

A scanning electron micrograph (SEM) showing numerous pink, rod-shaped bacteria. Some bacteria are long and thin, while others are shorter and thicker. They are scattered across a rough, textured surface that appears to be a biological or mineral substrate. The lighting creates highlights and shadows, emphasizing the three-dimensional nature of the bacteria and the surface.

NOBEL
PRIZE
MUSEUM

FORSKAR-
HJÄLPEN
2025

Bakteriejakten

Innehåll

5	Forskarhjälp
6	Om vetenskaplighet
8	Välkommen till Bakteriejakten
11	Projektets tidslinje
12	Bakgrund till Bakteriejakten
13	Bakteriejakten och de globala målen
16	Biologisk mångfald
22	Människans immunförsvar
32	Taxonomi
42	Vetenskaplig metod i Bakteriejakten
46	Definition av stadsnära och lantlig miljö
47	Elevuppgift
50	Kontakt till förskola
52	Frågor till förskolan
53	Fältprotokoll
58	Ordförklaringar och definitioner
63	Kontaktuppgifter

Forskarhjälp

SYFTET MED FORSKARHJÄLPEN är att skolelever ska ges möjlighet att prova på riktig forskning. På så vis får eleverna en djupare förståelse för vad ett forskningsprojekt kan innebära och forskarna får hjälp med insamling av data till sin forskning. Förhoppningen är att elever och forskare tillsammans kan bidra med betydelsefulla pusselbitar för att öka kunskapen och förståelsen för vår omvärld. Forskarhjälp leds av Nobelprismuseet och finansieras av Stiftelsen för Strategisk Forskning.

Vi lever i en tid av förändring. Förändringar medför i många fall förbättringar, men även utmaningar. Vad behövs för att vi alla, samt kommande generationer, ska kunna leva på ett bra sätt i vår värld? Forskning är ett redskap. För att hitta nya lösningar behövs människor som är kreativa, uthålliga och som vill lösa problem. Människan måste våga tänka de tankar ingen tidigare tänkt, gå dit ingen tidigare gått, enträget söka vidare där andra har gett upp, och med fast beslutsamhet göra detta med vetenskaplig förankring utifrån ett vetenskapligt perspektiv. Forskarhjälp är ett sätt att träna på detta.

För mer information om tidigare Forskarhjälpprojekt, gå in på nobelprizemuseum.se/skola/forskarhjalpen/tidigare-projekt

Vad är vetenskap för mig?

Textutdrag från boken *Förundran* av Ulf Ellervik.

För mig är naturvetenskap inte en samling ämnen ägnade att förstå och beskriva naturen. Visst är det oftast så att man börjar räkna upp klassiska ämnen när man pratar om naturvetenskap. Kemi, fysik, biologi, astronomi och geovetenskap. Och visst är det så att naturvetenskapen oftast försöker förklara hur naturen fungerar. Men, det är inte det som är det viktiga. För mig är naturvetenskap ett systematiskt sätt att ställa frågor. Metoden fungerar ibland bra även i andra ämnen men den är oöverträffad när det gäller att förstå naturen och universum. Så, snarare än att se ett antal ämnen som råkar likna varandra ser jag naturvetenskap som en effektiv metod för att ta reda på mer om naturen. Det finns dock en skillnad mellan grundforskning, som är driven av ren nyfikenhet, och tillämpad forskning som syftar till att skapa till exempel ett läkemedel.

Den vetenskapliga metoden består av fyra steg som ofta upprepas i en process som leder till allt bättre förståelse. Första steget är observationer. Det kan vara allt från astronomiska data till mikroskopiska undersökningar. Observationerna är till en början spretiga och det är inte sällan så att en del slinker förbi en ouppmärksam forskare. Ibland läser jag artiklar där en enstaka mening kan vara det som gör det möjligt för mig att börja lägga det vetenskapliga pusslet. Och det är inte ens säkert att artikelförfattaren uppmärksammat att det är en hörnbit. När pusselbitarna börjat ramla på plats startar nästa steg – att ställa upp en hypotes.

En hypotes är ett försök till förklaring av ett visst fenomen. Det viktigaste är inte att den är rätt, även om det såklart ger en djup tillfredsställelse. Ett absolut krav är dock att hypotesen är möjlig att testa. Det går nämligen sällan att verifiera en hypotes och det närmaste vi kan komma är att inte hitta data som motsäger den. Det gäller alltså att med alla medel försöka falsifiera hypotesen. Det kan låta krasst, men det är bara genom att hela tiden försöka motbevisa hypoteser som vetenskapen går framåt. Det är förstås oerhört mycket enklare att bara sätta upp ett par enkla försök som verkar verifiera ens hypotes, men att nöja sig med det är ohederligt. Ännu värre är att bara välja de resultat som bekräftar hypotesen, en vetenskaplig dödssynd som går under namnet cherry picking.

Nästa steg är det roligaste. Det gäller att använda hypotesen, som ju bygger på kända fakta, för att förutsäga något annat. Det kan till exempel vara utfallet av en kemisk reaktion som aldrig tidigare gjorts. Sedan är det bara att gå in i laboratoriet och sätta upp experiment som testar

förutsägelserna. Denna del av processen kan ta allt från timmar till år beroende på hur komplicerade experiment som krävs. I en del fall är experimenten billiga. I andra krävs det gigantiska forskningsanläggningar som kostar miljardtals kronor. När experimenten är gjorda är det oftast dags för en analys. Somliga är enkla, men inte sällan måste de olika datapunkterna ritas upp i scheman och analyseras med statistiska metoder.

I de allra flesta fall är experimenten inte konklusiva. Vi lär oss mycket. Vi kommer närmare svaret. Men det öppnas också nya frågeställningar och proceduren måste upprepas. Men för varje varv förfinas hypotesen och till slut hittar vi inte längre motsägelsefulla försök.

Den vetenskapliga metoden är oerhört kraftfull men gör också att forskare sällan uttalar sig tvärsäkert. Vi har lärt oss den hårda vägen att det när som helst kan komma nya experiment och observationer som kullkastar den rådande teorin. Det är det som är vetenskapens själ och styrka. Men det går inte att förneka att när man satt upp en hypotes som inte längre motsägs av experiment – när förutsägelserna verkar stämma – ja, då är forskarlivet ljuvligt.

Ulf Ellervik

Vetenskaplig rådgivare Forskarhjälp

Välkommen till Bakteriejakten

Bakteriejakten är den femtonde upplagan av Forskarhjälpen. I år kommer eleverna att kartlägga och samla in bakterieprover från förskolegårdar. Insamlade prover analyseras av Malin Flodström Tullberg och hennes forskargrupp vid Karolinska institutet i Stockholm. Den insamlade datamängden kommer att utgöra ett unikt forskningsunderlag.

Uppväxtmiljön kan påverka vår hälsa. Forskning tyder på att det är positivt för hälsan att vistas i miljöer med högre biologisk mångfald då det kan minska risken att utveckla allergier. När du hör begreppet biologisk mångfald tänker du kanske på växter och djur på land eller i vatten som du kan se med blotta ögat. Uppgiften i Bakteriejakten är att undersöka den bakteriella mångfalden som finns i och på marken.

För att undersöka den mikrobiologiska mångfalden av bakterier och kunna dra slutsatser behövs ett stort material insamlat från flera olika platser. Elevernas prover utgör grunden i denna studie. Målet är att besvara frågor om hur den mikrobiologiska mångfalden ser ut på utvalda förskolor och hur den skiljer sig åt beroende på dess närhet till stad och natur. Resultaten är även relevanta för att vidare undersöka möjliga samband mellan exponering för biologisk mångfald och hälsa. Om ett sådant samband kan fastställas är stadsplanering ett sätt att arbeta för folkhälsofrämjande åtgärder.

Denna lärarhandledning syftar till att sätta elevernas forskningsuppgifter i ett större sammanhang. Till handledningen finns förslag på övningsuppgifter för elever, beskrivning av forskningsuppgifter samt nödvändiga protokoll för datainsamling och återrapporering till forskargruppen. Allt nödvändigt material finns att ladda ner på forskarhjalpen.se.



Elevövningar

Dokument med denna symbol finns att ladda ner på forskarhjalpen.se

Bakteriejakten i korthet

Eleverna får vara med och välja ut förskolor för provtagning utifrån givna kriterier. Provinsamling sker sedan enligt instruktion från forskargruppen vid Karolinska institutet dit insamlade prover, protokoll och bilder av provtagningsplatser skickas. Den bakteriella mångfalden i de inskickade proverna analyseras och återrapporteras till eleverna. Alla elever får träffa forskarna digitalt och resonera kring betydelsen av erhållna resultat. Utifrån insamlade data, tillverkar eleverna, två och två, en vetenskaplig poster där deras arbete presenteras och resultaten tolkas.

En poster per deltagande skola mejlas till Nobelprismuseet för feedback från pedagoger, grafisk formgivare samt forskargruppen vid Karolinska institutet. Reviderade postrar mejlas sedan till Nobelprismuseet igen och deltar därmed i en postertävling med tre olika kategorier, se nedan.

Postrarna läggs på Nobelprismuseets hemsida och de elever som tillverkat just dessa postrar deltar senare i en digital postersession tillsammans med elever från andra deltagande skolor. Presentationerna görs i mindre grupper om fyra elevpar per grupp där forskaren och en pedagog från Nobelprismuseet är med.

Alla postrar som har varit med i postertävlingen visas på museet den 5 december i samband med projektets avslutningskonferens. Till avslutningskonferensen välkomnas de två elever som tillverkat postern, tillsammans med sin lärare. Konferensen består av spännande föreläsningar, resultatrapportering från forskargruppen samt prisutdelning till vinnarna i postertävlingens olika kategorier.

Postertävlingens tre olika kategorier:

- *Helhetsperspektiv* där vetenskapligt innehåll, grafisk form samt presentationsteknik beaktas. Denna jury består av en grupp vetenskapsskribenter. Vinnarna får tre biljetter till Nobelprisutdelningen 2025 samt 5 000 kr till klasskassan.
- *Vetenskapligt perspektiv*. Denna jury består av Malin Flodström Tullberg och hennes forskargrupp. Vinnarna får 5 000 kr till klasskassan samt ytterligare ett pris som meddelas senare.
- *Layout och design*. Denna jury består av Nobelprismuseets grafiska formgivare Josephine Öhrlund. Vinnarna får träffa Josephine där hon delar med sig av några av sina bästa tips samt 5 000 kr till klasskassan.

För Bakteriejakten finns en sluten Facebookgrupp. Syftet med denna är att ge deltagande lärare möjlighet till smidigt erfarenhetsutbyte inom projektet, ställa frågor till forskargruppen samt till pedagogerna på Nobelprismuseet. Gå gärna med i den!

Forskarhjälpens finansieras av Stiftelsen för Strategisk Forskning.

Med hopp om en stimulerande tid i Bakteriejakten och än en gång
– varmt välkomna!

Anna Ålander
Kristina Holmén Bränn
Forskarhjälpens

Arbetsgruppen i Bakteriejakten

- *Malin Flodström Tullberg*, professor i typ 1-diabetes vid institutionen för medicin, Karolinska institutet.
- *Ulf Ellervik*, professor i bioorganisk kemi vid Lunds universitet.
Vetenskaplig rådgivare.
- *Anna Ålander*, projektledare och pedagogiskt ansvarig för Bakteriejakten, Nobelprismuseet.
- *Kristina Holmén Bränn*, museilektor och pedagogiskt ansvarig för Bakteriejakten, Nobelprismuseet.

Projektets tidslinje

10 DECEMBER

Vinnarna i kategorin helhetsperspektiv får tillsammans med forskaren och sin lärare gå på Nobelprisutdelningen.



Bakgrund till Bakteriejakten

Bakterier beskrevs för första gången i slutet av 1600-talet. Två hundra år efter bakteriernas upptäckt visade fransmannen Louis Pasteur att bakterier kan orsaka sjukdom vilket resulterade i att bakterier i allmänhet kom att betraktas som skadliga. Idag finns en större förståelse för att bakterier kan ha en positiv påverkan på människors hälsa och att de har viktiga funktioner i naturen.

Forskarvärlden arbetar idag med att identifiera vilka bakterier som kan ha en positiv hälsoeffekt på människor, och på vilket sätt. Det finns forskning som visar att barn som vistas i miljöer med högre mångfald av bakterier har lägre risk att utveckla allergier, astma och typ 1-diabetes.

I Bakteriejakten görs en kartläggning av den bakteriella mångfalden på förskolegårdar på olika platser i Sverige. Även mångfalden av växter i närområdet dokumenteras. I studien undersöks förskolegårdar som är belägna i stadsnära respektive lantlig miljö, och en jämförelse görs för att analysera eventuella skillnader i biologisk mångfald mellan dessa miljöer. Provtagningsplatserna är valda utifrån att det är en utemiljö där vi vet att barn tillbringar mycket tid.

I ett senare skede önskar forskargruppen koppla dessa data till folkhälsodata i syfte att öka förståelsen för hur biologisk mångfald kan påverka vår hälsa.

Bakteriejakten och de globala målen

År 2015 enades FN:s medlemsländer om Agenda 2030, en plan för hur vi ska uppnå en hållbar framtid. Agenda 2030 innehåller 17 Globala mål för hållbar utveckling, som i sin tur har 169 delmål, figur 1. För att veta hur vi ligger till inom varje mål och delmål har FN tagit fram 231 indikatorer som gör arbetet mätbart.

Agenda 2030 är den mest ambitiösa överenskommelse som världens länder enats om vad gäller arbete för en hållbar utveckling. De globala målen omfattar alla: privatpersoner, näringsliv och regeringar i alla världens länder. Hållbar utveckling innebär att vi ska fortsätta utveckla och utvecklas. Det innebär att vi idag, och även kommande generationer ska ha möjlighet att



Figur 1.
De 17 Globala målen för hållbar utveckling.

leva ett gott liv. FN:s definition av hållbar utveckling från 1987 framtagen av Bruntlandkommissionen lyder:

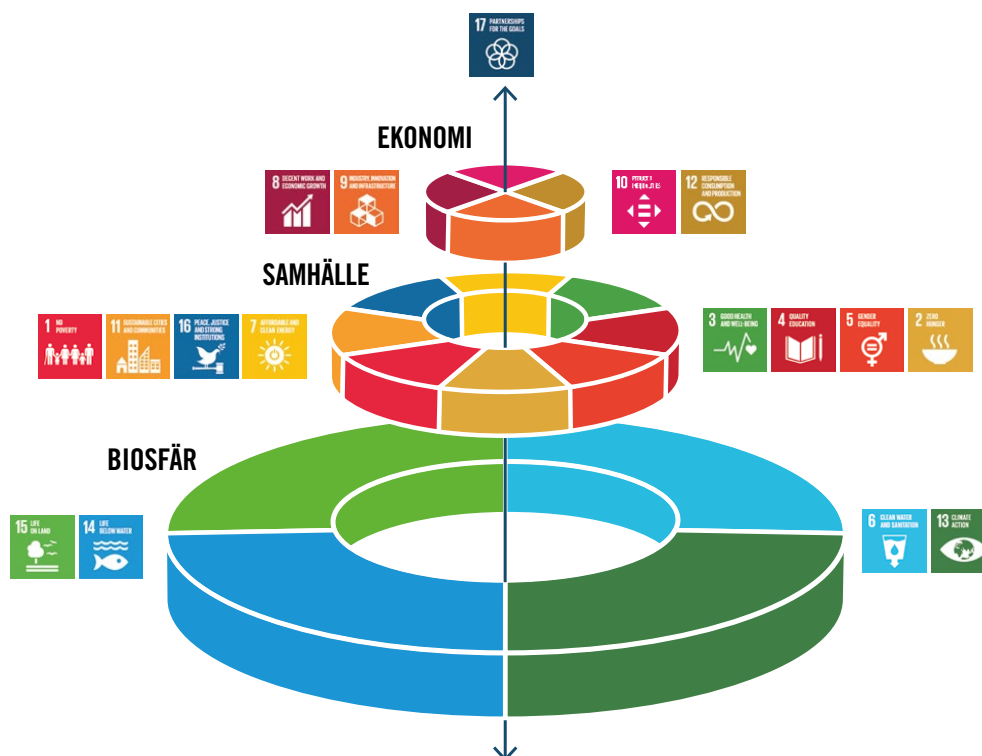
Hållbar utveckling är en utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov.

