HYDRODYNAMIC AERATOR — CUSTOMER GUIDE

TurboTube

الدليل التعليمي لناشر التهوية الهيدروديناميكي

كيف يذيب TurboTube الأكسجين بالخلط بدل المسام الدقيقة، ولماذا لا ينسد، وكيف تحسب كمية الهواء وعدد الوحدات لحوضك خطوة بخطوة.



HYDRODYNAMIC AERATOR

TurboTube

ناشر تهوية هيدروديناميكي لا ينسد

يخلط الهواء بالماء داخله... بدل الاعتماد على مسام دقيقة

- فتحة هواء واحدة كبيرة — لا مسام تنسد
- تيار حلزوني وفواصل دقيقة تذيب الأكسجين
- يسحب الحمأة من القاع ويقلّب الحوض
- بلا أجزاء متحركة — يُركّب دون تفريغ الحوض

تطوير وتصنيع محلي — مسكوب العالمية، مصر

Edition 1 · 2026

تطوير وتصنيع مسكوب العالمية — مصر

CONTENTS

محتويات الدليل

01	لماذا التهوية هي قلب المعالجة البيولوجية؟	3
02	ماذا يوجد داخل TurboTube؟	4
03	كيف يذيب الأكسجين: خمس مراحل	5
04	هيدروديناميكي أم مسامي؟	6
05	معامل ألفا: الرقم الأهم	7
06	TurboTube داخل الحوض والتركيب	8
07	كيف تحسب كمية الهواء وعدد الوحدات	9
08	مثال محلول: محطة 1,000 م³/يوم	10
09	برنامج اختبارات مسكوب	11
10	التطبيقات والتشغيل والصيانة	12
11	أسئلة شائعة	13

عن هذا الدليل: TurboTube ناشر هيدروديناميكي طوّرته مسكوب محليًا بالهندسة العكسية، ويُصنع من البلاستيك. الشرح الفني فيه مبني على مبادئ هندسية عامة وعلى نموذج التصميم الفعلي لمسكوب. أرقام الأداء النهائية (كفاءة نقل الأكسجين، ومعامل ألفا، ومقاومة الهواء) ستُنشر بعد اكتمال برنامج اختبارات مسكوب الموضح في الفصل 09.

CHAPTER 01

لماذا التهوية هي قلب المعالجة البيولوجية؟

في أحواض الحمأة المنشطة تأكل البكتيريا المواد العضوية في مياه الصرف، لكنها تحتاج الأكسجين لتتنفس. لذلك تحتاج الأحواض تهوية مستمرة.

- **التهوية أكبر مستهلك للكهرباء في المحطة:** غالبًا ما تمثل نصف استهلاك المحطة أو أكثر.
- **للتهوية وظيفتان:** إذابة الأكسجين للبكتيريا، وتقليب الحوض حتى لا تترسب الحمأة.
- **كفاءة الناشر** تحدد كمية الهواء المطلوبة، وبالتالي حجم النافخات والكهرباء المستهلكة.
- **انسداد الناشرات** من أكثر مشكلات التشغيل شيوعًا: ترتفع مقاومة الهواء، فيحمل النافخ ويزيد استهلاكه، ثم يجب تفريغ الحوض لتنظيف الناشرات أو استبدالها.

فكرة TurboTube: بدلًا من إنتاج فقاعات صغيرة عبر مسام دقيقة قابلة للانسداد، يُدخل الهواء من فتحة واحدة كبيرة، ثم يخلطه بالماء والحمأة خلطًا قويًا داخل جسمه فيُجبر الأكسجين على الذوبان.

