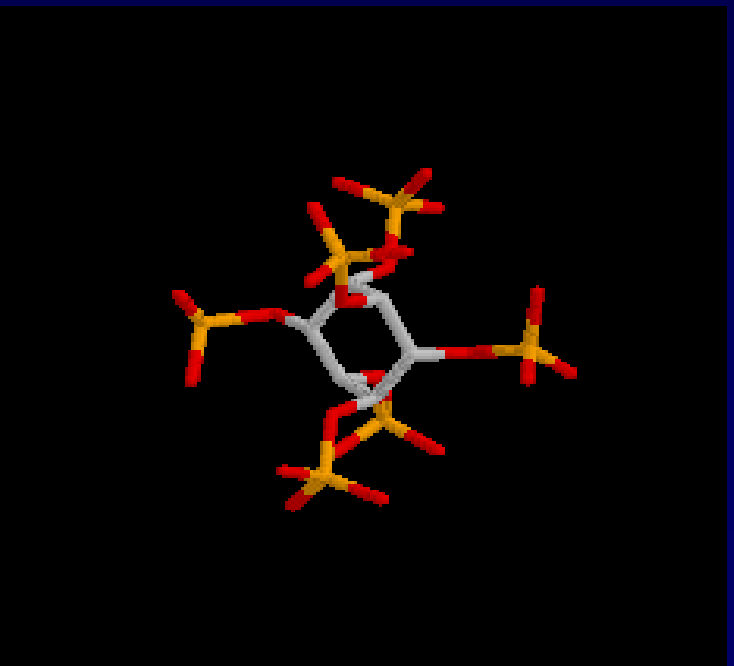
Biological Phosphorus Removal
(BPR)

فسفر فاضلاب خانگی

- اورتو فسفات
- فسفر آلی
- پلی فسفات



Orthophosphates include PO_4^{3-}, HPO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$, and H_3PO_4. The most common forms of orthophosphate in wastewater treatment plants are HPO_4^{2-} and H_2PO^-. The relative quantity of each form is pH-dependent (Figure 12.2). The form of orthophosphate present is produced through dissociation (Equation 12.1). Within the pH operating range of most wastewater treatment plants, HPO_4^{2-} is dominant at pH values greater than 7, while $H_2PO_4^-$ is dominant at pH values greater than 7.

$$H_2PO_4^- \leftrightarrow HPO_4^{2-} + H^+ \tag{12.1}$$

Polyphosphates are complex molecules with two or more phosphorous atoms, oxygen atoms, and perhaps hydrogen atoms. Polyphosphates are represented by the chemical formula for the pyrophosphate ion ($P_2O_7^{3-}$). Pyrophosphate is the first in a series of unbranched-chain polyphosphates (i.e., $P_2O_7^{3-}$, $P_3O_{10}^{5-}$, . . .). Polyphosphates undergo hydrolysis very slowly and release orthophosphate (Equation 12.2). Hydrolysis can be chemically mediated or biologically mediated by bacteria and algae.

$$H_2P_2O_7 + H_2O \rightarrow 2H_3PO_4 \tag{12.2}$$

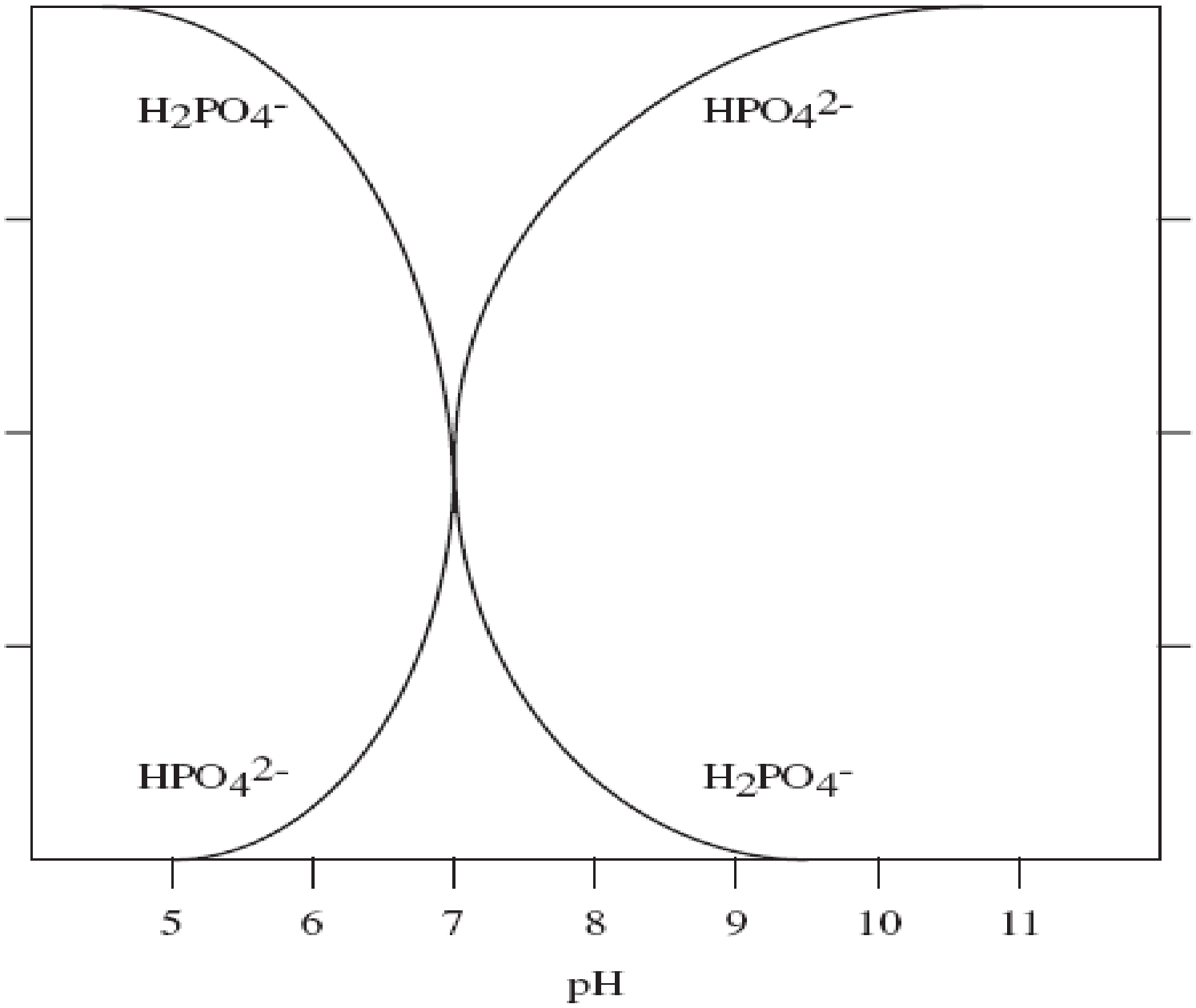


FIGURE 12.2 *Distribution of $H_2PO_4^-$ and HPO_4^{2-} in the mixed liquor.*

روش اندازه گیری فسفر

- روش مولیبدات وانادات
- روش آسکوربیک اسید

فسفر و اهمیت آن

- **فسفر ۳-۵ درصد وزن خشک سلول را شامل میشود**

- فسفو لیپید
- اسید هاي نوکلئیك
- ATPADP
- ترکیبات حد واسط متابولیسم

فسفر و اهمیت آن

- اثرات مفید مورد نیاز رشد گیاهان و ارگانیسمها
- اثرات مضر ← ایجاد bloom

مقدمه:

علت اهمیت حذف بیولوژیکی فسفر :

ایجاد بلوم توسط جلبکها در دریاچه ها

کمبود مواد غذایی و اکسیژن

مرگ و میر ماهیها

بو وطعم بد آب

Eutrophication

يكي از فاكتورهاي مهمي كه بر روي كيفيت آب تاثير مي گذارد، توسعه نوترينتها در منابع آبي مي باشد. كه در درياچه ها و رودخانه هايي كه به كندي حركت مي كنند باعث پديده اوتروفيكاسيون مي شود.

ميكروبيولوژي چرخه فسفر

- فسفر يك ماده مغذي پر مصرف است كه جهت تمامي سلولهاي زنده ضروري است. متوسط غلظت فسفر كل در فاضلاب 10-20mg/l مي‌باشد.
- مراحل اصلي تغيير و تبديل فسفر در محيطهاي آبي به صورت زير مي‌باشد:
- 1- معدني شدن:
- 2- جذب و مصرف:
- 3- ترسيب تركيبات فسفري:
- 4- محلول‌سازي ميكروبي اشكال نامحلول فسفر:

معدني شدن

- تركيبات فسفر آلي به وسيله دامنه وسيعي از ميكروارگانسم‌ها شامل باكتريها (مثل باسيلوس سوبتيليس و آرتروباكتر)، اكتينوميست‌ها (مثل استرپتوميسس) و قارچها (مثل آسپرژيلوس و پني‌سيليوم) به ارتوفسفات معدني مي‌شوند.
- فسفاتازها آنزيم‌هاي مسئول تجزيه تركيبات فسفر مي‌باشند.

جذب و مصرف

- ميكروارگانيسم‌ها فسفر را جذب و مصرف نموده يا به صورت گرانول‌هاي پلي‌فسفات خاص در سلول ذخيره مي‌نمايند.

