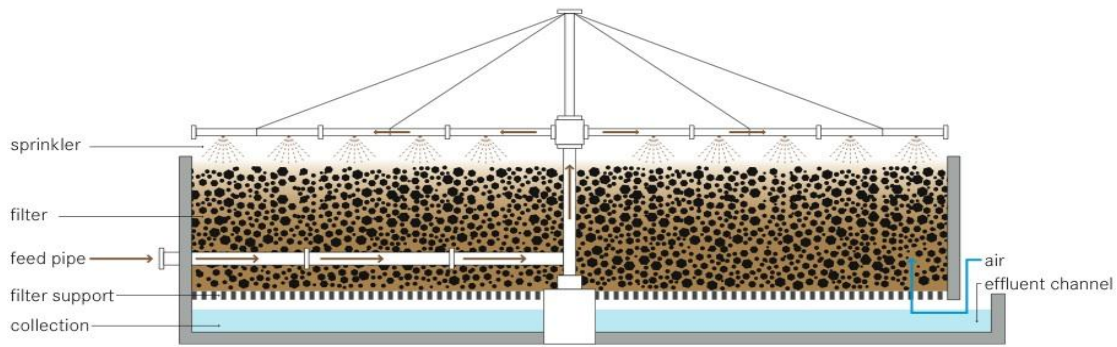


المرشح البيولوجي: عبارة عن منشأة يتم فيها تمرير مياه المجاري من خلال مادة ترشيح مغطاة بغشاء أو طبقة بيولوجية مؤلفة من مستعمرات تضم الكثير من الأحياء الدقيقة، يتألف المرشح البيولوجي بشكل عام من الأجزاء التالية كما يبين الشكل (6-1):

- 1- مادة الترشيح موضوعة ضمن خزان مسقطه الأفقي دائري أو مستطيل
- 2- جهاز توزيع مياه المجاري والذي يؤمن سقاية موزعة بانتظام على سطح مادة الترشيح
- 3- قنوات تصريف لإخراج المياه الراشحة
- 4- جهاز توزيع الهواء والذي بواسطته يتم تأمين الهواء اللازم لأكسدة الملوثات

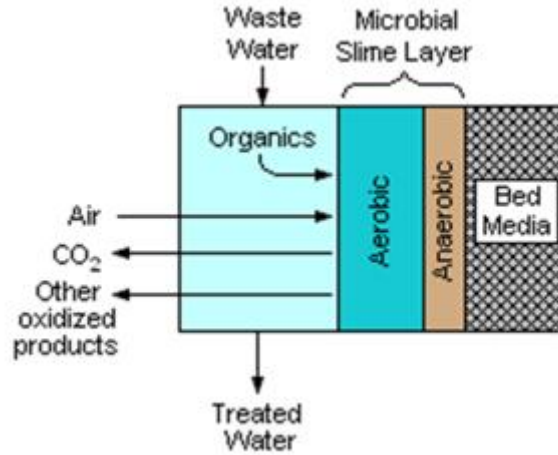


الشكل (6-1): أجزاء المرشح البيولوجي

6-1 آلية نزع الملوثات من مياه المجاري باستخدام المرشحات البيولوجية:

المرشح البيولوجي كغيره من منشآت المعالجة البيولوجية عبارة عن منشأة بيئية مفتوحة محدودة الأبعاد تتضمن جزءاً حياً (الأحياء الدقيقة التي تشكل الغشاء البيولوجي)، وجزءاً أصماً (مادة الترشيح وهيكل المرشح وتجهيزاته) والتي تؤمن الظروف المناسبة لعمل الأحياء الدقيقة في نزع الملوثات من مياه المجاري.