CHAPTER 02

ماذا يوجد داخل TurboTube؟

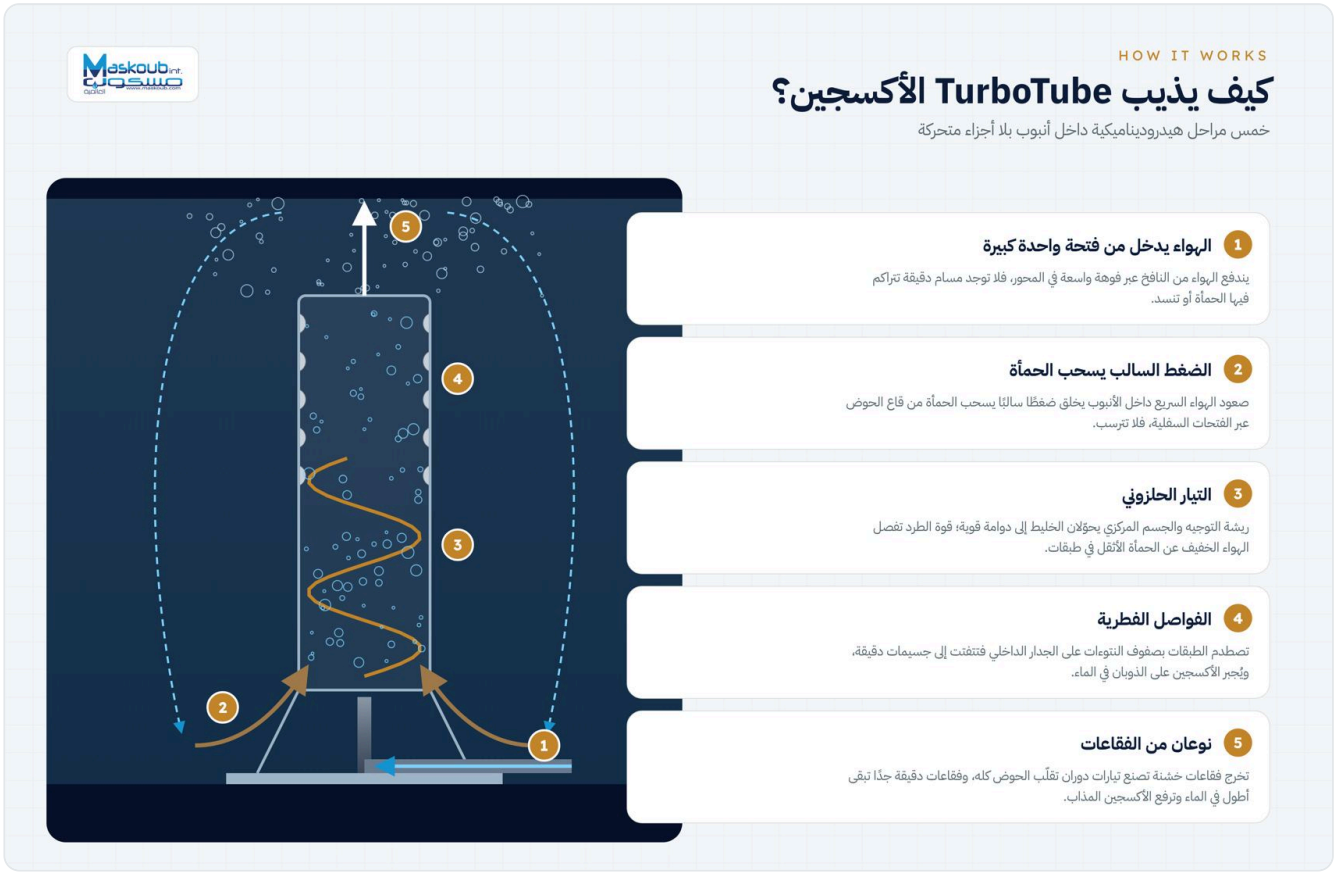


الجزء	الوظيفة
ماسورة الهواء وفوهتها	تدخل من الجانب وتصعد في محور الأنبوب، وتطلق الهواء من فتحة واحدة كبيرة.
فتحات دخول الحمأة	بين أضلاع القاعدة؛ منها تُسحب الحمأة والماء من قاع الحوض إلى داخل الأنبوب.
الجسم المركزي وريشة التوجيه	تحوّل الخليط الصاعد إلى تيار حلزوني قوي.
الفواصل الفطرية	صفوف من النتوءات على الجدار الداخلي في الجزء العلوي، تفتت الخليط إلى جسيمات دقيقة.
القاعدة بأضلاعها	ترتكز على قاع الحوض، ويضغطها التيار الصاعد فتثبت دون مسامير.

التصنيع من البلاستيك؛ لا أجزاء متحركة ولا أجزاء مسامية.

CHAPTER 03

كيف يذيب الأكسجين: خمس مراحل



المبدأ الأساسي: الأكسجين يذوب في الماء أسرع كلما زادت مساحة التلامس بين الهواء والماء، وكلما تجدد سطح التلامس باستمرار. الناشر المسامي يعتمد على حجم الفقاعة فقط، أما TurboTube فيعتمد على الخلط القسري: تيار حلزوني، ثم اصطدام بالفواصل، ثم تفتت إلى جسيمات دقيقة.