ترسيب تركيبات فسفري

- محلوليت ارتوفسفات توسط pH محيط آبي و وجود Ca^{2+}، Mg^{2+}، Fe^{3+}و Al^{3+} كنترل مي‌شود.
- وقتي ترسيب اتفاق مي‌افتد، شكلي از تركيبات نامحلول همچون هيدروكسي آپاتيت وجود دارد.

محلول‌سازي ميكروبي اشكال نامحلول فسفر

- ميكروارگانيسم‌ها از طريق فعاليت متابوليكي‌شان به محلول شدن تركيبات فسفر كمك مي‌كنند.

حذف بيولوژيكي تشديد شده فسفر

- دو رويكرد جهت توجيه مكانيسم حذف بيولوژيكي تشديد شده فسفر در واحدهاي تصفيه فاضلاب وجود دارد كه عبارتند از:
- 1- ترسيب شيميايي توسط ميكروارگانيسم‌ها
- 2- جذب تشديد شده فسفر توسط ميكروارگانيسم‌ها

حذف بيولوژيكي تشديد شده فسفر

- در فرايند ترسيب شيميايي توسط ميكروارگانيسم‌ها، رسوب فسفات و آنگاه حذف آن از فاضلاب توسط فعاليت ميكروبي در تانك هوادهي فرايند لجن فعال انجام مي‌شود.
- در ابتداي يك تانك هوادهي با جريان نهرگونه فعاليت ميكروبي منجر به كاهش pH و محلول شدن تركيبات فسفات مي‌شود. در انتهاي تانك افزايش بيولوژيكي pH منجر به رسوب فسفات و مخلوط شدن آن با لجن مي‌گردد.
- در فرايند دنيتريفيكاسيون به علت توليد قليائيت، pH افزايش يافته و پلي‌فسفات به صورت فسفات كلسيم رسوب مي‌نمايد.
- ترسيب فسفر همچنين مي‌تواند توسط افزايش غلظت فسفر كه از آزاد شدن فسفر پلي‌فسفات تحت شرايط بي‌هوازي منتج مي‌شود، القاء گردد.

حذف بيولوژيكي تشديد شده فسفر

- در فرايندهاي جذب تشديده شده فسفر (EPBR) ميكروارگانيسم‌هاي زيادي موسوم به باكتريهاي پلي P مثل اسينتوباكتر، پسودوموناس، آئروباكتر، موراكسلا، اشرشياكلي، مايكوباكتريوم و بژياتوآ توانايي تجمع فسفر در مقدار بيش از نياز عادي سلول خود را دارا مي‌باشند (3-1 درصد وزن خشك سلول). كه فسفر به صورت گرانول‌هاي پلي‌فسفات يا دانه‌هاي ولوتين در داخل سلول تجمع مي‌يابد.
- باكتريهاي گرم مثبت واجد G +C بالا در DNA مانند نوكارديا، آرتروباكتر و ردوكوكوس باكتريهاي غالب حذف كننده فسفات مي‌باشند.

مهمترین ویژگی میکروارگانیسم حذف کننده فسفر

- تحت شرایط هوازی قادر به ذخیره پلی فسفات و پلی گلوکز باشد.
- تحت شرایط بی هوازی بخشی از فسفات ذخیره شده را دوباره آزاد کند.
- قادر به جذب سوبسترای که به سادگی استفاده شود(استات).

- فرايند BPR عمدتا از طريق گردش لجن در فازهاي بي هوازي و هوازي انجام مي گيرد.
- در مرحله بي هوازي منابع كربن از قبيل اسيدهاي چرب فرار تجزيه مي شوند و فسفات به داخل محلول رها مي گردد و در مرحله هوازي، جذب فسفر با شدت بالايي انجام مي شود، كه اين مسئله باعث مي شود كه ميزان حذف كلي فسفر تا حد 85 تا 90 درصد برسد.

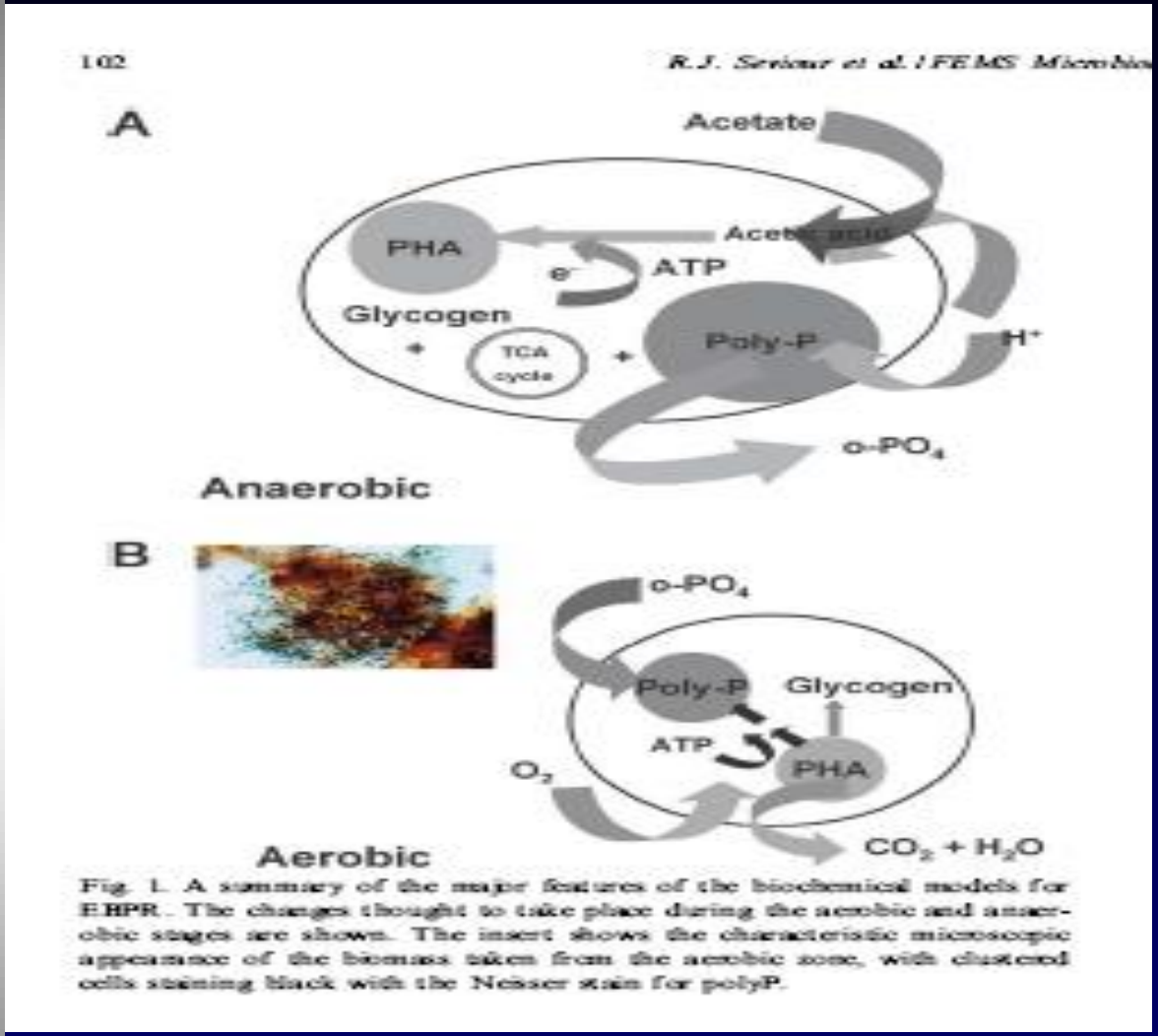
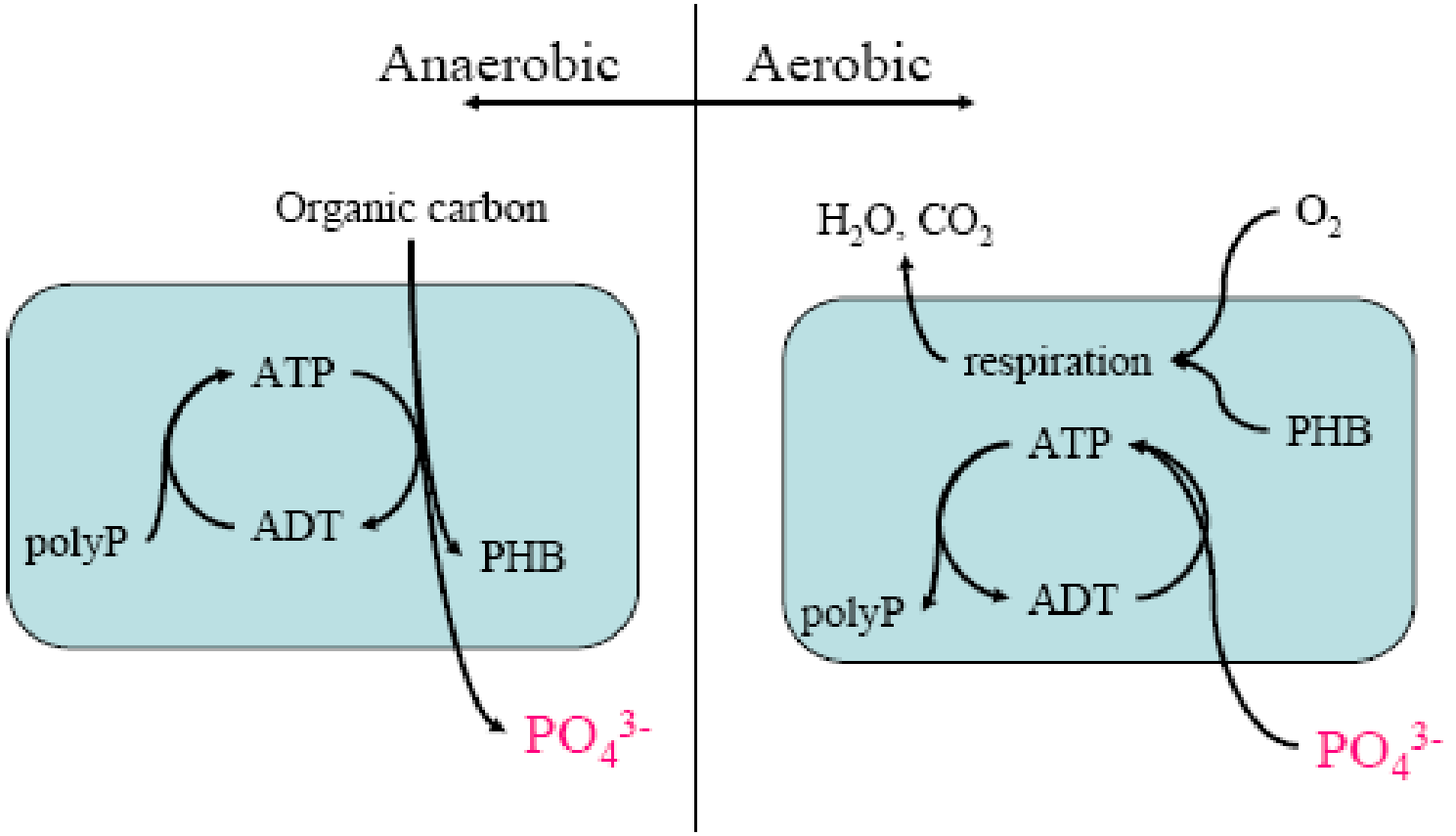