تمثل عمليات الأكسدة البيوكيميائية في المرشح البيولوجي العمليات التي تجري في غيره من منشآت المعالجة البيولوجية، وخاصة ما يحدث في أراضي الري وأراضي الترشيح، لكن هذه العمليات تجري بشكل أكثر فاعلية في المرشح البيولوجي. فعند مرورها من خلال مادة الترشيح تترك المياه الملوثة على هذه المادة المركبات غير المنحلة الموجودة فيها والتي لم تترسب في المرسبات الأولى، وأيضاً المواد الكاليؤودية والمواد المنحلة والتي يتم امتزازها بواسطة الغشاء البيولوجي حيث تقوم الأحياء الدقيقة المشكلة لهذا الغشاء بأكسدة المواد العضوية للحصول على الطاقة اللازمة من أجل نشاطها الحيوي، وتستخدم جزءاً من هذه المواد من أجل زيادة كتلتها الحيوية، وبهذا الشكل يتم نزع الملوثات العضوية من مياه المجاري وبنفس الوقت تزداد الكتلة الفعالة للغشاء البيولوجي في جسم المرشح، كما هو مبين في الشكل (6-2).



الشكل (6-2): التبادل الكتلي للمواد بين الطبقة البيولوجية ومياه المجاري في جسم المرشح البيولوجي

تنسلخ الطبقة البيولوجية المنهكة والميتة عندما تزداد ثخانتها مما يؤدي إلى ضعف قوى التماسك بينها وبين مادة الترشيح وأيضاً نتيجة المرور المستمر لتتيار مياه المجاري من خلال مادة الترشيح وتخرج إلى خارج جسم المرشح مع المياه المعالجة.

6-2 تصنيف المرشحات البيولوجية وأنواعها وتجهيزاتها:

يمكن استخدام المرشحات البيولوجية من أجل المعالجة الكاملة ($BOD_{20} \leq 20 \text{ mg/l}$) ومن أجل المعالجة غير الكاملة ($20 \text{ mg/L} < BOD_{20} \leq 40 \text{ mg/L}$) لمياه المجاري، ويمكن تصنيفها حسب المواصفات الخاصة بشكل مادة الترشيح إلى:

1- **مرشحات ذات مادة مائلة:** تكون مادة الترشيح من الحصى، أو من الحجارة، أو الخشب

2- **مرشحات ذات مادة صفائحية:** حيث تكون مادة الترشيح من البلاستيك أو الأسبستوس أو السيراميك أو المعدن أو القماش وغيرها ..

تصنف المرشحات ذات المادة المائلة إلى:

- **مرشحات منخفضة الجهد:** تكون أبعاد حبات مادة الترشيح (20-30)mm وارتفاعها (1-2) m وتعمل هذه المرشحات بحمولة هيدروليكية منخفضة $(0.5-2) \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ (m^3 مياه مجاري على m^2 من سطح المرشح في اليوم)، ويُنصح باستخدامها من أجل المعالجة الكاملة لمياه المجاري التي لا تتجاوز كميتها $1000 \text{ m}^3/\text{day}$.
- **مرشحات عالية الجهد:** تكون أبعاد حبات مادة الترشيح (40-60) mm وارتفاعها (2-4) m، تتميز هذه المرشحات بضرورة ضخ الهواء اللازم لتأمين الأكسجين عبر مادة الترشيح من المنطقة الواقعة بين مادة الترشيح وقاع المرشح والتي تكون مغلقة بإحكام. تستخدم هذه المرشحات من أجل المعالجة الكاملة وغير الكاملة لمياه المجاري التي تصل كميتها حتى $50000 \text{ m}^3/\text{day}$.
- **مرشحات برجية:** تبلغ أبعاد حبات مادة الترشيح (60-80) mm وارتفاعها (8-16) m وتستخدم لمعالجة مياه مجاري كميتها حتى $50000 \text{ m}^3/\text{day}$