CHAPTER 04

هيدروديناميكي أم مسامي؟

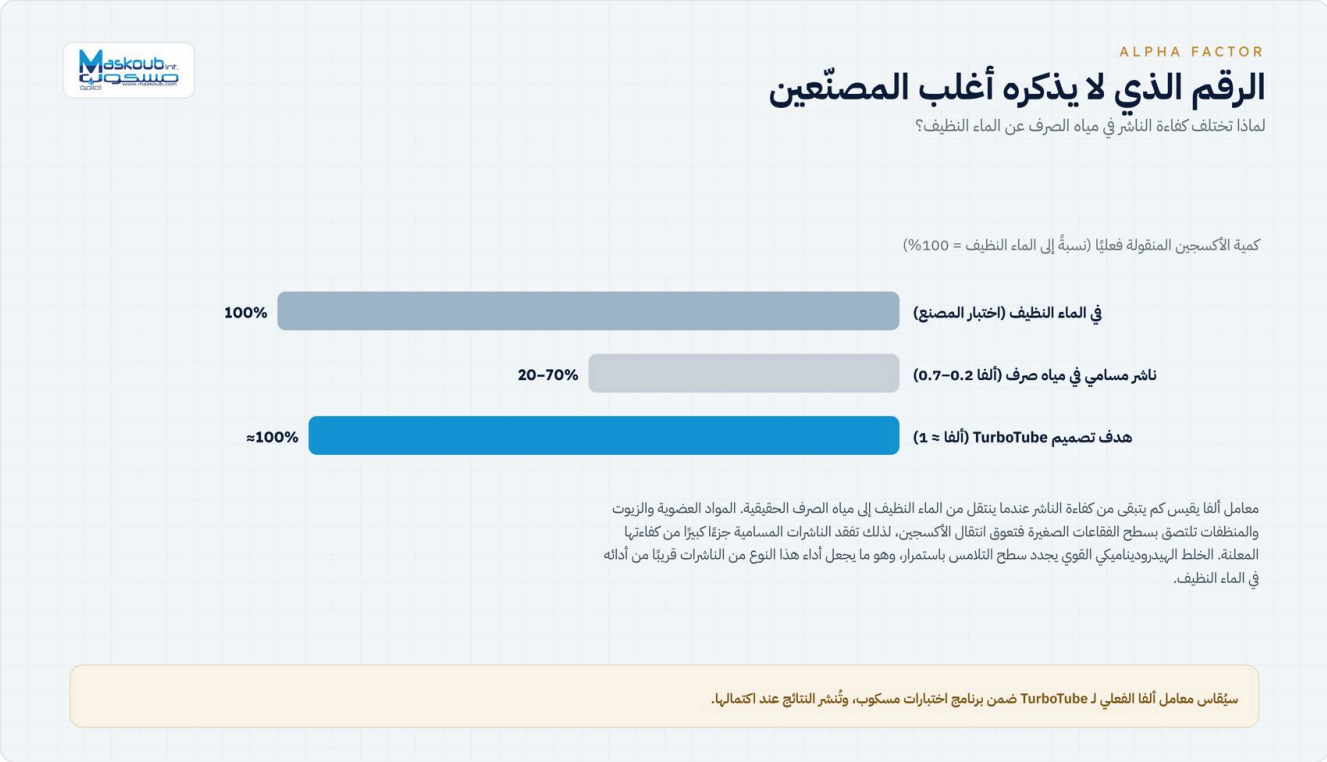


لماذا تنسد الناشرات المسامية؟

عند خروج الهواء من المسام الدقيقة يخرج على دفعات متقطعة، وبين كل دفعة وأخرى يدفع ضغط الماء الحمأة إلى داخل المسام. يجف جزء منها بحرارة هواء النافخ ويتراكم، فتضيق المسام تدريجيًا وترتفع مقاومة الهواء. أما الفتحة الواسعة في TurboTube فلا يتراكم فيها شيء، والتيار القوي ينظفها باستمرار.

