, Valencia, Spain

Free Surface Flow

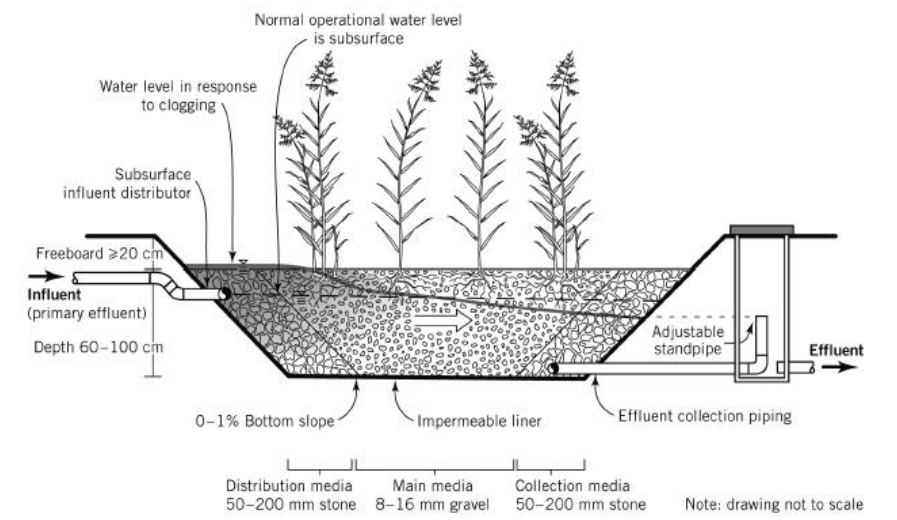


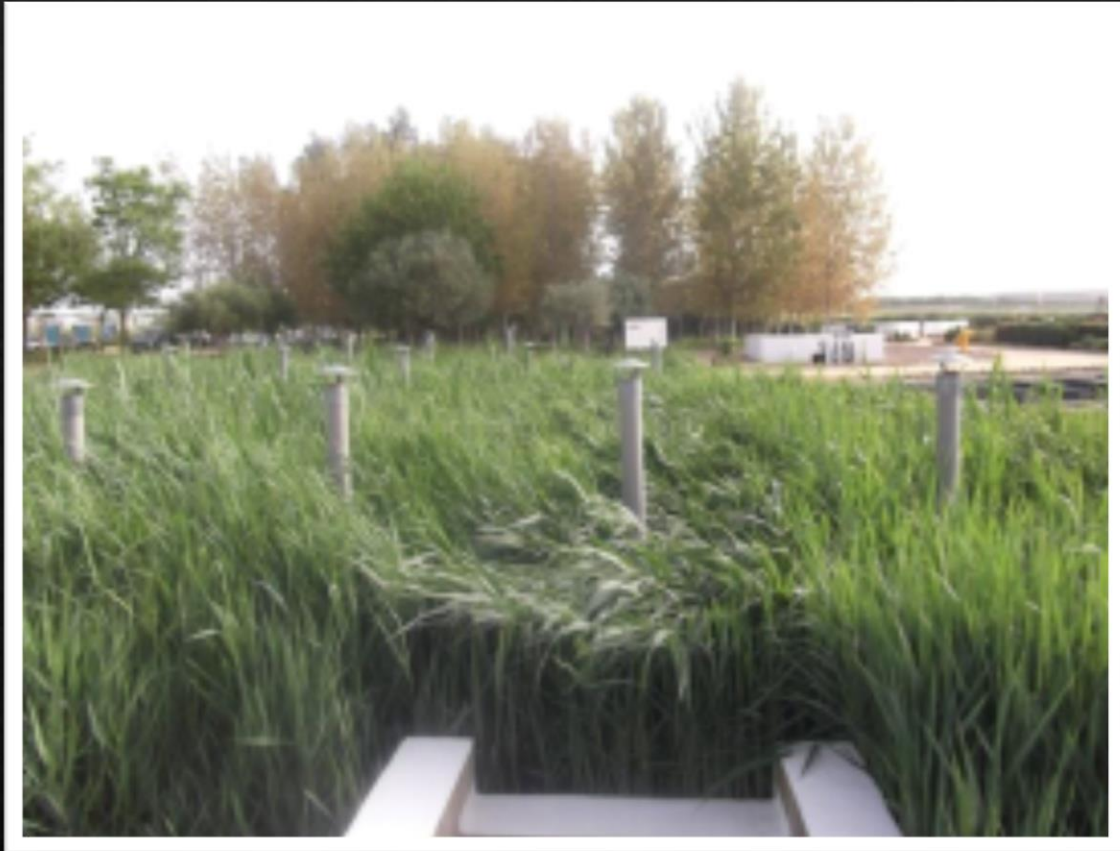


Subsurface flow constructed wetlands



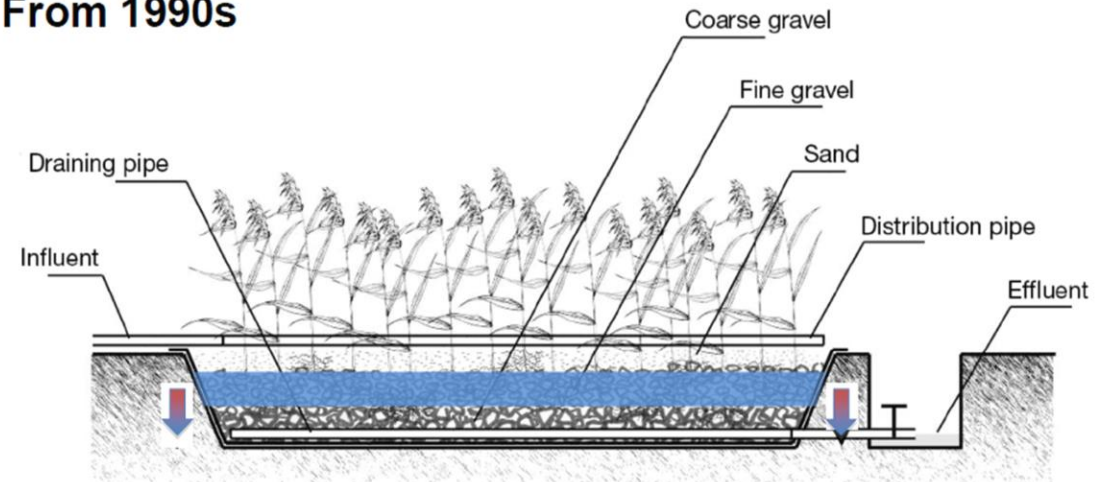
