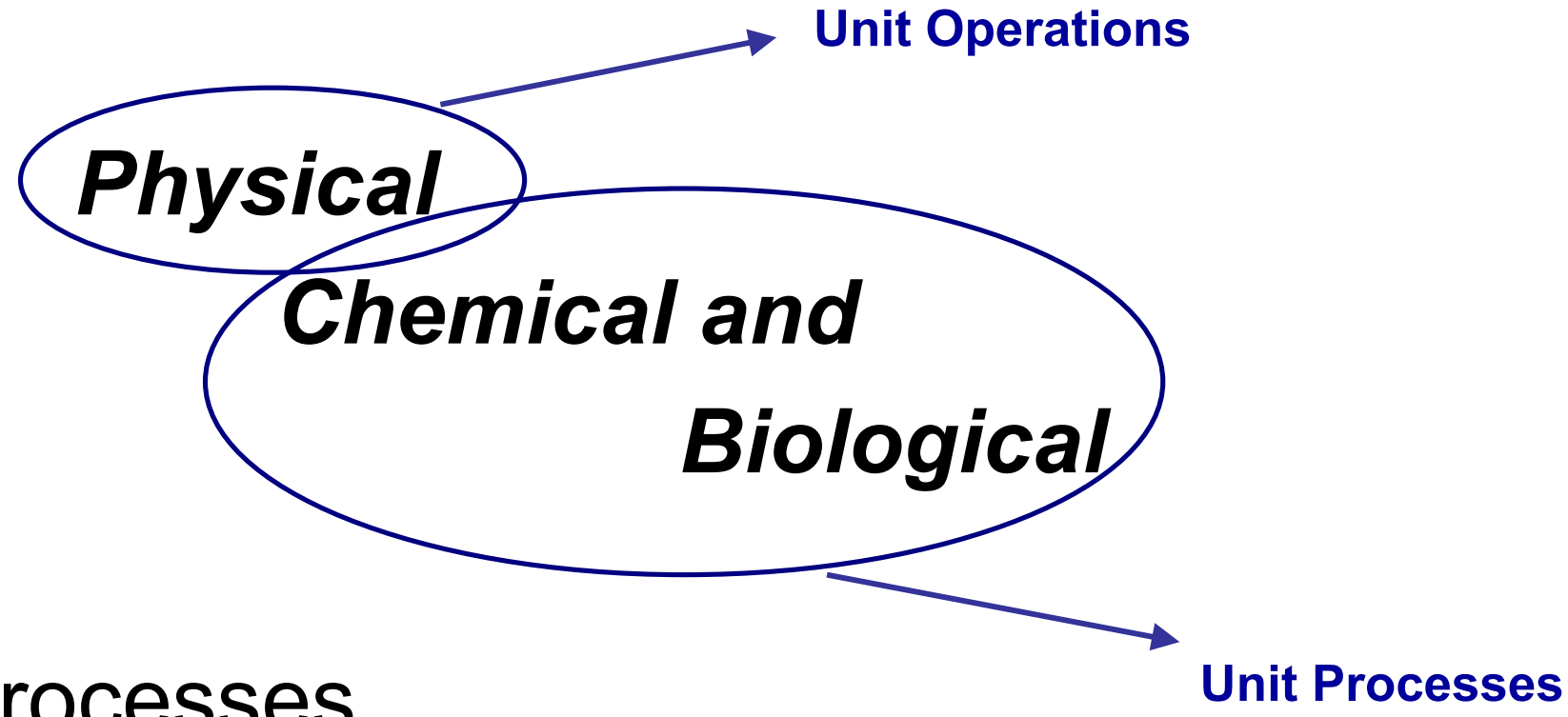
Conventional wastewater treatment consists of a combination of



processes

Why Treat Wastewater?

- To prevent the spread of disease
- To insure adequate water supplies
- To protect water resources
- To reduce environmental contamination

عادة ما يتم تقسيم منظومة المعالجة في المحطة إلى عدة مراحل :

المعالجة قبل الأولية

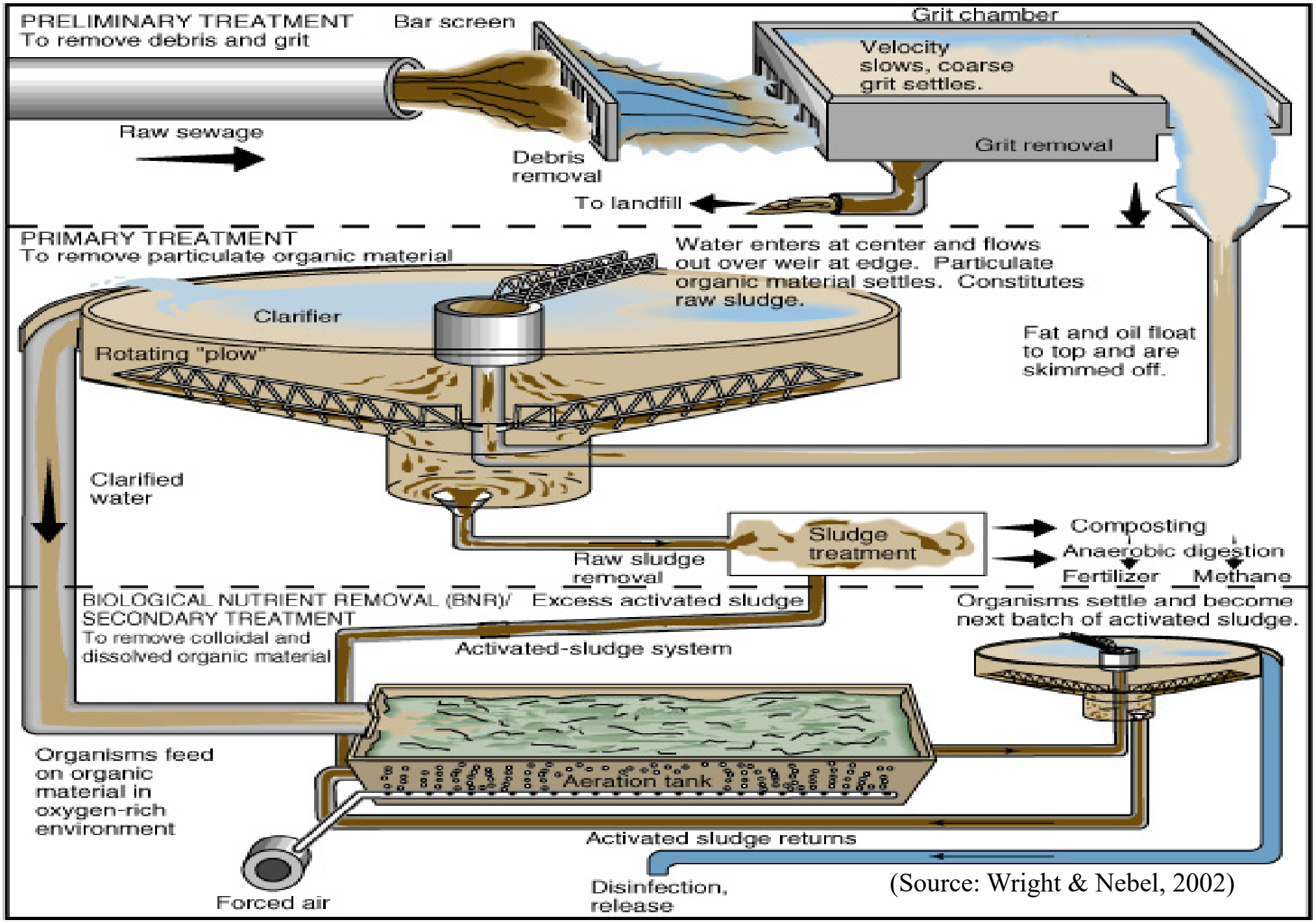
المعالجة الابتدائية

المعالجة الثانوية

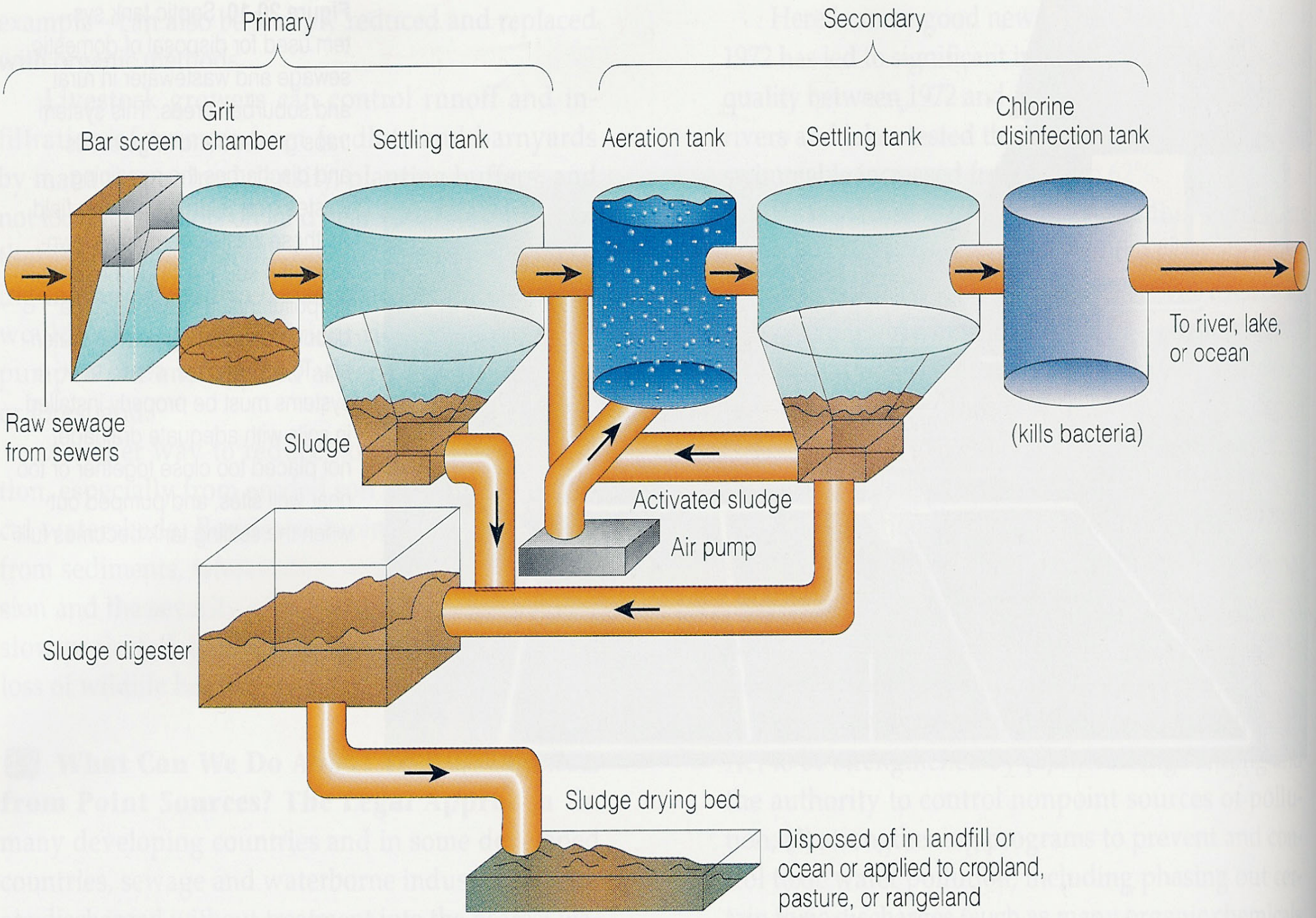
المعالجة الثلاثية للمياه

معالجة الحمأة

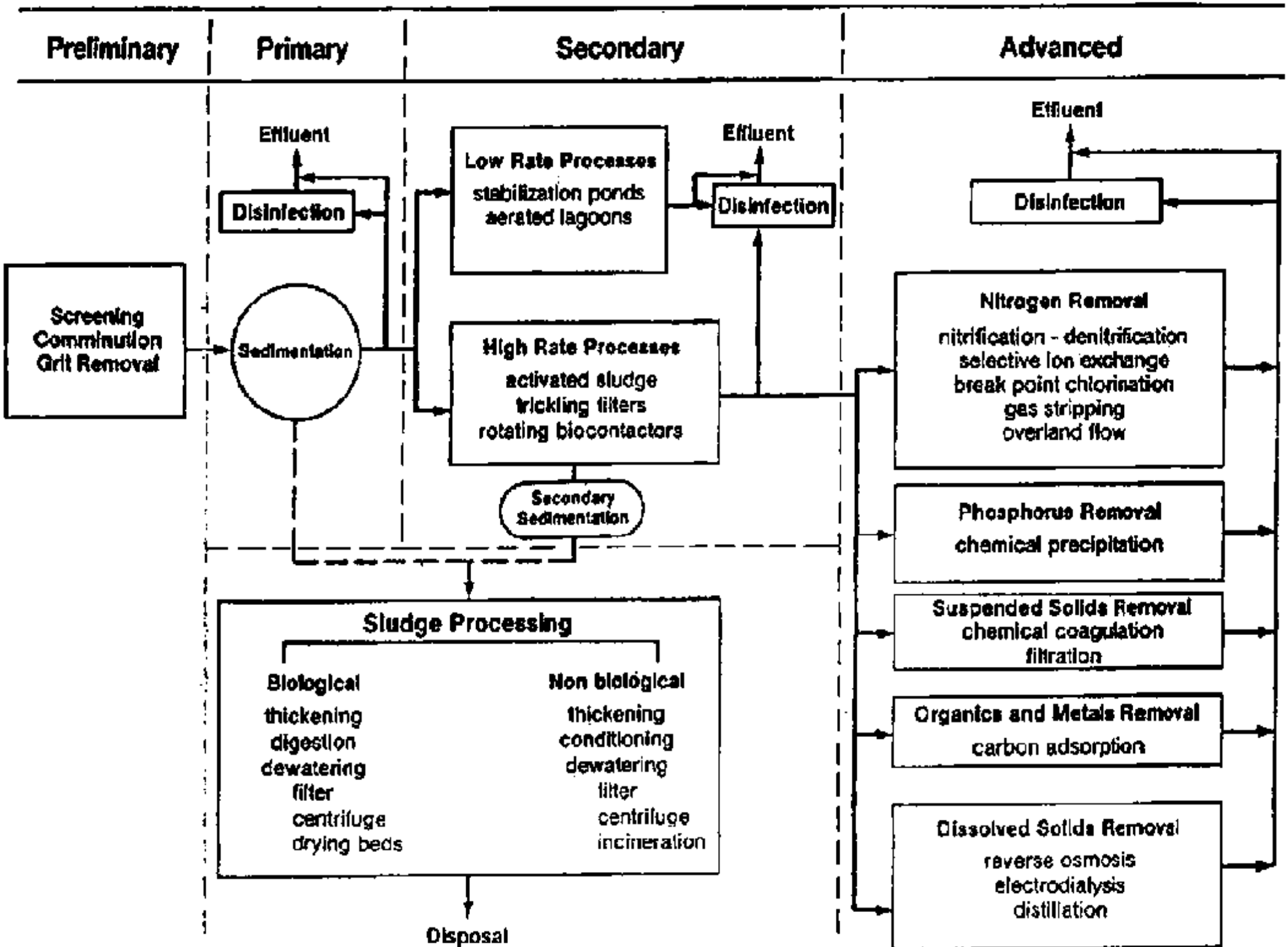
Sewage Treatment



(Source: Wright & Nebel, 2002)



Primary and Secondary Wastewater Treatment


Preliminary
Primary
Secondary
Advanced
Effluent
Disinfection
Low Rate Processes
stabilization ponds
aerated lagoons
Effluent
Disinfection
Effluent
Disinfection
Screening
Comminution
Grit Removal
Sedimentation
High Rate Processes
activated sludge
trickling filters
rotating biocontactors
Secondary
Sedimentation
Nitrogen Removal
nitrification - denitrification
selective ion exchange
break point chlorination
gas stripping
overland flow
Phosphorus Removal
chemical precipitation
Suspended Solids Removal
chemical coagulation
filtration
Organics and Metals Removal
carbon adsorption
Dissolved Solids Removal
reverse osmosis
electrodialysis
distillation
Sludge Processing
Biological
thickening
digestion
dewatering
filter
centrifuge
drying beds
Non biological
thickening
conditioning
dewatering
filter
centrifuge
incineration
Disposal

1. ***Primary sewage treatment*** mechanically removes up to 40% of wastewater pollutants through use of screens and settling (sedimentation) tanks.

