

Filtermaterial i markbaserade avloppsanläggningar

Hållbara alternativ till naturgrus

Elin Ulinder, Geert Cornelis,
Andreas Lindhe, Ida Sylwan,
Anna-Karin Dahlberg, Karin Wiberg,
Madelen Malm, Lukas Farquharson,
Maria Hübinette, Maja Englund,
David Eveborn, Jon-Petter Gustafsson,
Paul Löffler, Erik Sindhøj

RAPPORT 7160 | JANUARI 2025



Filtermaterial i markbaserade avloppsanläggningar

Hållbara alternativ till naturgrus

av Elin Ulinder, Geert Cornelis, Andreas Lindhe, Ida Sylwan, Anna-Karin Dahlberg,
Karin Wiberg, Madelen Malm, Lukas Farquharson, Maria Hübinette, Maja Englund,
David Eveborn, Jon-Petter Gustafsson, Paul Löffler och Erik Sindhøj

Naturvårdsverket

Tel: 010-698 10 00

E-post: registrator@naturvardsverket.se

Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm

Internet: www.naturvardsverket.se

ISBN 978-91-620-7160-8

ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2025

Tryck: Arkitektkopia AB, Bromma 2025

Omslagsfoto: David Eveborn

Förord

Här presenteras resultaten från forskningsprojektet ”Filtermaterial i markbaserade anläggningar – hållbara alternativ till naturgrus”. Projektet är ett av fyra syntesprojekt som genomförts inom satsningen Avloppsvatten och övergödning.

Med de fyra syntesarbeten ville Naturvårdsverket och Havs- och vattenmyndigheten få sammanfattad och analyserad kunskapsläge och kunskapsbehov inom områdena avloppsvatten och övergödning. Det övergripande syftet med synteserna var att bidra till policyutveckling inom hållbar vattenhantering så att vi uppnår miljömålen på lång sikt och att miljöns tillstånd förbättras. Utlysningen var inriktad på tre områden varav ett var material i markbaserade avloppsanläggningar.

Projektet har finansierats med medel från Naturvårdsverkets miljöforskningsanslag.

Rapporten har skrivits av Elin Ulinder, Ida Sylwan, Madelen Malm, Maja Englund och Erik Sindhøj (alla RISE), Geert Cornelis, Anna-Karin Dahlberg, Karin Wiberg, Jon-Petter Gustafsson och Paul Löffler (alla SLU), Andreas Lindhe (Chalmers), Lukas Farquharson (WSP), Maria Hübinette (Länsstyrelsen Västra Götalands län) samt David Eveborn (SGU).

Rapporten har granskats för vetenskaplig kvalitet av Petter D. Jenssen (Norges miljø- og biovitenskaplige universitet, NMBU), för praktisk relevans av Bodil Aronsson Forsberg och Åsa Gunnarsson (Havs- och vattenmyndigheten) samt av Anna Åkerblom (Naturvårdsverket).

Författarna svarar för rapportens innehåll.

Stockholm i januari 2025

Johan Bogren
Tf. Avdelningschef, Hållbarhetsavdelningen

Innehåll

Förord	3
Begreppslista	6
Sammanfattning	7
Summary	9
1. Inledning	11
1.1 Syfte	11
1.2 Frågeställningar	11
1.3 Finansiär och projekttid	12
1.4 Forskningsgrupp	12
1.5 Referensgrupp	12
1.6 Avgränsningar	12
2. Bakgrund	14
2.1 Teknisk beskrivning	14
2.2 Reningseffektivitet	18
2.3 Naturgrus	18
2.4 Alternativa filtermaterial	19
2.5 Filtermaterialets påverkan på funktion	20
2.6 Designens påverkan på funktion	21
3. Metod	23
3.1 Identifiering och urval av material	23
3.2 Djupstudier och utvärdering av material	24
3.2.1 Bedömning av reningsförmåga och genomsläpplighet	27
4. Resultat	32
4.1 Identifierade filtermaterial samt urval av material	32
4.2 Filtermaterial som undersökts efter urval	34
4.2.1 Ballast från tvättade schaktmassor	35
4.2.2 Bark	36
4.2.3 Bergkross	36
4.2.4 Biokol	37
4.2.5 Däckklipp	37
4.2.6 Krossad betong	37
4.2.7 Grov morän	38
4.3 Identifierade kriterier	39
4.4 Tekniska kriterier	41
4.4.1 Livslängd	41
4.4.2 Reningseffektivitet	47
4.5 Sociala kriterier	55
4.5.1 Hälsa- och arbetsmiljörisker vid framställning av filtermaterial och byggnation av avloppsanläggning	55
4.5.2 Samhällelig acceptans	59
4.5.3 Intressekonflikt resursanvändning	62