Horizontal Subsurface Flow





Vertical subsurface flow constructed wetlands

From 1990s



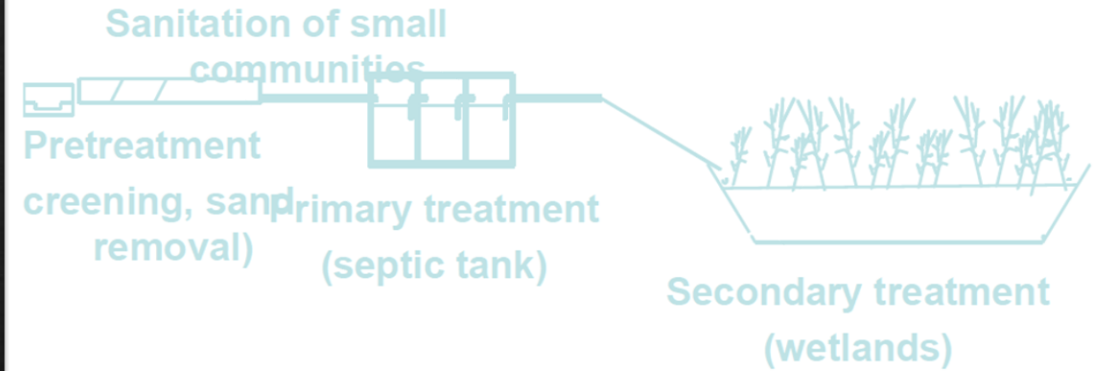
Modified from Pedescoll (2010)