2. ***Secondary Treatment:*** *Removal of organic matter mainly by biological degradation*

- Solids 85-95%,
- BOD 80-95%,
- Col. 90-95%

3. ***Advanced Treatment:*** *Removal of nutrients (N, P) by biological and chemical methods*

- Solids ~100%,
- BOD ~99%,
- Col. ~99%

المعالجة الثانويه
Secondary Treatment

BIOLOGICAL TREATMENT

- مبادئ المعالجة البيولوجية:

- للتذكير، فلقد رأينا :
  - أن مياه الصرف الصحي تحتوي على مواد عائمة كبيرة يمكن حذفها عند الحاجز القضباني في رأس المحطة أو حتى باستعمال الغربال الدقيق
  - أن مياه الصرف الصحي تحتوي كذلك على رمال و زيوت و شحوم يمكن حذفها بواسطة منشئات ترسيب الرمال و تعويم الشحوم .
  - أن مياه الصرف الصحي تحتوي على مواد عضوية صغيرة الحجم نسبيا يمكن حذفها بواسطة الترسيب الأولي بعد حجزها لمدة تناهز (2) الساعتين
  - أن مياه الصرف الصحي و بعد مرورها من المرحل السابقة لا تزال غير صافية و تفرز روائح كريهة نظرا لوجود جوامد مجهرية لا يمكن ترسيبها كما هي بصفة طبيعية و اقتصادية و أنه يتعين ضم الحبيبات المجهرية في شكل عناقيد "أنداف" يسمح حجمها عندئذ بترسيبها الطبيعي. و رأينا أن استعمال المواد الكيماوية يحقق لنا الهدف المنشود ألا وهو تكوين "الأنداف". و رأينا كذلك مساوئ استعمال المواد الكيماوية و التي ستستفحل إذا علمنا الطبيعة توفر طرقا بديلة آمنة رخيصة لتفتيت المواد الغروية و الحد من تواجدها و تكوين الأنداف المطلوبة للترسيب.

- نعم الداء و الدواء معا داخل مياه الصرف الصحي المنزلي حيث يتواجد التلوث العضـــــــوي و تتواجد جحافل البكتريا المستعدة لاستهلاك هذا التلوث إذا توفرت لها الفرصة السانحة ألا و هي اللأكسيجين المذاب في الماء أو المركب مع الجزيئات العضوية و الوقت الكافي.
- و تتمثل المعالجة البيولوجية عامة في وضع المياه التي خضعت إلى المعالجة الأولية في أحواض يطلق عليها عادة تسمية خزانات أو أحواض التهوئة (Aeration tank or Reactor) أو في بحيرات مهوأة أو غير مهوأة تتواجد بها أصناف متعددة و مختلفة من الكائنات الحية الدقيقة (الحيوانية و النباتية) المتخصصة في استهلاك المواد العضوية العالقة أو المذابة في مياه الصرف الصحي.
- و لتوفير ظروف عمل هذه الكائنات و تكاثرها يتم في جل المنظومات البيولوجية شحن المياه داخل هذه الأحواض بكميات متفاوتة من الهواء أو الأكسجين.
- و تشفع هذه المرحلة بتحول كتل المواد العضوية الواردة على المحطة إلى كتل من البكتيريا في شكل "أنداف" قابلة للترسيب في أحواض منفصلة يطلق عليها عادة "المـــرسّب الثانـــــوي" أو " المصفي" (Secondary settling tank or Clarifier) .

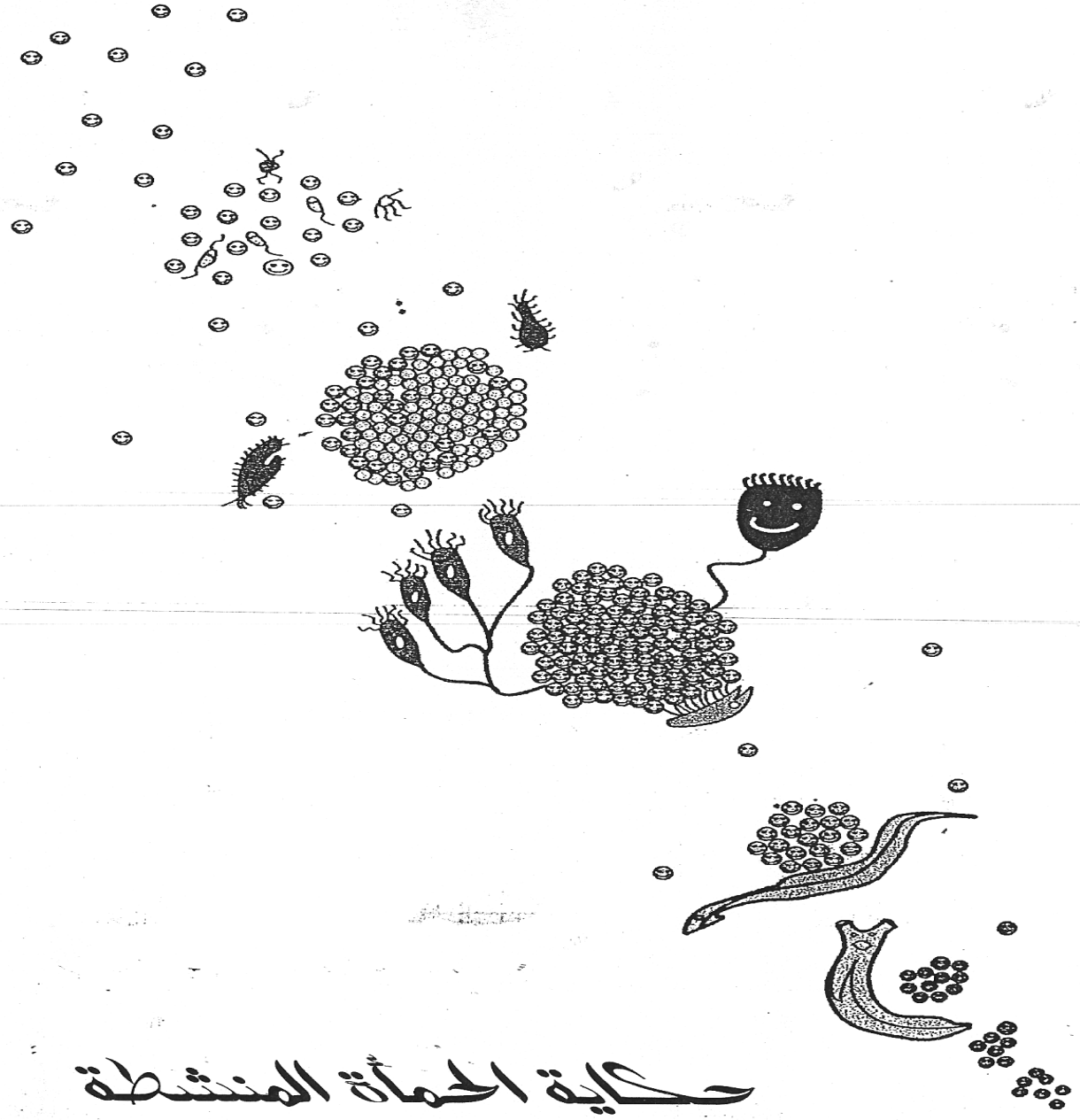
المعالجة البيولوجية

- تهدف هذه المعالجة الى ازالة المواد العضوية الذائبة التي تتسرب من المعالجة الاولية، كما توفر ازالة نسبة كبيرة من المواد الصلبة العالقة وتعمل على ازالة البكتيريا والفيروسات بشكل جيد، ولكنها لا تزيل النتروجين والفسفور والعناصر الثقيلة بكفاءة عالية.

- تعتمد هذه المرحلة الطرق البيولوجية في المعالجة، اذ ان الجزء المقوم والاساسي والمتاح لهذه العملية وجود الكائنات الحية الدقيقة المحللة التي تتميز بها المياه العادمة المنزلية، اذ تحتوي على اعداد هائلة من البكتيريا والفطريات والبروتوزا وبوجود الاحتكاك الجيد بين هذه الكائنات والمواد العضوية في المياه العادمة واتاحة مصدراً للأكسجين مع توفر ظروف بيئة ملائمة مثل الحرارة المناسبة ودرجة الحموضة، وشدة الإضاءة، المغذيات وفترة زمنية كافية لعمل هذه الكائنات لكي تؤدي عملها بكفاءة عالية

الكائنات الدقيقة أو المجهرية :

- يتم اللجوء إلى هذه الكائنات المجهرية لأنها موجودة بطبيعتها مع مياه الصرف الصحي و لأن حجمها يتناسب مع حجم الملوثات المراد حذفها من الماء. و تمتاز هذه الكائنات :
  - **بسهولة تأقلمها مع الغذاء المتوفر(أي التلوث الموجود) و هي ميزة هامة لتغير طبيعة التلوث الذي تحمله مياه الصرف الصحي.**
  - **بسرعة توالدها و بالتالي مسايرة تدفق التلوث الوارد على المحطة.**
- و تنقسم الكائنات المجهرية في الطبيعة إلى صنفين كبيرين يعيشان في كنف الانسجام و التعاون التامين:



حكاية الحمأة المنشطة

- **الصنف الحيواني** : الذي يعيش على تفتيت المواد العضوية الدهنية و الزلالية (الألبومين) و هيدراتات الكربون (CnHm) لتنمية المواد الخلوية و لصنع الطاقة اللازمـة. و تتطلب عمليـــات التفتيــت وجود الأكسجين (المذاب أو المركب) و تفرز في المقابل غاز ثاني أكسيد الكربون و الماء.
- **الصنف النباتي** : الذي يعيش على استهلاك غاز ثاني أكسيد الكربون و المـــاء و الضوء لإنتاج المواد العضوية و الأكسيجين
- و في المعالجة البيولوجية تستعمل البكتيريا وحيدة الخلية القادرة على استهلاك التلوث الذائـــب و يكون **حجم البكتيريا حوالي 1 ميكرو متر**.أما شكلها فقد يكون كرويا أو خيطيا أو تكون في شكل أضغاث (عصيّات) .

– يتم تصميم المعالجة البيولوجية لتحقيق توازن بين كمية التلوث و كمية البكتيريا بحيث لا يتوفر إلا الكفاف للبكتيريا الذي يمكنها من العيش و التوالد فقط و لا يسمح لها بمخزون طاقة للتنقل و هو ما يحملها على التجمع للاقتصاد في الطاقة،

- و لتمكين البكتيريا من **التأقلم السريع** مع محيطها، فإنه يتعين احترام الشروط التالية:
  - **درجة حموضة محايدة (pH ≈ 7)**
  - **وجود الأكسيجين**
  - **درجة حرارة المياه المناسبة ما بين 20 و 30 ° مئوية (مع العلم أن تجاوز الحرارة 35° أو نزولها تحت 10° يحد بصفة كبيرة من نشاط البكتيريا)**
  - **(COD/BOD_5 <4)**
  - **وجود مواد قابلة للتفتيت العضوي مع توازن بين قيم التلوث العضـــوي (BOD_5) وتركيز مركبات النيتروجين و الفسفورعلى النحو التالي :**
- **BOD_5/ نيتروجين/ فسفور =100/5/1**
- و مما يميز البكتيريا هو استعدادها الطبيعي للتندف (Floculation) إذا توفرت لها الظروف المناسبة مما يسهل التخلص منها بواسطة منشئات الترسيب الثانوي.

مراحل نمو البكتيريا

- تنتج البكتيريا بشكل عام من خلال الانقسام الانشطاري (Binary Fission) اذ تنقسم الخلية الى خليتين جديدتين ويسمى الوقت الذي يستغرقه انقسام كل خلية بزمن التوليد (Genaration Time) وقد يستغرق هذا الوقت ما بين 20 دقيقة الى عدة ايام، فاذا كان زمن التوليد 30دقيقة فاننا نحصل على (16777216 بكتيريا) من انقسام بكتيريا واحدة بعد 12 ساعة وهناك العديد من العوامل التي تحدد نمو هذه البكتيريا مثل حجم النظام، توفر المغذيات، التهوية الجيدة، ودرجة الحرارة و الحموضة المناسبة. يمر نمو البكتيريا بعده مراحل مبينة بالشكل التالي

- 1-مرحلة تخلف الطور (Lag Phase)
- في هذه المرحلة يكون عدد البكتيريا قليل جدا ومن ثم تبدأ بالتكاثر ببطء وبعد ذلك تنقسم بشكل لوغراتمي.

- 2-مرحلة النمو (Growth Phase).
- خلال هذه الفترة تبدأ البكتيريا بالانقسام وبمعدل يحدده زمن التوليد وتركيز المغذيات وتوفر التهوية المناسبة ودرجة الحرارة والحموضة المناسبة.

- 3-مرحلة الثبات (Stationary Phase)
- في هذه المرحلة يكون معدل نمو البكتيريا يساوي معدل موتها ويعود ذلك لسببين:
- نفاذ المواد الغذائية اللازمة لنمو البكتيريا.
- تحل خلايا البكتيريا الجديدة مكان خلايا البكتيريا القديمة.

- 4-مرحلة الموت (Death Phase)
- في هذه المرحلة يزداد معدل موت البكتيريا اكثر من نموها لنفاذ العوامل المحددة.

- تتضمن هذه المعالجة مرحلتين:
- 1- تحويل المواد العضوية الذائبة والعالقة في المياه العادمة الى خلايا نسيج حيوي (Biological Cell Tissue) وبالتالي إلى أنواع أخرى.