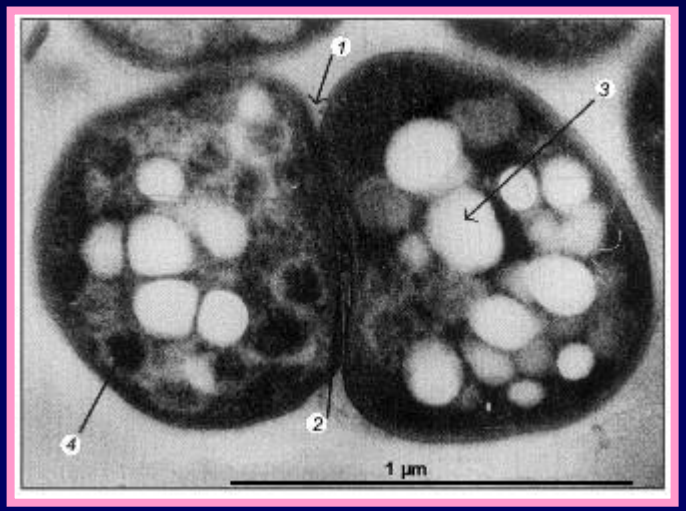
Fig. 1. A summary of the major features of the biochemical models for EBPR. The changes thought to take place during the aerobic and anaerobic stages are shown. The insert shows the characteristic microscopic appearance of the biomass taken from the aerobic zone, with clustered cells staining black with the Neisser stain for polyP.

Biochemical model of enhanced phosphorus uptake and release

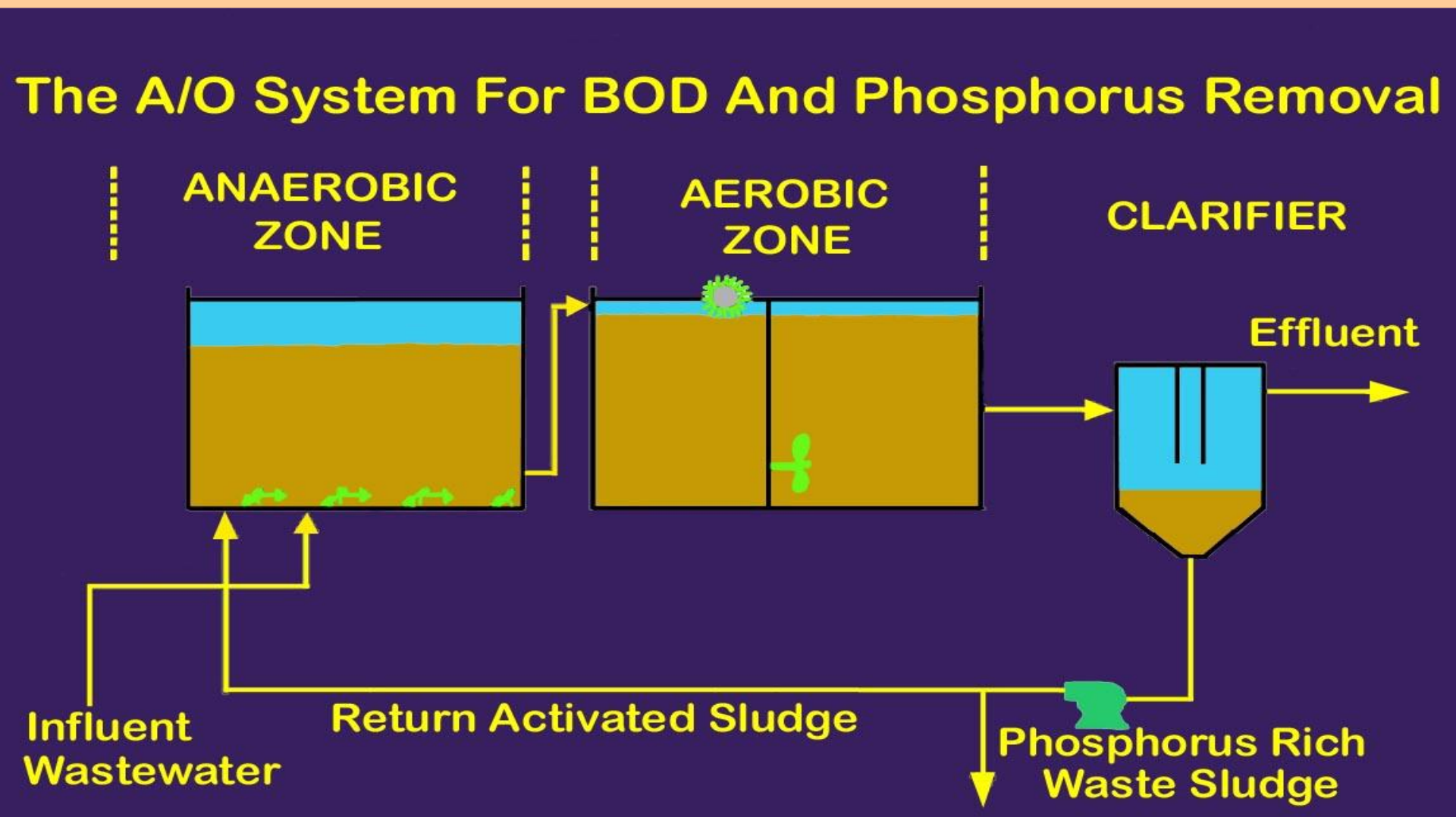


PHB : poly-β-3 hydroxy butyric acid
polyP : poly phosphate

در سلول باکتری بیشتر فسفر به صورت پلی فسفات در دانه های متاکروماتیک (ولوتین) دخیره میشود.
بخش کمی در غشا ء سیتوپلاسمی و دیواره ذخیره می شود.و

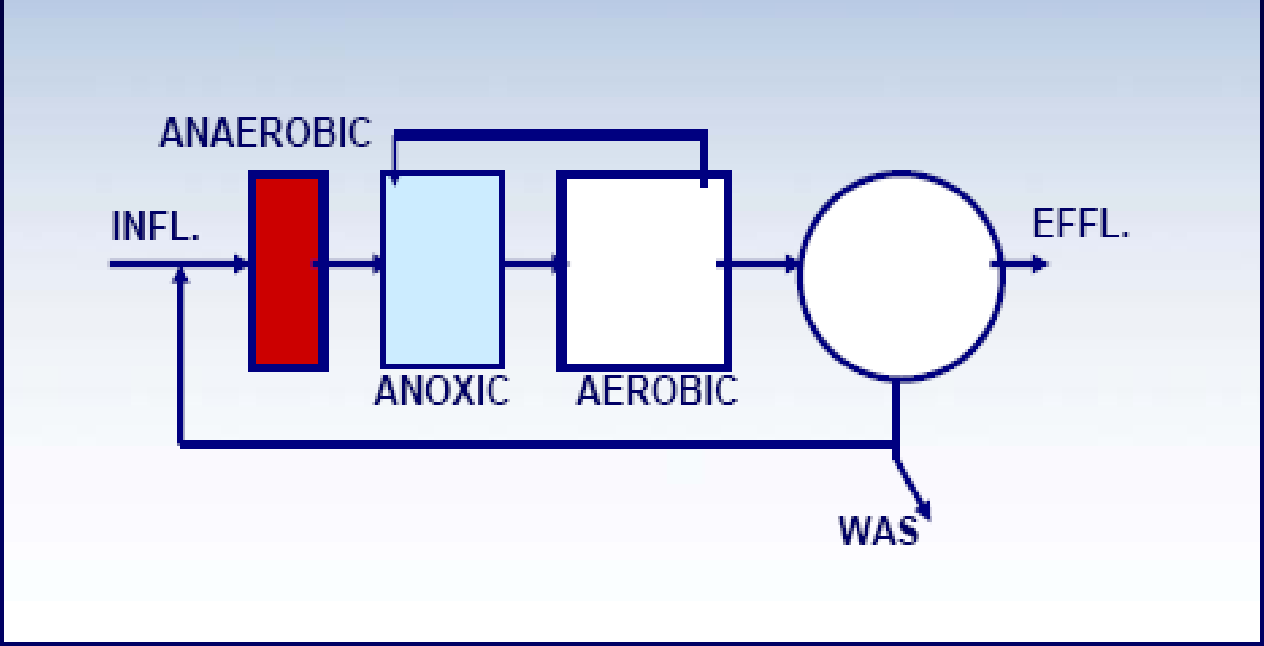


(A/O) Process


The A/O System For BOD And Phosphorus Removal
ANAEROBIC ZONE
AEROBIC ZONE
CLARIFIER
Effluent
Influent Wastewater
Return Activated Sludge
Phosphorus Rich Waste Sludge