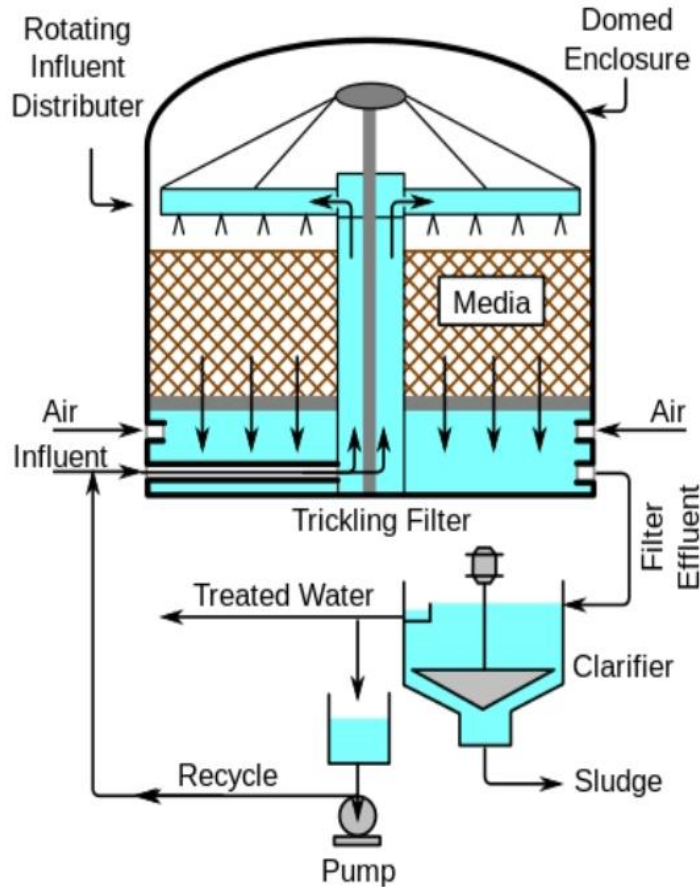
المرشحات الصفائحية:

ظهرت في السنوات الأخيرة العديد من مواد الترشيح الجديدة المؤلفة من مواد صفائحية بلاستيكية أو من الإسمنت أو على شكل بلوكات.

تتميز هذه المواد المصنعة بسطح نوعي كبير $90-250 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ومسامية عالية تزيد عن 90%، وبالتالي فهي تعتبر البديل العملي لمواد الترشيح المألوفة الكلاسيكية حيث تزيد من قدرة الأكسدة للمرشح من (3-4) مرات أكثر من المرشحات عالية الجهد ومن (8-10) مرات أكثر من المرشحات منخفضة الجهد، كما أن المسامية العالية لمواد الترشيح الجديدة وفتحاتها الكبيرة نسبياً تجعل هذه المرشحات غير قابلة للانسداد أبداً وتؤمن لها تهوية طبيعية ممتازة، وبالتالي تتجاوز أهم مساوئ المرشحات البيولوجية المألوفة القديمة.

6-3 تهوية المرشحات البيولوجية:

تحدث التهوية الطبيعية في المرشحات البيولوجية نتيجة الفرق في درجات الحرارة بين الهواء الخارجي وداخل جسم المرشح، وتدخل الكمية العظمى من الهواء إلى داخل المرشح عبر الفراغ السفلي الموجود بين مادة الترشيح وقاع المرشح ومن الأعلى مع المياه الداخلة. وتتعلق شدة تهوية المرشح البيولوجي بارتفاع طبقة الترشيح وحجم حباتها وارتفاع الفراغ السفلي للمرشح البيولوجي، حيث كلما كانت حبات مادة الترشيح أصغر ساءت ظروف التهوية.



الشكل (6-3): آلية تهوية المرشحات البيولوجية

يجب ألا تنخفض درجة الحرارة داخل المرشح عن 6°C وإلا فإن العمليات البيوكيميائية تتوقف تماماً، ويتم المحافظة على درجة حرارة مقبولة في المرشحات البيولوجية ذوات الاستطاعة الكبيرة والمتوسطة نتيجة لاستمرار مرور مياه المجاري من خلال مادة الترشيح حيث تزيد درجة حرارتها عادة عن 8°C لذلك فإن مثل هذه المرشحات لا تحتاج إلى تدفئة، أما المرشحات ذوات الاستطاعة الصغيرة فيجب وضعها عادة في منشآت مدفأة حتى لا تتعرض للبرودة وخاصة في الليل عندما تقل غزارة مياه المجاري أو تتوقف تماماً.