Hållbarhet innefattar ekologisk, social och ekonomisk hållbarhet. Den ekologiska hållbarheten berör jordens ekologiska system, här ingår stabila klimatsystem, biologisk mångfald, rent vatten, ren luft. Att något är hållbart ekologiskt innebär att det är miljömässigt hållbart. Det kan vara avsaknad av bekämpningsmedel, frånvaro av konstbevattning, få eller inga utsläpp av växthusgaser vid odling eller annan produktion.

Social hållbarhet handlar om rättvisa, makt, välbefinnande, individens behov. I ett socialt hållbart samhälle har människor en god hälsa och lever ett gott liv. Att det är socialt hållbart innebär att alla människor i samhället är jämställda och jämlika, människor mår bra, kan uttrycka sina åsikter fritt och nå sin fulla potential.

Ekonomisk hållbarhet skiljer sig lite från de två andra dimensionerna då det är en del som vi människor har konstruerat. För att underlätta vår vardag har vi värderat varor och tjänster i ekonomiska termer. Ekonomisk hållbarhet kan ses som ekonomisk utveckling som sker utan att den har negativa konsekvenser på den ekologiska eller sociala hållbarheten.

En modell för att illustrera hållbarhetens tre dimensioner är den hierarkiska hållbarhetsmodellen, även kallad "tårtan", figur 2. Här är den ekologiska hållbarheten basen för allt levande, därefter kommer den sociala hållbarheten och högst upp den ekonomiska. För att vi ska överleva och leva krävs att vi har stabila, resilienta hållbara ekologiska system – både på land och i vatten.



Figur 2.
Den hierarkiska hållbarhetsmodellen där de Globala målen är identifierade och integrerade.

ILLUSTRATION: JERKER LOKRANTZ/AZOTE

Det här projektet fokuserar på de Globala målen 3 och 15



Mål 3 handlar om att en god hälsa är en grundläggande förutsättning för människors möjlighet att nå sin fulla potential och att bidra till samhällets utveckling. Människors hälsa påverkas av ekonomiska, ekologiska och sociala faktorer och mål 3 inkluderar alla dimensioner och människor i alla åldrar.



Mål 15 handlar om hållbara ekosystem och biologisk mångfald, både på land och i vattnet som är grunden för vårt liv på jorden. Att tillgodose mänsklighetens behov av livsmedel, energi, vatten, mineraler och råmaterial utan att skada den biologiska mångfalden och säkerställa hållbart nyttjande av ekosystemtjänster är en avgörande utmaning för vår överlevnad.



Inom både mål 3 och 15 finns det delmål som är relevanta för den här studien där fokus ligger på kunskap om hur den biologiska mångfalden kan påverka flera folkhälsoproblem.

Biologisk mångfald

I dagspressen uppmärksammas allt oftare frågor som rör den biologiska mångfalden. Orsaken är att vi idag vet att den biologiska mångfalden minskar i hög takt, samtidigt som vi lär oss mer om hur viktig den är. Förlusten av biologisk mångfald räknas idag till ett av de största miljöproblemen på jorden. Biologisk mångfald kategoriseras i tre nivåer:

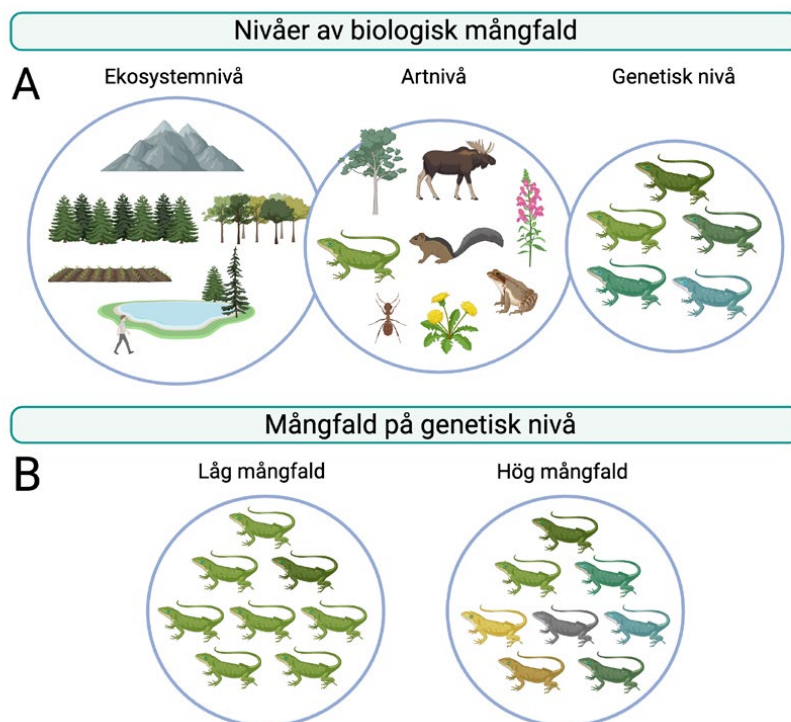
- Ekosystemnivå
- Artnivå
- Genetisk nivå

Den första nivån, mångfald på ekosystemnivå, betyder att det finns olika typer av ekosystem, figur 3A. Det vill säga, det finns olika miljöer där det kan leva olika typer av organismer. Ett ekosystem består av alla levande organismer inom ett specifikt område samt yttre faktorer såsom tillgång till näring, ljus och vatten. De yttre faktorerna, de så kallade abiotiska faktorerna, är förutsättningarna för de levande organismerna i ett ekosystem. Avgörande för hur ekosystemet ser ut är de abiotiska faktorerna tillsammans med ekosystemets storlek, placering samt interaktion mellan arterna. Det finns ingen definition av hur stort eller litet ett ekosystem kan vara – ett ekosystem kan utgöras av en sjö eller ett hav. En stubbe, vad som finns under en sten eller en pöl är även det exempel på ekosystem. Ekosystem kan vara artrika såsom en i tropisk regnskog, eller artfattiga såsom en granskog i Småland.

Nästa nivå, mångfald av arter, handlar om hur många arter och hur många individer av varje art det finns i ett specifikt ekosystem, figur 3A. Artbegreppet är komplext och grundar sig på genetik, evolutionär historia och morfologi. Vi känner inte till det exakta antalet arter på jorden idag. Det finns ungefär två miljoner arter som är beskrivna. Beräkningar som utgår från antal beskrivna arter visar att det troligtvis finns cirka nio miljoner arter på jorden. Det finns drygt 20 000 beskrivna arter av bakterier men uppskattningar visar att det troligtvis finns upp emot en miljon arter av bakterier.

Den sista nivån av biologisk mångfald handlar om genetisk variation inom en specifik art. En hög genetisk variation inom arten leder till en mångfald av egenskaper bland individerna, figur 3B. Detta är en förutsättning för att arter kan anpassas till den miljö de lever i genom det naturliga urvalet. Genetisk variation är viktig både inom arten i en enskild population och mellan olika populationer. Den genetiska variationen handlar om genotyp,

vilket har en effekt på fenotyp, vilket kan ha en påverkan på individens överlevnadsmöjligheter och därmed artens utveckling.



Figur 3

Nivåer av biologisk mångfald (A) samt exempel på låg respektive hög genetisk variation inom olika populationer (B).

Vikten av biologisk mångfald

Det finns flera skäl till att det är viktigt att bevara den biologiska mångfalden. Först kan det ses ur ett etiskt perspektiv; har vi människor som lever idag rätten att utrota andra arter? Det kan handla om egen överlevnad, införskaffandet av en jakttrofé, bygge av drömhuset på en naturskyddad plats, eller ständig uppfyllelse av konsumtionsbehov. Oavsett motiv kvarstår frågan huruvida dessa handlingar är moraliskt försvarbara.

Ekosystem med en hög artdiversitet är mer motståndskraftiga mot förändringar och kan lättare återhämta sig om någon form av störning drabbar ekosystemet. Detta kallas resiliens. En sådan störning kan till exempel vara en värmebölja eller en storm. Ett annat exempel är att det i de flesta ekosystem finns arter som är extra viktiga för många andra arter i ekosystemet, så kallade nyckelarter. Om dessa nyckelarter försvinner finns en risk att hela ekosystem kollapsar.

Det finns även praktiska och ekonomiska orsaker för människan att bevara den biologiska mångfalden. Detta kan beskrivas med hjälp av så kallade ekosystemtjänster. Ekosystemtjänster beskriver vilken betydelse fungerande ekosystem har för människan. Dessa tjänster är gratis och skiljer sig från andra naturresurser genom att de är beroende av levande organismer. Mineraler och förnybara resurser som sol, vind och vatten klassas därför inte som ekosystemtjänster. Ekosystemtjänsterna kan delas in i fyra kategorier:

1. *Stödjande och upprätthållande ekosystemtjänster*

Dessa utgör basen i ekosystemen till exempel genom fotosyntes och olika kretslopp.

2. *Försörjande ekosystemtjänster*

Produktion av livsmedel, råvaror, mediciner och andra produkter som vi behöver i vår vardag.

3. *Kulturella ekosystemtjänster*

Tjänster som är viktiga för vårt välmående till exempel friluftsliv, rekreation och estetiska upplevelser.



4. *Reglerande ekosystemtjänster*

Reglering av klimat, vattenrening och pollinering.

Hot mot den biologiska mångfalden

Att arter dör ut är inte en ny företeelse, det har förekommit under hela den tid då det har funnits liv på jorden. Idag är dock hastigheten med vilken arter dör ut hög och den största orsaken till utdöendet är olika typer av mänsklig aktivitet.

De främsta orsakerna är:

1. *Förändrad markanvändning*

Förstörda livsmiljöer orsakas till exempel av förändringar i markanvändning, som när regnskog huggs ner för att ge plats åt oljepalmsodlingar eller när städer växer och naturmarker blir bebyggda. Ett av de största hoten mot den mikrobiologiska mångfalden i jorden är just förlust av livsmiljöer.

2. *Överexploatering av arter (direkt nyttjande av arter)*

Överexploatering av arter är när vi använder resurser som finns i naturen på ett ohållbart sätt, till exempel när det fiskas upp mer torsk ur Östersjön än vad som hinner återbildas, vilket leder till en konstant minskning av populationsstorleken. Detta leder till instabilitet i näringskedjan och sedan även på ekosystemnivå.

3. *Klimatförändringar*

Klimatförändringarna leder till att miljön som arterna lever i förändras i snabb takt vilket gör att många arter har svårt att leva i den nya miljön och vissa dör ut. Förändringar såsom temperaturökningar, förändrade nederbördsmonster och extrema väderhändelser påverkar artsammansättningen vilket kan skapa obalans i ekosystemen som i sin tur påverkar ekosystemets stabilitet.

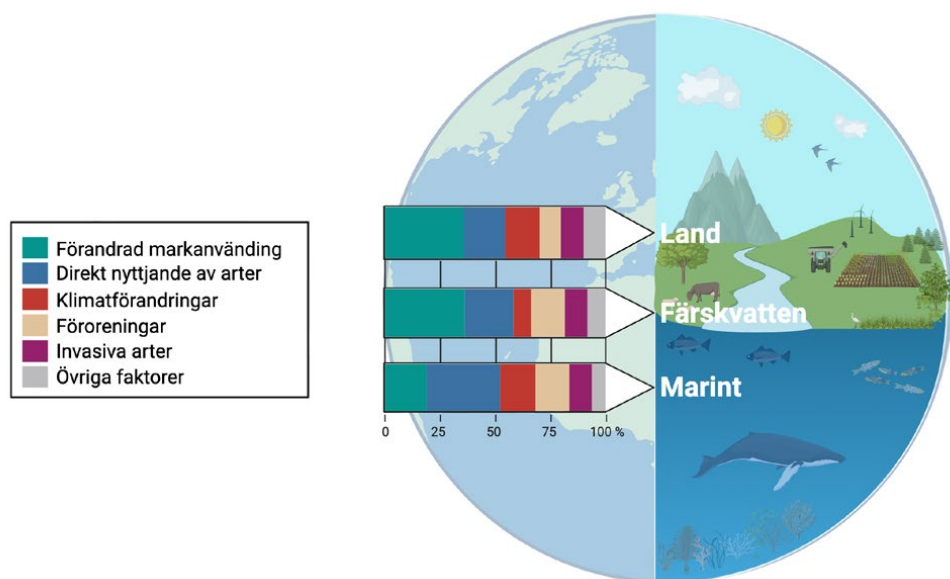
4. *Föroreningar*

Människan släpper idag ut stora mängder främmande substanser i naturen. Det har varit svårt att uppskatta hur stora effekter detta får då vi inte har känt till hur giftiga många av dessa substanser är. Idag vet vi att utsläpp av olika föroreningar är ett av de största miljöproblemen vi har på jorden.

5. *Invasiva arter*

Förflyttningen av arter mellan olika ekosystem har ökat i takt med att människan förflyttar sig runt jorden. Detta eftersom växter och djur följer med antingen avsiktligt eller av misstag. Det kan till exempel vara via fartyg i ballastvatten. När en ny art hamnar i ett ekosystem finns det flera scenarier. Den nya arten kan konkurreras ut av arter som lever i och är anpassade till ekosystemet och därmed gör den nya arten ingen skada. Det händer dock att en ny art kan etablera sig i det nya ekosystemet och därmed kan andra arter i ekosystemet påverkas negativt.

Alla dessa faktorer påverkar den biologiska mångfalden i olika miljöer; land, färskvatten, hav, figur 4.