- 2 ازالة خلايا النسيج الحيوي بواسطة الترسيب، واذا تمت هذه العملية بوجود الاوكسجين فان معدل تحويل المواد العضوية بوجود الكائنات الحية الدقيقة يكون اسرع ويعطي طاقة لهذه الكائنات، كما ينتج غاز CO_2 والماء، اما اذا تمت هذه العملية بغياب الاوكسجين فان التحويل يكون غير فعال وينتج طاقة قليلة وأحماض عضوية والكحول والميثان. وهذه المواد قد تعيق عملية التحويل.

- تحدث ثلاث نشاطات في المعالجة الهوائية وتتمثل بما يلي:
- جزء من المخلفات تتأكسد الى نواتج اخرى تزود الخلايا الحية بالطاقة وتحافظ على خلايا النسيج الجديدة.
- جزء من المخلفات يتحول الى خلايا نسيجية تستخدم الطاقة الناتجة خلال عملية الأكسدة السابقة
- جزء من الخلايا الجديدة تتفتت عند استهلاك المواد العضوية لتنتج طاقة لتديم الجزء المتبقي من جزء من الخلايا الجديدة تتفتت عند استهلاك المواد العضوية لتنتج طاقة لتديم الجزء المتبقي من الخلايا وتسمى هذه العملية التنفس الداخلي (Endogenous Respiration) ويمكن ملاحظة ذلك في المعادلات التالية

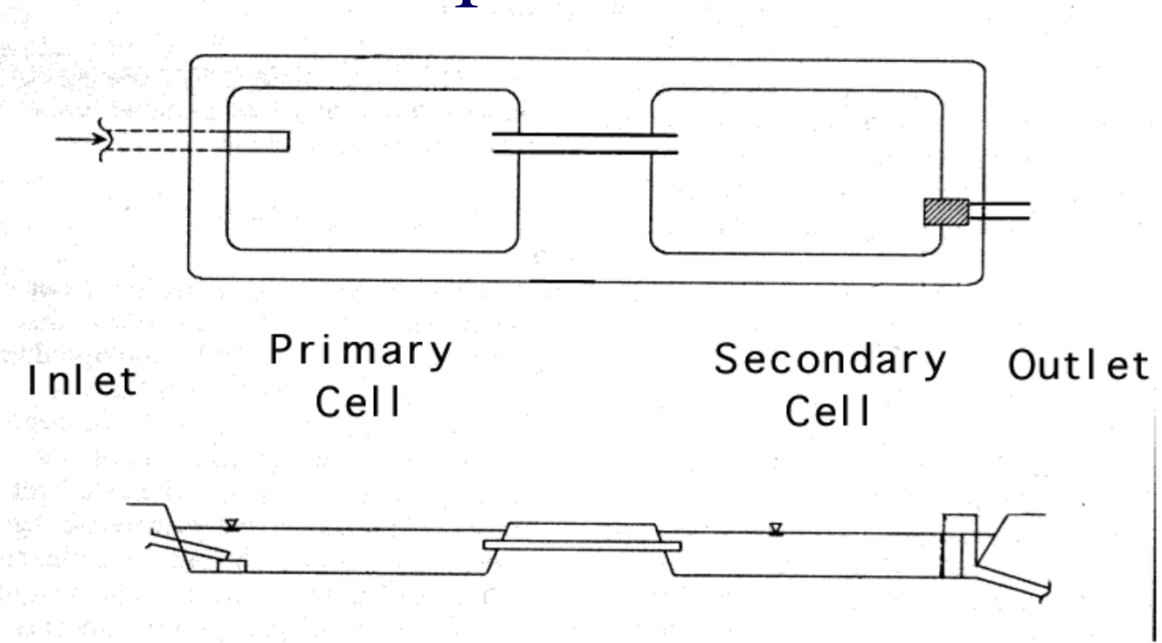
- **1-Oxidation**
- $COHNS + O_2 + bacteria \rightarrow CO_2 + H_2O + NH_3 +$ energy + End products
- **2-Synthesis**
- $COHNS + O_2 + bacteria \rightarrow C_5H_7NO_2$ (new cell tissue) + energy
- **3-Endogerous respiration**
- $C_5H_7NO_2 + 5\ O_2 \rightarrow 5\ CO_2 + NH_3 + 2H_2O$

Biological treatment method

- 1-lagoon ponds
- 2-stabilization ponds
- 3-Trickling Filters
- 4-activated sludge
- 5- Rotating Biological Contactors
- 6- Biological fluidised bed reactor

Lagoons

- Variety of designs allow flexibility of treatment
- Aeration by natural or mechanical processes
- May be used as pretreatment or storage for other processes.
- Requires considerable space



Waste Stabilization Ponds

- Are earthen basins contain a relatively shallow of water body
- Employ algal-bacterial symbiotic interactions
  - Algae to provide oxygen
  - Bacteria to degrade organics
- Can be classified into
  - Aerobic, facultative, anaerobic
  - Depending on water depth + loading
- Proving high effluent quality in treating wastewater from
  - Domestic, agriculture and industries
- Require low investment and operational costs but consume relatively large area

- **برك تثبيت المياه العادمة (Waste Water (Stabilization Ponds**
- تعتبر هذه الطريقة من ابسط طرق المعالجة البيولوجية وأقلها تكلفة ولا تحتاج الى صيانة معقدة أو إشراف مستمر على تشغيلها ولكنها لا توفر المعالجة الكاملة، كما أنها قادرة على إزالة الميكروبات المسببة للأمراض بكفاءة أكبر من عمليات المعالجة التقليدية الأخرى، وتعتمد على العوامل الطبيعية مثل الرياح، الحرارة الإشعاع الشمسي، التبخر والأمطار. وتعتبر البرك الهوائية والاختيارية الأكثر شيوعا في العالم.

- **-البرك الهوائية (Aerobic Ponds)**

- تتميز هذه البرك بانها ضحلة يتراوح عمقها من(1-1.5m) يخترقها الضوء الى القاع مما يؤمن الضوء الكافي لعملية التركيب الضوئي خلال ساعات النهار وتنتج كميات كبيرة من الاكسجين وهذا بدوره يوفر التهوية اللازمة للبكتيريا الهوائية مما يحفزها على تحليل المواد العضوية

- **-البرك الاختيارية (Facultative ponds)**

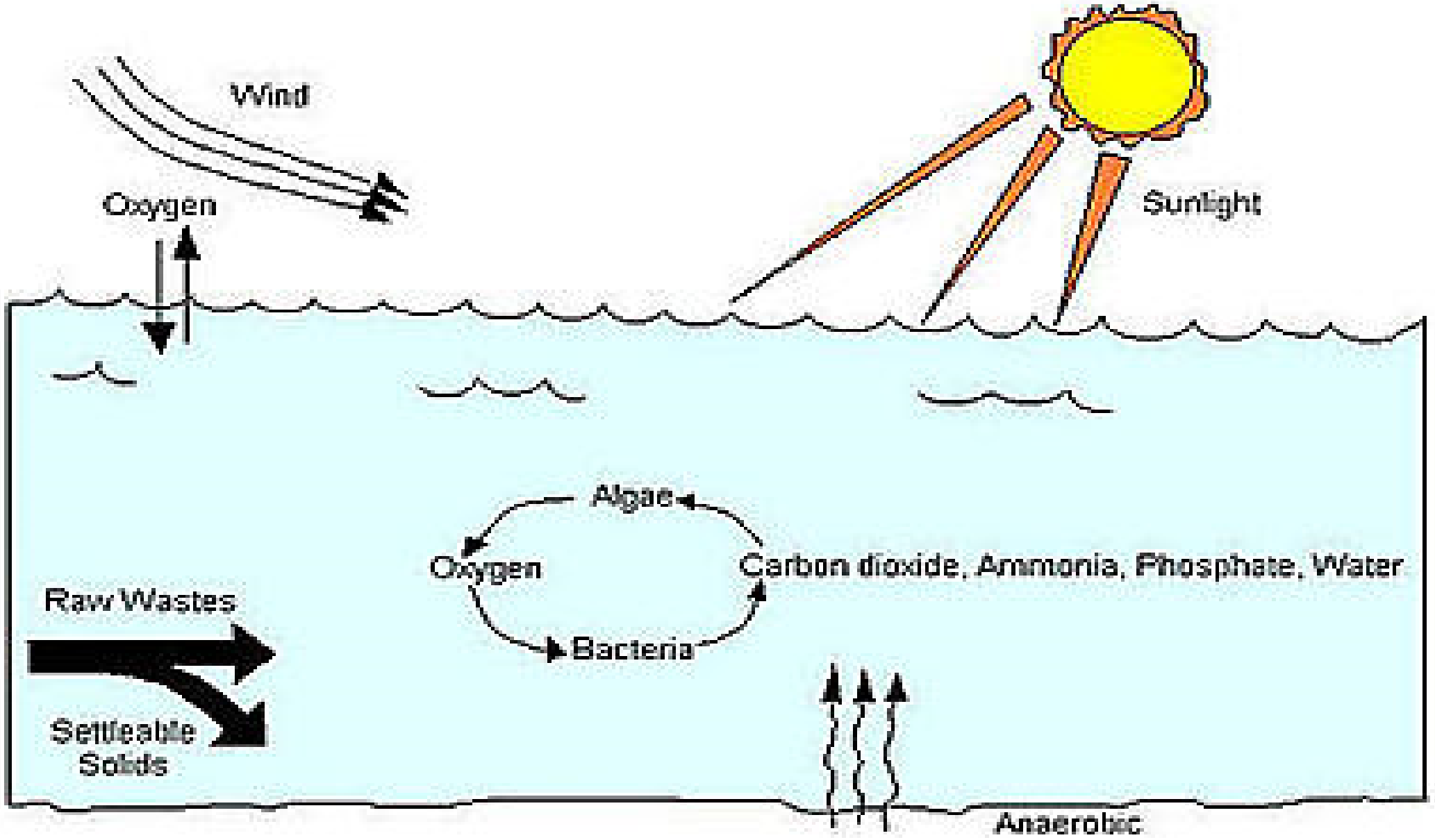
- يعتبر هذا النوع من البرك الأكثر شيوعاً في العالم، اذ أن (25%) من المياه العادمة المنزلية تعالج هذه الطريقة بسبب توفر الظروف الملائمة مثل توفر الاكسجين في الطبقات العليا، درجة الحرارة الملائمة، الاشعاع الشمسي، وزمن معالجة كافي، كما أنه يسهل إدارتها وأقل كلفة من الأنظمة البيولوجية. وتتميز هذه البرك بأنها ذات عمق قليل ومساحة كبيرة وتتكون من ثلاث طبقات، طبقة هوائية عليا وطبقة هوائية سفلى بينهما طبقة اختيارية

- تتزود الطبقة العليا بالأوكسجين من الغلاف الجوي فتعمل البكتيريا الهوائية على تحليل المواد العضوية في هذه الطبقة كما تستهلك الكائنات الحية الدقيقة الاختيارية الأوكسجين المربوط في النترات (Denitrifiction) والكبريتات عندما ينفذ الأوكسجين الذائب، كما تترسب المواد الصلبة العالقة الى قاع البرك وتتحلل لاهوائياً منتجة غاز CO_2 والميثان وكبريتيد الهيدورجين، وتتراوح مدة المكوث من خمسة الى عشرة ايام(غرايبة وفرحان1998، El-Kador 2001)
وفي نهاية هذه المعالجة "البيولوجية" يتم ازالة أكثر من (85%) من قيمة BOD_5 و(90%) من المواد الصلبة العالقة، كما تزيل البكتيريا والفيروسات بكفاءة

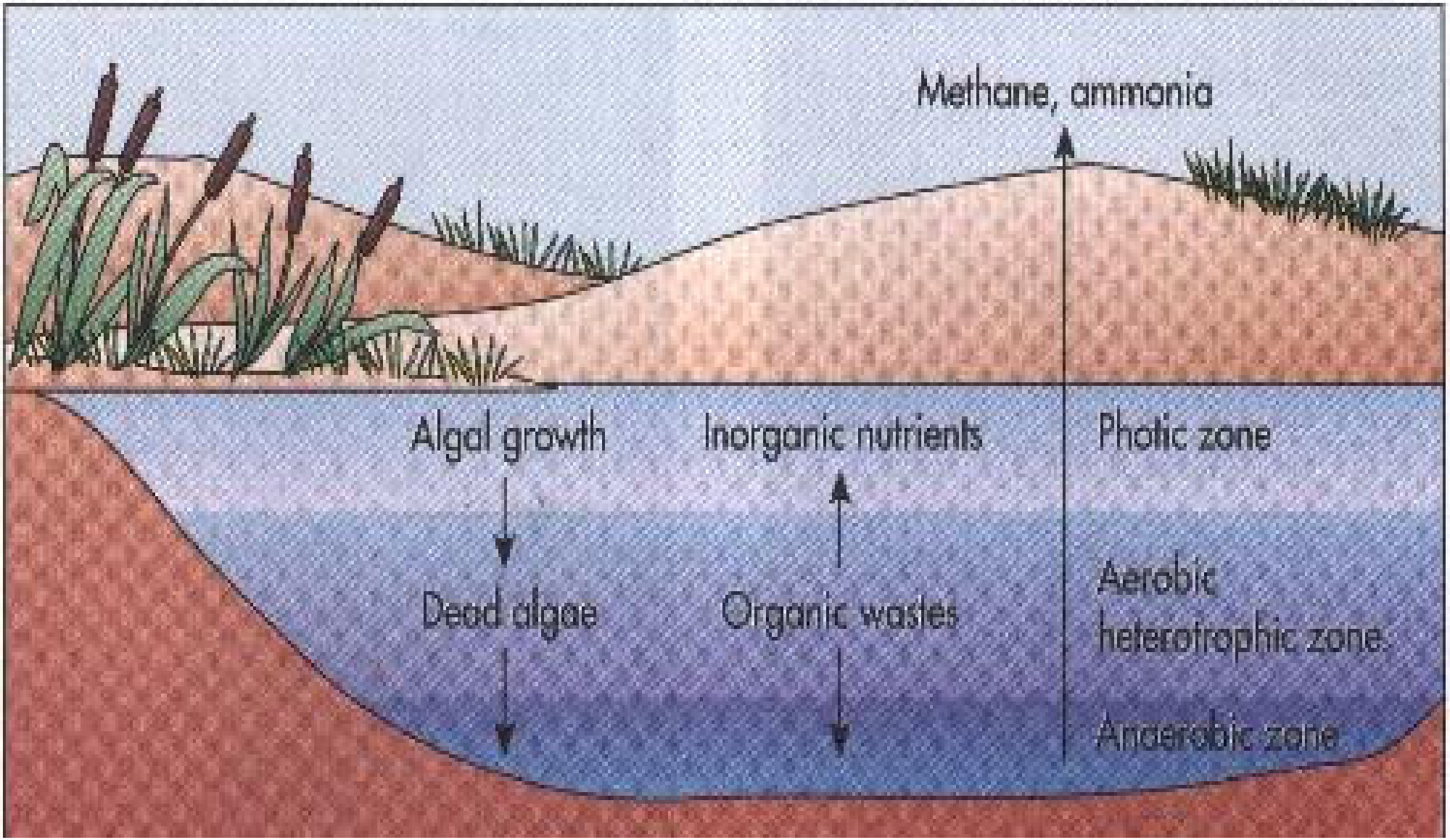
- ولكنها لا تزيل النتروجين والفسفور والعناصر الثقيلة بكفاءة.وبعد انتهاء هذه المعالجة يمكن صرف المياه المعالجة الى المصادر المائية وتغذية المياه الجوفية وفي الري والبناء وبعض انواع الصناعات.