4.6	Miljömässiga kriterier	65
4.6.1	Klimatpåverkan vid framställning av filtermaterial	65
4.6.2	Klimatpåverkan från transporter	71
4.6.3	Användning av icke förnybara resurser	73
4.6.4	Läckage av toxiska ämnen samt mikroplast	76
4.7	Ekonomiska kriterier	81
4.7.1	Materialets kostnad	81
4.7.2	Tillgängliga volymer	86
4.7.3	Produktens mognadsgrad	90
4.8	Viktning av kriterier	94
4.9	Sammantagen bedömning av potential	97
4.9.1	Prestandamatrix och viktade poäng	97
4.9.2	Osäkerheter	102
4.9.3	Känslighetsanalys	103
4.9.4	Osäkerhet och högt viktade kriterier	104
4.10	Material utanför MKA:n	105
5.	Diskussion	106
5.1	Vad säger multikriterieanalysen?	106
5.1.1	Skillnad mot tillståndsprovning	107
5.2	Urval av material till djupstudier	107
5.3	De djupstuderade materialens möjligheter och utmaningar	107
5.3.1	Bark	108
5.3.2	Däckklipp	109
5.3.3	Grov morän	110
5.3.4	Krossad betong	111
5.3.5	Ballast från tvättade schaktmassor	112
5.3.6	Bergkross	113
5.3.7	Biokol	114
5.3.8	Osäkerheter och högt viktade kriterier	115
5.3.9	Utredningsbehov per material	116
5.4	Osäkerheter i bedömningen	118
5.4.1	Bedömda osäkerheter i MKA:n	118
5.4.2	Osäkerheter på grund av olika förutsättningar	119
5.4.3	Osäkerheter på grund av viktningen	120
5.5	Avgränsningar i bedömningen	120
5.6	Framtidens filtermaterial	121
5.7	Förslag på bidrag	122
6.	Slutsatser	123
7.	Författarnas tack	125
8.	Källförteckning	126
8.1	Personlig kommunikation	135
8.2	Planerade publikationer från projektet	136
	Bilaga A. Söksträng	137
	Bilaga B. Urval av material	139
	Bilaga C. Hur mycket naturgrus behövs per år?	141