CHAPTER 05

معامل ألفا: الرقم الأهم



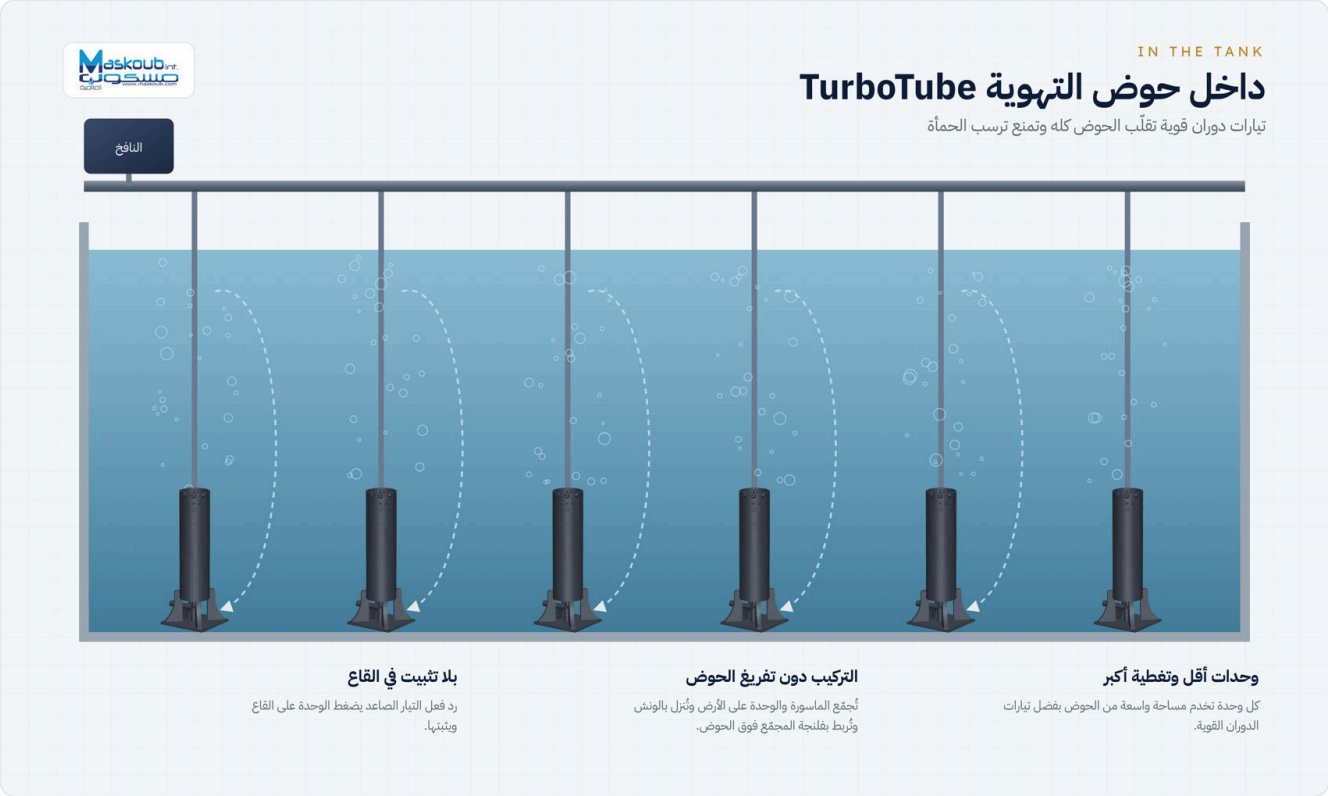
تُختبر الناشرات عادة في ماء نظيف، لأنه معيار موحّد. لكن مياه الصرف تحتوي على مواد عضوية وزيوت ومنظفات تقلل انتقال الأكسجين. معامل ألفا هو النسبة بين كفاءة الناشر في مياه الصرف وكفاءته في الماء النظيف:

$$\alpha = OTR(wastewater) / OTR(clean\ water)$$

للناشرات المسامية يتراوح ألفا عادة بين 0.2 و0.7 حسب نوع الصرف. يعني ذلك أن ناشرًا كفاءته المعلنة 30% قد تكون كفاءته الفعلية 9–20% فقط. لذلك عند المقارنة بين الناشرات اسأل دائمًا: ما كفاءته في مياه الصرف، وليس في الماء النظيف؟

CHAPTER 06

TurboTube داخل الحوض والتركيب



خطوات التركيب دون تفريغ الحوض

1. تُجمّع ماسورة الهواء الفرعية مع الوحدة على الأرض.
2. تُرفع المجموعة بونش أو بلوك سلسلة وتُنزل في الحوض الممتلئ بالماء.
3. عندما تستقر الوحدة على القاع تُربط فلنجة الماسورة بالمجمّع فوق الحوض.