حذف فسفر (سیستم هوازی، بی هوازی)

- منطقه هوازی
- منطقه بي هوازي



حذف نيترات:

- اگر در اين سيستم از يك فاز غير هوازي نيز استفاده شود، مي توان نيتروژن و فسفر را به صورت توام از فاضلاب حذف نمود.

A2/O Process

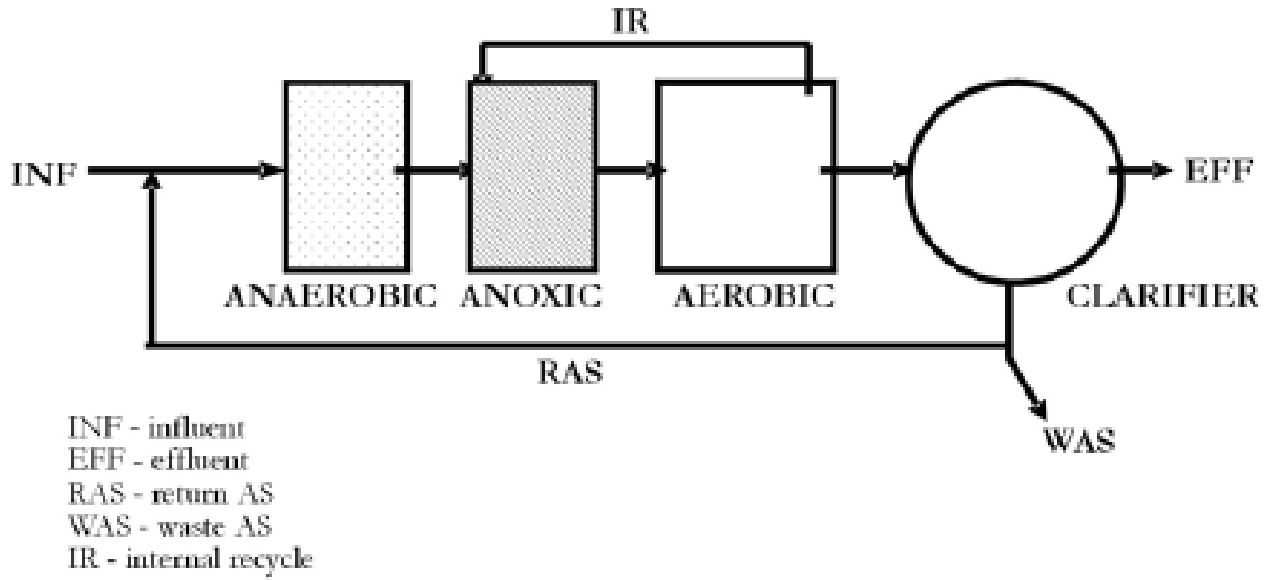
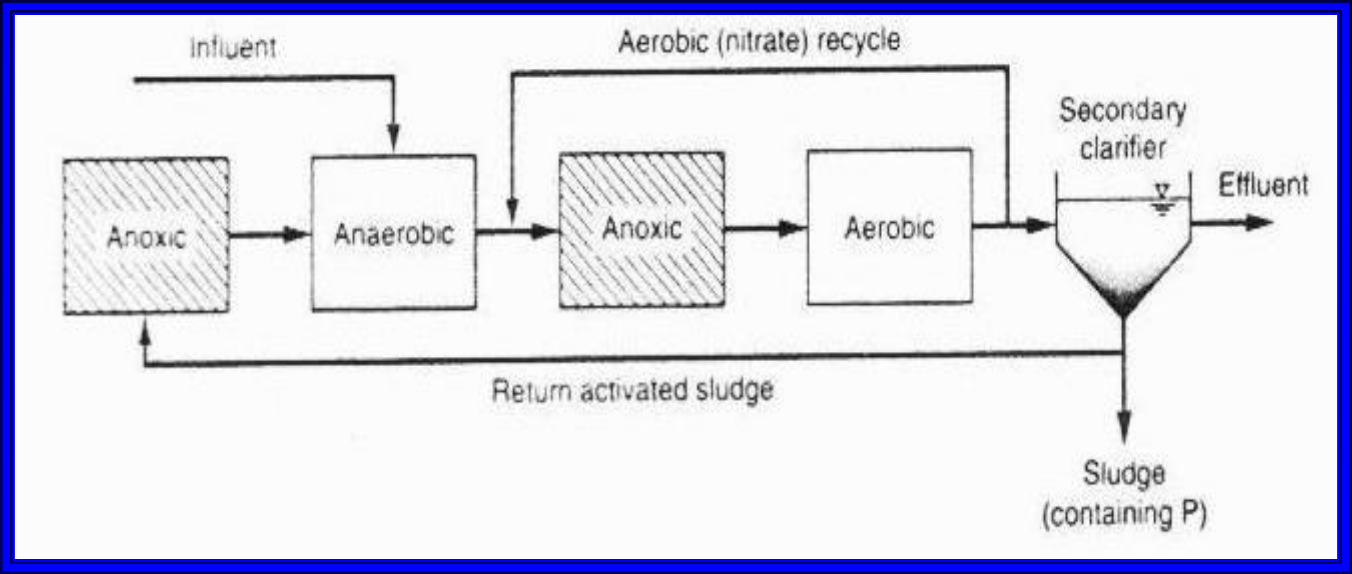