Begreppslista

Term	Förklaring
BOD	Biokemisk syreförbrukning
Filtermaterial	Avser här det material som utgör huvuddelen av den markbaserade avloppsanläggningen, och utgör det medium där huvudsaklig rening antas ske. Traditionellt används naturgrus som filtermaterial.
Markbaserad avloppsanläggning	Anläggning för rening av avloppsvatten där reningen sker genom att vattnet rinner vertikalt genom granulärt material. Det granulära materialet består traditionellt av den naturliga marken eller annat markmaterial. De vanligaste varianterna på markbaserade avloppsanläggningar är infiltrationsanläggning och markbädd.
Mikroplast	Plastpartiklar mindre än 5 mm.
Multikriterieanalys (MKA)	Beslutsstödsmetod för att strukturerat utvärdera och jämföra alternativ med avseende på fler olika aspekter (kriterier).
Naturgrus	Geologiskt bildade jordarter (t.ex. isälvsediment och svallsediment) som är sorterade och bestående huvudsakligen av sand, grus och sten. Vid användning av naturgrus som filtermaterial för markbaserad rening i Sverige ligger relevant kornstorleksfördelning i spannet ~0–8 mm. Naturgrus avser därför i detta sammanhang en blandning mellan sand och grus.
Organiska miljögifter	Miljö- och hälsoskadliga organiska ämnen genererade via mänsklig verksamhet – antingen genom medveten syntetisering (för framställning av t.ex. läkemedel eller bekämpningsmedel), eller oavsiktlig generering (som biprodukt från annan mänsklig verksamhet).
Patogener	Smittämnen, här avses potentiellt sjukdomsframkallande mikroorganismer så som virus och bakterier
P	Persistenta organiska mikroföroreningar. Här har benämningen P satts för alla organiska mikroföroreningar som är persistenta men icke mobila och icke bioackumulerande
PB & PBM	Persistenta, mobila och bioackumulerande organiska mikroföroreningar. Här har benämningen PB & PBM satts för alla organiska mikroföroreningar som är persistenta och bioackumulerande samt i vissa fall mobila.
PM	Persistenta, mobila organiska mikroföroreningar. Här har benämningen PM satts för alla organiska mikroföroreningar som är persistenta och mobila men icke-bioackumulerande
Små avlopp	Som små avlopp räknas de avloppsreningsanläggningar som har en belastning på 200 personekvivalenter eller mindre. I denna studie antas belastningen utgöras av spillvatten huvudsakligen från hushåll.

Sammanfattning

Det filtermaterial som används i markbaserade avloppsanläggningar, avsedda för rening av hushållsvatten, utgörs traditionellt av naturgrus. Kring hälften av de små avloppsanläggningarna i Sverige bedöms vara markbaserade anläggningar. Samtidigt finns en målsättning om att minska det nationella naturgrusuttaget, och det är inte tillåtet att etablera en naturgrustäkt om det är tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt att använda ett alternativt material. Detta med anledning av att naturgrus betraktas som en ändlig resurs av stor betydelse för Sveriges dricksvattenförsörjning, med tanke på naturgrusförekomsternas förmåga att lagra vatten och potential att därmed utgöra vattentäcker. Detta projekt har syftat till att identifiera material som skulle kunna ersätta naturgrus som filtermaterial i markbaserade avloppsanläggningar, samt att bedöma teknisk funktionalitet och hållbarhet hos dessa alternativa material. Bedömningen av hållbarhet har delats in i miljömässiga, ekonomiska och sociala aspekter. Projektets huvudsakliga frågeställningar var:

1. Vilka material har högst potential som hållbara filtermaterial i markbaserade avloppsanläggningar?
2. Vilka ytterligare studier behövs för att bättre kunna utvärdera respektive materials potential samt optimera användningen av dessa material som filtermaterial?

Inledningsvis identifierades 35 potentiella filtermaterial, baserat på erfarenhet hos projektgruppen men också genom inhämtning av förslag från externa parter och litteratursökningar. För att avgränsa studiens omfång beslutades att sju filtermaterial skulle väljas ut för vidare undersökningar, här benämnda djupstudie. Urvalet av material till djupstudien gjordes baserat på hur mycket litteraturdata som fanns tillgänglig rörande respektive material. Bedömning av mängden tillgängliga litteraturdata baserades på litteratursökning via den vetenskapliga databasen Scopus, där artiklar som inkluderade tema avloppsrening samt filtrering söktes ut (1 529 artiklar identifierades). Urvalet av de sju filtermaterialen baserades också på om det gick att hitta en expert som kunde ställa upp och svara på frågor gällande respektive material. Experterna var viktiga för projektet då det bedömdes vara svårt att få fram heltäckande information om respektive material och hållbarhetsaspekt enbart via litteraturkällor. Den litteratur som söktes fram användes som databas för att undersöka filtermaterialens tekniska funktionalitet med avseende på reningseffektivitet (för organiskt material, fosfor, kväve, metaller, bakterier och virus samt organiska mikroföroreningar). För att bedöma materialens potential med avseende på övriga kriterier utfördes ytterligare riktade informationsökningar via vetenskapliga databaser samt bredare sökmotorer (för att finna ”grå” litteratur och andra rapporterade erfarenheter). Dessutom hölls workshops och intervjuer med de experter som identifierats.