Vertical Subsurface Flow



Verdú, Lleida, Spain

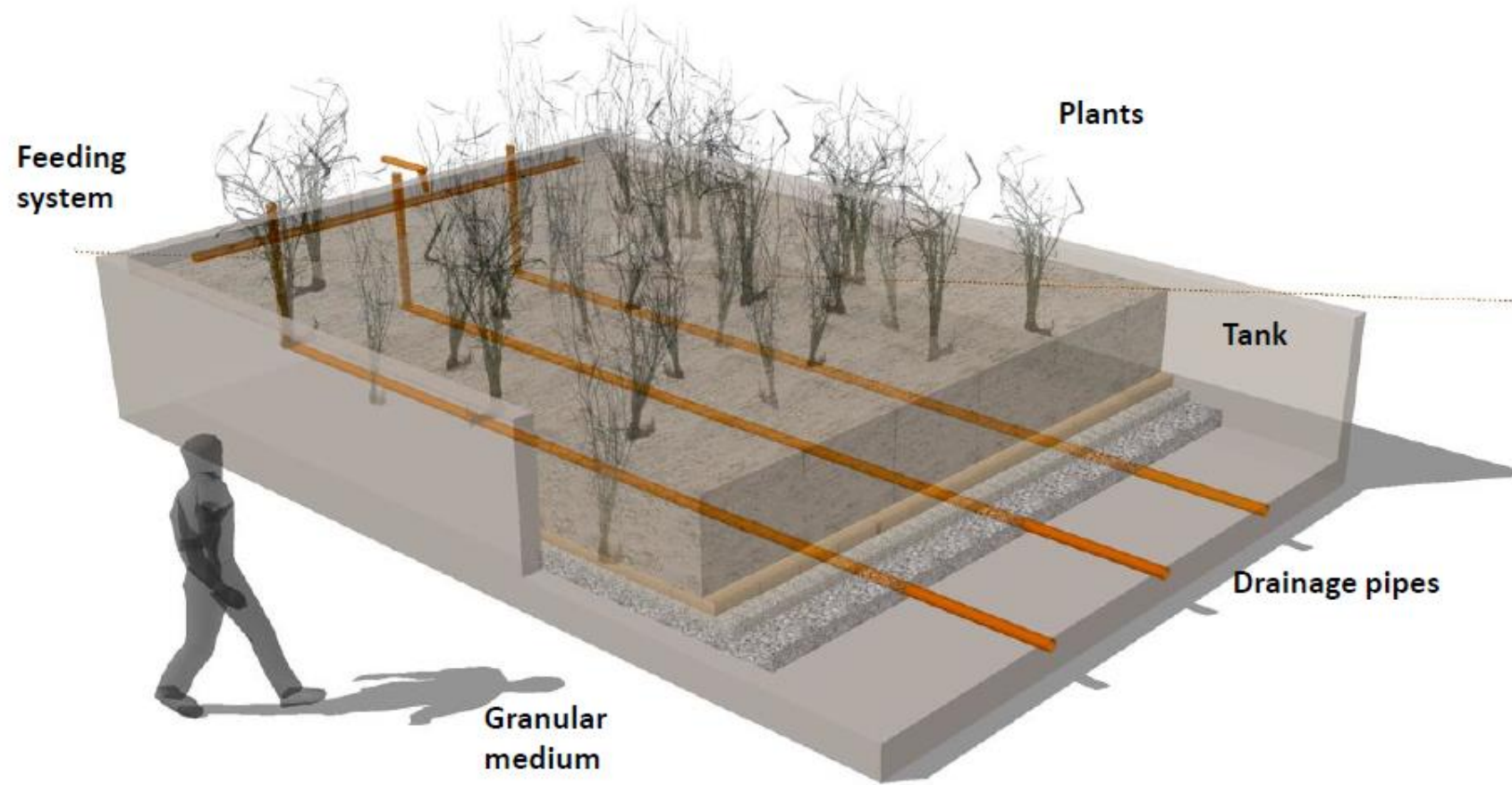
From 1980s



Conventional Setup Subsurface Flow