- بعد المعالجة الثانوية يتم اضافة الكلور لعملية التعقيم وذلك للقضاء على الكائنات الحية الممرضة دون التأثير على خواص المياه المعالجة

Facultative Stabilization Ponds



Facultative Oxidation (Waste Stabilization) Pond



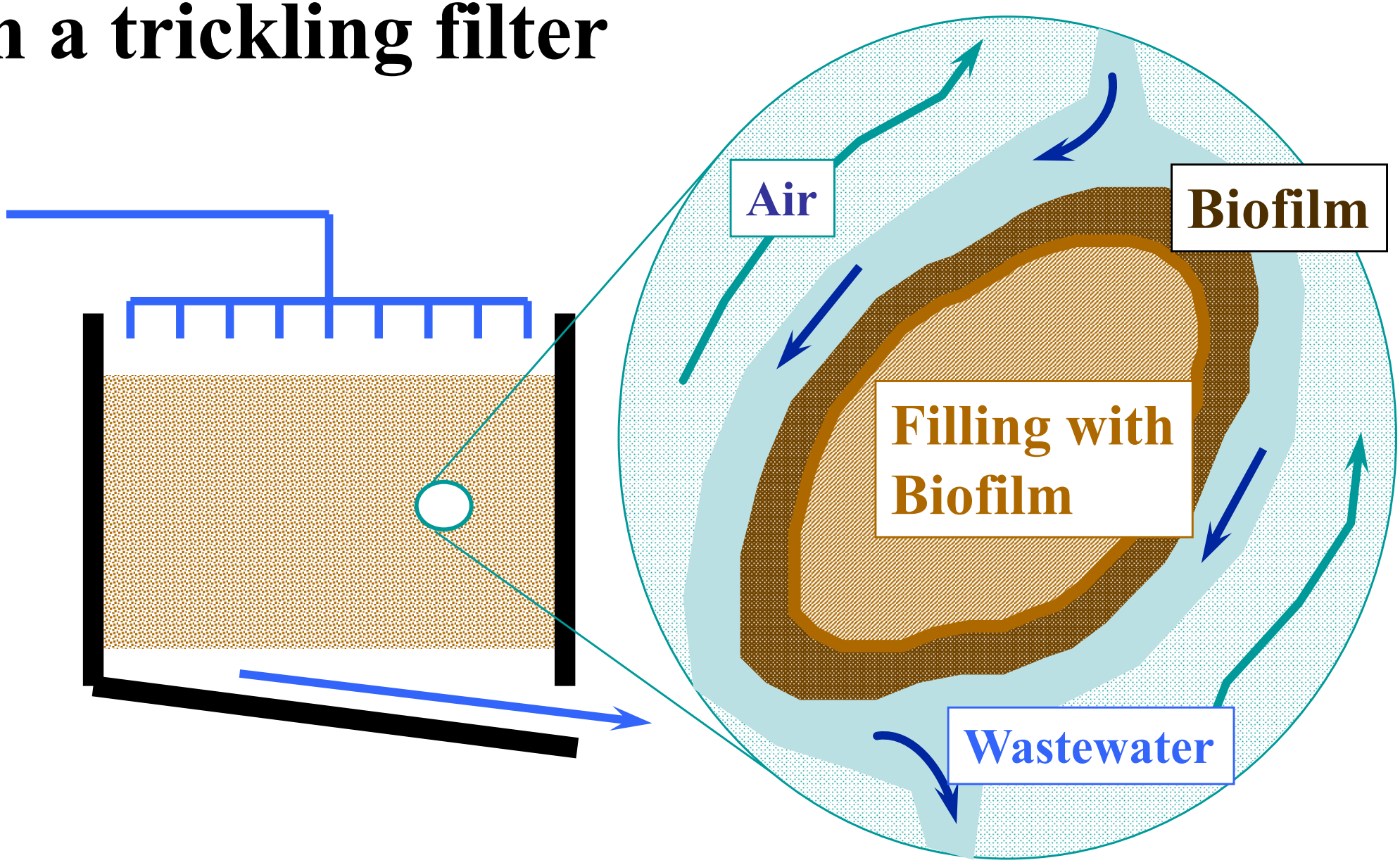
- **المرشح البيولوجي (Trickling Filter)**
- صنع أول مرشح حيوي في بريطانيا سنة 1893 ومن ثم استخدمت هذه المرشحات بشكل واسع في مختلف البلدان نظراً لقلة استهلاكها للطاقة وقلة تكلفة البناء والصيانة.

والمرشح الحيوي هو عبارة عن برج على شكل دائري يتكون من جدران وأرضية صماء لا تسمح بتجميع الحمأة ويعتمد ارتفاع البرج على درجة تركيز المياه العادمة فكلما زاد تركيزها تركيزها زاد ارتفاع البرج وزادت مدة المعالجة ويفضل أن لا يزيد ارتفاع البرج عن (8m) لتسهل عملية التهوية

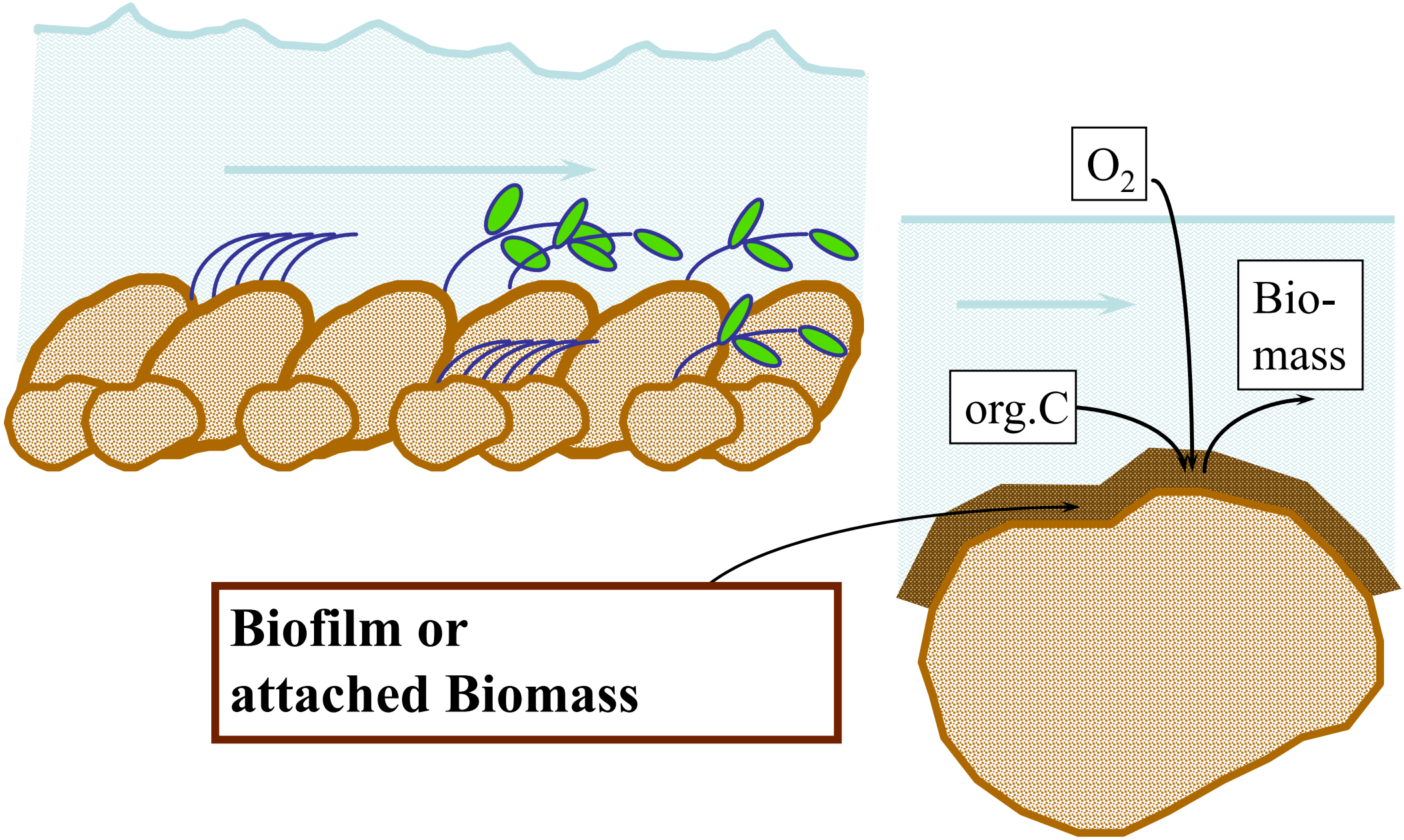
- وتحتوي المرشحات الحيوية على طبقة من المواد الخشنة مثل: الحجارة البركانية، شرائح خشبية أو مواد بلاستيكية كوسط تنمو عليه البكتيريا (غرايبة وفرحان 1998). وأبسط تصميم استخدم منذ عدة سنوات، إذ يتكون هذا التصميم من طبقة تتكون من الحجارة البركانية يتراوح عمقها من (1-3m) تمر من خلالها المياه العادمة، تتوزع المياه العادمة. فوق سطح الصخور من خلال أذرع دواره، وقد يصل قطر المرشح الصخري الى (60m) ، وتتم تهوية هذه المرشحات الحيوية بواسطة مضخات هواء من أسفل إلى اعلى. وعندما تمر المياه العادمة من خلال هذه الطبقة فإن الميكروبات تنمو وتثبت نفسها على سطح الصخور مكونة طبقة أو غشاءً رقيقا يسمى الغشاء الحيوي

- تعالج المياه العادمة عن طريق تحليلها هوائياً ولا هوائياً، إذ تعيش الكائنات الحية الهوائية على السطح الخارجي للغشاء وذلك لتوفير الأوكسجين، وفي الطبقة التي تليها تعيش الكائنات الحية الهوائية الاختيارية، ومن ثم الكائنات الحية اللاهوائية. وتقوم هذه الكائنات الحية بمعالجة المياه العادمة. مما يؤدي إلى زيادة أعدادها وربما يسقط قسم من هذا الغشاء على شكل حمأة باتجاه قاعدة البرج وقد تستغرق عملية المعالجة بهذه الطريقة حوالي (6) اسابيع وتبلغ كفاءة معالجة المياه العادمة بهذه الطريقة من (80-90%).

Biochemical degradation in a trickling filter

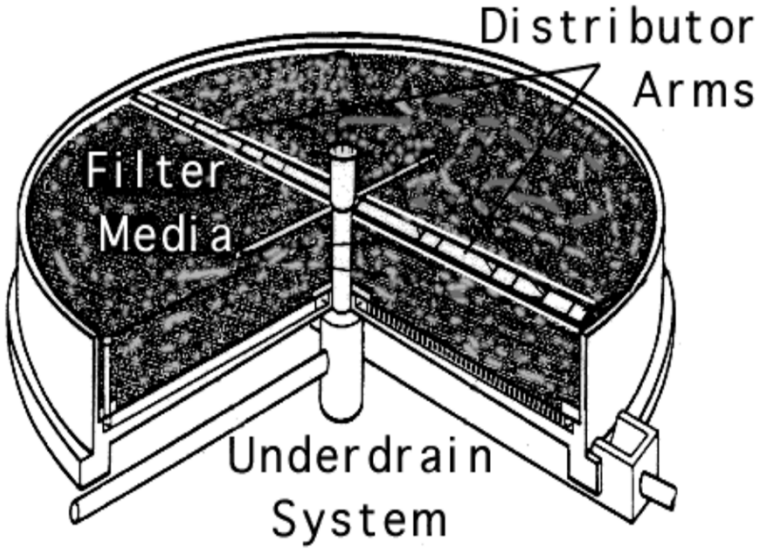


Biochemical degradation in rivers

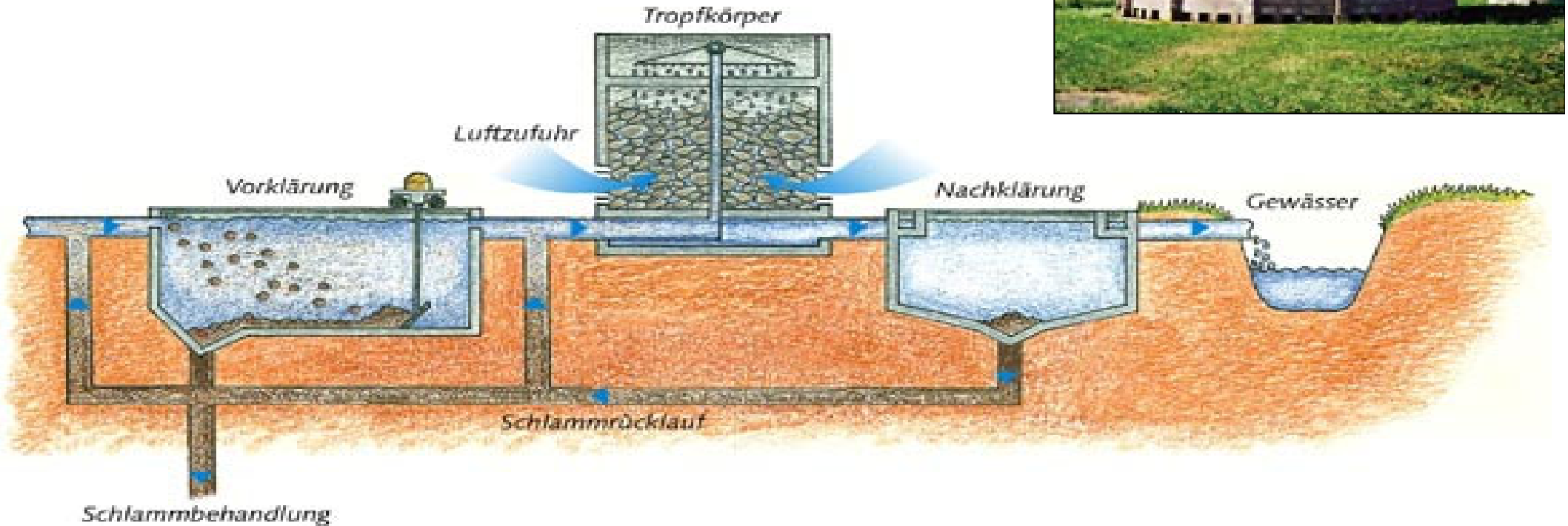


Trickling Filters

- Fixed-media treatment system
- Primary treated wastewater is distributed over media colonized by microorganisms
- Secondary clarification prior to discharge
- Moderate efficiency
- Nitrogen removal