التصميم يسمح بإخراج أي وحدة للفحص بنفس الطريقة دون إيقاف الحوض.

CHAPTER 07

كيف تحسب كمية الهواء وعدد الوحدات



الرمز	المعنى	قيمة استرشادية
Q	التصرف اليومي	م³/يوم
ΔBOD	BOD المزال (الداخل − الخارج)	كجم/م³
1.2	كجم أكسجين لكل كجم BOD مزال	1.0–1.5 حسب عمر الحمأة
4.57	كجم أكسجين لكل كجم أمونيا تتحول إلى نترات	ثابت كيميائي
α	معامل ألفا للناشر	مسامي 0.2–0.7
F	تصحيح الحرارة والملوحة والأكسجين المتبقي (β، DO، θ)	≈ 0.5–0.7
SOTE	كفاءة نقل الأكسجين القياسية عند عمق الحوض	من اختبار الناشر
q	سعة الهواء للوحدة الواحدة	من جدول الموديلات

CHAPTER 08

مثال محلول: محطة 1,000 م³/يوم

محطة صرف صحي تصرفها 1,000 م³/يوم، BOD الداخل 250 مجم/لتر والمطلوب 20 مجم/لتر، مع نترجة 30 مجم/لتر أمونيا. عمق حوض التهوية 4.5 م وزمن البقاء 8 ساعات.

الخطوة	الحساب	النتيجة
BOD المزال	1000 × 0.23	230 kg/d
الأمونيا المتحولة	1000 × 0.03	30 kg/d
1. الأكسجين الفعلي AOR	1.2×230 + 4.57×30	≈ 413 kg O_2/d

2 و3. أثر معامل ألفا على كمية الهواء (F = 0.6)

البند	ناشر مسامي	ناشر هيدروديناميكي
معامل ألفا المفترض	0.5	1.0 (هدف تصميم)
SOR = AOR ÷ (α × F)	≈ 1,377 kg/d	≈ 689 kg/d
SOTE المفترضة عند 4.5 م	27%	20%
الهواء = SOR ÷ (0.279 × SOTE)	≈ 762 Nm³/h	≈ 514 Nm³/h

لاحظ: رغم أن كفاءة الناشر المسامي في الماء النظيف أعلى في هذا المثال، احتاج هواءً أكثر بنحو 48% بسبب انخفاض ألفا في مياه الصرف.

4. عدد الوحدات

N = كمية الهواء ÷ سعة الوحدة. فلو كانت سعة الموديل المختار 60 Nm³/h مثلًا: 514 ÷ 60 ≈ 9 وحدات.