Sludge treatment wetlands

From 1990s in Denmark

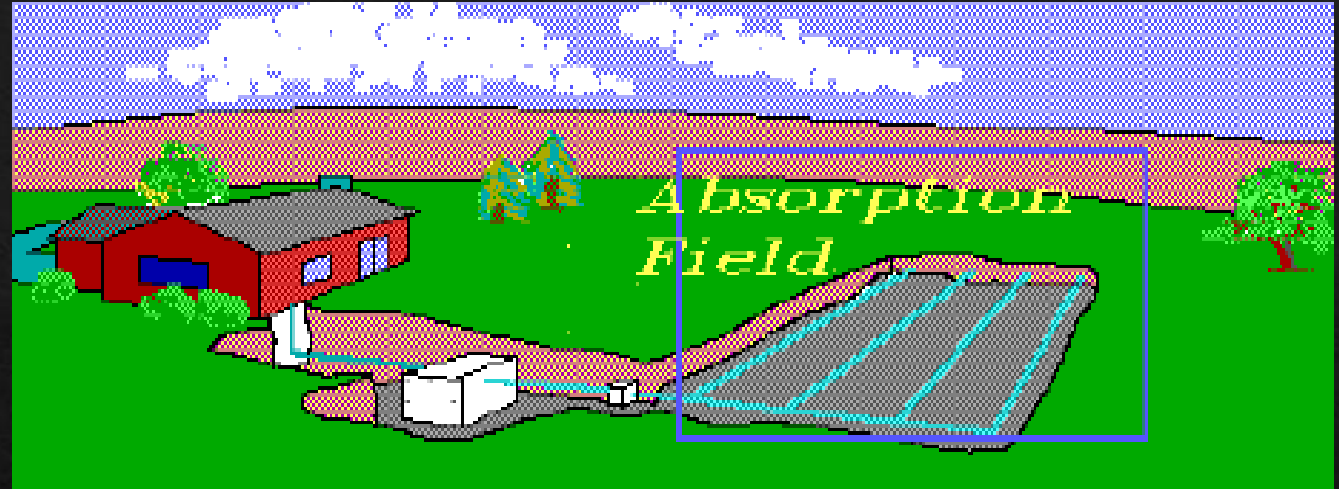
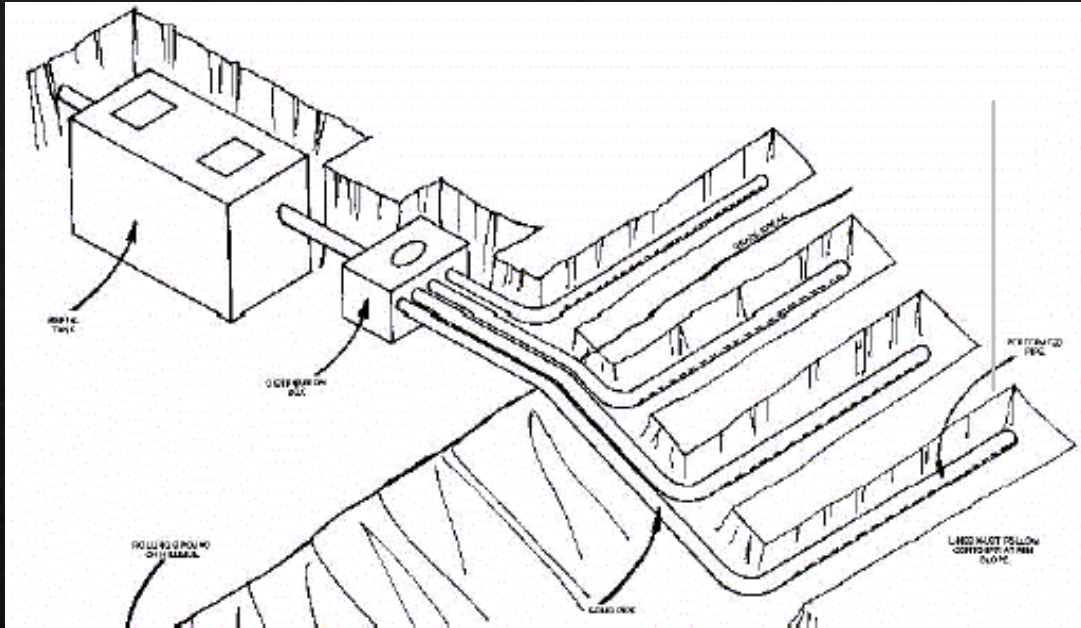