De sju material som valdes ut för djupstudien var:

- Ballast från tvättade schaktmassor
- Bark
- Bergkross
- Biokol
- Däckklipp
- Krossad betong
- Grov morän

Bedömningen av materialen skedde genom multikriterieanalys (MKA). MKA är en väletablerad beslutsstöds metod som används då olika beslutsalternativ, i detta fall val av filtermaterial, utvärderas med avseende på ett flertal aspekter och syftet är att kunna ge en sammanfattande helhetsbild över alternativens för- och nackdelar. Då de alternativ som ska jämföras i MKA:n har identifierats följer beslut om vilka aspekter, det vill säga *kriterier*, som ska ingå i analysen. Sedan görs en bedömning av respektive material utifrån respektive kriterium. I detta fall definierades totalt 19 olika kriterier, vilket betyder att totalt 133 individuella bedömningar gjordes (=19 kriterier × 7 material). Varje bedömning länkades även till en osäkerhetsbedömning för att belysa vilka aspekter som bedöms vara i störst behov av ytterligare utredning. För att räkna fram en totalbedömning av respektive material räknades poängen för de 19 kriterierna samman till ett slutresultat. Innan dess genomförde dock projektgruppen, med bidrag från projektets referensgrupp, en viktning av de individuella kriterierna, där vissa kriterier bedömdes ha större betydelse än andra för materialens sammantagna hållbarhet.

Sammantaget resulterade bedömningarna i att alla material förutom biokol bedöms kunna ha likvärdig eller högre hållbarhet än naturgrus. Att biokol fick ett sämre poäng är framför allt förknippat med att detta material i dagsläget bedöms kosta betydligt mer än naturgrus. Samtliga material har både för- och nackdelar jämfört med naturgrus – ur olika aspekter beroende på material. Det gör att det högsta totalpoäng som tilldelats ett material (0,35 poäng för bark) är betydligt lägre än det teoretiskt möjliga maxpoänget (3 poäng). Att flera material förefaller ha högre potential än naturgrus tycks lovande för framtiden. En viktig sak att påpeka är dock att denna studie inte har haft till syfte att fastställa vilka material som bör godkännas för faktisk tillämpning i markbaserade anläggningar. För verklig tillämpning bedöms de flesta materialen behöva genomgå ytterligare granskning, bland annat med avseende på:

- Modifieringar för att anpassa materialen för aktuell tillämpning.
- Efterföljande utvärdering av materialens långsiktiga reningsförmåga.
- Hur sammansättning (t.ex. kornstorleksfördelning) och riskminimering (läckage av t.ex. organiska mikroföroreningar) inför användning/försäljning av materialen ska fastställas.

Dessutom finns behov av att utreda den regionala tillgången på material inom olika landsdelar.

Summary

The filter media used in soil treatment systems, used for the treatment of domestic wastewater, traditionally consists of natural sand (also referred to as “natural sand and gravel”). Around half of the onsite wastewater treatment systems in Sweden are estimated to be soil treatment systems. At the same time, there is a national goal to reduce the natural sand extraction, and it is not permitted to establish a site for excavation of natural sand if it is technically possible and economically reasonable to use an alternative material. This is because natural sand is considered a finite resource of great importance for Sweden’s drinking water supply, due to the ability of natural sand deposits to store water and the potential to thereby constitute drinking water sources. This project aimed to identify materials that could replace natural sand as filter media in soil treatment systems, as well as to assess the technical functionality and sustainability of these alternative materials. The assessment of sustainability has been divided into environmental, economic, and social aspects. The project’s main topics were:

1. Which materials have the highest potential as sustainable filter media in soil treatment systems?
2. What further studies are needed to better evaluate the potential of the respective material and optimize the use of these materials as filter media?