Figure 2.2 - Anaerobic/Anoxic/Aerobic (A^2O) Process for EBPR with Nitrification

Johannesburg Process



Modified Bardenpho Process

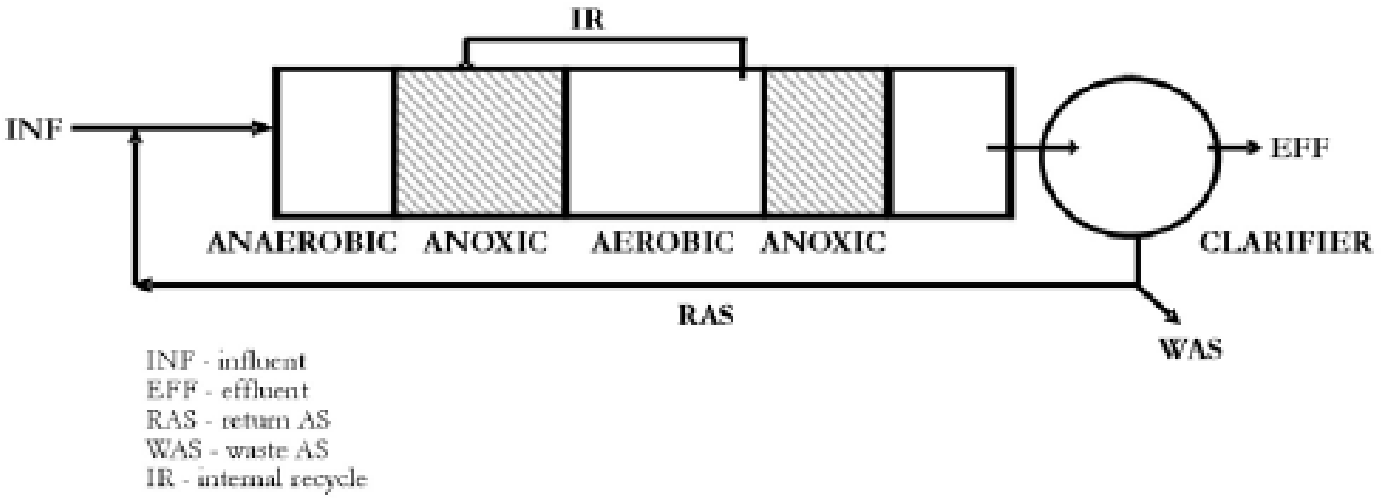


Figure 2.3 - Modified Bardenpho Process for EBPR and to Minimize Nitrate

UCT Process

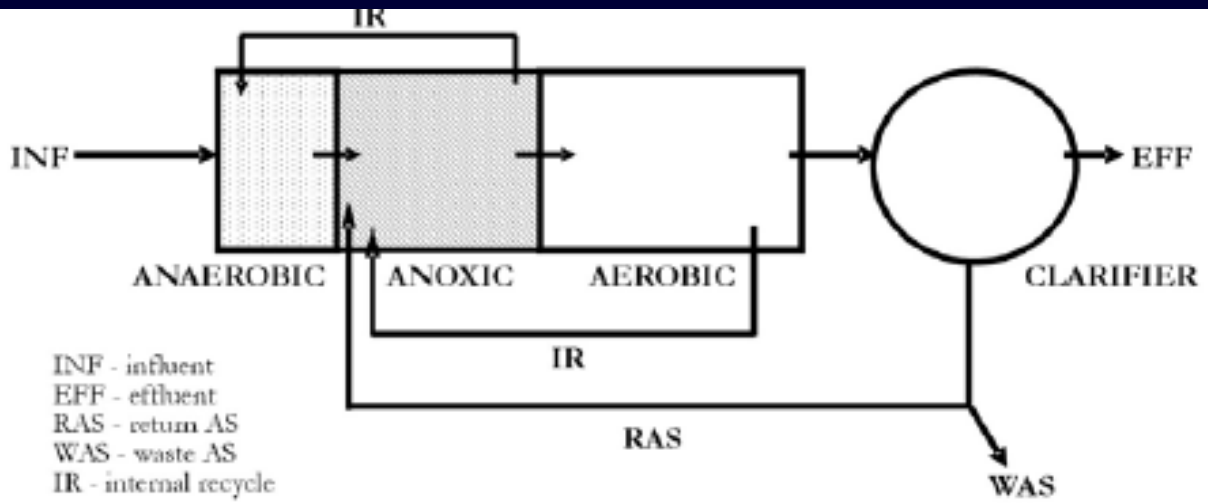
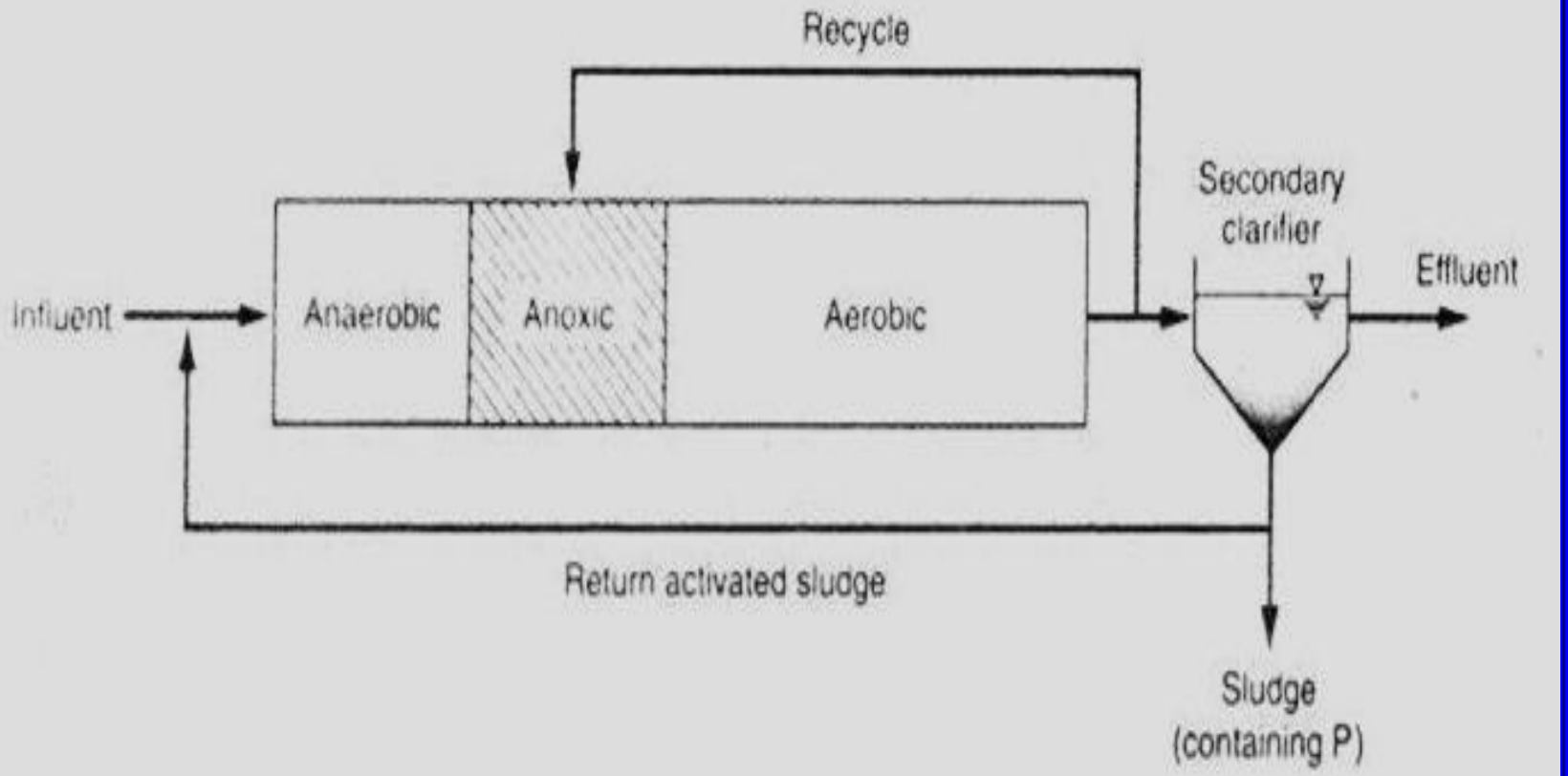
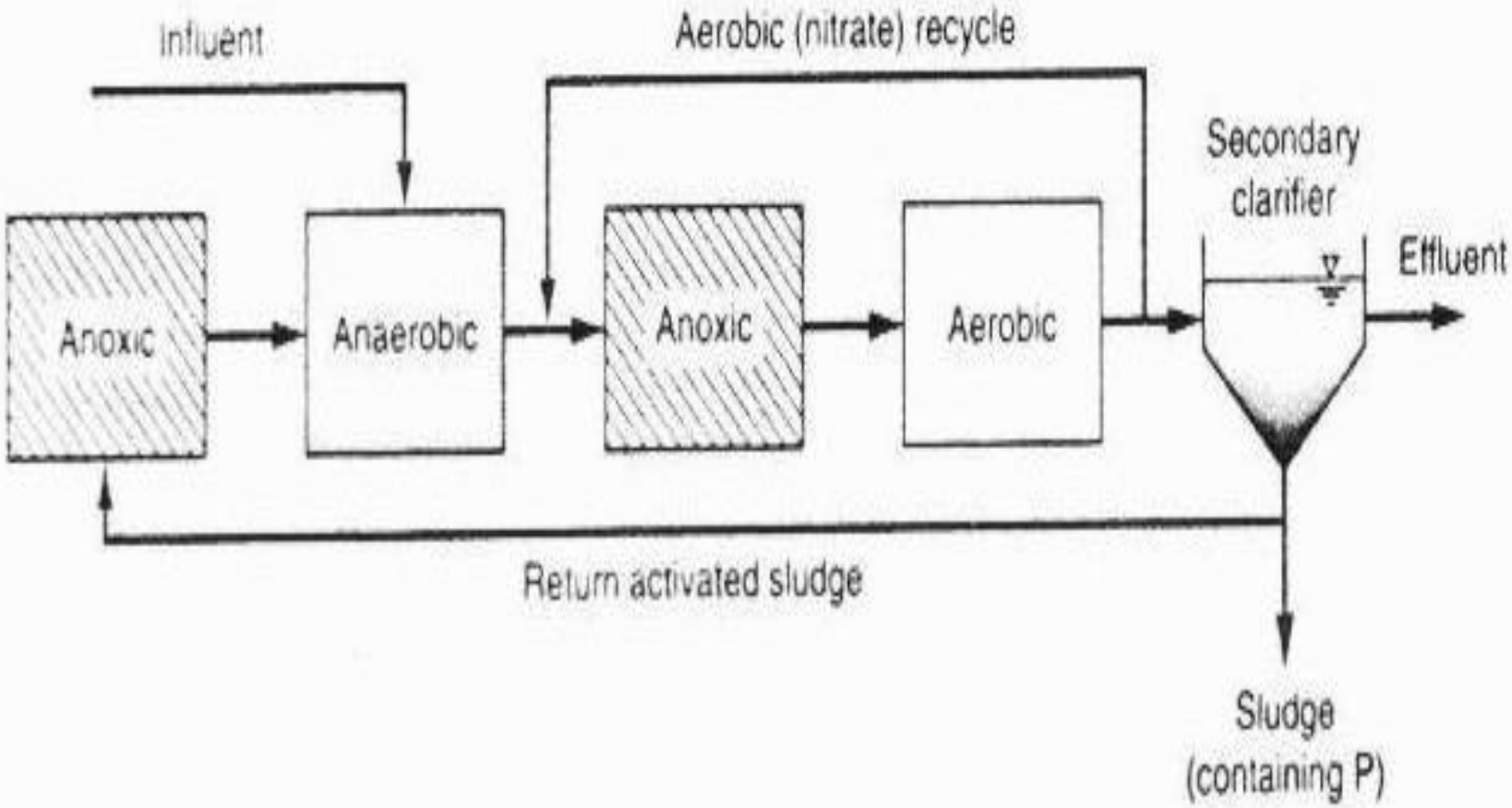