Sludge treatment wetlands



After feeding

During resting step



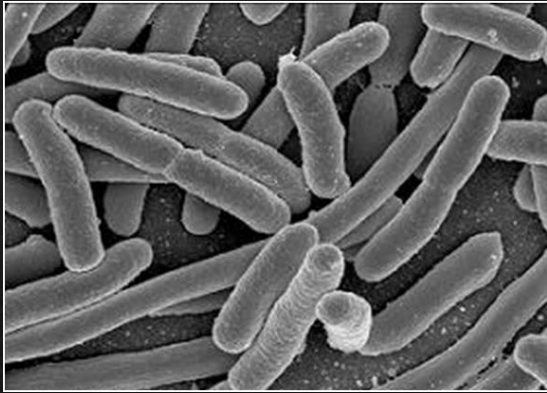
Septik tank + CW

Peran Mikroba

Lima proses utama mentransformasikan limbah organik dari satu bentuk ke bentuk lainnya oleh mikroba adalah sebagai berikut:

- (1) dekomposisi
- (2) ammonifikasi (mineralisasi),
- (2) nitrifikasi,
- (3) denitrifikasi,
- (4) asimilasi,.

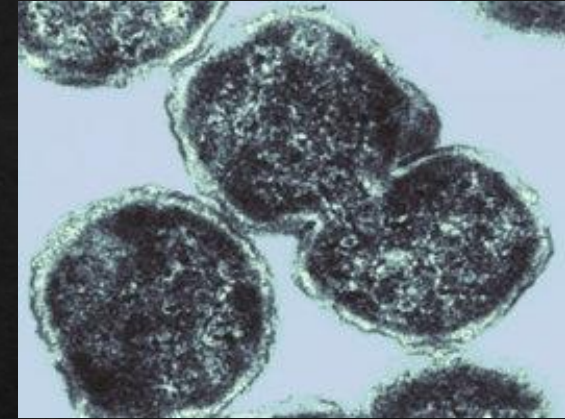
Bakteri-Bakteri Yg Berperan



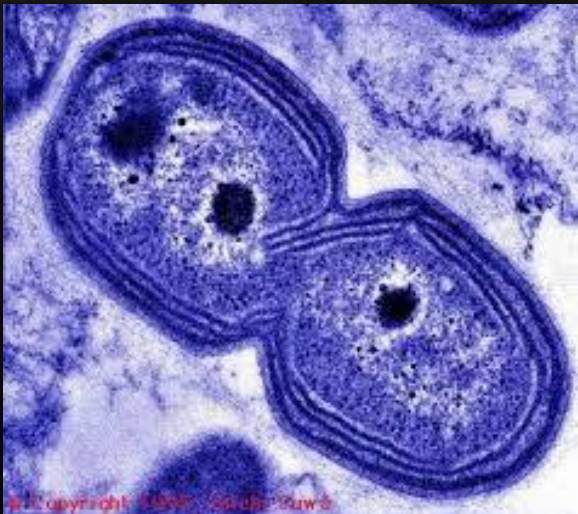
Bakteri Saprofit (dekomposer)