Figur 4
Fördelning av påverkansfaktorer på biologisk mångfald i olika miljöer.

Arbete för bevarandet av biologisk mångfald

För att bevara den biologiska mångfalden krävs globala och lokala insatser. Detta inkluderar skydd av naturliga ekosystem, hållbart nyttjande av resurser och minskning av föroreningar.

Arbetet med att bevara den biologiska mångfalden sker på flera nivåer i samhället. FN:s miljöprogram United Nations Environment Programme, UNEP, syftar till att bevara och nyttja den biologiska mångfalden på ett hållbart sätt. FN har även tagit fram Konventionen om biologisk mångfald som syftar till att på internationell nivå jobba för att den biologiska mångfalden bevaras. En mellanstatlig plattform som arbetar för biologisk mångfald, och motsvarar FN:s klimatpanel IPCC, är The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity of Ecosystems, IPBES. Målet med plattformen är att stärka samspelet mellan forskning och förvaltning för att främja bevarande och hållbart brukande av natur, växter och djur.

EU har en strategi som ska säkerställa att Europas biologiska mångfald senast 2030 ska vara på väg att återhämta sig till nytta för människor, planeten, klimatet och ekonomin.

Sverige har även nationella mål för miljö, djur- och friluftsliv. Några exempel på hur Sverige gynnar biologisk mångfald är skapandet av nätverk av natur som bidrar till fungerande livsmiljöer för växter och djur samt till människors välbefinnande, så kallad grön infrastruktur. En annan strategi är att återställa skadade ekosystem, såsom våtmarker och skogar.

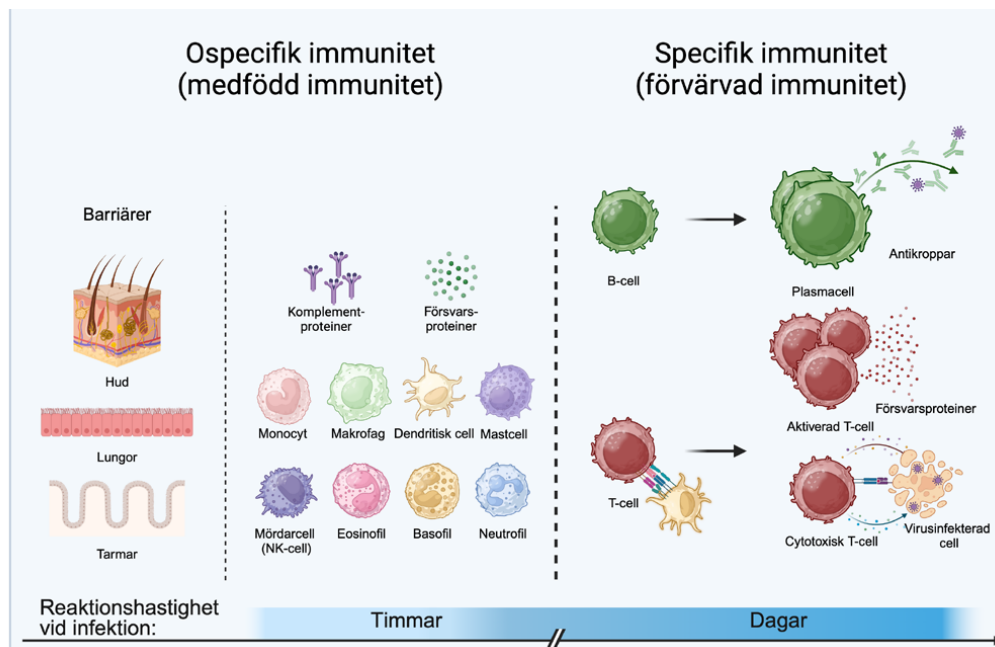
Som individ finns det många sätt att i vardagen gynna den biologiska mångfalden till exempel när det gäller konsumtion, mat och resor. Genom forskning om biologisk mångfald kan dess betydelse förtydligas och bevarande insatser göras. Det skapar möjligheter att säkerställa en hållbar framtid för kommande generationer.

Människans immunförsvar

Immunförsvaret är kroppens försvarssystem mot infektioner och sjukdomar. Det består av flera nivåer. Den första nivån är de fysiska barriärerna som hud och slemhinnor vilka hindrar patogener såsom virus, bakterier och svamp från att ta sig in i kroppen, figur 5.

Om en patogen tar sig över denna barriär, aktiveras nästa nivå av kroppens försvar som består av flera olika varianter av vita blodkroppar samt försvarsproteiner. Försvarsproteinerna orsakar inflammation och feber, och de vita blodkropparna angriper patogenet genom att endera äta upp fagocytera, eller attackera dem. Tillsammans hindrar detta att patogenet sprider sig och orsakar mer skada i kroppen.

De två första nivåerna kallas det ospecifika immunförsvaret där benämningen ospecifik kommer sig av att det slår på samma sätt mot alla typer av patogener och kan inte bilda minnesceller. Detta försvar har ingen förmåga att ”komma ihåg” tidigare infektioner. Det specifika immunförsvaret däremot, kan genom att bilda minnesceller skapa ett immunologiskt minne.



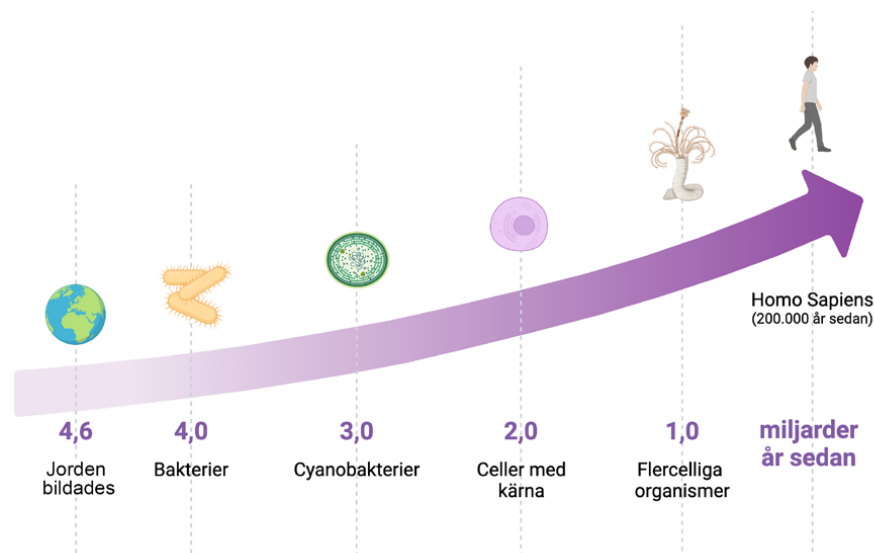
Figur 5

Immunförsvaret är uppdelat i det ospecifika och det specifika immunförsvaret.

Det tar flera dagar för detta försvar att aktiveras och det består av vita blodkroppar, T-celler och B-celler, som dödar infekterade celler och producerar antikroppar mot specifika inkräktare, figur 5. Det specifika immunförsvaret lär sig att känna igen och minnas ett patogen, vilket gör att kroppen kan agera snabbare nästa gång det påträffas.

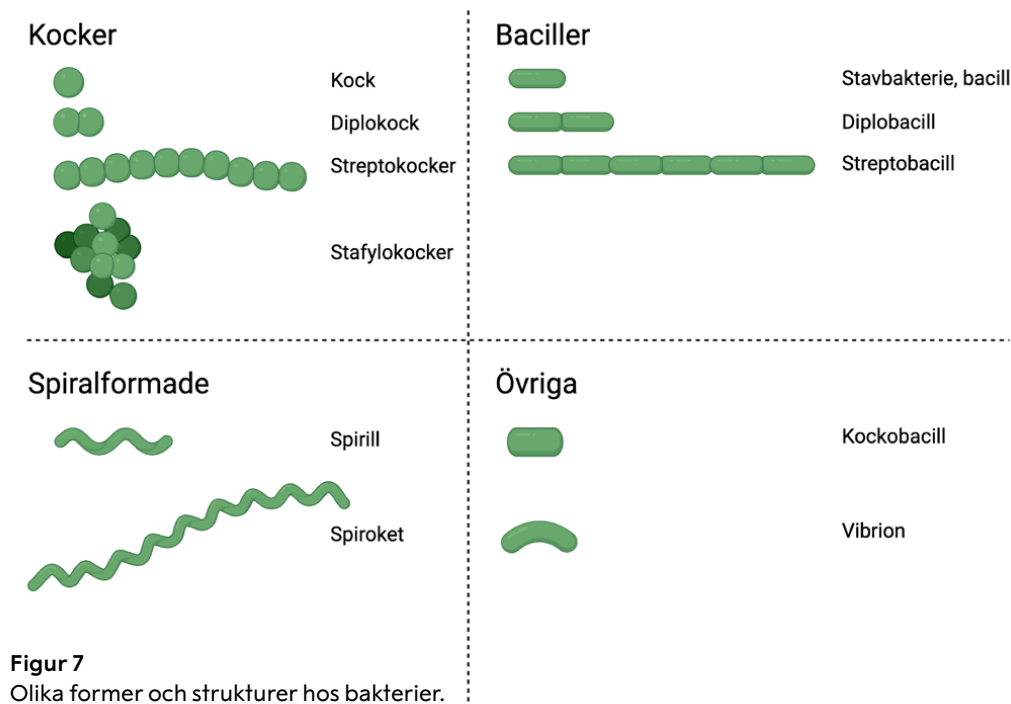
Bakterier

Bakterier tillhör de tidigaste livsformerna och utvecklades för cirka 4 miljarder år sedan, figur 6. Bakterier återfinns idag i de flesta miljöer, de kan leva i extremt kalla, salta samt både i syrerika och syrefattiga miljöer.



Figur 6
Tidslinje över när olika livsformer har utvecklats.

Bakterier är mikroskopiska, cirka 0,2 mikrometer i diameter och 2–8 mikrometer långa, encelliga organismer. De är prokaryoter vilket innebär att de saknar cellkärna och membranomslutna organeller. De kan ha olika former och kan bygga upp olika strukturer, figur 7.



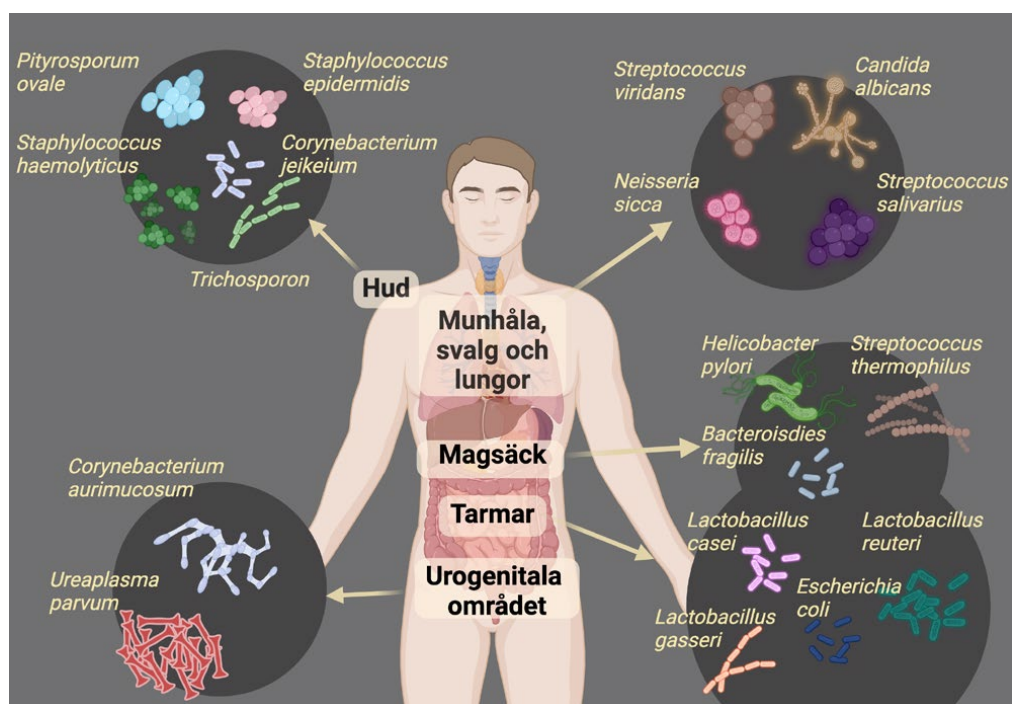
Utvecklingen av kunskap om bakterier

Nederländaren Antonie van Leeuwenhoek (1632–1723) var en pionjär inom mikroskopi och 1674 tillverkade han ett mikroskop som gjorde det möjligt att se små levande varelser som tidigare inte skådats. Upptäckten av dessa små organismer, som i början av 1800-talet kom att kallas bakterier, öppnade en helt ny värld för vetenskapen. Det var också då som Louis Pasteur (1822–1895), en framstående kemist och biolog, gjorde den viktiga observationen att bakterier kan orsaka sjukdomar. Läkaren Robert Koch (1843–1919) bekräftade att bakterieinfektioner kan leda till sjukdomar, vilket ytterligare stärkte förståelsen för deras roll för vår hälsa. Denna insikt revolutionerade medicinen och ledde till utveckling av metoder för att bekämpa bakterieinfektioner.

Runt sekelskiftet 1900 föreslog immunologen Ilya Mechnikov (1845–1916) att vissa bakterier, som bland annat finns i yoghurt, kan vara bra för hälsan. Denna idé föll därefter delvis i glömska, men senare under 1900-talet återupptogs forskningen kring bakteriers positiva effekter, och idag har det visats att de spelar en viktig roll för vår hälsa.

Utveckling av bakterieflora hos människor

Människokroppen är hem för många bakterier. I och på varje människa finns det uppskattningsvis 40 biljoner bakterier, varav 80 procent finns i tarmsystemet. Det innebär att vi bär runt på ungefär lika många bakterier som vi har kroppsegna celler. I tarmfloran finns hundratals olika bakteriearter som tillsammans har ungefär 100 gånger så många gener som vårt mänskliga genom. Andra platser där vi har stora mängder bakterier är i munnen, svalget, lungorna, på huden och kring våra könsorgan. Tillsammans utgör de vår bakterieflora, figur 8. Några är skadliga men de flesta är livsnödvändiga, man kan säga att människan lever i symbios med dessa mikroorganismer.



Figur 8
Bakterier och svampar i och på människokroppen.

Människans bakterieflora etableras vid födseln, då barnet kommer i kontakt med mammas bakterieflora, och fortsätter att utvecklas hela livet. Den tidiga bakteriefloran är viktig för utvecklingen av barnets immunförsvar. Bröstmjolk innehåller en mängd näringsämnen och komponenter som främjar tillväxten av goda bakterier i barnets tarm och påverkar därför barnets bakterieflora positivt. Amning hjälper till att ytterligare utveckla barnets immunförsvar och matsmältningssystem. Under de första levnadsåren diversifieras floran, vilket innebär att den blir mer riklig, för att vid tre till fyra års ålder stabiliseras. Kost och miljö tros vara de främsta faktorerna som påverkar barns bakterieflora.