Figure 2.4 - University of Capetown (UCT) Process for EBPR with Minimal Nitrate Feed to the Anaerobic Zone

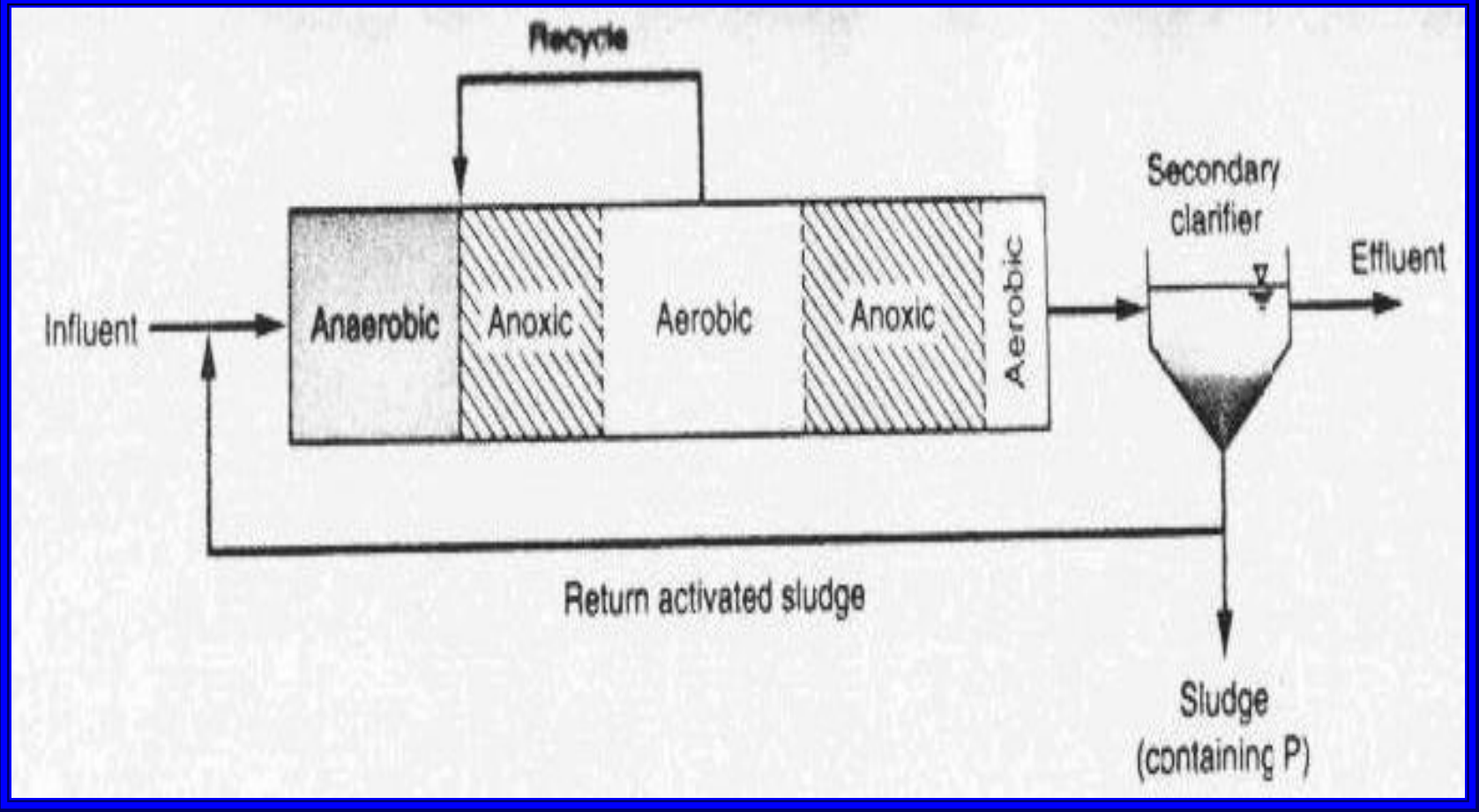
A^2/O Process


Recycle
Secondary clarifier
Effluent
Influent
Anaerobic
Anoxic
Aerobic
Return activated sludge
Sludge (containing P)