Bacillus



Paracoccus denitrifikan



Nitrosomonas



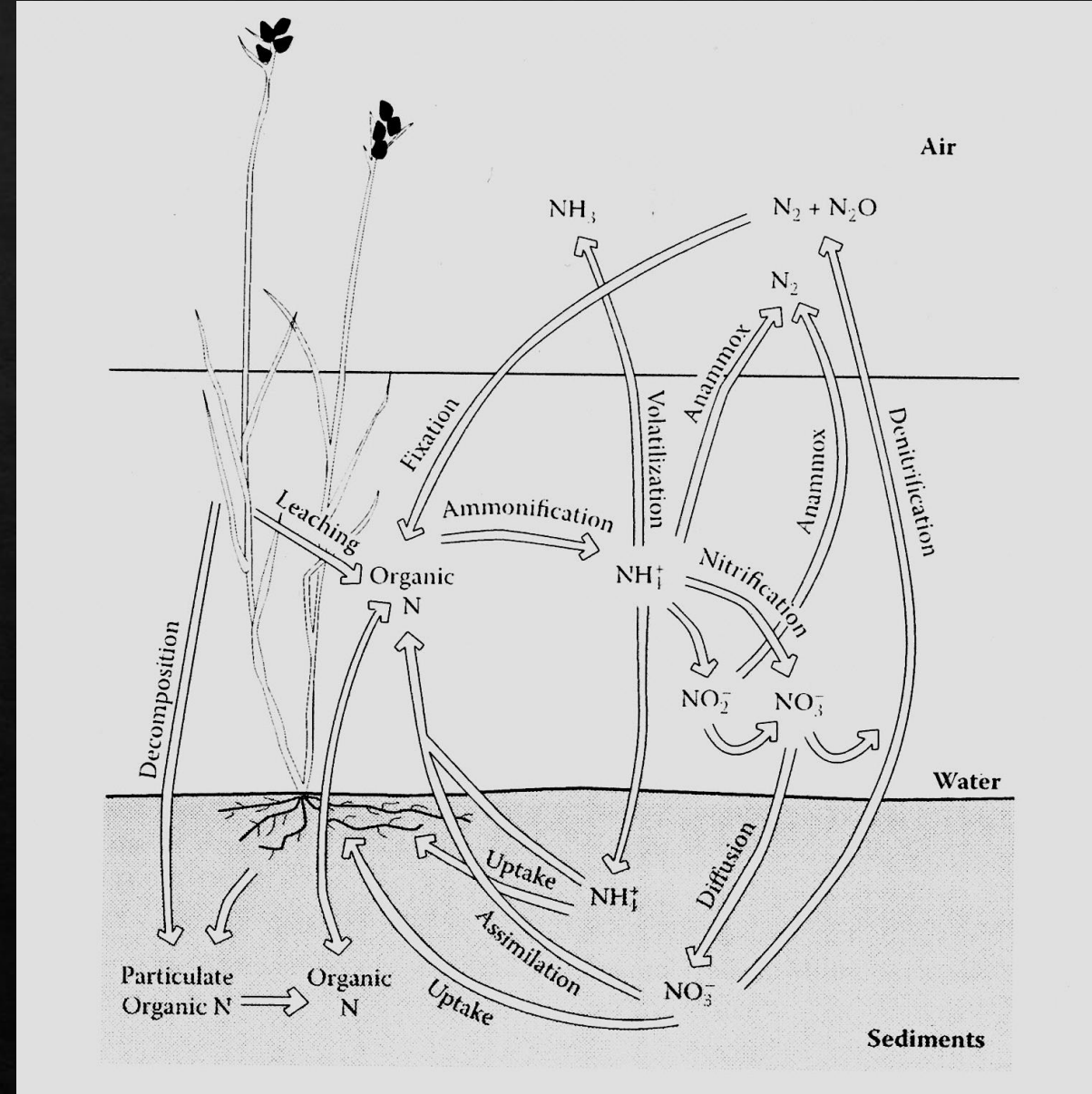
Nitrobacter



Pseudomonas denitrifikan

Transformasi Nitrogen di CW

- ◆ Berbagai bentuk nitrogen terus terlibat dlm transformasi kimia dr anorganik ke senyawa organik dan kembali dari organik ke anorganik.
- ◆ Unsur nitrogen biasanya berbentuk senyawa organik dan anorganik.