När vi blir äldre kan bakteriefloran förändras, till exempel på grund av hormonella förändringar i puberteten. Faktorer som kost och hygienvanor kan ha en påverkan genom hela livet. Något som främjar tillväxt och upprätthållande av en rik tarmflora är fiberrik kost.

SAMMANFATTNING

Bakteriers roll i immunförsvaret

Upprätthållande av barriärfunktioner: Vissa bakterier bidrar till att stärka kroppens barriärer, som till exempel huden och tarmens slemhinna, vilket förhindrar patogener från att tränga in i kroppen.

Konkurrens om näring och utrymme: Vissa bakterier konkurrerar med patogener om näring och plats. Genom att uppta dessa resurser gör de det svårare för skadliga bakterier att etablera sig.

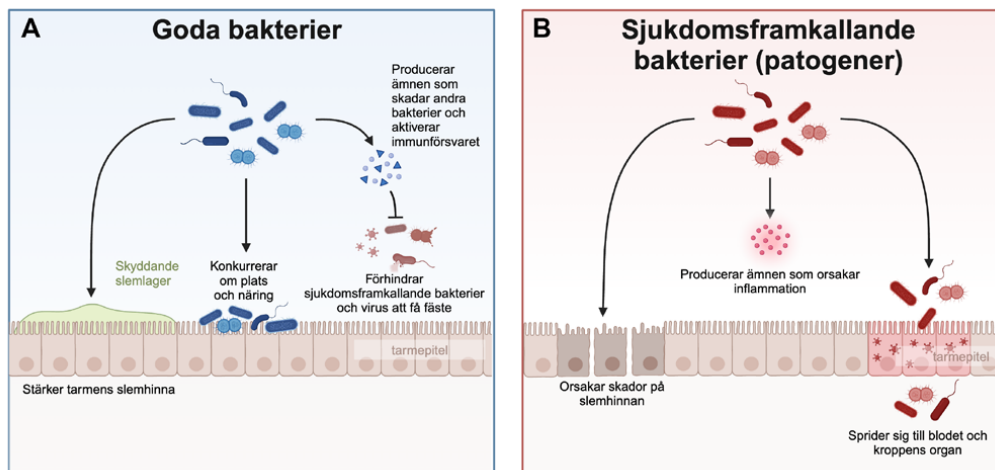
Stimulering av immunförsvaret: Vissa bakterier hjälper till att förstärka immunförsvaret genom att stimulera produktionen av antikroppar och andra försvarsmekanismer.

Antimikrobiella ämnen: Vissa bakterier producerar ämnen som direkt kan döda eller hämma tillväxten av patogener.

Tarmbakterier och hälsa

Under de senaste decennierna har kunskapen om bakteriers betydelse för människans hälsa ökat. Forskare är idag överens om att en rik bakterieflora spelar en avgörande roll för vår hälsa. Speciellt gäller det för de bakterier som finns i tarmen.

I tarmen hjälper bakterier till med matsmältning och att stärka immunförsvaret. Där finns stammar av *Escherichia coli* (*E. coli*) som producerar vitamin K2 vilket bland annat är viktigt för skelettet för att blodet ska kunna koagulera. Andra bakterier i tarmen stimulerar produktion av ett skyddande slemlager. Vissa bakterier konkurrerar med skadliga mikroorganismer om näring och plats vilket gör det svårare för dem etablera sig. Ytterligare andra bakterier hjälper dessutom till att förstärka immunförsvaret genom att stimulera produktionen av antikroppar och andra försvarsmekanismer. Det finns även bakterier som producerar antimikrobiella ämnen som direkt kan döda eller hämma tillväxten av sjukdomsframkallande patogener, figur 9.



Figur 9

Bakterier som stärker tarmens skydd mot patogener (A). Bakterier som kan skada (B).

Bakterier som ofta tillskrivs positiva egenskaper är till exempel lactobaciller och bifidobakterier. *Lactobacillus acidophilus* (*L. acidophilus*) finns naturligt i tarmen och även i vissa jästa produkter som yoghurt, kombucha och kimchi. Den hjälper till att upprätthålla en rik tarmflora och kan även förbättra matsmältningen. Bifidobakterier finns i tarmarna där de hjälper till att bryta ner fibrer och producera B-vitaminer och hälsosamma fettsyror. Samma livsmedel som gynnar *L. acidophilus* verkar kunna öka mängden bifidobakterier i tarmen. Dessutom kan prebiotika, en sorts fibrer som fungerar som näring för bakterier, gynna lactobaciller och bifidobakterier. Prebiotika finns till exempel i bananer, lök och havregryn. I tabell 1 finns exempel på bakterier som tillskrivs hälsofrämjande effekter.

GODA BAKTERIER

Exempel på goda bakterier, var i kroppen de finns, vilka hälsofrämjande effekter de har kopplats till och vad som gynnar deras tillväxt.

Namn	Var finns bakterierna	Hälsofrämjande effekter	Förekomst av livsmedel	Livsmedel som gynnar tillväxten
Lactobaciller (t.ex. <i>L. acidophilus</i>)	Tarmarna, munhålan, underlivet hos kvinnor.	Upprätthåller en hälsosam tarmflora, förbättra matsmältningen.	Vissa jästa produkter som yoghurt, kefir och kimchi.	Banan, lök och havregryn.
Bifidobakterier (t.ex. <i>Bifidobacterium Longum</i>)	Tarmarna, munhålan, underlivet hos kvinnor.	Bryter ner fibrer, producera B-vitaminer och hälsosamma fettsyror.	Vissa jästa produkter som yoghurt, kombucha och kimchi.	Banan, lök och havregryn.
<i>Faecalibacterium prausnitzii</i>	Tarmarna	Producerar smörsyra som har anti-inflammatoriska effekter och gynnar tarmhälsa.	Intag av fiberrika livsmedel.	Fullkorn, frukt och grönsaker.
<i>Akkermansia muciniphila</i>	Tarmarna	Stärker tarmens slemhinna och har kopplats till förbättrad ämnesomsättning.	Polyfenolrika livsmedel.	Tranbär, grönt te, och granatäpple.

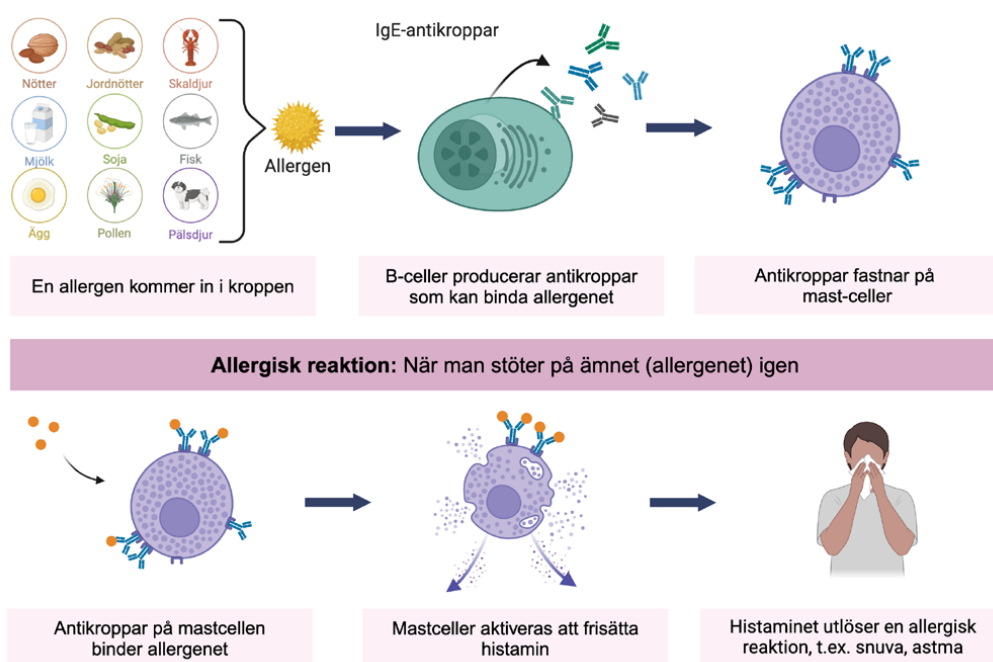
Allergier, astma och typ 1-diabetes

Allergier uppstår när kroppens immunsystem reagerar på ämnen som normalt är ofarliga, såsom pollen, damm eller vissa livsmedel. Dessa ämnen kallas allergener. När en person med allergi kommer i kontakt med ett allergen, frigör immunförsvaret ämnen som histamin, vilket leder till symtom som nysningar, klåda, utslag och ibland andningssvårigheter, figur 10. Allergier behandlas genom att undvika allergenet så mycket som möjligt och med mediciner som påverkar immunförsvaret, till exempel antihistaminer och kortikosteroider. Allergier är mycket vanliga. Exakt hur stor andel av Sveriges befolkning som idag har en allergi är svårt att fastställa. Man räknar med att över 30 % av Sveriges befolkning har pollenallergi.

Astma är en form av allergi där inflammation i luftvägarna gör det svårt att andas och kan orsaka långvarig hosta. Symtomen inkluderar pipande andning, tryckkänsla över bröstet och andningssvårigheter. Astma behandlas med

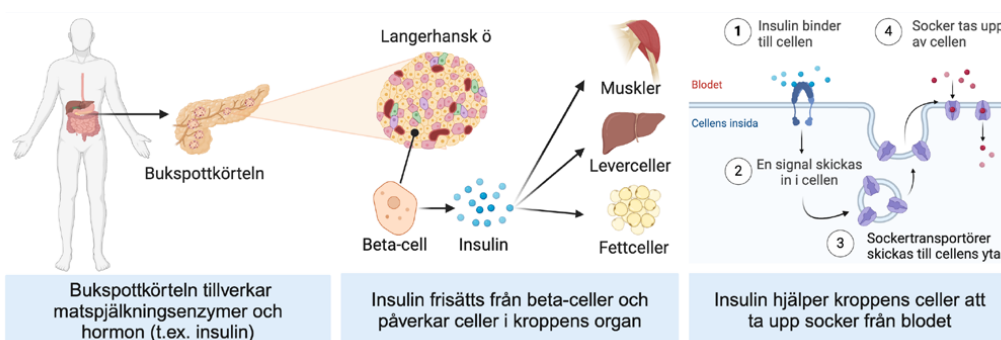
luftrörsvidgande och inflammationsdämpande läkemedel. Det rekommenderas också att undvika faktorer som utlöser astma. I Sverige har 8–11 % av alla barn astma och ungefär 800 000 personer har en astmadiagnos.

Typ 1-diabetes är en kronisk sjukdom där kroppens immunförvar felaktigt angriper och förstör de insulinproducerande betacellerna i bukspottkörteln. Insulin är det hormon som behövs för att reglera blodsockernivåerna, figur 11. Utan insulin kan socker inte transporteras från blodet in i cellerna, vilket leder till höga blodsockernivåer. Personer med typ 1-diabetes måste tillföra insulin genom injektioner eller en insulinpump för att överleva. I Sverige drabbas 900–1 000 barn av typ 1-diabetes varje år och över 63 000 personer lever med sjukdomen.



Figur 10

Beskrivning av vad som händer i kroppen vid en allergisk reaktion.



Figur 11

Insulinproduktion och dess funktion.

Miljöns påverkan på barns bakterieflora och hälsa

Att vistas ute i naturen, och i synnerhet i utomhusmiljöer med hög bakteriemångfald, har kopplats till en ökad bakteriemångfald både på hud och i tarm. Flera forskningsstudier har visat att barn som växer upp med husdjur, särskilt under det första levnadsåret har en lägre risk att utveckla allergier, astma och typ 1-diabetes jämfört med de som växer upp utan husdjur. Forskning har också visat att barn som växer upp på bondgårdar generellt har en lägre risk att utveckla allergier jämfört med barn som växer upp i stadsmiljöer. En hypotes till varför en uppväxt på en bondgård ger ett skydd mot allergier är att den miljön leder till exponering för mikroorganismer som bärs av husdjur och lantbruksdjur, som i sin tur tränar immunsystemet på ett sätt som minskar risken för dessa sjukdomar.

Nyligen presenterade finländska forskare en analys av ett större antal internationella forskningsstudier som jämfört risk hos barn att utveckla typ 1-diabetes om de gått på förskola eller inte. Analysen visade att barn som deltagit i förskoleverksamhet före 2 års ålder hade en markant lägre risk att utveckla typ 1-diabetes jämfört med barn som inte gått på förskola. Liknande observationer har gjorts när små barns deltagande i förskoleverksamhet och risk att utveckla allergier och astma har studerats. Forskarna som utförde studien kring typ 1-diabetes lyfte att det fanns viss variation mellan de olika studiernas resultat vilket de tror delvis kan bero på om förskolorna var placerade i en stadsnära eller lantlig miljö.

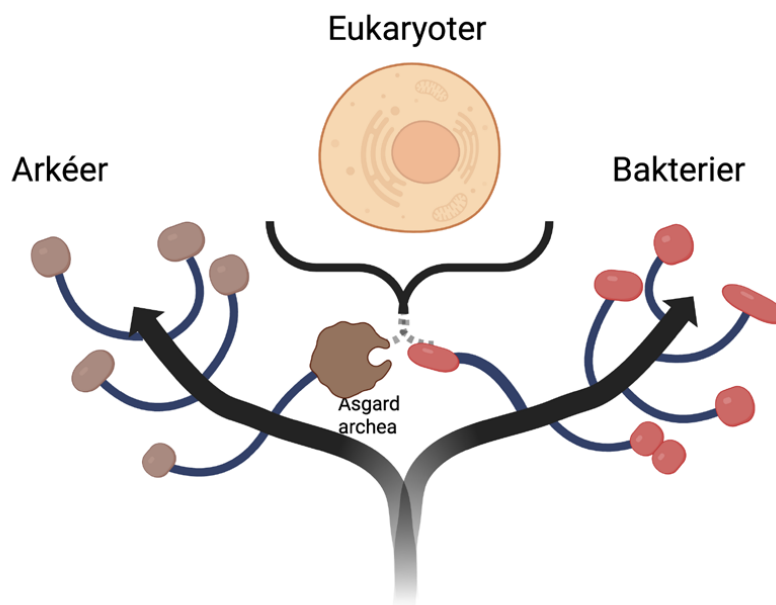
En stadsnära miljö kännetecknas av tätbefolkade områden med omfattande bebyggelse, inklusive flervåningsbyggnader, offentliga och kommersiella byggnader, samt transportinfrastruktur såsom vägar, tåg- och busstationer. Det kan även finnas industrier. Grönområden, såsom parker och lekplatser, är få och ofta omgivna av byggnader.