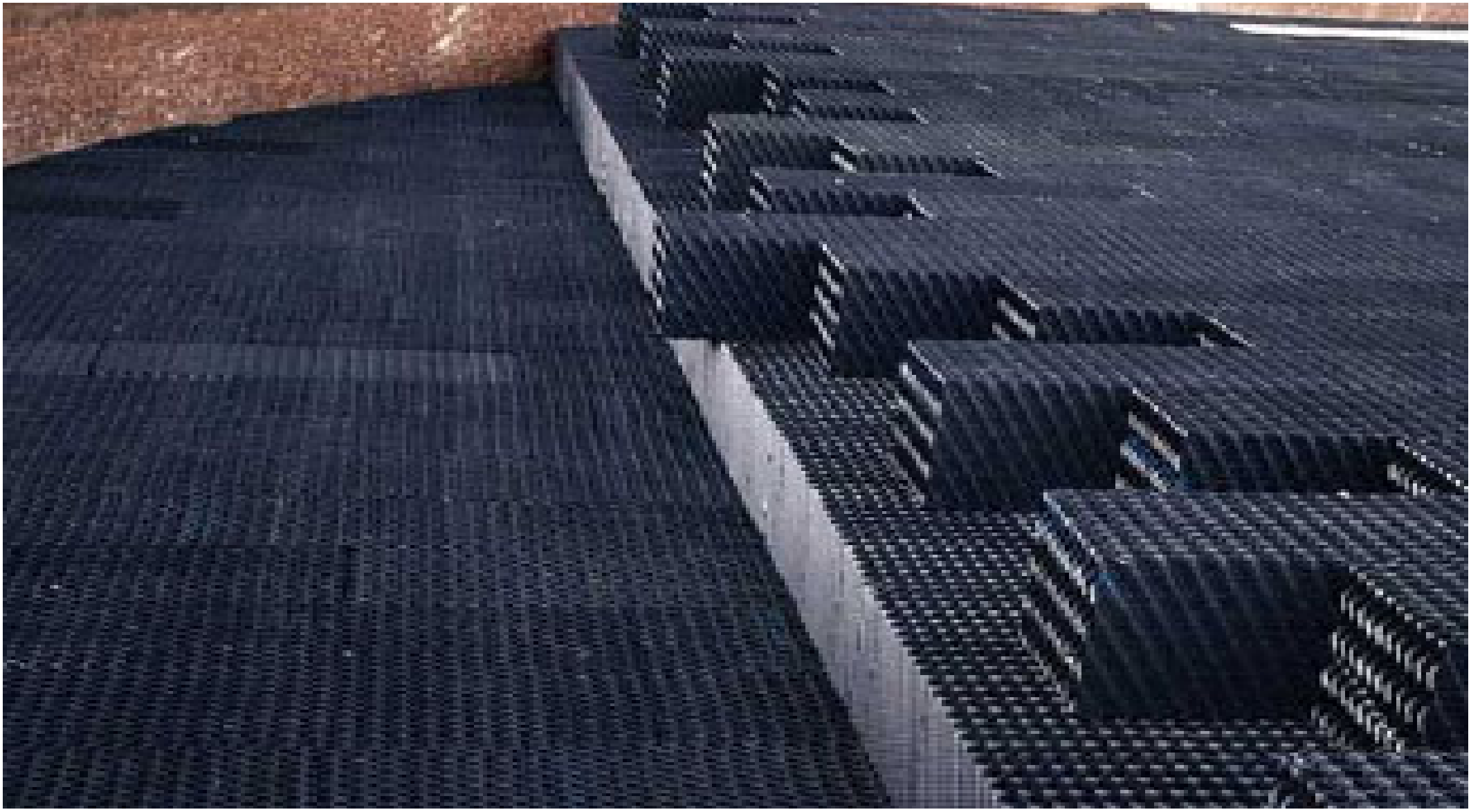
Trickling filters



Trickling Filter

Trickling Filter

Trickling Filter



Trickling Filter

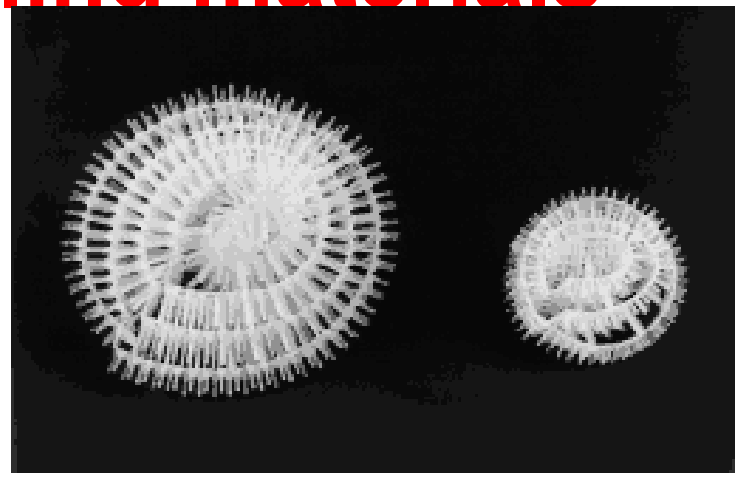
Trickling Filters

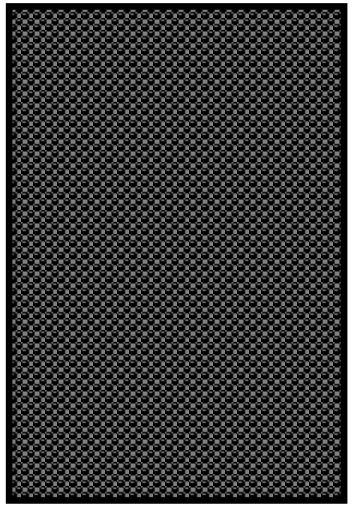
still competitive, best with high-surface fillings and gradients in the site

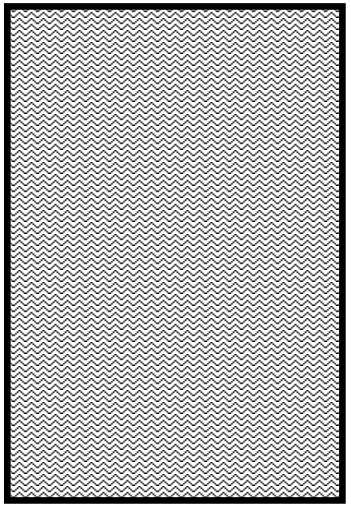
Wastewater Treatment Plant Sucre, Bolivia , financed by KFW engineering and photo: Holger Pabsch, IPP Hildesheim and

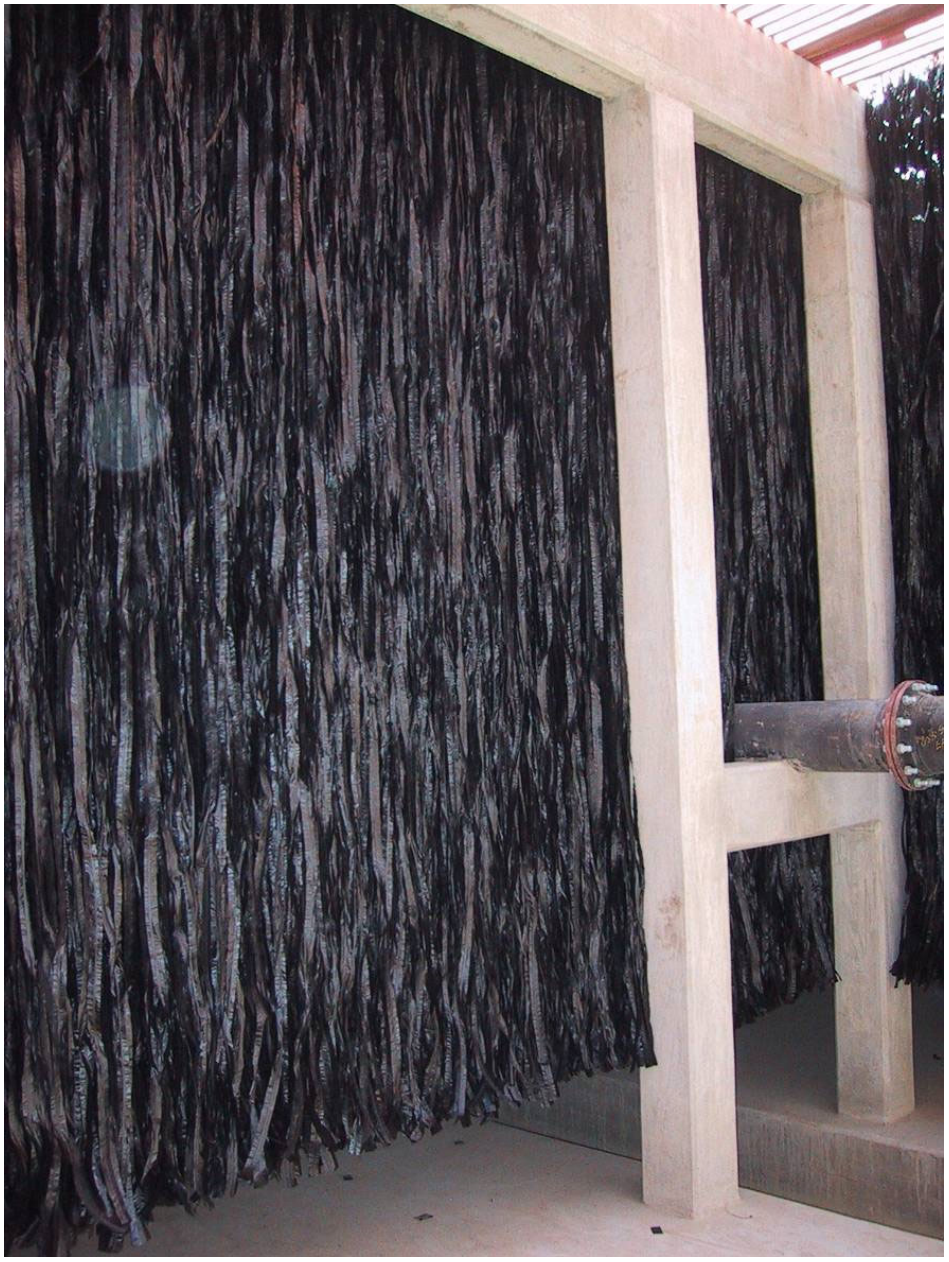
Trickling Filters

high surface filling materials



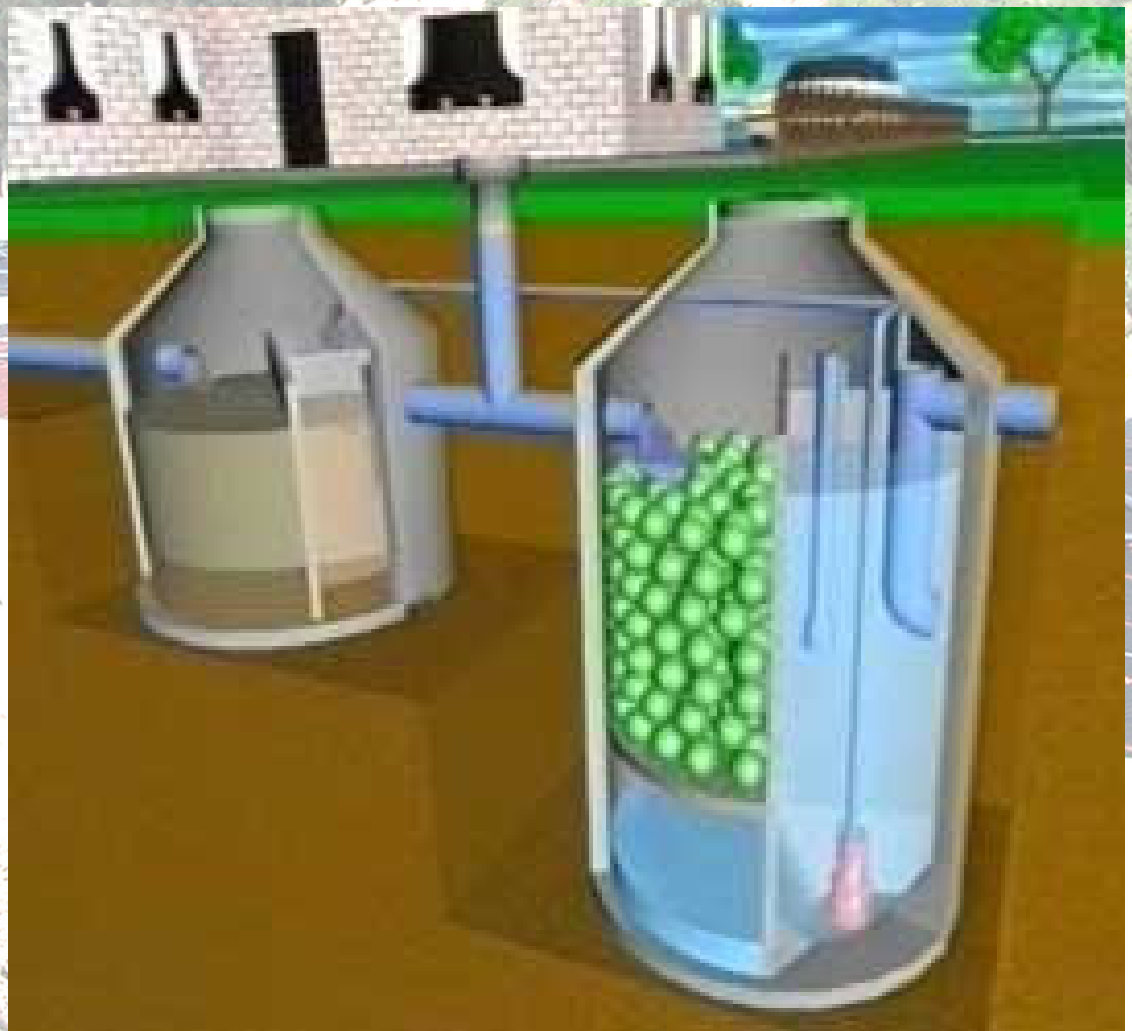


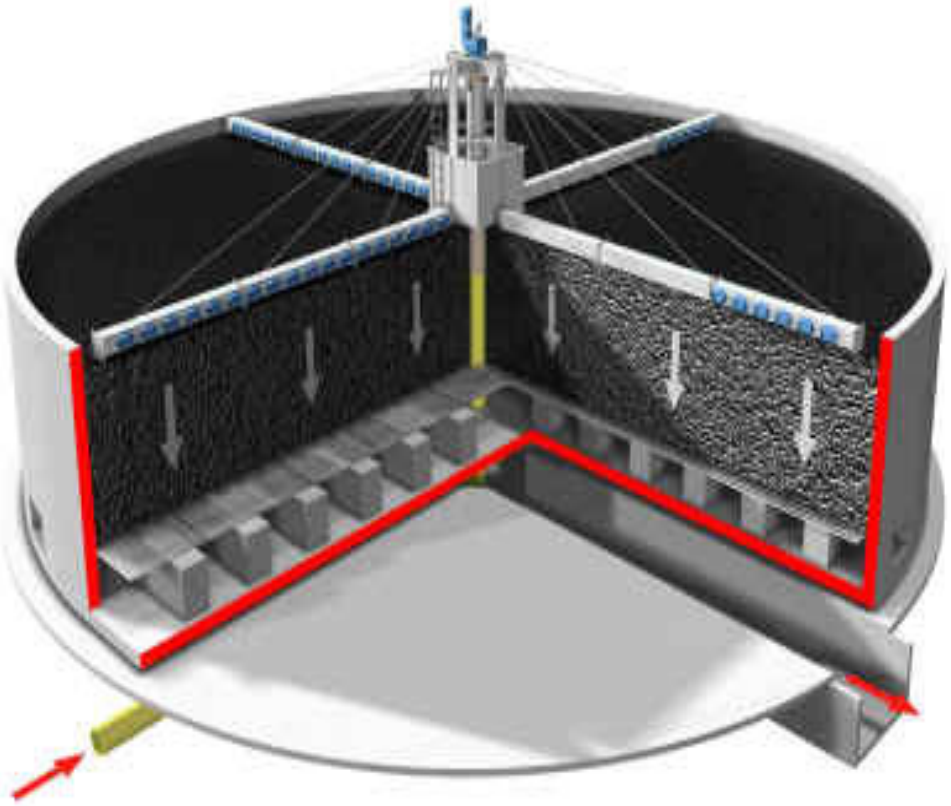




Trickling Filters

Also on-site, small scale systems, small footprint, cost efficient, but deep…





Factors affecting the performance of a trickling filter

- Concentration of substrate / oxygen
- Bed material
- Hydraulic loading / recirculation
- Bed height
- Temperature
- pH
- Nutrients
- Toxics
- Particles