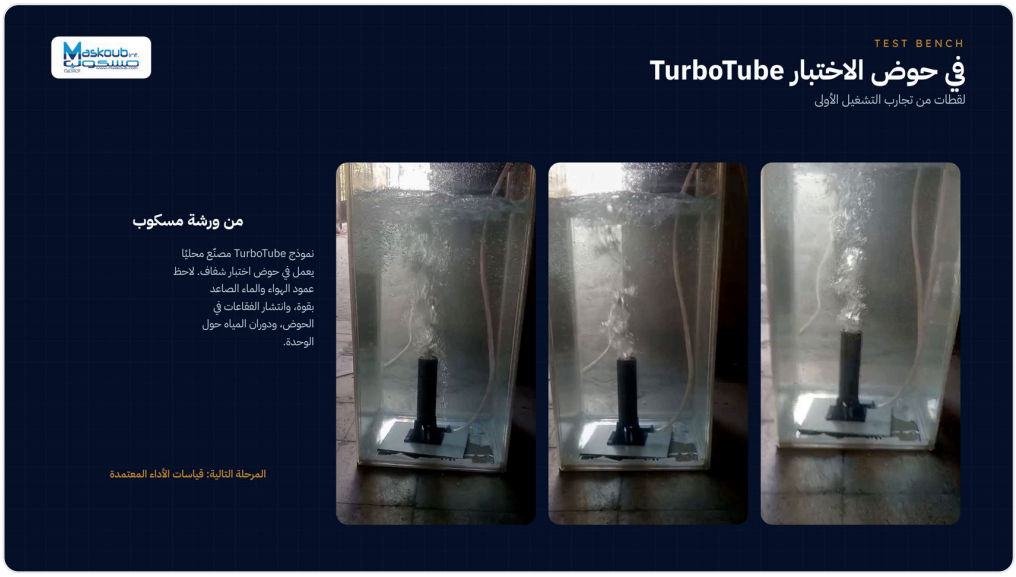
5. التحقق من الخلط

حجم الحوض = 1,000 × 8 ÷ 24 ≈ 333 م³. قيمة استرشادية شائعة للخلط بالتهوية: 1.2–1.8 Nm³/h لكل م³، أي 400–600 Nm³/h، والهواء المحسوب 514 Nm³/h كافٍ للخلط.

> **تنبيه:** قيم SOTE وسعة الوحدة وألفا لـ TurboTube في هذا المثال افتراضية لأغراض التعليم فقط، وتُستبدل بنتائج اختبارات مسكوب عند صدورها.

CHAPTER 09

برنامج اختبارات مسكوب



أنهت مسكوب تجارب التشغيل الأولى لنموذج TurboTube في حوض اختبار شفاف. المرحلة التالية قياسات أداء وفق إجراءات قياسية، تُنشر نتائجها في هذا الجدول:

القياس	الطريقة	النتيجة
كفاءة نقل الأكسجين SOTE عند أعماق 3–6 م	إزالة الأكسجين ثم إعادة التهوية في ماء نظيف (ASCE)	تُنشر لاحقًا
معامل ألفا	نفس الاختبار في مياه صرف حقيقية أو ماء مضاف إليه منظفات	تُنشر لاحقًا
مقاومة الهواء (مم ماء)	فرق الضغط عند معدلات هواء مختلفة	تُنشر لاحقًا
سعة الهواء لكل موديل	مدى التشغيل المستقر	تُنشر لاحقًا
نصف قطر الخلط والتغطية	قياس سرعات التيار وتوزيع الأكسجين	تُنشر لاحقًا
اختبار عدم الانسداد	تشغيل متقطع في حمأة عالية التركيز	تُنشر لاحقًا

CHAPTER 10

التطبيقات والتشغيل والصيانة



التشغيل

- التهوية المستمرة أو المتقطعة كلاهما ممكن.
- راقب الأكسجين المذاب في الحوض واضبط النافخ عليه (يفضل 1.5–2.5 مجم/لتر).
- راقب ضغط خط الهواء؛ ثباته علامة على عدم الانسداد.

الصيانة

- لا أجزاء متحركة أو مسامية تحتاج استبدالًا دوريًا.
- فحص بصري للوحدات عند تفريغ الحوض في الصيانة العامة.
- فحص مواسير الهواء والفلنجات والمحابس.
- صيانة النافخ حسب تعليمات مصنعه.

CHAPTER 11

أسئلة شائعة

هل TurboTube بديل مباشر للناشرات المسامية في حوضي القائم؟

غالبًا نعم، ويُحسب العدد والهواء من جديد. وقد يقل عدد الوحدات كثيرًا لأن كل وحدة تغطي مساحة أكبر.

هل يعمل مع النافخ الموجود؟

المقاومة المنخفضة للوحدة تخفف الحمل على النافخ؛ نراجع ضغط النافخ وكمية هوائه مع الحساب الجديد.

ما العمق المناسب؟

يعمل في أعماق الأحواض المعتادة. تُحدد حدود العمق النهائية مع نتائج الاختبار.

هل يصلح للحمأة عالية التركيز أو مياه بها كلس ورواسب؟

هذا من أهم مجالاته، لأنه لا ينسد ويسحب الرواسب من القاع.

لماذا البلاستيك؟

مقاوم للتآكل في مياه الصرف، وخفيف يسهل تركيبه وإخراجه.

هل يمكن استخدامه في الاسترزاع السمكي والبحيرات؟

نعم، لرفع الأكسجين وتقليب المياه الراكدة.

ما البيانات المطلوبة لعرض فني؟

التصرف، وBOD والأمونيا، وأبعاد الأحواض وعمقها، وبيانات النافخ الحالي إن وجد.

مسكوب العالمية للمقاولات — قطعة 8311، شارع الخزان، المقطم، القاهرة · +20 101 851 2007 ·
info@maskoub.com · +20 128 196 5139