En lantlig miljö präglas av öppna fält, åkermark, skogar och naturliga vattenkällor som sjöar, åar eller bäckar. Befolkningstätheten är låg, och bebyggelsen är sparsam med få och låga byggnader, som ligger längre ifrån varandra än i stadsmiljön. Trafiken är mindre intensiv med färre vägar och mindre buller än i stadsnära miljöer.

Hur en förskolas placering, vare sig den är stadsnära eller lantlig, påverkar den bakteriella mångfalden i utomhusmiljön är inte kartlagt.

Taxonomi

Taxonomi är den del av vetenskapen som delar in organismvärlden utifrån släktskap. Organismer beskrivs och namnges efter ett specifikt system. Idag används ett hierarkiskt system som bygger både på morfologi och molekylära metoder. Samma system används för alla levande organismer. Den första nivån i detta system kallas domän. Det finns tre olika domäner; bakterier, arkéer och eukaryoter, figur 13.

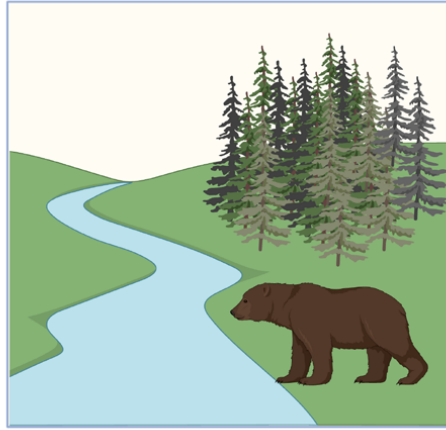


Figur 13
Tre domän som utgör den första nivån av klassificering.

Inom varje domän finns följande nivåer; rike, fylum, klass, ordning, familj, släkte och art. Till exempel tillhör brunbjörnar domän-eukaryoter, rike-djurriket, fylum-ryggradsdjur, klass-däggdjur, ordning-rovdjur, familj-björnar, släkte-*Ursus* och art-*Ursus arctos*. Artnamnet består av släktnamnet och ett specifikt artepitet, figur 14.

Brunbjörn (*Ursus arctos*)

DOMÄN - Eukaryoter
RIKE - Djur
FYLUM - Rygggradsdjur
KLASS - Däggdjur
ORDNING - Rovdjur
FAMILJ - Björnar
SLÄKTE - *Ursus*
ART - Brunbjörn, *Ursus arctos*

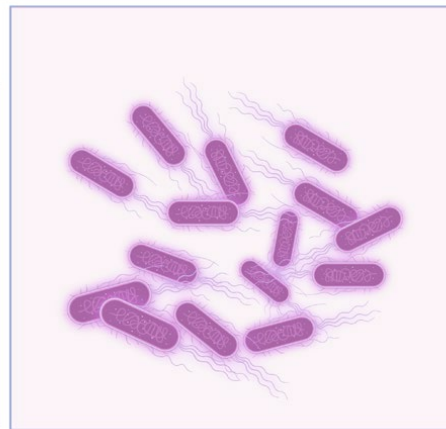


Figur 14
Ett taxonomiexempel med arten brunbjörn.

Bakterier klassificeras på samma sätt med rike, fylum, klass, ordning, familj, släkte och art, figur 15.

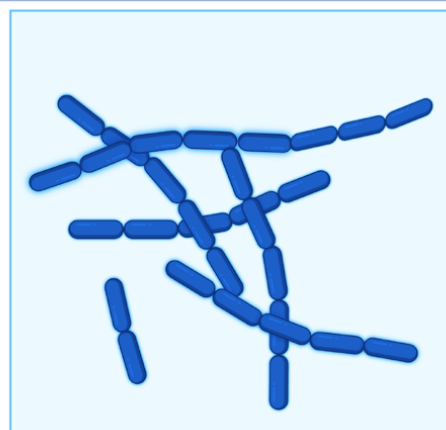
Escherichia coli

DOMÄN - Bacteria
RIKE - Bacteria
FYLUM - Proteobacteria
KLASS - Gammaproteobacteria
ORDNING - Enterobacterales
FAMILJ - Enterobacteriaceae
SLÄKTE - *Escherichia*
ART - *Escherichia coli*



Bacillus megaterium

DOMÄN - Bacteria
RIKE - Bacteria
FYLUM - Firmicutes
KLASS - Bacilli
ORDNING - Bacillales
FAMILJ - Bacillaceae
SLÄKTE - *Bacillus*
ART - *Bacillus megaterium*

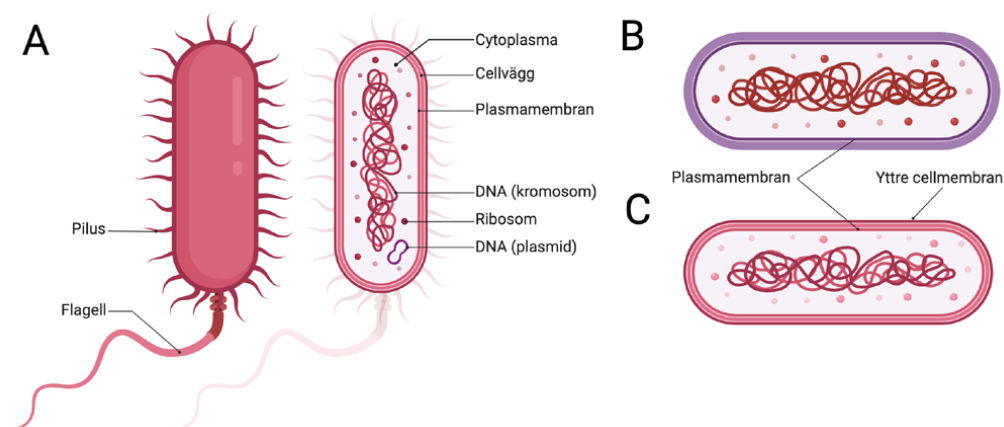


Figur 15A och B
Systematisering av två vanligt förekommande bakterier. *E. coli* som finns i människans tarmsystem och *B. megaterium* i jord.

Bakterier kan även kategoriseras baserat på andra kriterier; deras form, cellväggs struktur, ämnesomsättning (metabolism) och genetiska egenskaper. Cellväggs struktur påverkar hur de svarar på så kallad gramfärgning. Grampositiva bakterier har en tjock peptidoglykanvägg och färgas lila/blå, medan gramnegativa bakterier har en tunn peptidoglykanvägg och ett yttre membran, och se färgas rosa/röd, figur 16.

Bakterier kan även kategoriseras baserat på deras metaboliska egenskaper, såsom deras behov av syre. Aeroba bakterier måste ha syre för att överleva, obligat anaeroba bakterier kan endast leva i syrefria miljöer, och fakultativt anaeroba bakterier kan leva i både syrerika och syrefattiga miljöer.

I bakteriejakten klassificeras bakterier utifrån taxonomi.



Figur 16
Skillnaden mellan grampositiva och gramnegativa bakterier.

KATEGORISERING AV BAKTERIER

Form:

- **Kocker:** Sfäriska bakterier, till exempel *Staphylococcus*.
- **Baciller:** Stavformade bakterier, till exempel *Escherichia coli*.
- **Spiralformade:** Spiral- eller korkskruvsformade bakterier, till exempel *Helicobacter pylori*.

Gramfärgning:

- **Grampositiva:** Har en tjock peptidoglykanvägg och färgas lila/blå.
- **Gramnegativa:** Har en tunn peptidoglykanvägg och ett yttre membran, färgas rosa/röd.

Ämnesomsättning/Metabolism:

- **Aeroba:** Kan endast leva i syrerika miljöer.
- **Obligatorisk anaeroba:** Kan endast leva i syrefria miljöer.
- **Fakultativt anaeroba:** Kan leva i både syrerika och syrefattiga miljöer.

Metod för klassificering och identifiering av bakterier

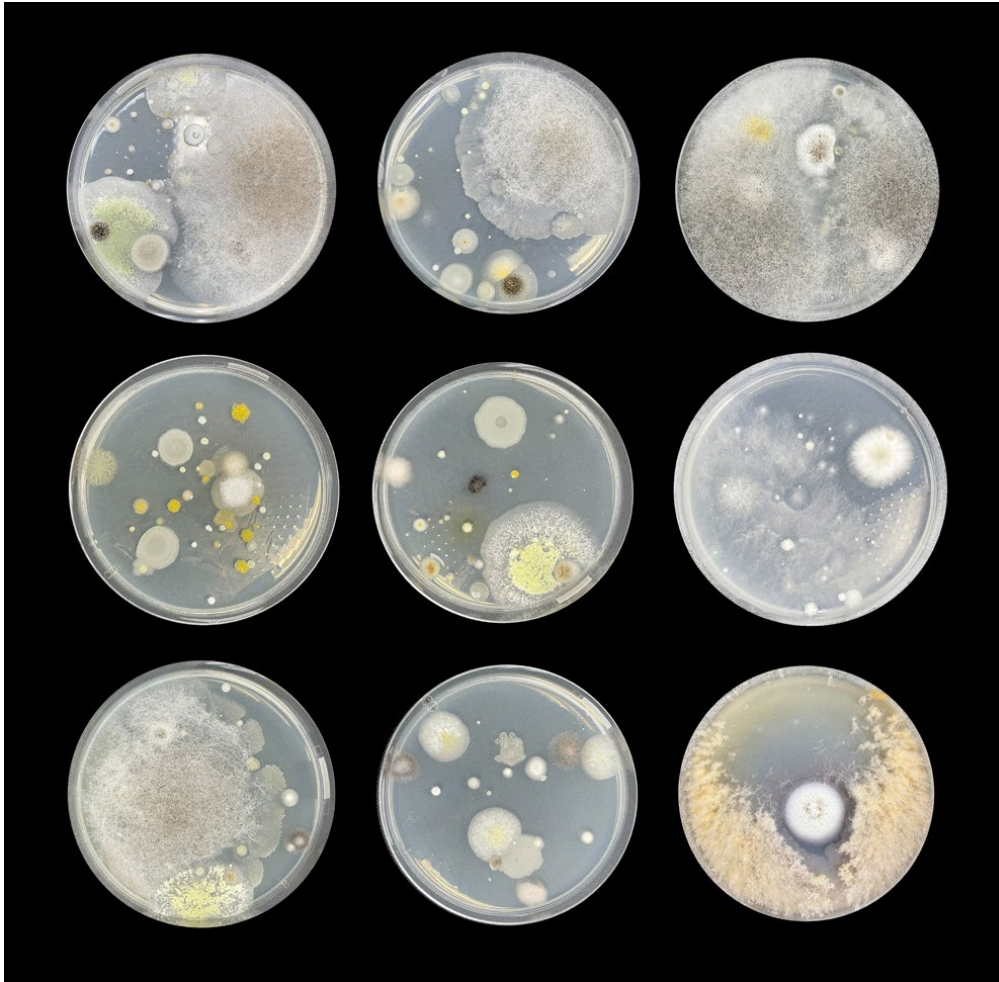
DNA-sekvensering kan användas för att analysera bakteriers genetiska material och klassificera dem baserat på deras genetiska likheter och skillnader.

För att studera en specifik art kan bakterier odlas i ett näringsmedium vid den temperatur som är optimal för bakteriens tillväxt. Efter några dagar har de delat sig tillräckligt många gånger för att bilda synliga kolonier som kan studeras och identifieras, figur 17. Graminfärgning används för att bestämma om det är en grampositiv eller gramnegativ bakterie.

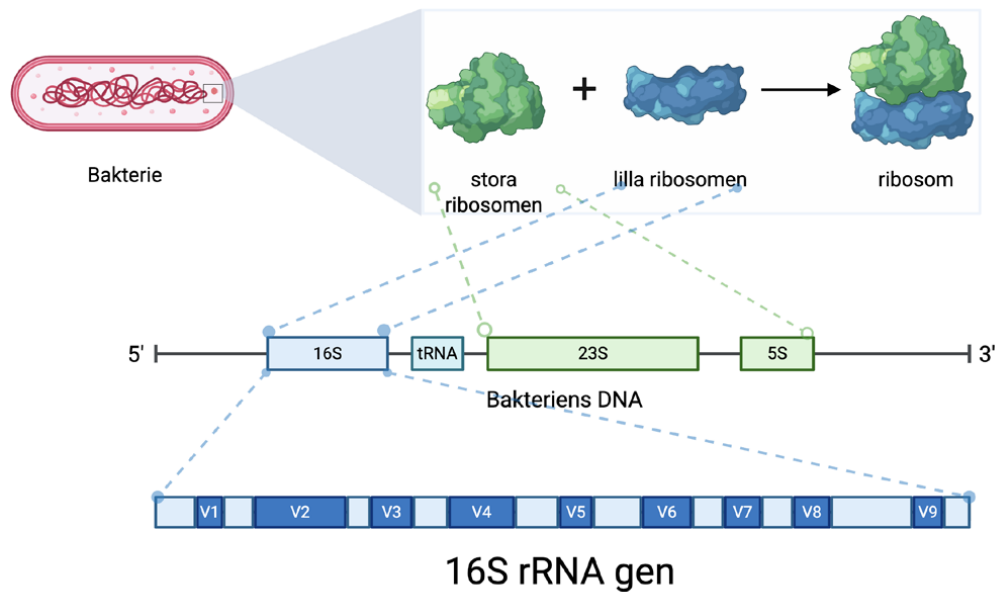
Bakterier kan även identifieras och artbestämmas med hjälp av DNA-sekvensering. Med denna analysmetod kan den bakteriella mångfalden studeras i prover som innehåller många olika arter av bakterier.

DNA-sekvensering är en vanlig metod för att bestämma ordningen av nukleotider i DNA-strängen. När det gäller artbestämning av bakterier baseras analysen på att det finns regioner i bakteriens DNA som skiljer sig åt mellan olika arter. De regioner som skiljer sig finns i den gen som kodar ribosomen, proteinfabriken. Ribosomen består av två subenheter: ett litet och ett stort protein som samverkar. Genen som kodar för det lilla ribosomproteinet kallas 16S rRNA och utgörs av nio korta DNA-sekvenser där var och en av

dess nio sekvenser kan ha en variation. De variabla regionerna förkortas V. Störst variation finns i de variabla regionerna V3 och V4, vilket gör dem särskilt lämpade för identifiering och klassificering av olika bakteriearter, figur 18. Metoden att sekvensera 16S rRNA-genen har lett till att många tidigare okända bakteriearter har identifierats.



Figur 17
Bakterieodlingar på agarplattor.