Initially, 35 potential filter materials were identified, based on the experience of the project team but also by retrieving suggestions from external parties and by literature search. In order to limit the extent of the study, it was decided that seven materials would be selected for further investigations, here referred to as an in-depth study. The selection of material for the in-depth study was based on how much literature data was available regarding the respective material. Assessment of the amount of available literature data was based on a literature search via the scientific database Scopus, where articles that included the themes of sewage treatment and filtration were searched (1 529 articles were identified). The selection of the seven materials was also based on whether it was possible to find an available expert who could answer questions regarding each material. The experts were important to the project as it was considered difficult to obtain comprehensive information about the respective materials and sustainability aspects solely via literature sources. The literature searched was used as a database to investigate the technical functionality of the materials regarding treatment efficiency (considering organic matter, phosphorus, nitrogen, metals, bacteria and viruses as well as organic micropollutants). To assess the potential of the materials with respect to other criteria, further targeted information searches were carried out via scientific databases and broader search engines (to find “grey” literature and other reported experiences). Furthermore, workshops and interviews were organized with the identified experts.

The seven materials selected for the in-depth study were:

- Ballast from washed excavation materials
- Bark
- Crushed rock
- Biochar
- Tire clippings
- Crushed concrete
- Coarse-grained moraine

Assessment of the materials was performed through multi-criteria analysis (MCA). MCA is a well-established decision support method that is used when different decision alternatives, in this case the choice of filter media, are evaluated with respect to several aspects and the aim is to be able to provide a summary overview of the alternatives' pros and cons. When the alternatives to be compared in the MCA have been identified, a decision follows on which aspects, i.e. criteria, to include in the analysis. Then an assessment is made of each material based on the respective criteria. In this case, a total of 19 different criteria were defined, which means that a total of 133 individual assessments were made (=19 criteria × 7 materials). Each assessment was also linked to an uncertainty assessment to highlight which aspects are viewed to be most in need of further investigation. In order to calculate an overall assessment of each material, the points for the 19 criteria were added up to a final result. Before that, however, the project group, with contributions from the project's reference group, carried out a weighting of the individual criteria, where certain criteria were judged to be more important than others for the overall sustainability of the materials.

Overall, the assessment found that all materials except biochar could have equivalent or larger sustainability than natural sand. The fact that biochar received a lower score is mainly associated with the fact that this material is currently estimated to cost significantly more than natural sand. All materials have both advantages and disadvantages compared to natural sand – from different aspects depending on the material. This means that the highest total score assigned to a material (0.35 points for bark) is significantly lower than the theoretically possible maximum score (3 points). The fact that several materials appear to have larger sustainability potential than natural sand seems promising for the future. An important point to note, however, is that this study has not aimed to determine which materials should be approved for actual application in soil treatment systems. For real-world application, most materials are judged to need further assessment, including the following aspects:

- Modifications to adapt the materials for the current application.
- Subsequent evaluation of the materials' long-term treatment capacity.
- How composition (e.g. grain size distribution) and risk minimization (leakage of e.g. organic micropollutants) prior to use/sale of the materials should be determined.

In addition, there is a need to investigate the regional availability of material in different parts of the country.

1. Inledning

Markbäddar och infiltrationsanläggningar, så kallad markbaserad avloppsrening, är bland de vanligaste reningsteknikerna vid små avloppsanläggningar i Sverige. I Sverige är omkring 1 miljon fastigheter anslutna till små avloppsanläggningar, det vill säga anläggningar med en belastning upp till 200 personekvivalenter (pe) (Naturvårdsverket, 2022). År 2015 uppskattades att cirka 52 % av reningsanläggningarna med en belastning mindre än 200 pe var markbaserade (Olshammar, 2021), varav en bråkdel hade fler än 25 pe anslutna. Denna typ av reningsanläggning förekommer, men är mer ovanlig, vid anläggningar större än 200 pe.