6-4 توزيع مياه المجاري على المرشحات البيولوجية:

يجب تأمين توزيع متساوٍ للمياه على سطح المرشحات البيولوجية حتى تقوم بعملها بشكل جيد، ويتم هذا التوزيع بواسطة آليتين: الآلية الأولى تعتمد على موزعات ثابتة عبارة عن مرشحات، والآلية الثانية مرشحات متحركة عبارة عن أذرع مثقبة تدور نتيجة رد الفعل العكسي لخروج المياه من الثقوب، كما يبين الشكل (6-4) وهذه هي الآلية الأكثر انتشاراً.



الشكل (6-4): مرشحات توزيع مياه المجاري على سطح المرشح

6-5 حساب المرشحات البيولوجية:

6-5-1 حساب المرشحات البيولوجية منخفضة الجهد:

توضع المرشحات البيولوجية منخفضة الجهد إما في الهواء الطلق أو في منشآت خاصة مدفأة وذلك تبعاً لتدفق مياه المجاري ومتوسط درجة حرارة الجو في فصل الشتاء. قيمة BOD_{20} لمياه المجاري المسموحة للمعالجة في هذه المرشحات تبلغ 220 mg/l ، والحمولة الهيدروليكية تُحدد $(1-3) \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{day}$ ، ويتم تصميم المرشحات منخفضة الجهد وفق الخطوات التالية:

1- تحديد المعامل K من العلاقة:

$$K = \frac{Len}{Lex}$$

Len: قيمة BOD₂₀ لمياه المجاري الداخلة إلى المرشح

Lex: قيمة BOD₂₀ لمياه المجاري الخارجة من المرشح

2- وحسب درجة حرارة المياه الوسطية في فصل الشتاء وقيمة K من الجدول (6-1) يتم تحديد ارتفاع المرشح H والحمولة الهيدروليكية q. في حال كانت قيمة K التي تم الحصول عليها أكبر من القيم الموجودة في الجدول السابق عندها لا بد من إجراء عملية تدوير للمياه ويتم حساب المرشح عندها حسب طريقة المرشحات عالية الجهد.

الجدول (6-1): المؤشرات التصميمية للمرشحات البيولوجية المنخفضة الجهد

الحمولة الهيدروليكية m ³ /m ² .day	قيم K من أجل مختلف درجات الحرارة الوسطية شتاءً لمياه المجاري C°			
	8	10	12	14
1	8.0/11.6	9.8/12.6	10.7/13.8	11.4/15.1
1.5	5.9/10.2	7.0/10.9	8.2/11.7	10.0/12.8
2	4.9/8.2	5.7/10.0	6.6/10.7	8.0/11.5
2.5	4.3/6.9	4.9/8.3	5.6/10.1	6.7/10.7
3	3.8/6.0	4.4/7.1	5.0/8.6	5.9/10.2

3- وفقاً لتدفق مياه المجاري Q (m³/day)، والحمولة الهيدروليكية q (m³/m².day) يتم تحديد المساحة الكلية لسطح المرشحات F (m²) وفق العلاقة:

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

تبنى المرشحات البيولوجية على شكل وحدات مستقلة، وتتعلق أبعادها وشكلها بطريقة توزيع مياه المجاري فوق سطحها وظروف استثمارها، عدد هذه الوحدات لا يقل عن 2 ولا يزيد عن (6-8) وحدات وجميعها تحت الاستثمار.