Fitoremediasi

Mekanisme penghilangan limbah tergantung pd:

- ◆ kontaminan (misal limbah organik),
- ◆ kondisi lokasi,
- ◆ tingkat pembersihan yg diinginkan, dan
- ◆ jenis tanaman yg digunakan.

Beberapa Jenis Tanaman yang Sering digunakan



Rumput vetiver (*Chrysopogon zizanioides*, L)



Mekanisme Penghilangan Pencemar

Meliputi proses:

- ◇ Fisik
- ◇ Kimia
- ◇ Biologi

Jenis Mekanisme	Bahan Pencemar yang Diolah
1. Sedimentasi	Partikel organik padat, koloid padat, bakteri penyakit dan unsur Phosphor
2. Filtrasi Fisik	Koloid koloid padat, bahan organik pencemar, unsur Phosphor dan bakteri penyakit
3. Absorpsi	Nutrisi N, P, K dan logam logam berat
4. Presipitasi	Phosphate pencemar oleh Ca, Fe dan Al
5. Adsorpsi	Phosphate di adsorpsi oleh koloid liat, bahan organik, unsure Ca, Fe, Al dan logam logam berat diadsorpsi oleh akar tanaman
6. Dekomposisi	Bahan organik pencemar
7. Predasi & Exkresi antibiotik dari akar tanaman	Bakteri coli
8. Diserap tanaman	Unsur Nitrogen dan Phosphate
9. Oksidasi dan reduksi	BOD ₅ dan COD
10. Asimilasi	Mikroorganisma mengasimilasi unsur phosphor
11. Nitrifikasi, Denitrifikasi & Volatilisasi	Nitrogen pencemar

Desain Sistem LBB

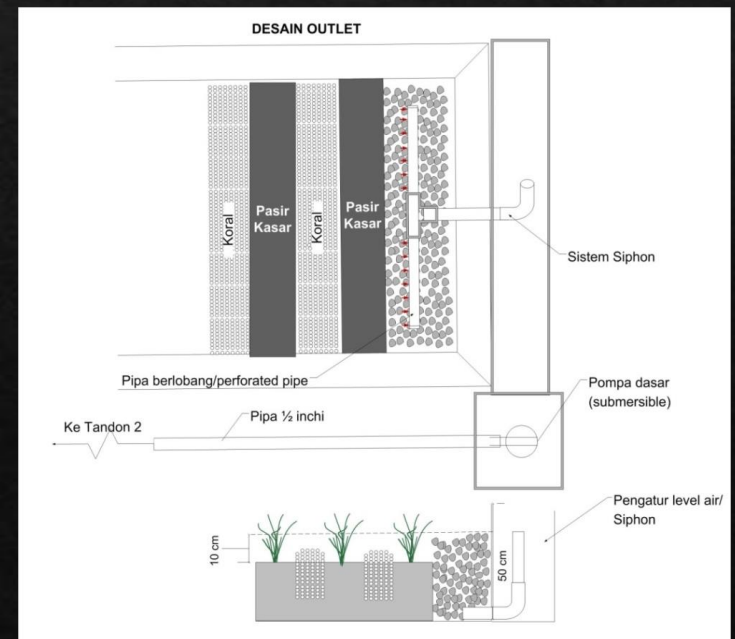
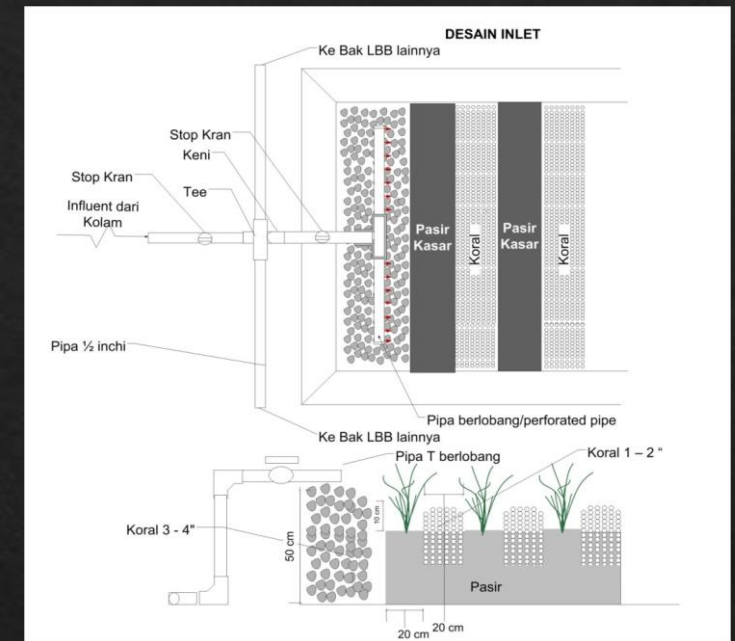
- ◆ **Tipe LBB:** aliran air permukaan (AAP) dan aliran bawah permukaan tanah (ABPT) atau sistem *subsurface flow* (SSF) (Wang *et al.* 2010; Kadlec dan Wallace 2009; Crites *et al.* 2006).
- ◆ Menurut Kadlec (2009) secara prinsip bahwa performa SSF dan FWS tidak memiliki perbedaan nyata.