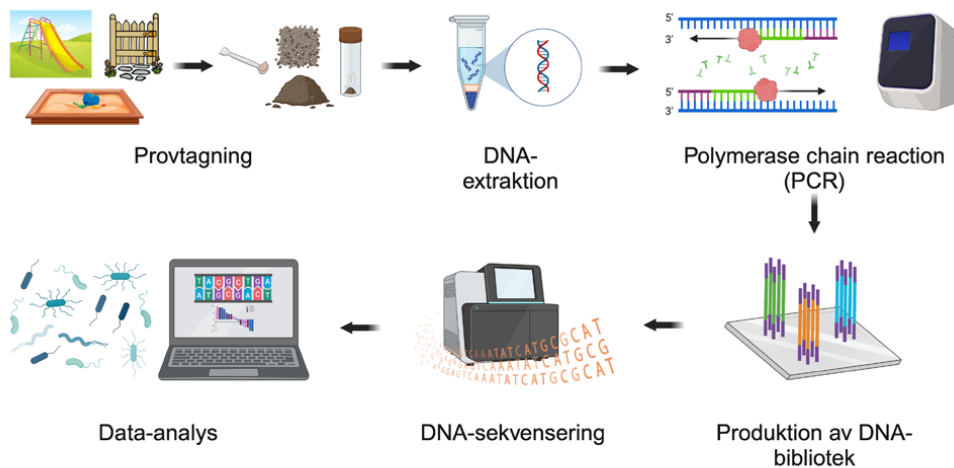
Figur 18

Bakteriens 16S rRNA-gen. Delar av 16S rRNA-genen är unik för varje bakterieart.

I Bakteriejakten används DNA-sekvensering för att identifiera och klassificera bakterier. Nedan beskrivs hur det går till att artbestämma bakterier i insamlade prover.

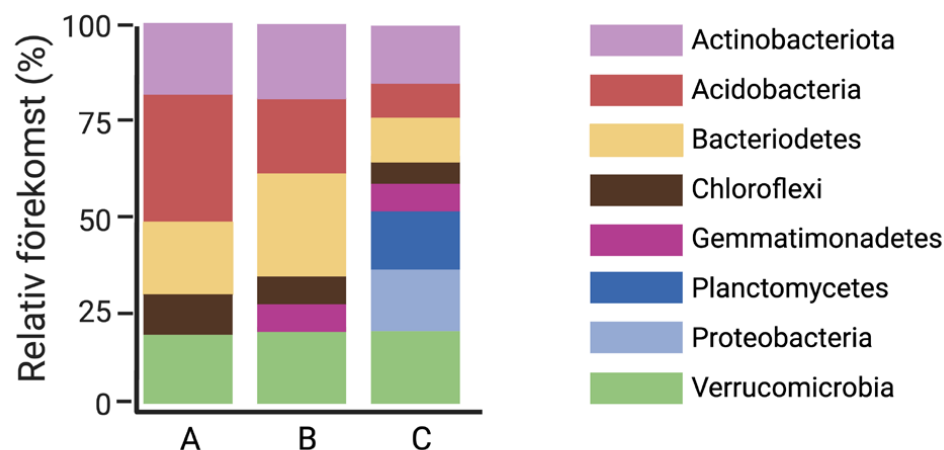
- *Provtagning:* Bakterieprover samlas in på utvalda förskolegårdar runt om i Sverige.
- *DNA-extraktion:* DNA renas fram från bakterierna i provet. För detta används kemikalier som bryter sönder bakteriernas cellväggar och frigör bakteriens innehåll, inklusive DNA. DNA separeras sedan från andra cellkomponenter med hjälp av kemikalier och centrifugering.
- *PCR (Polymerase Chain Reaction):* När DNA är uppenrat och isolerat används en teknik som kallas PCR för att kopiera 16S rRNA-genen många gånger. Speciella korta DNA-sekvenser som kallas primers används för att starta kopieringsprocessen på rätt ställe på DNA-molekylen. Många DNA-kopior behövs för nästa analyssteg.
- *Sekvensering:* Innebär att bestämma ordningen på nukleotiderna i de variabla regionerna i 16S rRNA-genen (V3–V4, figur 19). DNA-kopiorna matas in i en sekvenseringsmaskin som läser av ordningen på nukleotiderna. Resultatet är en sekvens av bokstäverna A, T, C, G, för de olika nukleotiderna adenin, tymin, cytosin, guanin.

- **Data-analys:** Slutligen jämförs den sekvenserade genen med kända sekvenser i en databas för att identifiera vilken eller vilka bakterier provet innehåller. Processen för hur fältprover kan analyseras och bakterier artbestämmas visas i figur 19.



Figur 19
Exempel på process för artbestämning av bakterier.

Bakterieprover tagna utomhus innehåller ofta flera hundra bakteriearter. Ett vanligt sätt är då att presentera bakterieförekomsten översiktligt i form av den relativa förekomsten av olika fylum. I figur 20 visas ett exempel på hur ett sådant resultat kan se ut.



Figur 20
Histogram som visar fördelningen av olika av åtta olika bakteriefylum i tre olika jordprover; A, B och C.

Bakterierikedom och bakteriemångfald

Bakteriemångfald presenteras ofta som bakterierikedom och bakteriemångfald. Bakterierikedom betyder hur många olika arter av bakterier som finns i ett prov. Mångfald handlar om hur dessa bakterier är fördelade.

Exempel på skillnaden mellan artrikedom och mångfald:

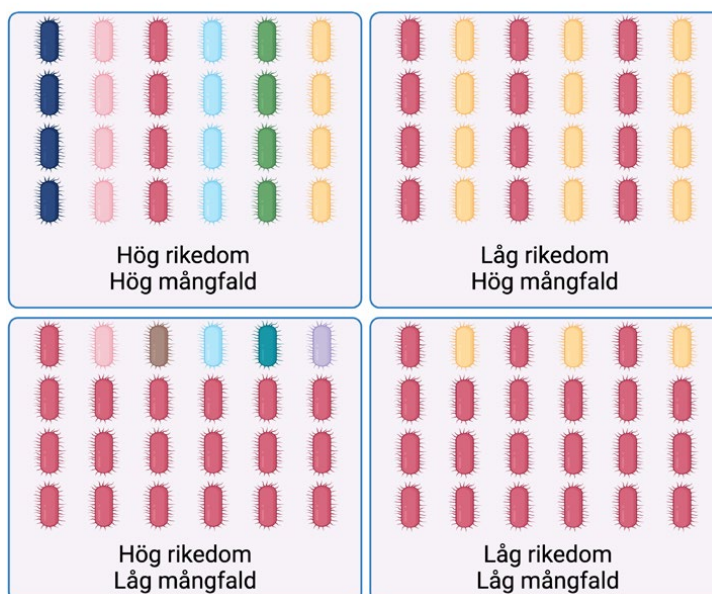
- *Prov A:* Innehåller 100 bakteriearter. Av de 100 arter som finns dominerar 10 arter. Dessa 10 arter utgör 90% av bakteriepopulationen medan de övriga 90 arterna är sällsynta.
- *Prov B:* Innehåller 50 bakteriearter. De 50 arterna är jämnt fördelade utan någon dominerande bakterieart.

Analys:

- *Rikedom:*
Prov A har högre rikedom eftersom det innehåller fler bakteriearter (100) jämfört med Prov B (50).
- *Mångfald:*
Prov B där arterna är jämnt fördelade har högre mångfald än Prov A där det finns 10 dominerande arter.

Om en bakterieart är mycket vanligare än de andra, minskar mångfalden.

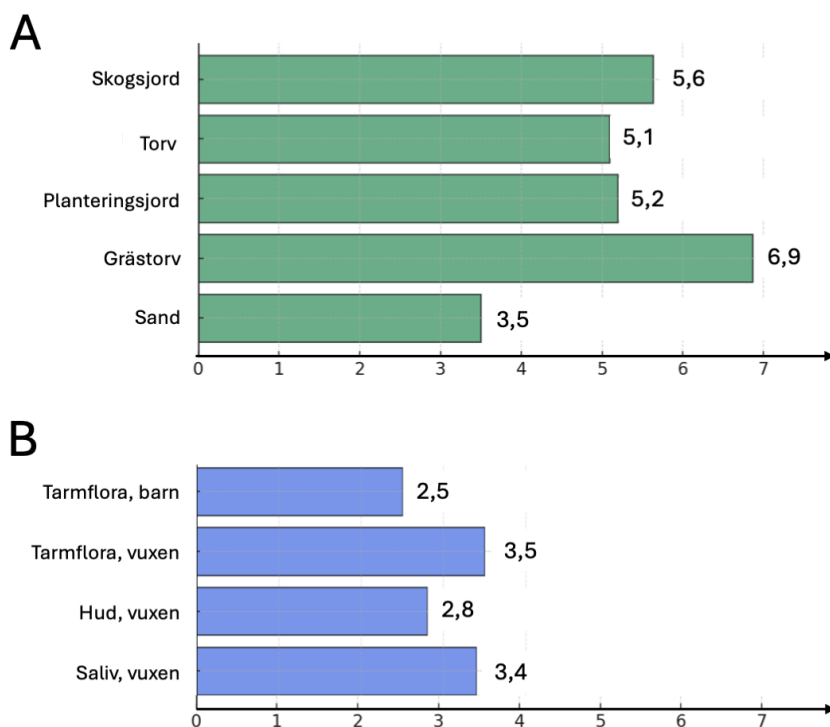
Om alla bakteriearter är ungefär lika vanliga, är mångfalden högre. I figur 21 illustreras hög respektive låg bakterierikedom och bakteriemångfald i fyra olika prover innehållande 24 bakterier vardera.



Figur 21
Bakterierikedom och bakteriemångfald i fyra olika bakterieprover. En bakterieart har sin egen färg i denna figur.

För att beräkna och beskriva rikedom och mångfald kan olika typer av index användas. Ett index som ofta används och som kommer att användas i denna studie är Shannons index. Det tar hänsyn till antalet bakteriearter och hur jämnt de är fördelade. Ett lågt indexvärde betyder låg mångfald, med få arter eller en dominans av en eller få arter. Ett högre indexvärde indikerar större mångfald, vilket betyder en mer varierad och balanserad samling av arter.

Shannons index för till exempel trädgårds- eller skogsjord är ofta runt 5 eller högre. Typiska indexvärden för sand och sandiga jordar är däremot betydligt lägre och sällan över 4. Shannons index för människans tarmflora varierar mellan människor och även i olika åldrar. Ett nyfött barn har ett lågt index, ofta runt 2. För vuxna brukar Shannons index vara 3–5 men kan vara så högt som 6. Medelvärden som dessa ger en generell bild av mångfalden, men information om spridningen (variationen), som visar hur mycket värdena skiljer sig från medelvärdet är viktigt för att förstå den biologiska mångfalden i olika miljöer. Värden som uppmäts kan variera beroende på metodologiska skillnader och felkällor i provinsamlingen, vilket kan påverka medelvärden och spridning i resultaten. Se figur 22 för några exempel på Shannons index i olika prover. Här har endast ett prov analyserats och därför finns ingen spridning.



Figur 22

Figur 22 A visar Shannons index för prover från utomhusmiljö.

Figur 22 B visar Shannons index hos människan.

Vetenskaplig metod i Bakteriejakten

Bakgrund

Allergier, astma och typ 1-diabetes är vanligt förekommande bland barn. Statistik från Folkhälsomyndigheten visar att antalet barn som drabbas har ökat kraftigt under senare delen av 1900-talet och början av 2000-talet. Därefter har ökningen mattats av något för allergier och astma, medan antalet barn och vuxna som drabbas av typ 1-diabetes har fortsatt att öka. Även om det finns en viss ärftlighet bakom dessa sjukdomar, visar forskning att icke-ärftliga faktorer spelar stor roll.

Tidigare forskning har visat att bland barn som växer upp i mer lantliga miljöer är det färre som drabbas av dessa sjukdomar jämfört med barn som växer upp i stadsnära miljöer.

Forskning har visat att lantliga miljöer oftast har högre bakteriemångfald än stadsnära miljöer. Det saknas detaljerad kunskap om vilka bakterier barn exponeras för under uppväxten och hur bakteriemångfalden påverkas av närhet till natur.

Frågeställningar

MALIN, MARIANNE OCH EMMA

Utifrån observationer formuleras en frågeställning. I Bakteriejakten rör frågeställningen vilka bakterier som finns på förskolegårdar, en miljö där många barn tillbringar mycket tid. Studien syftar till att ta reda på om bakteriefloran påverkas av förskolans kringliggande miljö.

Bakteriejakten utgår från följande frågeställningar:

1. Vilka bakterier finns på utvalda förskolegårdar i Sverige?
2. Hur ser bakterierikedom och bakteriemångfald ut på dessa förskolegårdar?
3. Hur skiljer sig bakterierikedom och bakteriemångfald mellan mer centralt eller stadsnära placering jämfört med mer lantlig placering av förskolan?

Formulera en hypotes

MALIN, MARIANNE OCH EMMA

När frågeställningarna har definierats formuleras en hypotes. Hypotesen utgår från frågeställningarna och ska vara testbar genom observationer eller experiment.

Många barn i Sverige tillbringar mycket tid på förskolor. En undersökning av vilka bakterier som finns på utvalda förskolegårdar kan därför ge viktig information om vilka bakterier barn kommer i kontakt med. I Bakteriejakten kommer förekomsten av bakterier i dessa miljöer att analyseras. Dessutom kommer bakterimångfalden att jämföras mellan förskolor som är mer centralt belägna med förskolor i lantligare miljöer.

Hypotesen som ska testas är: *Mångfald och rikedom av bakterier på utvalda förskolegårdar är större i lantliga miljöer jämfört med stadsnära.*

Datainsamling

ELEVER

I en vetenskaplig studie är det viktigt att utförandet beskrivs noggrant så att studien kan upprepas av andra och resultaten jämföras. Vid provtagning fylls fältprotokoll i och platsen fotodokumenteras. En kartläggning av förskolans närmiljö görs.

Provinsamling görs på utvalda förskolor och proverna skickas till Karolinska institutet.

Resultat

MALIN, MARIANNE OCH EMMA

Eleverna sammanställer resultat från kartläggningen av förskolans närmiljö. Detta görs utifrån fältprotokoll samt med hjälp av Eniros kartfunktion flyg-fotografier.

15 september skickar KI analysresultat från vårens provtagningar till skolorna. Eleverna får tillbaka kvantitativa data från sina prover i form av förekomst av bakterier på fylumnivå, antal bakteriearter samt mångfald.

Diskussion

ELEVER, MALIN, MARIANNE OCH EMMA

Elever och forskare tolkar och diskuterar erhållna resultat utifrån frågeställningar och hypotes.