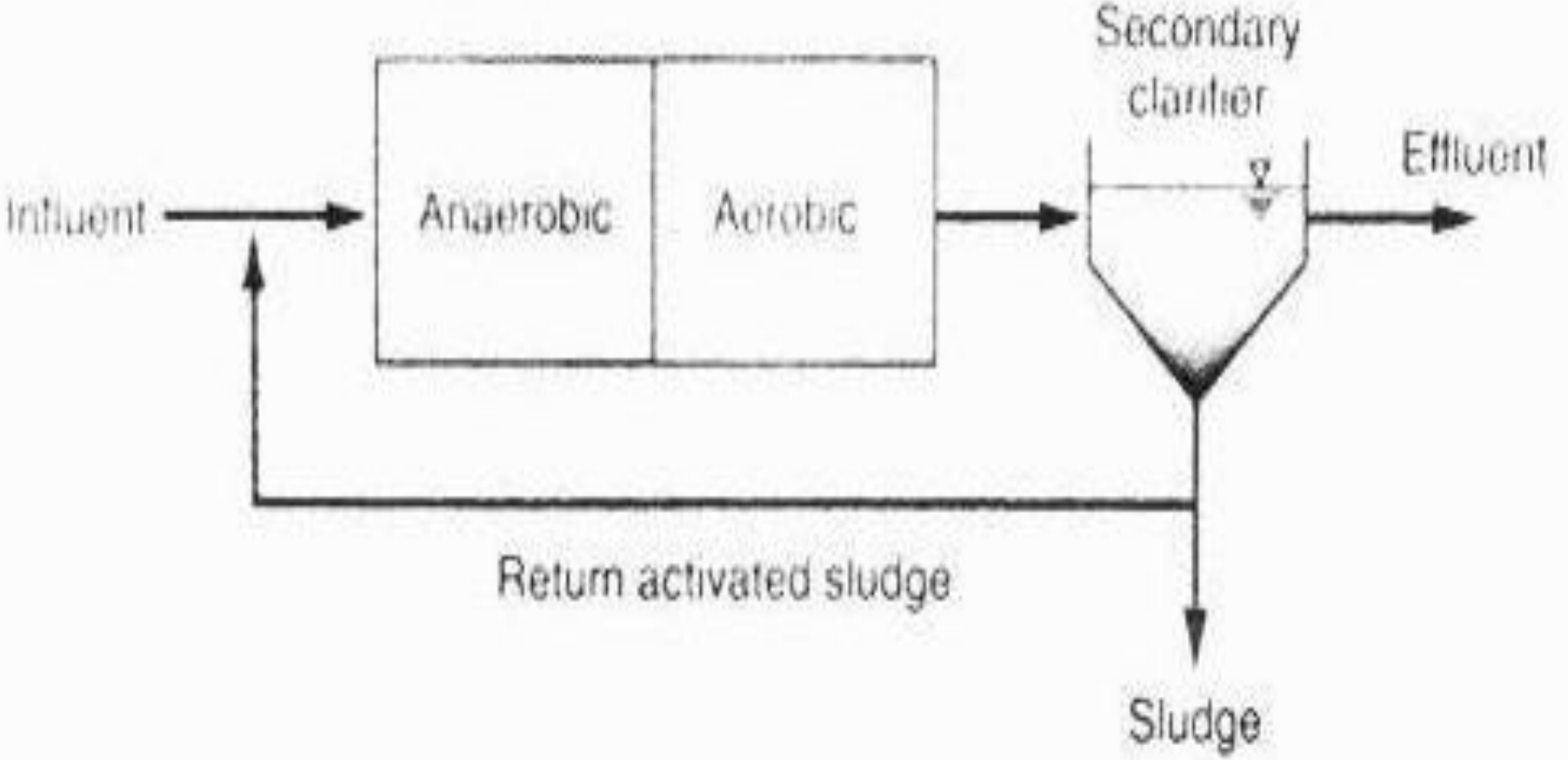
Johannesburg Process



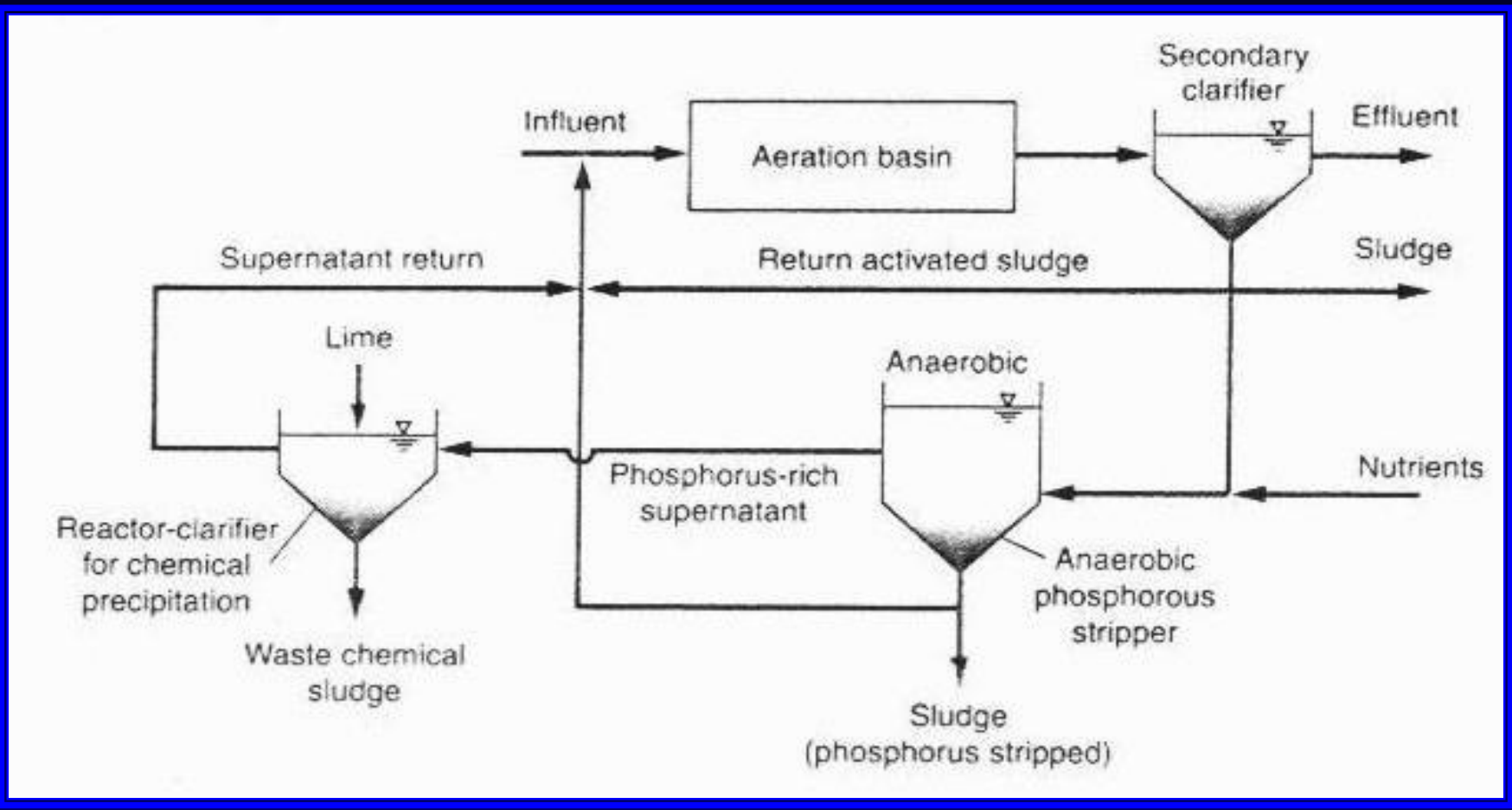
Modified Bardenpho Process



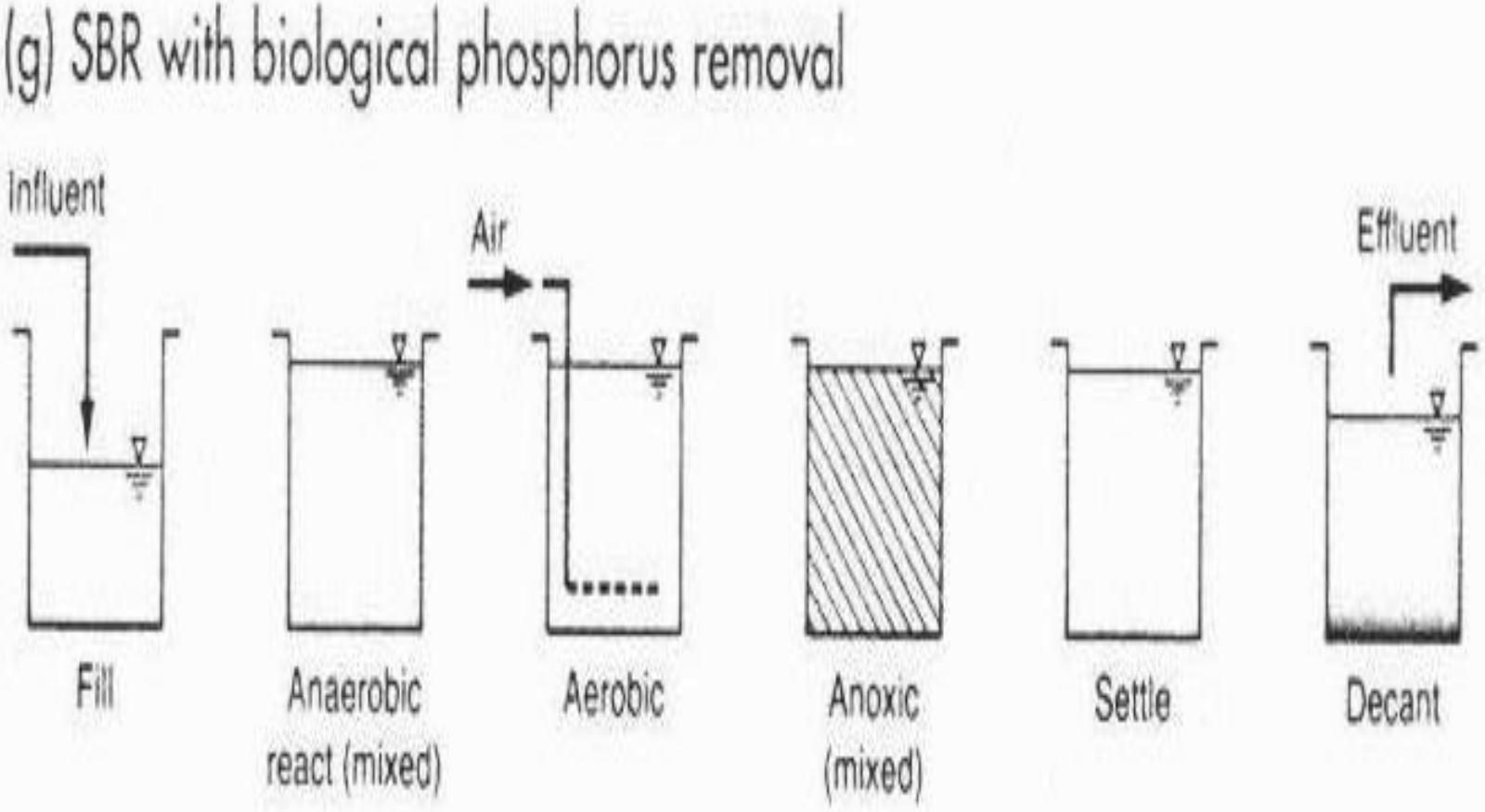
Phoredox(A/O) Process



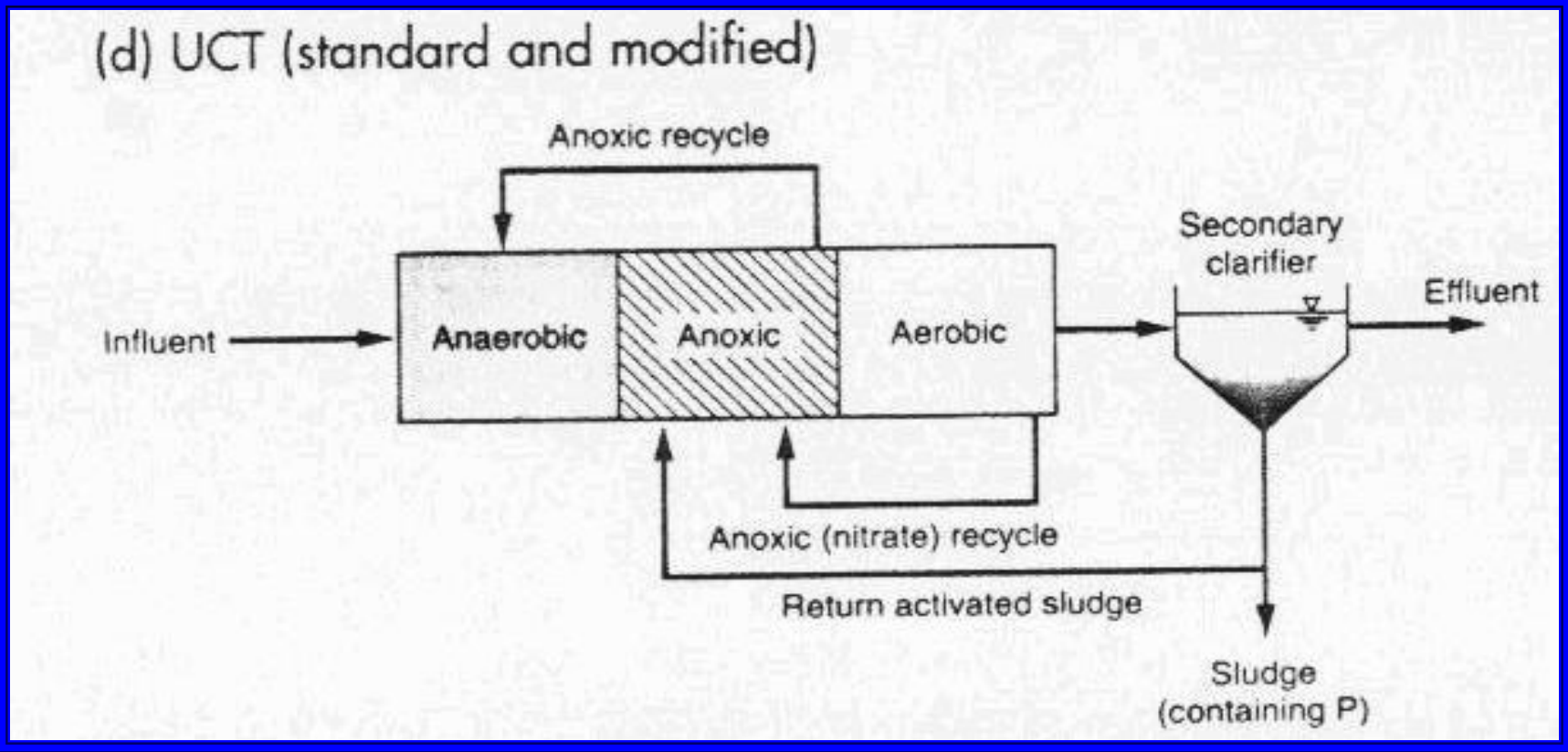
Phostrip Process



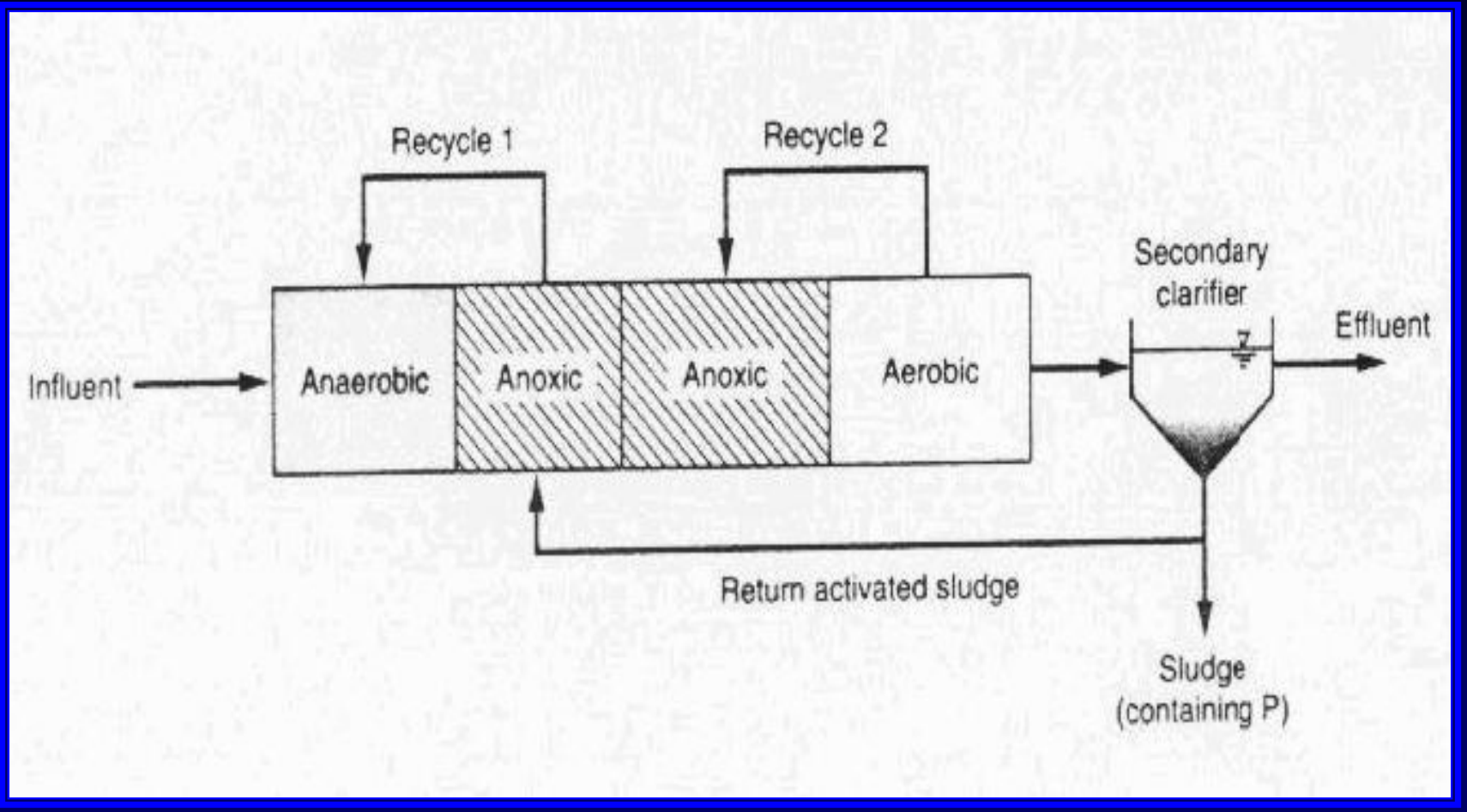
SBR Process


(g) SBR with biological phosphorus removal
Influent
Air
Effluent
Fill
Anaerobic
react (mixed)
Aerobic
Anoxic
(mixed)
Settle
Decant

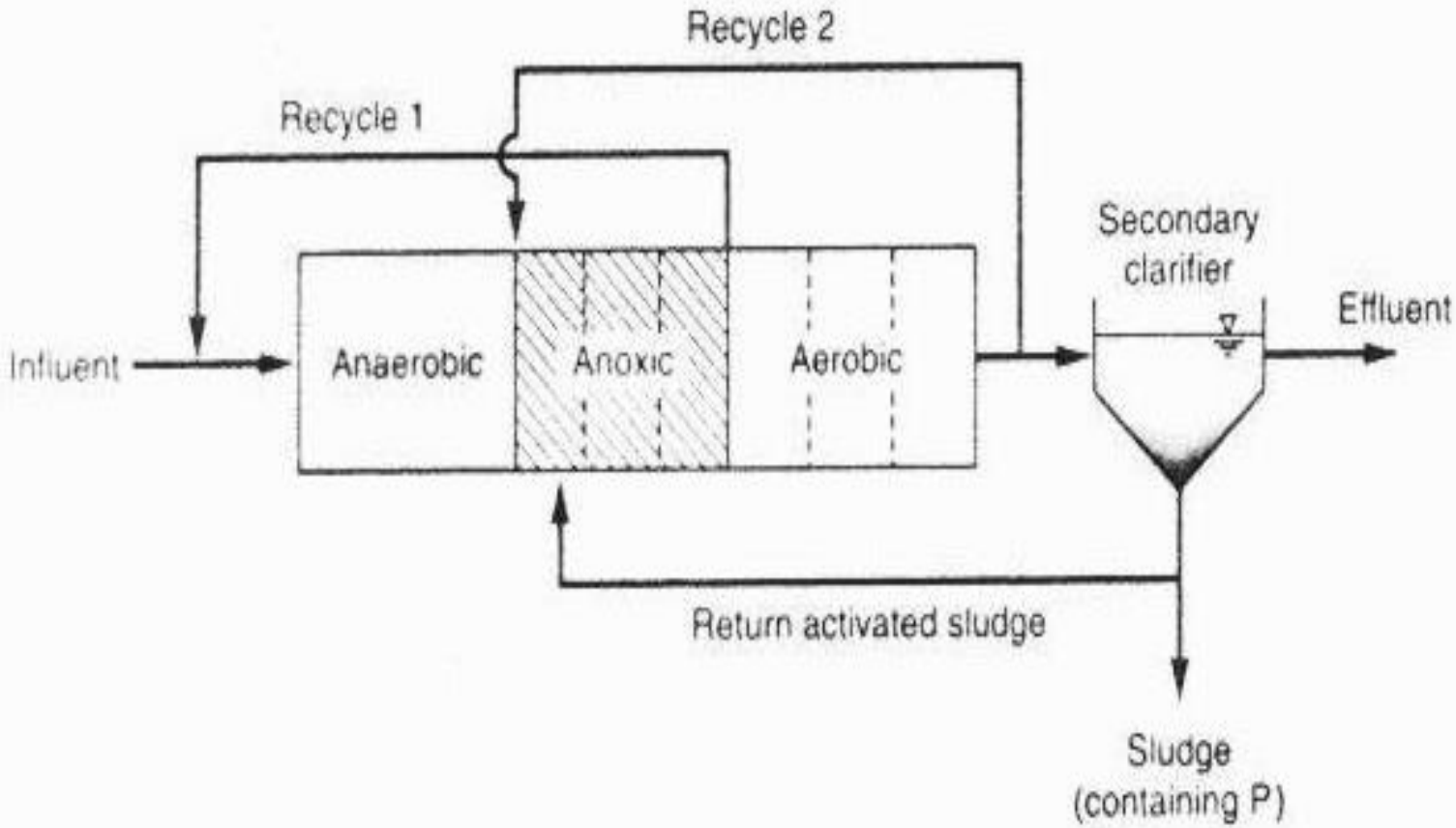
UCT Process


(d) UCT (standard and modified)
Anoxic recycle
Secondary clarifier
Effluent
Influent
Anaerobic
Anoxic
Aerobic
Anoxic (nitrate) recycle
Return activated sludge
Sludge (containing P)

UCT Process


Recycle 1
Recycle 2
Secondary clarifier
Effluent
Influent
Anaerobic
Anoxic
Anoxic
Aerobic
Return activated sludge
Sludge (containing P)

VIP Process


Recycle 2
Recycle 1
Secondary clarifier
Effluent
Influent
Anaerobic
Anoxic
Aerobic
Return activated sludge
Sludge (containing P)