Traditionellt används naturgrus som filtermaterial i markbäddar och som förstärkningslager i infiltrationsanläggningar. Naturgrus är dock en ändlig resurs. Naturgrusförekomster utgör också viktiga grundvattenreservoarer som därför bör skyddas med tanke på den långsiktiga dricksvattenförsörjningen (Göransson, 2015). Det är därför angeläget att hitta alternativa filtermaterial som kan ersätta naturgrus. I dagsläget finns det dock brist på kunskap och samsyn om möjliga alternativa filtermaterial i Sverige vad gäller bland annat reningseffektivitet, tillgänglighet, kostnad och möjliga nackdelar som exempelvis läckage av skadliga ämnen. Olika materials funktion och hållbarhet som filtermaterial behöver därför utredas.

1.1 Syfte

Projektets syfte var att identifiera och bedöma potentiella filtermaterial som skulle kunna ersätta naturgrus som filtermaterial i markbaserade avloppsanläggningar. Bedömningen har utgått ifrån teknisk funktionalitet samt miljömässig, ekonomisk och social hållbarhet.

1.2 Frågeställningar

Projektets huvudsakliga frågeställningar var:

1. Vilka material har högst potential som hållbara och funktionella filtermaterial i markbaserade avloppsanläggningar? Hållbarheten bedöms ur miljömässigt, ekonomiskt och socialt perspektiv.
2. Vilka ytterligare studier behövs för att bättre kunna utvärdera materialens potential samt optimera användningen av dessa material som filtermaterial?

För att besvara de huvudsakliga frågeställningarna behövde även följande forskningsfrågor besvaras:

1. Vilka mekanismer påverkar reningseffektiviteten för olika relevanta ämnen (exempelvis BOD)?
2. Vilka egenskaper hos materialet påverkar reningseffektiviteten för olika ämnen?
3. Vilken reningseffektivitet har olika typer av material?
4. Under hur lång tid och under vilka förutsättningar kan reningseffektiviteten upprätthållas?

5. Vilka tänkbara inneboende risker kan olika material medföra om de används som filtermaterial?
6. Hur påverkas social, ekonomisk och miljömässig hållbarhet vid val av olika material (inklusive tillgänglighet och användbarhet)?

1.3 Finansiär och projekttid

Detta projekt har finansierats av Naturvårdsverket inom satsningen synteser om avloppsvatten och övergödning. Projektet har pågått från 2022-03-01 till 2024-05-31.

1.4 Forskningsgrupp

Projektledare har varit Erik Sindhøj från RISE. Övriga deltagare i projektets forskningsgrupp har varit:

- Elin Ulinder, Madelen Malm och Ida Sylwan från RISE
- Lukas Faquharson och Maria Hübinette, Tidigare RISE
- Geert Cornelis, Anna-Karin Dahlberg, Karin Wiberg, Paul Löffler och Jon Petter Gustafsson från Sveriges lantbruksuniversitet
- Andreas Lindhe från Chalmers Tekniska Universitet
- David Eveborn från Sveriges Geologiska Undersökning (SGU)
- Maja Englund från VA-guiden

1.5 Referensgrupp

Projektets referensgrupp har bestått av:

- Bodil Aronsson Forsberg, Havs- och vattenmyndigheten (HaV)
- Erik Norin från MittSverige Vatten & Avfall
- Inga Herrmann, Luleå Tekniska Universitet (LTU)
- Ulrika Munther, Enava
- Magnus Döse, Swerock (tidigare RISE)

1.6 Avgränsningar

Denna studie fokuserar huvudsakligen på att bedöma potentialen hos material med möjlighet at