Frågeställningarna i Bakteriejakten:

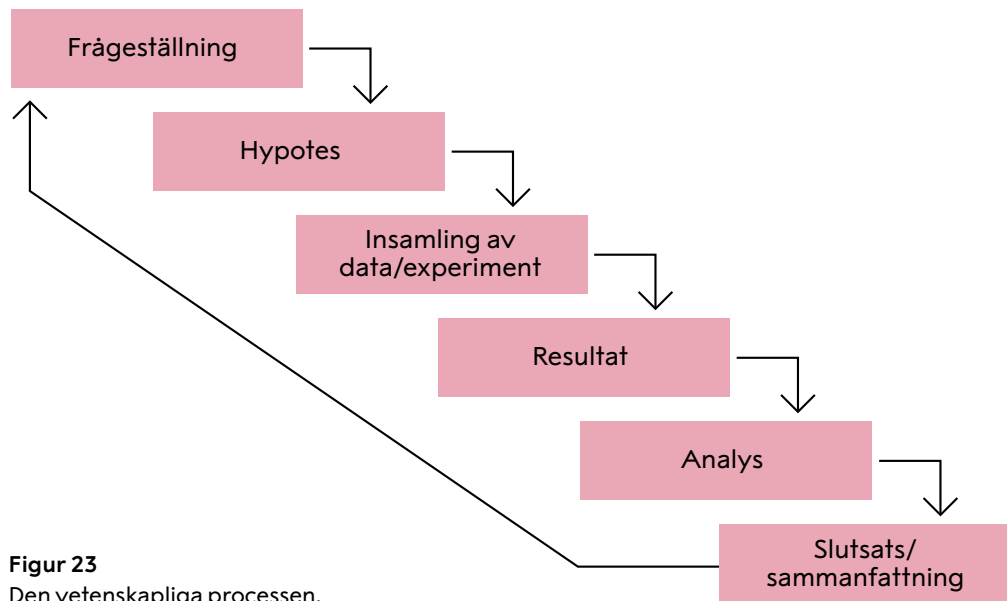
1. Vilka bakterier finns på utvalda förskolegårdar i Sverige?
 - Hur överensstämmer erhållna resultat med hypotesen?
 - Vad kan eventuella skillnader bero på?
2. Hur ser bakterierikedom och bakteriemångfald ut på dessa förskolegårdar?
 - Beskriv hur bakterierikedom och bakteriemångfalden ser ut.
 - Är rikedomen och mångfalden hög eller låg?
3. Hur skiljer sig bakterierikedom och bakteriemångfald mellan centralt belägna respektive mer lantliga förskolor?
 - Om skillnader finns, beskriv hur skillnaderna ser ut.
 - Vad kan skillnaderna bero på alternativt vad kan göra att det inte finns några skillnader?
 - Koppla resonemanget till kartläggningen av förskolans närmiljö.
 - Finns andra intressanta resultat att ta upp?

Slutsats

ELEVER

I ett forskningsprojekt är det viktigt att sammanfatta fynden i en slutsats. Denna ska vara kort och tydligt kopplad till projektets frågeställningar.

Utöver detta kan elever och forskare fundera över om studien gett upphov till nya frågeställningar. Har studien gett nya insikter om vad som kan påverka den bakteriella mångfalden?



Figur 23
Den vetenskapliga processen.

Definition av stadsnära och lantlig miljö

En stadsnära miljö kännetecknas av tätbefolkade områden med omfattande bebyggelse, inklusive flervåningsbyggnader, offentliga och kommersiella byggnader, samt transportinfrastruktur såsom vägar, tåg- och/eller busstationer. Det kan även finnas industrier. Grönområden, såsom parker och lekplatser, är få och ofta omgivna av byggnader.

En lantlig miljö präglas av öppna fält, åkermark, skogar och naturliga vattenkällor som sjöar, åar eller bäckar. Befolkningstätheten är låg, och bebyggelsen är sparsam med få och låga byggnader, som ligger längre ifrån varandra än i stadsmiljön. Trafiken är mindre intensiv med färre vägar och mindre buller än i stadsnära miljöer.

I Bakteriejakten deltar skolor från hela Sverige, både från storstadsregioner och mindre orter. Varje klass har i uppdrag att besöka två olika förskolor: en med mer central eller stadsnära placering och en med mer lantlig placering. I mindre orter, där antalet förskolor kan vara begränsat, tas prover från en förskola i samhällets mest tätbefolkade område och en annan i ett mindre tätbefolkat och mer naturnära område. Detta ger en jämförelsen mellan förskolor i samhällets centrala delar och dess ytterkanter.

Även Ur och Skur-förskolor är intressanta.

Elevuppgift

Förberedelse i klassrummet

1. Ta reda på var förskolorna i kommunen ligger.
2. Hitta en förskola i samhällets mest tätbefolkade områden, så stadsnära som möjligt.
3. Hitta en förskola i samhällets minst tätbefolkade område, så lantligt som möjligt.
4. Läraren kontakter förskolorna och bifogar det brev med projektbeskrivning och frågor till förskolan. Dokument finns på sidan 50 samt nedladdningsbart på forskarhjalpen.se.
5. Tillsammans med förskolorna bestäms datum bestäms för provtagning under provtagningsperioderna 19–22 maj samt 15–19 september.
6. Klassen delas upp i två grupper som ska samla in prover på respektive förskola.
7. Gå igenom hur provtagningen ska gå till, hur fältprotokollen ska fyllas i samt hur proverna ska hanteras. Se film från KI om hur detta görs. Protokoll samt film hittar du på forskarhjalpen.se.
8. Varje provtagningsgrupp kommer att få ett eget provtagningskit som innehåller:
 - 3 st sterila provtagningsrör med inbyggd sked (ett rör per prov som ska samlas in)
 - 2 par sterila handskar
 - 1 ziplockpåse märkt med grupp och prov-ID
 - Fältprotokoll, 4 st olika

Fältstudie

Provtagning sker under följande tidsperioder:

15–23 maj

15–19 september

Varje grupp får ett provtagningskit samt fyra fältprotokoll.

Varje grupp tar med en blyertspenna och en telefon.

Så här görs provtagning

1. Börja med att studera förskolegården och fyll i fältprotokoll 1.
2. Bestäm en 10x10 cm provruta för provtagning på följande 3 platser:
 - Trappa vid förskolans huvudentré.
 - På en rutschkana, gunga, klätterställning eller annan lekanordning.
 - I sandlåda (om det inte finns en sandlåda tas provet på valfri plats).
3. Bestäm en person som ska utföra provtagningen.
4. Provtagaren tar på sterila handskar. Viktigt att inte röra något annat än provtagningsburkens utsida.
5. Provtagning sker genom att skrapa upp eller skopa med provtagningsskeden i de fyra hörnen av en tänkt ruta om ca 10x10 cm på provtagningsplatsen.
6. När provtagningen är klar stoppas provtagningsskeden tillbaka i provtagningsröret och skruvas åt ordentligt.
7. Fotografera varje provtagningsplats tillsammans med provröret så att provID syns. Inga personer får synas på bilden.
8. Fyll i fältprotokoll för varje provtagningsplats.
9. Lägg alla prover i medföljande ziplockpåse.
10. Lägg proverna i en kylväska med kylklampar direkt.
11. Handskar och förpackningar från provtagningskitet tas med till skola och sopsorteras som vanligt.
12. Frys in proverna omgående när ni är tillbaka på skolan.
13. Närmast efterföljande måndag skickas insamlade prover per post till KI

tillsammans med fältprotokollen. Fotografier och frågeformulär skickas även digitalt till KI. Se forskarhjalpen.se för hur protokoll och fotografier laddas upp samt film för hur proverna ska paketeras.

Bearbetning och presentation av data

1. Den 15 september får skolorna analysresultat från insamlade prover.
2. Under perioden 22–26 september kan klassen boka ett teamsmöte med forskaren för att resonera och diskutera analysresultaten.
3. Eleverna tillverkar en poster där arbetet beskrivs och diskuteras. Instruktion för posterarbetet finns på forskarhjalpen.se.
4. En poster per skola skickas till Nobelprismuseet för feedback från forskaren, Nobelprismuseets pedagoger samt en grafisk formgivare. Postern mailas till forskarhjalpen@nobelprize.org, senast 24 oktober.
5. Den 3 november får skolorna tillbaka feedback för den inskickade postern för att kunna arbeta med feedbacken under vecka 45.
6. Den 7 november är deadline för att skicka in reviderad poster till Nobelprismuseet. Denna poster deltar därmed i projektets postertävling.
7. Från den 11 november finns inskickade postrar på hemsidan forskarhjalpen.se. Under perioden 11–18 november görs förberedelser inför digital posterpresentation.
8. Den 19 november genomförs digitala posterpresentationer i grupper om fyra elevpar per presentationsgrupp.
9. Den 5 december välkomnas de två elever som deltagit i postertävlingen till Nobelprismuseet för att delta vid projektets avslutningskonferens. Observera att vi endast har möjlighet att ta emot tre personer från varje skola. Vid avslutningskonferensen fotograferas eleverna vid sina postrar som då kommer att visas i museet. Dagen varvas med intresseväckande föredrag, möten med forskarna i projektet samt prisutdelningar i postertävlingen. Dagen bjuder på både allvar och festlighet.
10. Den 10 december får de två elever som vunnit stora juryns pris gå på Nobelprisutdelningen tillsammans med forskaren som de har hjälpt under året samt sin lärare.

[Ort och datum]

Hej [förskolans namn],

Jag heter [lärarens namn] och jag undervisar på skolans namn]. Jag och min högstadielklass deltar i ett spännande forskningsprojekt arrangerat av Nobelprismuseum i Stockholm, kallat Forskarhjälpen. I Forskarhjälpen får skolelever möjlighet att prova på riktig forskning. Eleverna får på så vis en djupare förståelse för vad ett forskningsprojekt kan innebära, och forskarna får samtidigt hjälp med sin forskning.

Årets projekt, kallat Bakteriejakten, fokuserar på bakterier i barns omgivning. Forskning har visat att bakterier fyller en viktig funktion för utvecklingen av barns immunförsvar. Det har till exempel visats att barn som vistas i miljöer med högre mångfald av bakterier har mindre risk att utveckla allergier. Forskarna har även sett att barn som går på förskola under de första levnadsåren har lägre risk att drabbas av astma, allergier och typ 1-diabetes jämfört med barn som inte går på förskola.

I Bakteriejakten vill forskaren Malin Flodström Tullberg vid Karolinska Institutet i Stockholm ha hjälp med att undersöka bakterier som finns i utomhusmiljön under barns uppväxt. Då många barn tillbringar mycket tid på förskola vill forskarna ta reda på vilka bakterier de stöter på under utomhusvistelser på förskolan.

Genom Bakteriejakten hoppas forskarna även kunna besvara frågan om mångfalden av bakterier påverkas av förskolans placering, är den högre eller lägre om förskolan ligger stadsnära eller lantlig miljö? Den data som samlas in kommer i ett senare skede kunna kopplas till folkhälsodata för att öka förståelsen för hur biologisk mångfald på bakterienivå kan påverka vår hälsa.

Jag skulle vara mycket tacksam om jag och min klass kan få komma förbi er förskola och ta prover från er förskolegård. Tanken är att eleverna arbetar i lag om fyra och tar sand/jordprover från trappan till förskolans ingång, marken vid en lekanordning (t.ex. rutschkana) och sandlåda. Proverna kommer att skickas till forskarnas laboratorium för analys, och resultaten kommer sedan att skickas tillbaka till skolorna som deltar i projektet. Proverna ska tas i i år vid två tillfällen, det första under vecka 21 och det andra under vecka 38.

Inför provtagningen har vi några frågor vi gärna skulle vilja ställa till er. De finns inkluderade nedan.

Vi hoppas att ni är intresserade av att delta i detta viktiga forskningsprojekt och ser fram emot att höra från er.

Med vänliga hälsningar,

[Lärarens namn]

[Skolans namn]

[Kontaktinformation]

Malin Flodström Tullberg, Karolinska institutet Stockholm.

E-post: malin.flodstrom-tullberg@ki.se

Forskarhjälp, Nobelprismuseet, Stockholm.

Forskarhjalpen@nobelprize.org

Hemsida för projektet: forskarhjalpen.se

Frågor till förskolan

Namn på förskola:

När byttes sanden i sandlådan senast?

- ☐ Senaste månaden
- ☐ Senaste 1–6 månaderna
- ☐ Senaste 7–12 månaderna
- ☐ 2–3 år sedan
- ☐ Mer än 3 år sedan

Om du vet vilket datum:

Ungefär hur mycket vistas ni ute på er förskolegård?

- ☐ 1–2 timme/dag
- ☐ 3–4 timmar/dag
- ☐ ≥5 timmar/dag
- ☐ Annat

Brukar ni vistas utomhus utanför förskolegården?

- ☐ Nej
- ☐ Ja

Om ja, hur ofta:

- ☐ En gång i månaden eller mer sällan
- ☐ Ett par gånger i månaden
- ☐ En gång i veckan
- ☐ Oftare än en gång i veckan men inte varje dag
- ☐ Varje dag

Var vistas ni då? (Flera alternativ OK)

- ☐ En park
- ☐ En gräsmatta
- ☐ En annan förskola/skolgård
- ☐ Ett fält/äng
- ☐ En skog
- ☐ Annat

Övriga kommentarer.....

.....

Fältprotokoll 1

1. Övergripande beskrivning av platsen

Skola:

Klass:

Gruppenamn:

Namn på förskola:

Datum: GPS-koordinater:

Lufttemperatur vid provtagning:

Var är förskolan belägen?

☐ Stadsnära miljö

☐ Lantlig miljö

Är förskolan en Ur och Skur-förskola

☐ Ja

☐ Nej

Vad finns på förskolegården (kryssa i det som finns):

☐ Sandlåda

☐ Gräsmatta

☐ Plastmatta

☐ Träd

Antal Antal arter

☐ Buskar

Antal Antal arter

Om förskolegården ej är inhägnad beskriv ytan där förskolebarnen vistas:

.....
.....

Beskriv platsen och vad som finns runtomkring förskolan inom ca 200 m radie

Exempelvis: typ av byggnader (höga, låga, villor), vägar, skog, ängar, sjö/hav, köpcentrum.

.....
.....

Fältprotokoll 2a

Entré

Prov ID

Tid för provtagning :

Utomhustemperatur:

Väder vid provtagningen

- ☐ Soligt
- ☐ Molnigt
- ☐ Helmulet
- ☐ Regn eller snö

Är platsen för provtagningen täckt av snö eller is?

- ☐ Ja
- ☐ Nej

Beskrivning av entrén där prov tas:

- ☐ Öppen och solig plats
- ☐ Skuggad plats
 - ☐ Skugga från byggnader
 - ☐ Skugga från träd

Beskrivning av provet

- ☐ Torrt
- ☐ Fuktigt
- ☐ Blött

Fältprotokoll 2b

Rutschkana eller annan lekställning

Prov ID

Tid för provtagning :

Utomhustemperatur:

Väder vid provtagningen

- ☐ Soligt
- ☐ Molnigt
- ☐ Helmulet
- ☐ Regn eller snö

Om prov inte tas vid rutschkana, var tas provet?

- ☐ Gungor
- ☐ Klätterställning
- ☐ Annan lekställning

Är platsen för provtagningen täckt av snö eller is?