2-5-6 حساب المرشحات البيولوجية عالية الجهد:

توضع المرشحات عالية الجهد عادة في الهواء الطلق، ويتم تحديد ارتفاعها حسب قيمة BOD لمياه المجاري الداخلة إلى المعالجة ويجب ألا تتجاوز 300 mg/l، والحمولة الهيدروليكية تتراوح (10-30) m³/m².day، يتم حساب المرشحات عالية الجهد وفق الخطوات التالية:

1- تحديد المعامل K من العلاقة:

$$K = \frac{Len}{Lex}$$

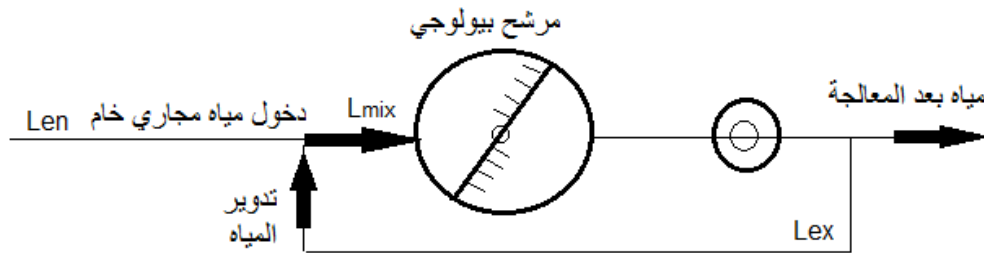
2- تبعاً لمتوسط درجة حرارة مياه المجاري في الشتاء T وقيمة K، ومن الجدول (6-2) نحدد ارتفاع المرشح H، والحمولة الهيدروليكية q، وكمية الهواء المضخوخ B. من أجل المعالجة بدون

إعادة تدوير للمياه تؤخذ القيم B,q,H من الجدول حسب القيمة الأقرب والأكبر من قيمة K الحسابية ومن أجل المعالجة مع إعادة تدوير حسب قيمة K الأقرب والأصغر من القيمة الحسابية. عند المعالجة بدون تدوير للمياه نحسب مساحة سطح المرشحات من العلاقة:

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

وعند المعالجة مع تدوير للمياه كما يبين الشكل (5-6)، نحدد أولاً قيمة BOD المسموحة لمزيج المياه الداخلة والمعادة (mg/l) L_{mix} ، ومعامل الإعادة R ومساحة سطح المرشحات F:

$$L_{mix} = K \cdot L_{ex}$$



الشكل (5-6): مرشح بيولوجي عالي الجهد مع إعادة تدوير للمياه

$$R = \frac{L_{ex} - L_{mix}}{L_{mix} - L_{ex}}$$

$$F = \frac{Q(R+1)}{q}$$

الجدول (2-6): المؤشرات التصميمية للمرشحات البيولوجية عالية الجهد

ارتفاع المرشح H (m)	قيم K لمختلف درجات حرارة مياه المجاري الوسطية شتاءً C°							
	8		10		12		14	
	الحمولة الهيدروليكية (m³/m².day)							
	10	20	10	20	10	20	10	20
مياه مجاري / هواء B=8 m³								
2	3.02	2.32	3.38	2.5	3.76	2.74	4.3	3.02
3	5.25	3.53	6.2	3.96	7.32	4.64	8.95	5.25
4	9.05	5.37	10.4	6.25	11.2	7.54	12.1	9.05
مياه مجاري / هواء B=10 m³								
2	3.69	2.89	4.08	3.11	4.5	3.36	5.09	3.67
3	6.1	4.24	7.08	4.74	8.23	5.31	9.9	6.04
4	10.1	6.23	12.3	7.18	15.1	8.45	16.4	10
مياه مجاري / هواء B=12 m³								
2	4.32	3.38	4.76	3.72	5.31	3.98	5.97	4.31
3	7.25	5.01	8.35	5.55	9.9	6.35	11.7	7.2
4	12	7.35	14.8	8.25	18.4	10.4	23.1	12

6-5-3 حساب المرشحات البيولوجية ذات مادة الترشيح الصفائحية:

توضع المرشحات البيولوجية الصفائحية عادة ضمن منشآت مغلقة خاصة، ويحدد ارتفاع المرشحات تبعاً لدرجة المعالجة المطلوبة، وقيمة BOD المسموحة لمياه المجاري الداخلة على المعالجة الكاملة يجب ألا تتجاوز 250 mg/l، ومن أجل المعالجة غير الكاملة فإن قيمة BOD غير محددة. كما تتعلق الحمولة الهيدروليكية بدرجة المعالجة المطلوبة وتركيز الملوثات العضوية في مياه المجاري الداخلة. يتم حساب المرشحات الصفائحية باستخدام قيمة BOD₅ كمايلي:

1- حسب قيمة BOD₅ المطلوبة لمياه المجاري بعد المعالجة والتي تساوي L_{ex} (mg/l)، نجد من الجدول (6-3) قيمة التابع η .

الجدول (6-3): قيم η من أجل مختلف قيم L_{ex}

L_{ex} (mg/l)	η	L_{ex} (mg/l)	η	L_{ex} (mg/l)	η
10	3.3	25	2	40	1.45
15	2.6	30	1.75	45	1.3
20	2.25	35	1.6	50	1.2

2- نحسب ثابت الحرارة للطلب على الأكسجين من العلاقة:

$$K_T = 0.2 * 1.047^{(T-20)}$$

3- نحسب كتلة الملوثات العضوية المسموحة معبراً عنها بقيمة BOD₅ الداخلة في يوم واحد على سطح مادة الترشيح M (g/m².day) وفق العلاقة:

$$M = \frac{P.H.K_T}{\eta}$$

P: مسامية مادة الترشيح %

H: ارتفاع مادة الترشيح ولا تقل عن m (3-4)

4- نحدد قيمة الحمل الهيدروليكي المسموح q (m³/m³.day) وفق العلاقة:

$$q = \frac{M.S}{L_{en}}$$

S: السطح النوعي لمادة الترشيح (m²/m³)

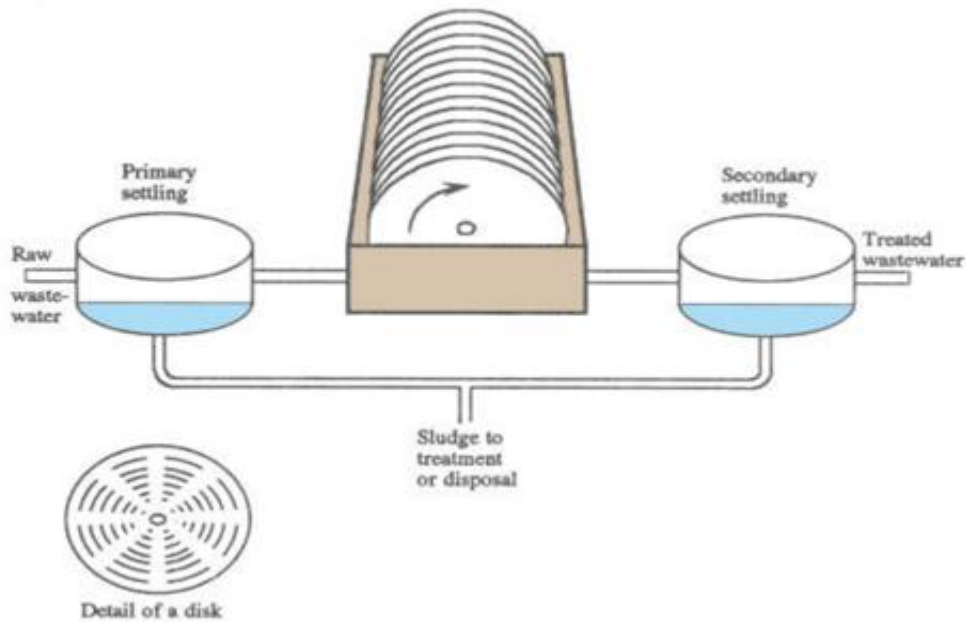
L_{en} : قيمة BOD₅ لمياه المجاري الداخلة إلى المعالجة (mg/l)

من ثم حسب التدفق اليومي المعطى Q (m³/day) وقيمة الحمولة q المحسوبة نحدد حجم مادة الترشيح وعدد المرشحات وأبعادها.