from www.stud.sb.luth.se

- **الحمأة المنشطة (Activated Sludge)**
- استخدمت هذه الطريقة في معالجة المياه العادمة لأول مرة في كل من بريطانيا، المانيا، الولايات المتحدة الأمريكية عام 1914 ولا زالت تستخدم الى يومنا هذا. (غرايبة وفرحان1998)
- والحمأة المنشطة هي عملية معالجة بيولوجية للمياه العادمة، وهي تقنية تستخدم الخلط بين المياه العادمة والرواسب البيولوجية التي تحتوي على كائنات حية باستخدام الهواء كمصدر للأوكسجين.عندما يدخل الهواء باستمرار الى المياه العادمة تحت ظروف معينة فإن الكائنات الحية الدقيقة الهوائية تختلط

- كاملة مع المواد العضوية مما يؤدي الى نموها نتيجة لتحليلها لهذه المواد واستخدامها كغذاء لها، ثم تندمج هذه الكائنات بشكل مجموعات مع بعضها البعض لتكون كتل نشطة (اندماج بيولوجي) وتسمى الحمأة المنشطة وتتميز الحمأة المنشطة بأنها تحتوي على اعداد هائلة من الكائنات الحية الدقيقة، إذ تتراوح مساحة السطح النوعي للكائنات الحية ما بين m^2 (20000-10000) على المتر المكعب الواحد من حجم حوض التهوية (Aeration tank) (غرايبة وفرحان 1998).

- بعد المعالجة الميكانيكية للمياه العادمة تدخل المياه الى حوض التهوية مع دخول الهواء الذي يعمل على خلط الحمأة المنشطة مع المياه العادمة ومع إمدادها بالأكسجين الذي تحتاجه الكائنات الحية الدقيقة لتحطيم وتحليل المواد العضوية، ويسمى الخليط الذي يتكون من الحمأة المنشطة والمياه العادمة في حوض التهوية بالخليط السائل. ومن ثم فإن هذا الخليط يتدفق من حوض التهوية لتترسب الحمأة المنشطة ثم يعود جزء من الحمأة المنشطة الى حوض التهوية (الحمأة العائدة) لتحافظ على التجمع الكبير للكائنات الحية والتي تسمح بتحطيم المواد العضوية بشكل سريع اما الجزء المتبقي غير المرغوب به فيتم معالجته وتصريفه. وتستغرق هذه العملية من (6-8)ساعات

- وتبلغ كفاءة معالجة المياه العادمة بهذه الطريقة من (75-95%) كما أنها سهلة الصيانة ولا تحتاج الى الكثير من الأيدي العاملة

منظومة المعالجة بالحمأة المنشطة:

- و تتكون المنظومة من الهيكلة التالية:

– **وصول مياه الصرف** (بعد المعالجة أوليا كما رأينا سابقا) / **حوض التماس**

– **حوض التهوئة**: و يمكن أن يكون مستطيلا أو مستديرا أو مجوفا أو مركب الشكل.

– **منظومة التهوئة و الخلط**

– **المرسب الثانوي** : و يمكن أن يكون مستطيلا أو مستديرا حيث يتم فصل الماء المعالج عن الحمأة.

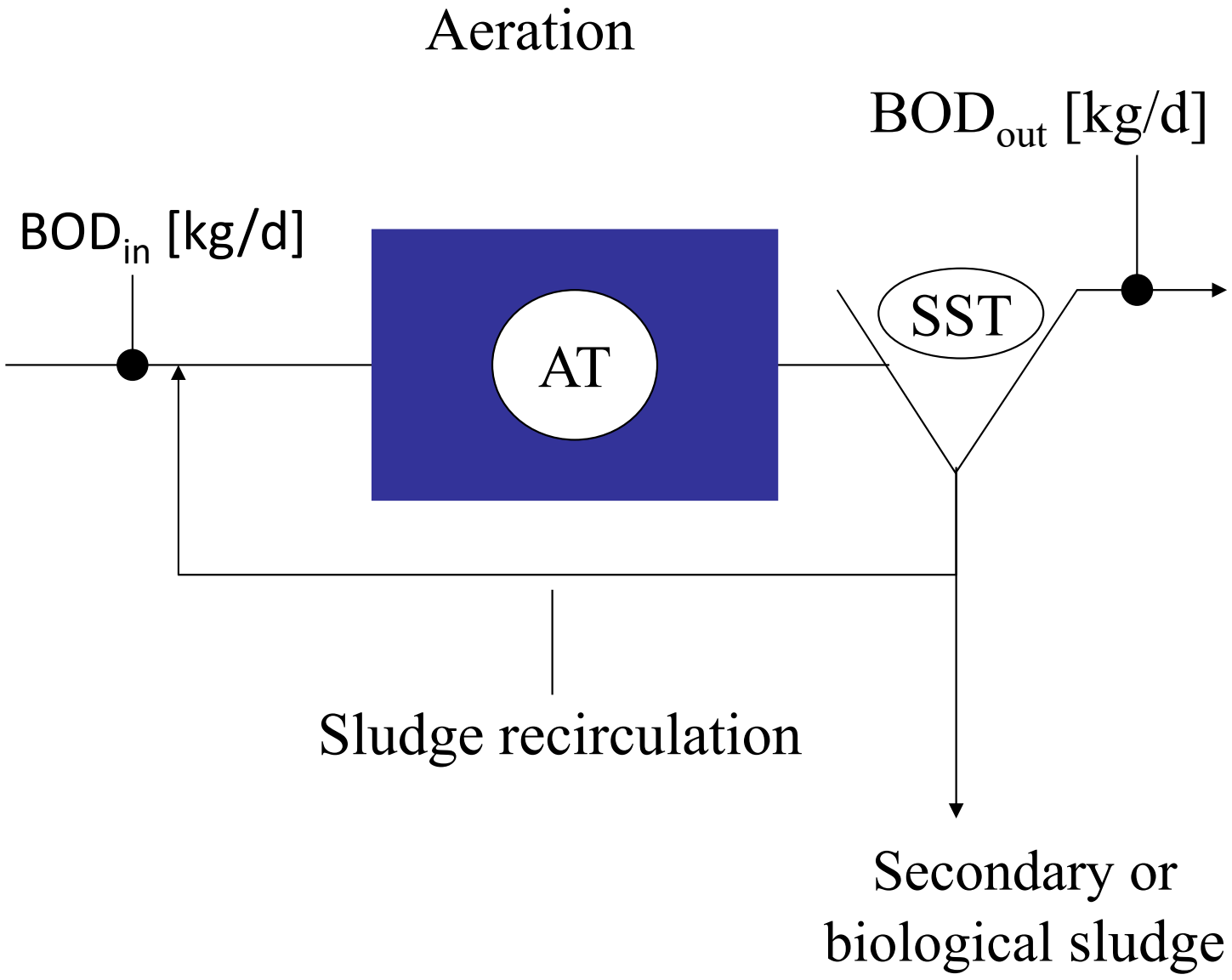
– **منظومة إعادة تدوير الحمأة**

– **منظومة استخراج الحمأة للتكثيف و التجفيف**

- و يمكن تشبيه المنظومة بضيوف دُعوا إلى مأدبة غداء في مطعم. و تمثل البكتيريا الضيوف المدعوين و حوض التهوئة المطعم و التلوث الطعام.
- و خلافا لما يحدث بالمطاعم فإن الأكل في حوض التهوئة يصل بدون انقطاع و بنحو متغير مما يستوجب وضع عدد مناسب من المدعوين (أي البكتيريا) تحت الطلب لتناوله.
- و لكن البكتيريا هي كائن حي يولد و يتكاثر بالتقاسم (بتواتر كبير: ما بين نصف ساعة إلى بضع ساعات) و يموت و هو ما يجعل الحفاظ على توازن عملية تناول الملوثات أمر في غاية الأهمية و في غاية التعقيد(متابعة دائمة للمنظومة البيئية البكتيرية للحفاظ على أدائها في مختلف الظروف) .

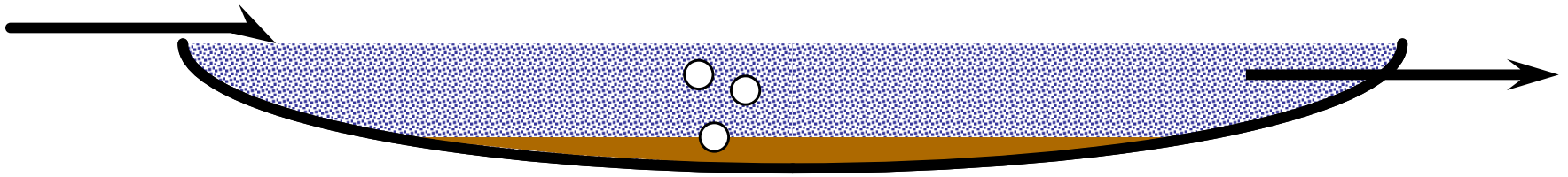
- **التحميل الكتلي : Massic load (Ml)**
- و هو يمثل: **الغـــــذاء = Food**
- **الكتلة الحية Biomass**
- داخل المفاعل البيولوجي أو حوض التهوئة.
- و يُعبّر عنها بصفة أخص بالرابط (أو خارج القسمة) التالي :
- التحميل الكتلي : ت.ك. = كتلة التلوث الوارد على حوض التهوئة (كغ BOD5 في اليوم)
- كتلة البكتيريا داخل الحوض (كغ جوامد عالقة متطايرة v.s.s)
- = التدفق الوارد(م3/اليوم) × تركيز BOD5(كغ/م3)
- حجم الحوض(م3) × تركيز الحمأة في الحوض (كغ/م3)

Activated Sludge (AS)

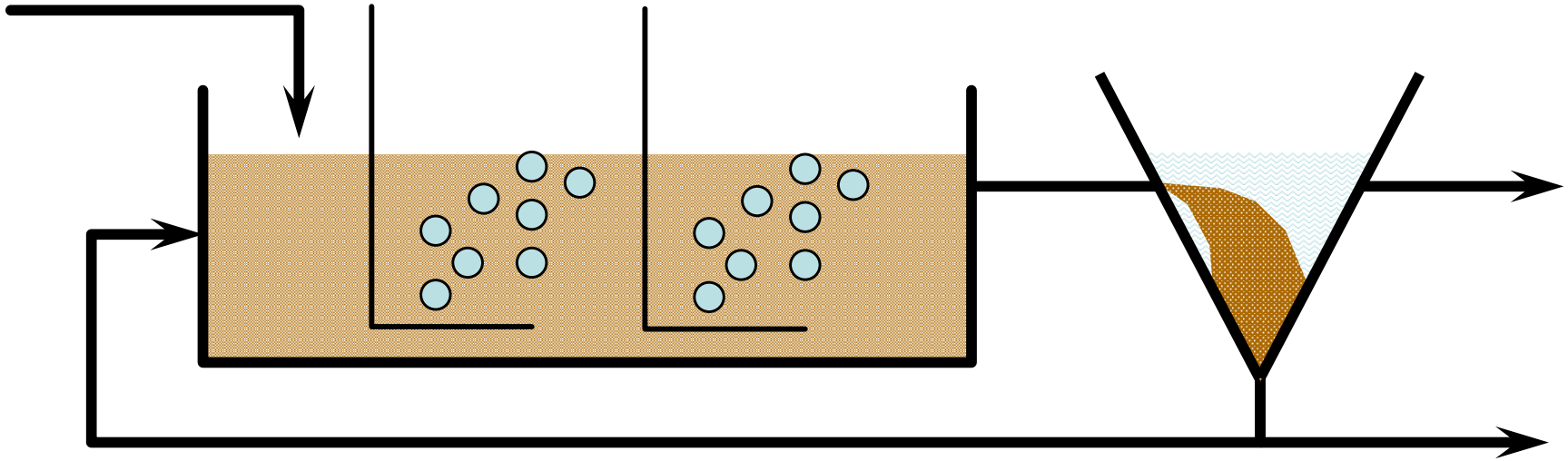


Activated Sludge (AS)