- ☐ Ja
- ☐ Nej

Beskrivning av entrén där prov tas:

- ☐ Öppen och solig plats
- ☐ Skuggad plats
 - ☐ Skugga från byggnader
 - ☐ Skugga från träd

Beskrivning av provet

- ☐ Torrt
- ☐ Fuktigt
- ☐ Blött

Fältprotokoll 2c

Sandlåda eller annan plats

Prov ID

Tid för provtagning :

Utomhustemperatur:

Om prov inte tas vid sandlåda, var är provet taget?

.....

Väder vid provtagningen

- ☐ Sol
- ☐ Molnigt
- ☐ Helmulet
- ☐ Regn eller snö

Är platsen för provtagningen täckt av snö eller is?

- ☐ Ja
- ☐ Nej

Beskrivning av entrén där prov tas:

- ☐ Öppen och solig plats
- ☐ Skuggad plats
 - ☐ Skugga från byggnader
 - ☐ Skugga från träd

Beskrivning av provet

- ☐ Torrt
- ☐ Fuktigt
- ☐ Blött

Ordförklaringar och definitioner

Agenda 2030: En global plan med mål för att uppnå hållbar utveckling till år 2030.

Aerob: Organismer eller processer som kräver syre för att överleva.

Allergi: När kroppen reagerar på ämnen som normalt inte är skadliga, som pollen eller vissa livsmedel.

Allergisk reaktion: Kroppens svar på ett allergen, vilket kan inkludera symtom som klåda, svullnad och andningssvårigheter.

Allergen: Ett ämne som kan orsaka en allergisk reaktion.

Anaerob: Organismer eller processer som inte kräver syre för att överleva.

Antikroppar: Proteiner i kroppen som hjälper till att bekämpa infektioner.

Arkéer: En grupp encelliga mikroorganismer som skiljer sig från bakterier och eukaryoter.

Art: En grupp organismer som kan fortplanta sig med varandra och få fertil avkomma.

Artdiversitet: Variation av arter inom ett ekosystem.

Astma: En kronisk inflammation i luftvägarna som gör att det ibland blir svårt att andas och kan orsaka långvarig hosta. Symtomen inkluderar pipande andning, tryckkänsla över bröstet och andningssvårigheter.

Barriär: Strukturer som skyddar kroppen mot skadliga ämnen, som huden och slemhinnor.

Beta-celler: Celler i bukspottkörteln som producerar insulin.

Bakterie: En encellig mikroorganism som kan vara både nyttig och skadlig.

Bioenergi: Energi som utvinns från biologiskt material, som växter och djur.

Biologisk mångfald: Den genetiska variationen hos individerna inom en art, variationen mellan olika arter och mellan olika naturtyper och landskap som finns på jorden.

Bukspottkörteln: Ett organ som producerar insulin och andra viktiga enzymer för matsmältningen.

CBD: Konventionen om biologisk mångfald, ett internationellt avtal för att bevara biologisk mångfald.

Diversitet: Variation eller mångfald inom en viss kategori, som biologisk mångfald.

DNA: Molekylen som bär den genetiska informationen i alla levande organismer.

Domän: Den högsta nivån av klassificering av organismer, som inkluderar bakterier, arkéer och eukaryoter.

Ekosystem: Ett område i naturen där alla delar jobbar tillsammans. Växter, djur, småkryp, vatten, maskar – alla delar är viktiga. Exempel på ekosystem kan till exempel vara en skog, ett korallrev eller området runt en stubbe.

Ekosystemtjänster: Fördelar som människor får från ekosystem, som ren luft och vatten.

Eukaryot: Organismer vars celler har en kärna och andra membranbundna organeller.

Fakultativ anaerob: Organismer som kan överleva både med och utan syre.

Fenotyp: De observerbara egenskaperna hos en organism, som resultat av både genetiska och miljömässiga faktorer.

Fagocyter: Processen där celler, som makrofager, äter upp och förstör inkräktare.

Fylum: En stor grupp av organismer som delar grundläggande egenskaper.

Genetisk: Relaterad till gener eller arvs massa.

Genetiska koden: Reglerna som bestämmer hur informationen i DNA översätts till proteiner.

Genotyp: Den genetiska sammansättningen hos en organism.

Globala målen: De 17 mål som ingår i Agenda 2030 för hållbar utveckling.

Gramnegativ: Bakterier som färgas rosa/röd vid gramfärgning.

Grampositiv: Bakterier som färgas lila/blå vid gramfärgning.

GPS-koordinat: Ett sätt att ange en exakt plats på jorden med hjälp av ett globalt positioneringssystem.

Histamin: Ett ämne som frigörs vid allergiska reaktioner och orsakar symptom som klåda och svullnad.

Hypotes: Ett antagande eller förslag som kan testas genom experiment eller observationer.

Immunologiskt minne: Kroppens förmåga att komma ihåg och snabbare bekämpa tidigare mötta patogener.

Insulin: Ett hormon som hjälper till att reglera blodsockernivån.

IPBES: En internationell organisation som arbetar med att bedöma tillståndet för biologisk mångfald och ekosystemtjänster.

Invasiva arter: Arter som sprider sig snabbt och kan skada ekosystemet de invaderar.

Mikroorganism: En mikroskopisk organism, som bakterier, virus och svampar.

Mångfald: Variation eller olikhet inom en viss kategori, ofta använd synonymt med diversitet.

Naturligt urval: Processen där organismer med fördelaktiga egenskaper har större chans att överleva och fortplanta sig.

Nyckelarter: Arter som har en avgörande roll i sitt ekosystem.

Ospecifikt immunförsvar: Del av immunförsvaret som reagerar snabbt och generellt mot inkräktare.

Patogen: En organism som orsakar sjukdom.

PCR: En teknik som används för att kopiera små mängder DNA.

Population: En grupp individer av samma art som lever i samma område.

Prokaryot: Organismer vars celler saknar en kärna och andra membranbundna organeller.

Resiliens: Ett ekosystems förmåga att återhämta sig efter störningar.

Ribosom: En cellstruktur som tillverkar proteiner.

Rikedom (bakterier): Antalet olika bakteriearter i ett ekosystem.

Sekvensering: Bestämning av ordningen av nukleotider i DNA eller RNA.

Sensibilisering: Processen där kroppen blir känslig för ett allergen.

Shannons index: Ett mått på biologisk mångfald som tar hänsyn till både antalet arter och deras relativa förekomst.

Specifikt immunförsvar: Del av immunförsvaret som reagerar specifikt och långsammare mot inkräktare.

Taxonomi: Vetenskapen om att klassificera och namnge organismer.

Tarmflora: Samlingen av mikroorganismer som lever i tarmen och hjälper till med matsmältningen.

Typ 1-diabetes: En sjukdom där kroppen inte kan producera insulin, vilket leder till höga blodsockernivåer.

Typ 2-diabetes: En sjukdom där kroppen inte kan använda insulin effektivt, vilket leder till höga blodsockernivåer.

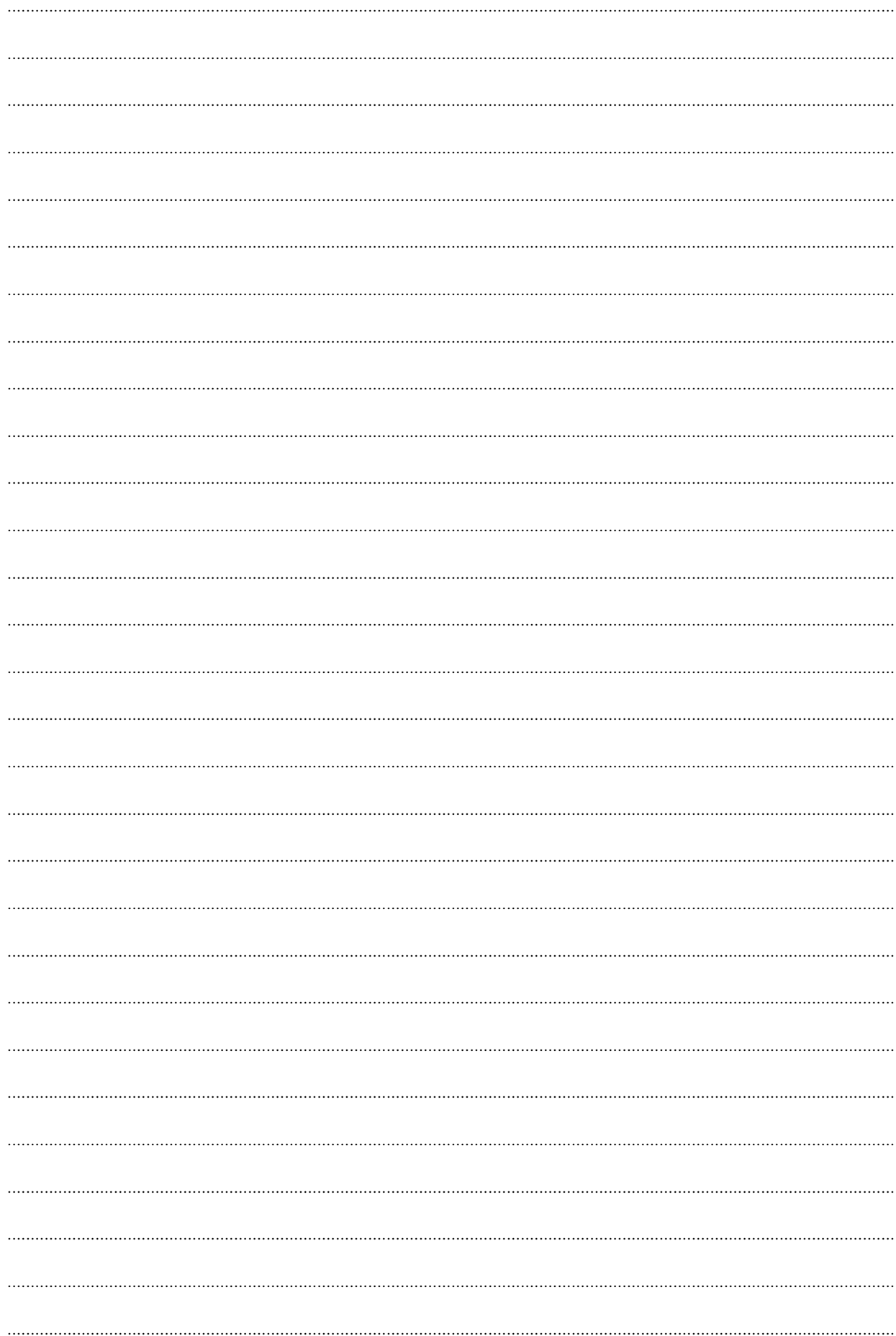
UNEP: FN:s miljöprogram som arbetar för att förbättra miljön globalt.

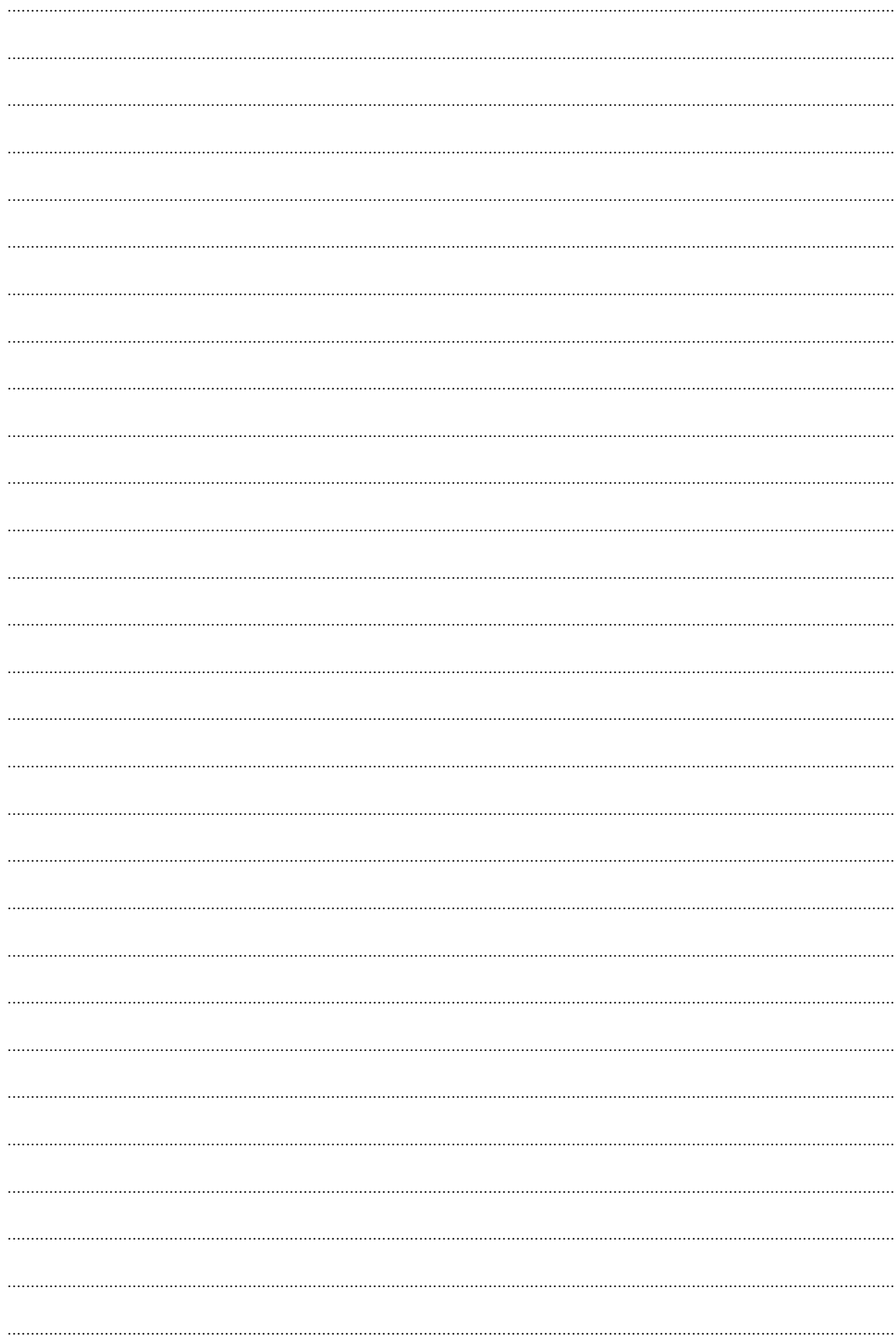
Virus: Små infektiösa partiklar som kan infektera levande organismer.

Våtmark: Område där marken är mättad med vatten, som kärr och träsk.

Överexploatering: När naturresurser används i en sådan omfattning att de riskerar att ta slut.

Överfiske: Fiske i sådan omfattning att fiskpopulationer minskar drastiskt.





Kontaktuppgifter

Anna Ålander

Projektledare, pedagogiskt ansvarig

Nobelprismuseet

forskarhjalpen@nobelprize.org

Malin Flodström Tullberg

Professor i typ 1-diabetes vid institutionen för medicin,

Karolinska institutet

malin.flodstrom-tullberg@ki.se

NOBEL PRIZE MUSEUM I SAMARBETE MED