6-6 المرشحات البيولوجية ذات الأقراص الدوارة:

6-6-1 هيكلية المرشحات ذات الأقراص الدوارة وآلية نزع الملوثات منها:

تتألف من أقراص قطرها m (2-3) تُجمع ضمن مجموعات تضم (30-180) قرص، وتثبت إلى محور دوران أفقي وعلى تباعد فيما بينها mm (10-25). تُصنع الأقراص من المعدن أو البلاستيك أو القماش وغيرها، وتتراوح سماكتها mm (1-10)، تواتر دورانها حول المحور الأفقي (2-20) دورة في الدقيقة، ونسبة غمر الأقراص ضمن المياه المعالجة (0.3-0.45) من القطر. تدخل مياه المجاري إلى مدخل التوزيع ومنه إلى خزان المرشح ذو الأقراص حيث توجد مجموعة الأقراص التي تدور بشكل دائم بواسطة محرك كما هو مبين في الشكل (6-6).



الشكل (6-6): المرشحات البيولوجية ذات الأقراص الدوارة

تنمو على سطح الأقراص الكائنات الدقيقة مشكلة طبقة بيولوجية مشابهة للغشاء البيولوجي الذي يتشكل على سطح مادة الترشيح في المرشحات البيولوجية.

عندما يتواجد سطح القرص المثبت عليه الطبقة البيولوجية ضمن مياه المجاري تقوم الكائنات الدقيقة بالتفاعلات البيوكيميائية من خلال امتزاز المركبات المنحلة وغير المنحلة الموجودة في مياه المجاري، وعند دوران القرص تتواجد الطبقة البيولوجية في الوسط الهوائي حيث تقوم بامتصاص الأكسجين اللازم لأكسدة الملوثات التي تم امتزازها، كما يتم من خلال دوران الأقراص تهوية السائل المعالج.

ينسلخ جزء من الطبقة البيولوجية عن سطح الأقراص ويسقط في الحوض الحاوي على الأقراص وتصبح بحالة معلقة مشابهة لحالة الحمأة المنشطة في أحواض التهوية، وبهذا الشكل فإن عملية نزع الملوثات وأكسدتها تتم في مثل هذه المرشحات بطريقتين: الأولى بواسطة الطبقة البيولوجية المثبتة على سطح الأقراص كما في المرشحات البيولوجية، والثانية بواسطة الحمأة المعلقة الموجودة في حوض السائل كما في أحواض التهوية.

6-6-2 تصميم المرشحات ذات الأقراص الدوارة:

تبعاً لمحتوى مياه المجاري من الملوثات ودرجة المعالجة المطلوبة لمياه المجاري يتم تحديد عدد مراحل الأقراص المغمورة للمرشح وعادة يكون (4 - 1) مراحل أو أكثر، وكفاءة عمل هذه المرشحات % (50 - 98). الحمل العضوي بقيمة BOD_{20} على واحد متر مربع من سطح الأقراص يصل إلى $200 \text{ g/m}^3.\text{day}$. مدة بقاء مياه المجاري في حوض الترشيح (3 - 0.5) hour، وتركيز الملوثات العضوية في المياه الداخلة إلى المعالجة غير محدود.

يتم حساب المرشحات ذات الأقراص الدوارة بتحديد المساحة الكلية لسطح الأقراص، وأقطار هذه الأقراص، وعدد دورات مجموعة الأقراص، وعدد مراحل الأقراص، وزمن بقاء المياه في خزان المرشح، وغيرها.. الشكل (6-7)



الشكل (6-7): مرشحات بيولوجية ذات الأقراص الدوارة بمراحل متعددة