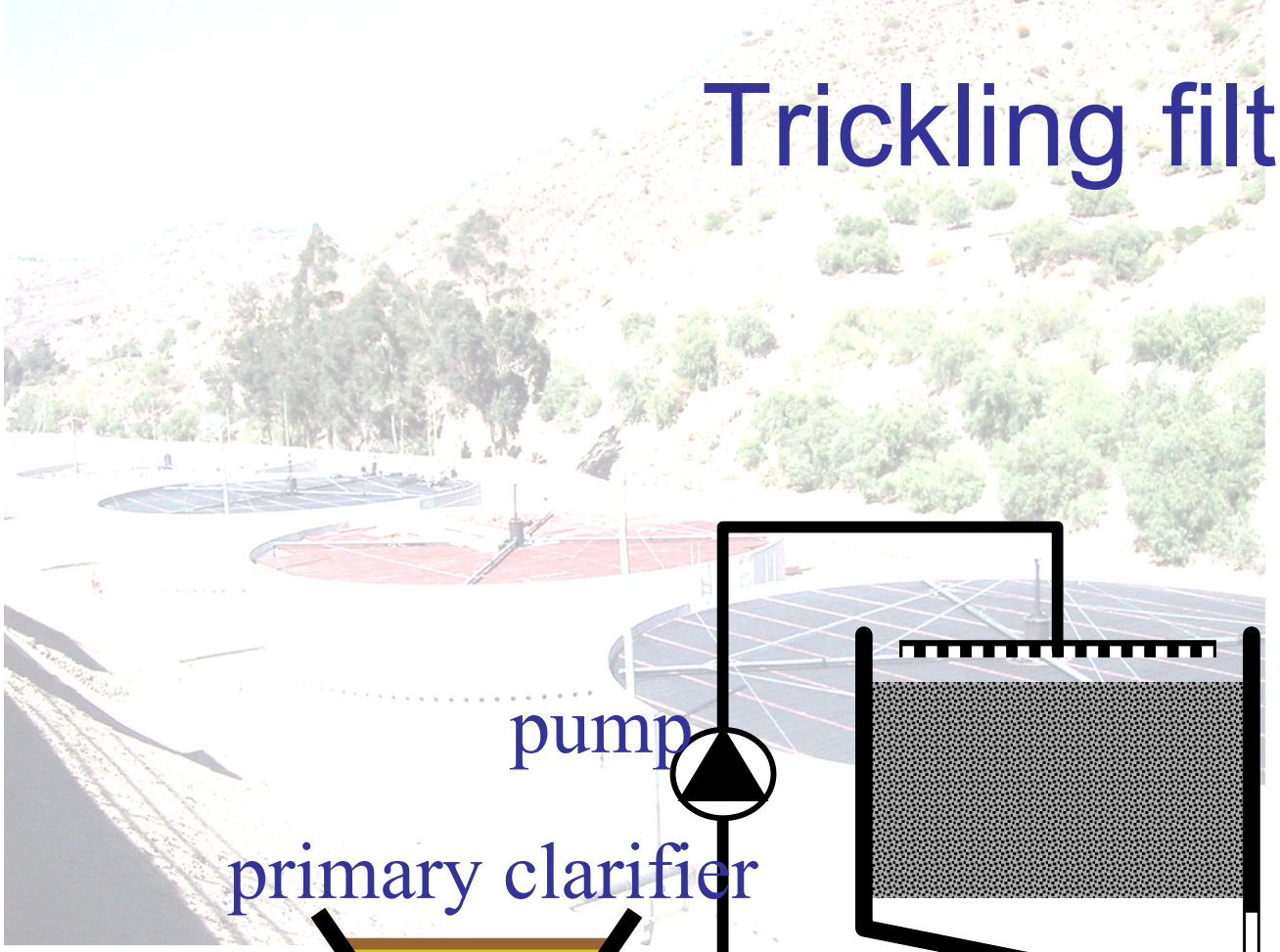
Suspended biomass in a pond or river

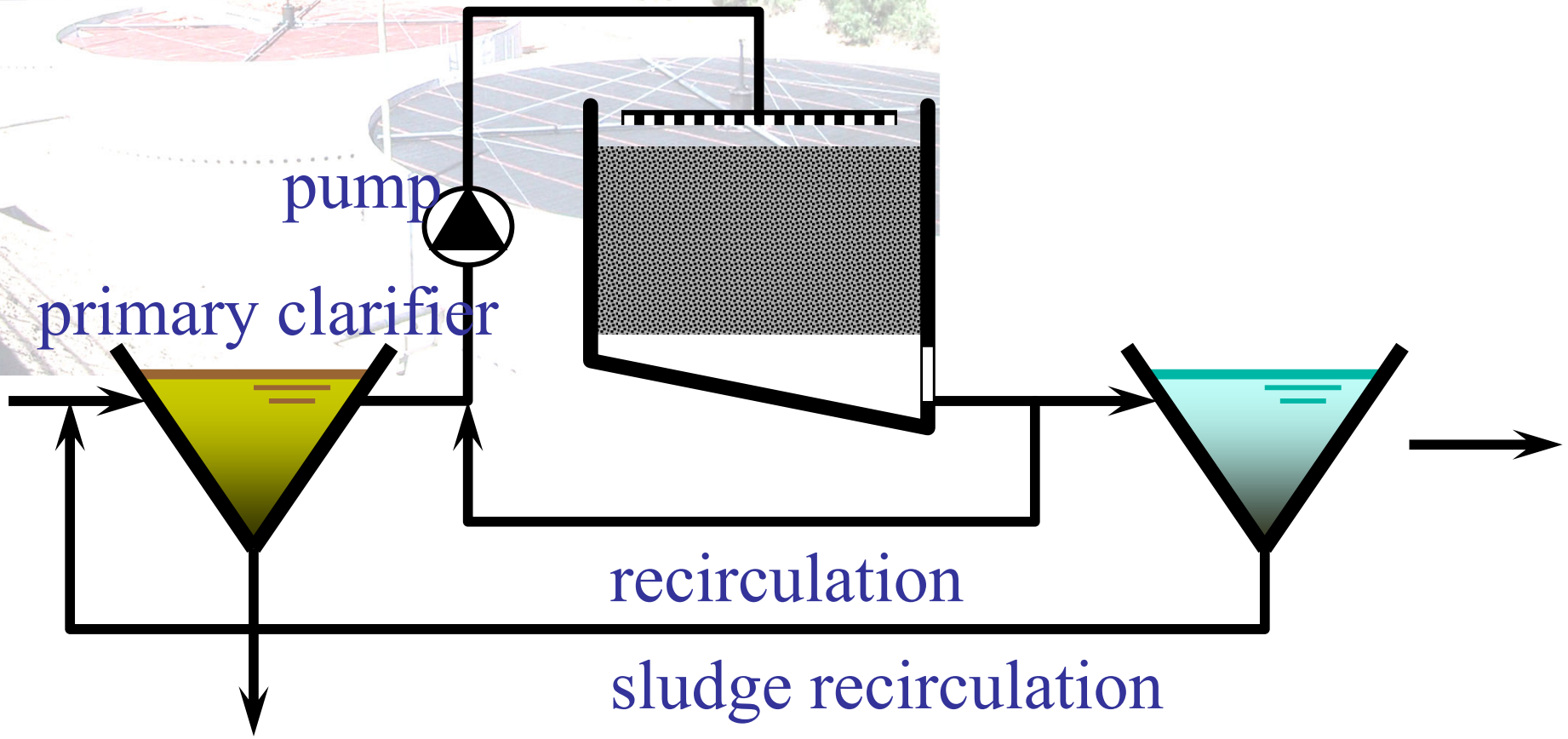


Activated sludge process



Trickling filter



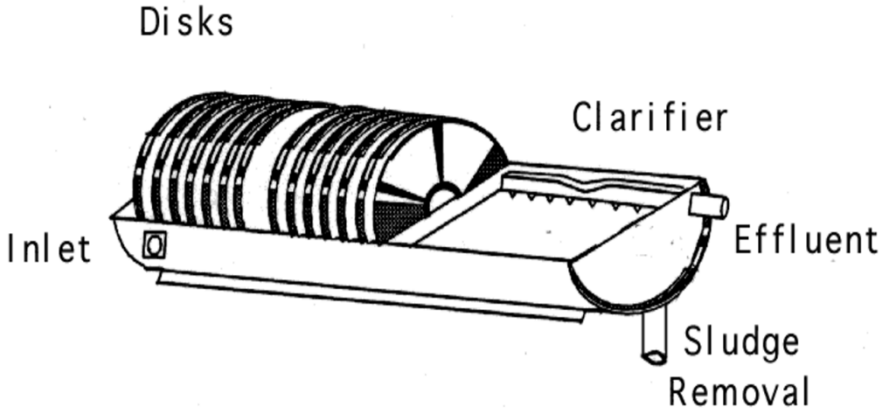


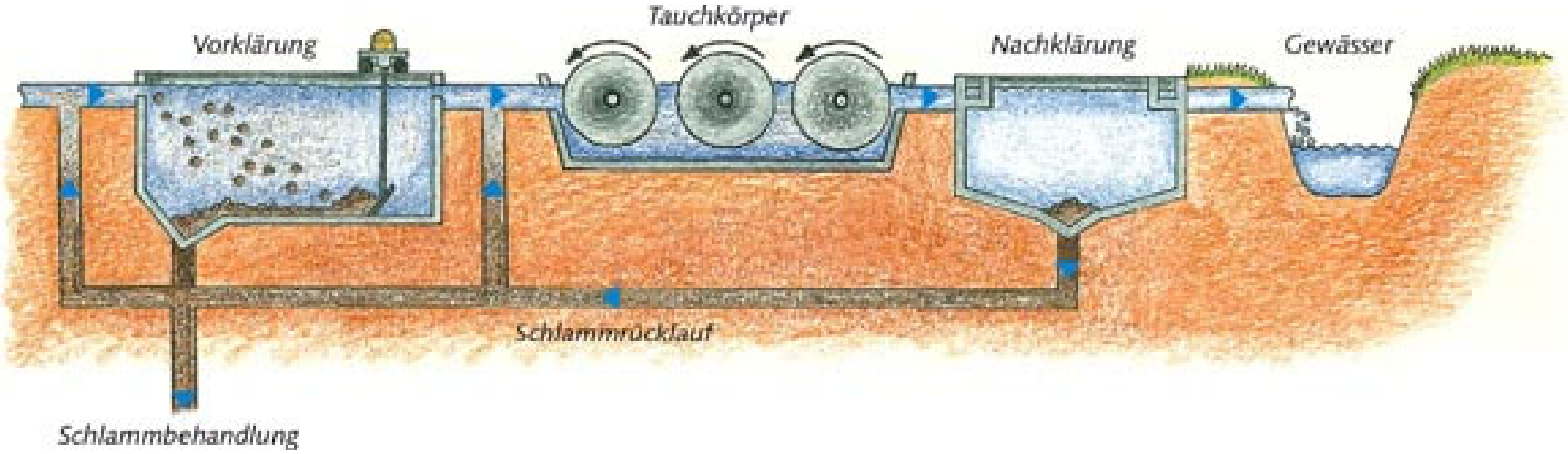
grafics adopted from W. Gujer

- وغالبا ما يتم اللجوء إلى إدراج هذه المرحلة من منظومة الحمأة المنشطة ذات التحميل العالي أو المتوسط للتخفيف من نسبة التلوث العضوي الذي سيوجه نحو المعالجة البيولوجيـــــــة. و توجه المواد المترسبة نحو خزان الهضم حيث يتم تفتيت المركبات العضوية بواسطة أصناف البكتريا اللاهوائية و يتولد عن عملية الهضم هذه غاز الميثان (Methane CH4) الذي يتم استخدامه عادة في تسخين الهاضم في فصل الشتـــاء أو في إنتاج الطاقة الكهربائية لفائدة المحطة (أنظر فقرة معالجة الحمأة).

Rotating Biological Contactors

- Fixed media treatment
- Requires primary treatment
- Microorganisms colonize contactors (disks)
- Rotation creates alternate wetting / draining of microorganisms
- Nitrogen reduction



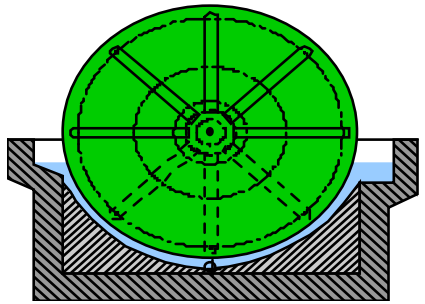


- وعندما تبدأ هذه الصفائح بالدوران فإن الكائنات الحية المتواجدة في المياه العادمة تلتصق بهذه الأقراص وتلتحم على السطح وتتزود بالأوكسجين اثناء دوران الأقراص بالهواء مكونة الغشاء الحيوي، وتختلط هذه الأقراص بالمياه العادمة في الخزان وتبدأ هذه الكائنات بتحليل المواد العضوية المتواجدة العادمة.

Rotating Biological Contactor

Bio discs – rotating disks procedure

Rotating contactor

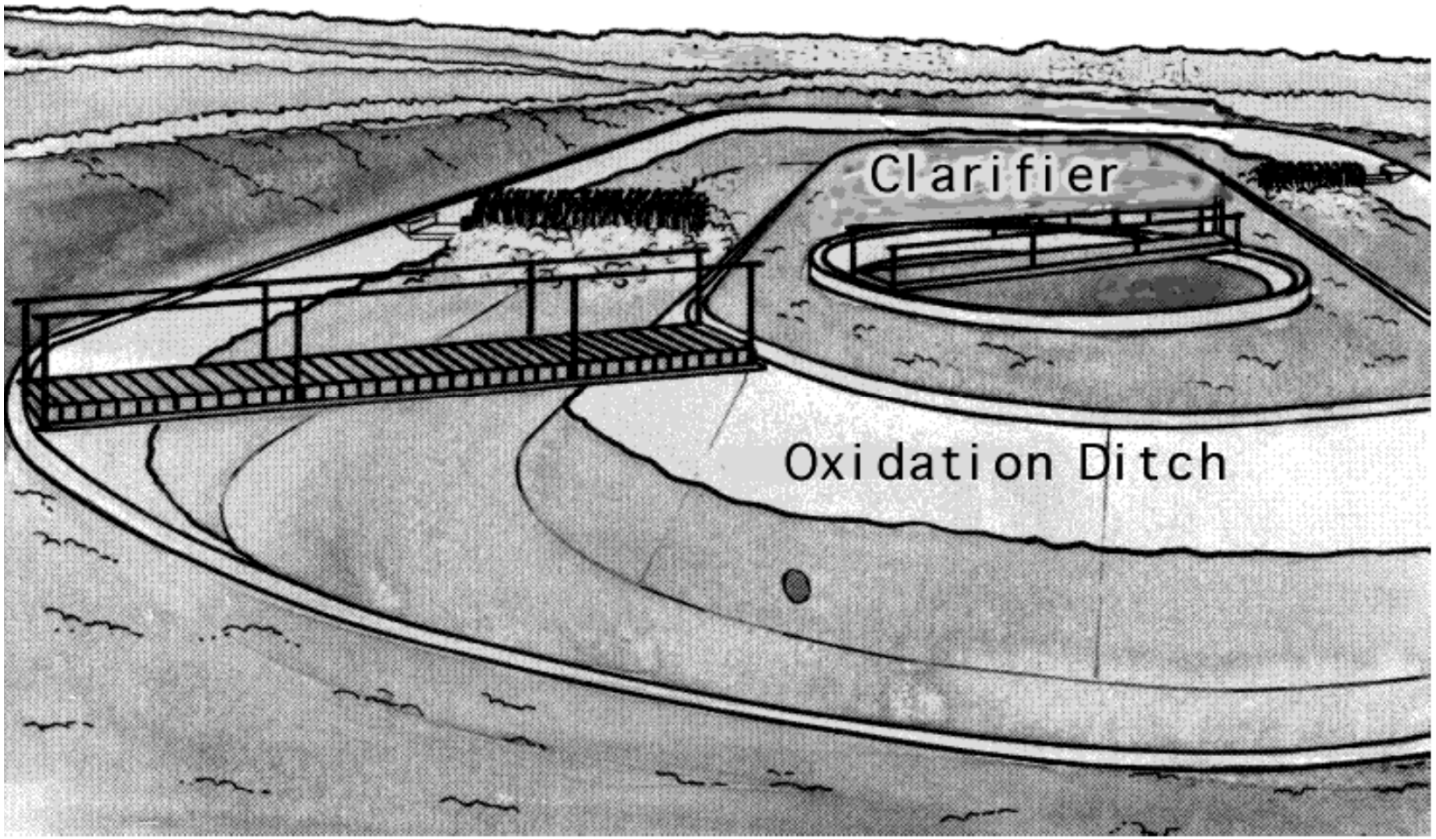


Rotating submerged contact aerator

- Microorganisms are settled on a rolling cylinder bared on a horizontal axis.
- Cylinder is
  - slowly rotating
  - submerged half into the pretreated wastewater
    - microorganisms get in alternating contact with air (oxygen intake) and wastewater (nutrient ingestion)
    - Responsible for the biological treatment are the settled microorganisms as well, as the mobile ones in the tank.