Substrat Lahan Basah Buatan

- ◆ Permeabilitas material (tanah media) yang digunakan harus memiliki porositas yang baik, sehingga pori-pori media bisa ditumbuhi mikroba yang berfungsi sebagai pengurai melalui proses amonifikasi, nitrifikasi dan denitrifikasi.
- ◆ Permeabilitas adalah kemampuan suatu material untuk memungkinkan lewatnya cairan.
- ◆ Porositas adalah ruang terbuka dalam suatu material. Nilai porositas didasarkan pada rasio volume pori total volume, dan biasanya dinyatakan sebagai persen.

Kriteria Desain LBB

- ◆ Disain konstruksi LBB dibuat dari tanah berlapis plastik geologi, semen beton, bambu/kayu berlapis plastik sebagai lapisan kedap air untuk melindungi rembesan ke air tanah.
- ◆ Pada *inlet dan outlet* lahan basah, disediakan sekat untuk mengumpulkan dan mendistribusikan air limbah yang masuk & keluar ke & dari LBB.



- ◆ Ketinggian air diatur dengan pipa pengatur level air, sehingga ketinggian air bisa dipertahankan pada ketinggian yg diinginkan.
- ◆ Kemiringan LBB sebesar 2%.
- ◆ Air yang dikumpulkan di ruang *outlet* disalurkan ke saluran pembuangan utama dengan pipa dasar atau sistem siphon.

Rancangan desain sistem LBB

Kapasitas Hidrolik

◆ HRT :
$$t = \frac{V}{Q} = \frac{LW(d_m n + d_w)}{Q} = A \frac{(d_m n + d_w)}{Q}$$

○ HLR :
$$HLR = \frac{Q}{A}$$

L = Length of the wetland cell (ft; m).

W = Width of the wetland cell (ft; m).

dw= Depth of water in the wetland cell (ft; m).

dm=Depth of material in wetland cell (ft; m).

n = Porosity, or the space available for water to flow through the wetland.

Vegetation and litter occupy some space in the FWS wetland, and the media, roots, and other solids do the same in the SSF case. Porosity is a percent (expressed as a decimal).

Q = The average flow through the wetland (ft³/d; m³/d):

- ◆ Mengukur tingkat efisiensi Lahan basah buatan (Spellman 2004):

$$\% \text{ Penghilangan} = \frac{[\text{Konsentrasi influent} - \text{Konsentrasi Effluent}]}{\text{Konsentrasi Influent}} \times 100$$

- ◆ Mengukur performa lahan basah buatan, dengan menghitung penghilangan beban pencemar (modifikasi dari Spellman 2004):

$$\text{Beban Pencemar} \left(\frac{\text{mg}}{\text{m}^2 \text{hari}} \right) = \frac{\text{Konsentrasi influent} \times Q_{\text{influent}}}{A}$$

Keterangan:

Q_{influent} = debit influent dalam liter per hari
 A = luas permukaan LBB



**TERIMA
KASIH**