Oxidation Ditch

- Mechanical, activated sludge process
- Typically used for flows greater than 50,000 gpd
- Effective treatment; low sludge production



- Requires skilled operator
- Higher energy costs
- High maintenance

Oxidation Ditch

flexible operation for nitrogen removal

TUHH
Technische Universität Hamburg-Harburg

Secondary Sedimentation Tank

Secondary Sedimentation Tank

طبقة المفاعل البيولوجي للإسالة: Biological Fluidised Bed Reactor (BFBR)

منذ عهد قريب ونتيجة لتقدم التكنولوجي تم تطوير طريقة بيولوجية جديدة لتلائم التدفق الهائل للمياه العادمة نتيجة الزيادة السكانية. بفاعلية عالية وطاقة متدنية وتكاليف منخفضة.

ويقوم مبدأ هذه العملية على الجمع بين النشاط البيولوجي (وجود الكائنات الحية الدقيقة المحللة). وايجاد مواد صلبة مناسبة كوسط تنمو عليه هذه الكائنات الحية مع تزويدها بالأكسجين في مرحلة واحدة

-) ففي هذه الطريقة تنمو البكتيريا المحللة على الوسط الصلب والذي يعمل كدعامة لنمو النسيج البيولوجي ومن ثم ينتشر غاز الاوكسجين في محلول المياه العادمة ثم ينتقل الغاز والمواد الغذائية (المواد العضوية) من محلول المياه العادمة الى سطح النسيج البيولوجي وبعد ذلك ينتقلان من سطح النسيج البيولوجي الى داخله
- تتميز هذه الطريقة عن طرق المعالجة التقليدية بما يلي:
- ذات كفاءة عالية في معالجة المياه العادمة.
- تحتاج الى زمن قليل في المعالجة
- تحتوي على تركيز عالٍ من النسيج البيولوجي ويقدر من (20-40Kg/m).

- يتميز النسيج البيولوجي المتكون بعمر كبير نتيجة عمليات النمو والالتصاق.
- تنتج كميات قليلة من الحمأة المنشطة ويمكن التخلص منها بسهولة.
- يقلل من مشكلات تغليف مسامية الوسط نتيجة الحركة المستمرة لتدفق المياه العادمة.
- يقلل من حجم المفاعل المستخدم وعدم احتياج مساحات واسعة من الاراضي (نظام مغلق وتصميم بسيط).
- ذات تكلفة أقل بمقدار 50% من تكلفة طريقة الحمأة المنشطة

محددات الطبقات الهوائية البيولوجية المسالة في المفاعل البيولوجي

- تتميز الأغشية البيولوجية التي تنمو على الأسطح الصلبة بتأثيرها الايجابي على النشاط البكتيري، كما تبين ان الظروف البيئية والتي تشمل:(درجة الحموضة، التغذية، درجة الحرارة، والمواد السامة) لها تأثير أقل على نمو البكتيريا الثابتة من نمو البكتيريا المعلقة

- ومن مميزات استخدام الجزيئات المسالة (الوسط المساند) كدعامة ما يلي

- انتاج مفاعلات الطبقات البيولوجية المسالة والتي تستخدم مواد مساندة بشكل تجاري.
- معالجة انواع عديدة من المياه العادمة.
- تتميز مفاعلات الطبقة الهوائية المسالة عن معالجات نمو البكتيريا المعلقة التقليدية بانخفاض حجم المفاعل بسبب وجود التكتل البيولوجي الزائد والمرتبط بالوسط المساند.
- ومع ذلك لم تتقدم صناعة هذه المعالجات في تطوير ومعالجة المياه غير المألوفة وتطبيقات معالجة المياه العادمة
-

- وعلى الرغم من تلك المميزات فلا بد من وجود أضرار تتعلق بهذه المفاعلات ناتجة عن النمو الزائد للتكتل البيولوجي داخل الطبقات المسالة وتتضمن:
- 1- صعوبة تنقية الجزيئات البيولوجية من المفاعل
- 2- نتيجة لزيادة كثافة تغليف جزيئات الوسط بالنسيج البيولوجي والتي تسبب في زيادة نصف قطر الجزيئات الفعالة وبالتالي تدني في كثافة التكوين الجزيئي (الوسط والتكتل البيولوجي) مما يؤدي الى انخفاض سرعة ترسيب الجزيئات لتصبح اقل من سرعة تدفق المياه العادمة وهذا يؤدي الى طفو الوسط خلال تدفق المياه العادمة في المفاعل.

- 3- الصعوبة في تأمين إمدادات الاوكسجين للنسيج البيولوجي: إذ يتوجب على جزيئات الاوكسجين ان تتغلب على سلسلة من مقاومات النقل قبل استخدامها بواسطة خلية التزويد، اذ ان اختراق الاوكسجين خلال النسيج البيولوجي يعد عاملا حاسما لتفاعلات الأكسدة والاختزال للتنفس الهوائية.

- 3- صعوبة تشغيل مفاعلات الطبقة المسالة بسبب فقدان الوسط الحامل للغشاء البيولوجي بشكل جزيء على المستوى التجاري. وللتغلب على استنزاف الجزيء يجب التحكم بالنسيج البيولوجي الموجود على الجزيئات المنفردة. يتم ذلك عن طريق السماح لجزيئات الوسط الثقيلة والمغلفة بالنسيج البيولوجي بالخروج من المفاعل لتصفيتها من التدفق لتجنب التشابك في نظام المضخة ثم يتم تنظيفها بوحدة معالجة مساندة لتعاد الى الطبقة المسالة.

- 4-صعوبة فصل التكتل البيولوجي من الوسط المساند:
- يعد فصل التكتل البيولوجي عن الوسط المساند من معيقات المفاعل الذي يستخدم طريقة الثلاث أطوار، وقد تم استخدام العديد من الأنظمة لأداء عملية الفصل والتي تعتمد على:
- احتواء منطقة الاضطراب الناتجة عن مرور الوسط عبر المضخة والتي تكون وظيفتها فصل جزيئات الوسط وتحقيق التكتل الوظيفي.
- الخلط بالتحريك الآلي: اذ يتم فصل الطبقة المثقلة من خلال انظمة الغسل بالرش او بالفاصلات الهيدروليكية وعندها يفصل التكتل البيولوجي بصورة مثالية عن الوسط بالترسيب ومن ثم يعاد الوسط الى المفاعل

- تركيب مروحة دافعة داخلية xلتخفيف التكتل البيولوجي عند ارتفاع الجزيئات البيولوجية الأقل كثافة للأعلى في المنطقة العليا من الطبقة الرقيقة في المفاعل.

الوسط المساند للطبقة المسالة

- يعتبر نظام مفاعل الطبقة المسالة الهوائية بديل لطريقة نمو الكائنات الحية المشتت والمعلق في المياه العادمة، اذ يعمل هذا النظام على ايجاد تركيز عالي من الكائنات الحية المجهرية غير المتحركة حول الوسط المساند فيتغلف سطح جزيئات الوسط المساند بالنسيج البيولوجي مما يؤدي الى تكوين جرثومي عالي، ويشكل الوسط المختار للاستعمال في الطبقة المسالة جزءاً رئيسياً لعملية المعالجة وبالتالي يجب ان يتمتع بخواص فيزيائية وكيميائية جيدة لتشجيع الالتصاق.

- وقد استخدمت أنواع مختلفة من المواد كجزيئات مساندة مثل (الكربون المنشط وفحم الانثراسايت والرمل والحجر) تنمو عليها البكتيريا المتواجدة في المياه العادمة مكونة طبقة متصلة من التكتل البيولوجي المتجمد او النسيج البيولوجي.

وتساهم كلفة الوسط بجزء كبير من رفع كلفة المعالجة ولذلك يجب اختيار الوسط المساند بخواص مناسبة لتقديم توليفة من خواص السطح للتجمع البكتري بالإضافة الى خواص مفضلة للإسالة وفيما يلي دراسة بعض الخواص الكيميائية والفيزيائية التي يجب ان يتمتع بها الوسط المساند.

Chemical الخواص الكيميائية للوسط المساند:
Characteristics of Support Media

- **النشاط الكيميائي Chemical Inertnes**
- يجب ان يتميز الوسط المساند بقدرة عالية على احتمال التفاعلات الكيميائية لمكونات المياه العادمة وبشكل ما فان اخذ الخواص الكيميائية للوسط بعين الاعتبار مهم أيضا لأنها تقدم بعض المواد المغذية الحية الدقيقة مما قد يحسن من تطور النسيج البيولوجي مسببة ترفا وانكسارا للطبقة في وقت لاحق.

- **التكثيف والالتصاق: Thickening and Attachment**
  - تعتبر فترة البداية مقياسا مهما في ميدان معالجة المياه العادمة وقد وجد ان الطبيعة الكيميائية للوسط تؤثر على بداية معامل الابتداء لمعالجة المياه العادمة وبالتالي يجب دراسة تأثير كيمياء سطح الوسط المساند على سلوكيات الالتصاق.
- وقد لوحظ ان خواص سطح الكربون المنشط الحامضية تحسن من تبادل التفاعل بين سطحه وبين التكتل البيولوجي مما يؤدي الى نمو اسرع اثناء بدء عملية المعالجة،

- كما تم ستخدام الزيولايت كوسط مساند وبقايا السيليكا المتحجرة والتي وجد ان لديها القدرة على تكثيف ولصق الخلايا البكتيرية بشكل اكثر من الرمل والفحم الحجري وبذلك اظهرا ان الوسط الذي يمتلك كفاءة عالية لتكثيف ولصق الخلايا البكتيرية يحسن من كفاءة طريقة المعالجة.
-

- ان جسيمات الكربون المنشط تظهر تكيفاً لتكثيف ولصق المادة المخمرة عليها مما يعمل على تغذية النسيج البيولوجي من اسطحه الداخلية والخارجية. كما دلت النتائج ان الكربون لا يمتلك قدرة تحسن بيولوجية ولكن وجد ان ازالة المركبات العضوية الذي تتم بواسطة التكثيف والالتصاق البطيء افضل من التحلل البيولوجي.

- توصل Boyle واخرون عام 1991 الى ان وجود جراثيم لها القدرة على البقاء داخل الجسيمات المساندة مثل الاوساط التي تتكون من خرز واسلاك معدنية توفر قاعدة مناسبة للجراثيم وقد تبقى حية لمدة خمسة اشهر وتحت ظروف تجويع ونترجة ومن المهم الاخذ بعين الاعتبار وجود الجراثيم في المياه العادمة المعادة عند تاسيس خواص الوسط في معالجة المياه العادمة.
- وتعتمد خواص التصاق النسيج البيولوجي في الطبقة المسالة على كيمياء سطح الوسط المساند مع ظروف المحلول (المياه العادمة) وحدوث تغير كيميائي في سطح الوسط المساند يؤدي الى حدوث نشاط بيولوجي كبير مما يساعد على زيادة الالتصاق.

الخواص الفيزيائية للوسط المساند

1- حجم وكثافة الجسيمات

- لتحقيق الفائدة الاقتصادية ولخفض كلفة الإسالة يستحب تخفيض حجم جسيم الوسط المساند وذلك للأسباب التالية:
- يزيد من مساحة السطح القابل للالتصاق لكل وحدة حجم للمفاعل مما يؤدي الى زيادة فاعلية إزالة مكونات المياه العادمة العضوية وغير العضوية.
- يؤدي الى زيادة تركيز النسيج البيولوجي.
- يعتبر عاملا رئيسا يؤثر على تصميم المفاعل والدور الذي يلعبه عند استخدام غاز الأوكسجين.
- يؤثر على مسامية الطبقة المسالة وتقلصها وتحددها وسرعة وتطور التكتل البيولوجي.

نفاذية الوسط الصلب

- وجد أن استخدام المواد المسامية مثل حبيبات الكربون المنشط والخفاف (Pumice) وهو زجاج بركاني خفيف مليء بالثقوب كوسط مساند وداعم يساعد على زيادة النسيج البيولوجي، اذ تعمل الثقوب الداخلية والتي تعتمد على الحجم على زيادة المساحة السطحية بالإضافة الى حماية التكتل البيولوجي الذي يتطور داخل الجسم من ديناميكية السائل الخارجية ويمكن ان تساعد في استنبات النسيج البيولوجي بعد فترة من ازالته او التحميل المفاجئ للنظام، ومع ذلك قد يقل تركيز الأوكسجين الواصل الى التكتل البيولوجي الداخلي مما يؤدي الى ظروف لاهوائية غير مرغوب فيها.

- ان استخدام المواد المسامية كوسط مساند لنسيج البيولوجي اكتسب قبولاً واسعاً، وتتراوح من الأوساط الحاملة ذات الثقب الدائري (Lwai et al 1990) الى الأوساط ذات التغليف الليفي (Fang and Yeong 1993). وقد تم دراسة هذه الأوساط وكانت نتائج دراسة الأوساط الليفية أكثر تميزا من الأوساط ذات الثقب الدائري وذلك لأنها ذات وزن خفيف ومساحة سطحية كبيرة ونفاذية جيدة وعدم انسدادها. وعند استخدامها يكون نظام المعالجة قادراً على إزالة ما نسبة (95-97%) من COD مع حدوث النترجة.
-

الكائنات الحية الملتصقة والمعلقة

- غالبا ما تتجمع الكائنات الحية المجهرية مكونة تكتلا او تجمعات ذات حجم اكبر من الكائن الحي المنفرد ويمكن تصنيف هذه التجمعات الى صنفين:
- 1- النمو الميكروبي Microbial Growth
- 2-الحشد الميكروبي Microbial Flocs
- ويمكن تعريف النمو الميكروبي على انه طبقة جلاتينية او مادة بيولوجية لزجة تحتوي على كائنات حية مجهرية ملتصقة بالسطح الصلب ويسمى بالطبقة الثابتة او النسيج البيولوجي. اما الحشد الميكروبي فإنه يتكون من تجمع الكائنات الحية المجهرية وتكون معلقة تعليقا حراً في السائل

- وقد وجد ان النمو الميكروبي الملتصق مقارنة مع الكائنات الحية المجهرية المعلقة تعليقا حراً له تأثير افضل على نمو الكائنات الحية المجهرية. وقدم (Zebell, 1937) أدلة تثبت ان النشاط البكتيري يزداد بوجود مادة معينة مثل الزجاج او البلاستيك او الخزف، ولا حظ Heukelekian وآخرون عام 1940 ان بكتيريا (Ecoli) تنمو في تركيز غذائي منخفض عند إضافة خرزات زجاجية الى الوسط المساند عند معالجة المياه العادمة.