

Arvemateriale		Virustyper	Forårsager følgende sygdomme:	Kommentar
DNA	Dobbeltstrenget	Koppevirus	Kopper	Erklæret totalt udryddet i 1980
			Kokopper	Dannede basis for verdens første vaccine mod kopper
		Herpesvirus	Forkølelsessår Skoldkopper Helvedesild Mononukleose	Der er otte undergrupper af herpesvirus og de forårsager alle en eller flere sygdomme
		Papillomavirus	Kønsvorter Livmoderhalskræft	Meget omfattende og udbredt virusgruppe hos både fugle og pattedyr. En del overføres ved seksuel kontakt
		Adenovirus	Halsbetændelse	55 undergrupper hvoraf en del giver halsinfektioner
DNA	Enkeltstrenget	Parvovirus	Den femte børnesygdom (lussingesyge)	Parvovirus er de mindste virus, og for mange af undergrupperne kendes sygdomssammenhængen endnu ikke
RNA	Dobbeltstrenget, flere molekyler	Reovirus	Småbørnsdiarré	Stor virusgruppe der inficerer både planter og dyr og giver milde, ofte uspecifikke symptomer
RNA	Enkeltstrenget + (sense)	Picornavirus	Hepatitis A (smitte overført leverbetændelse)	Der er 12 undergrupper der hver giver adskillige forskellige sygdomme hos mennesker og dyr
			Polio (børnelammelse)	
			Forkølelse (rhinovirus)	
		Togavirus	Røde hunde	Del af MFR-vaccine Kan give fosterskader hvis den gravide får sygdommen
		Flavovirus	Hepatitis C (HCV)	Kan give både leverbetændelse og leverkræft
			Gul feber	Overføres med myg der lever i (sub)troperne

Figur 13, fortsættes på næste side.

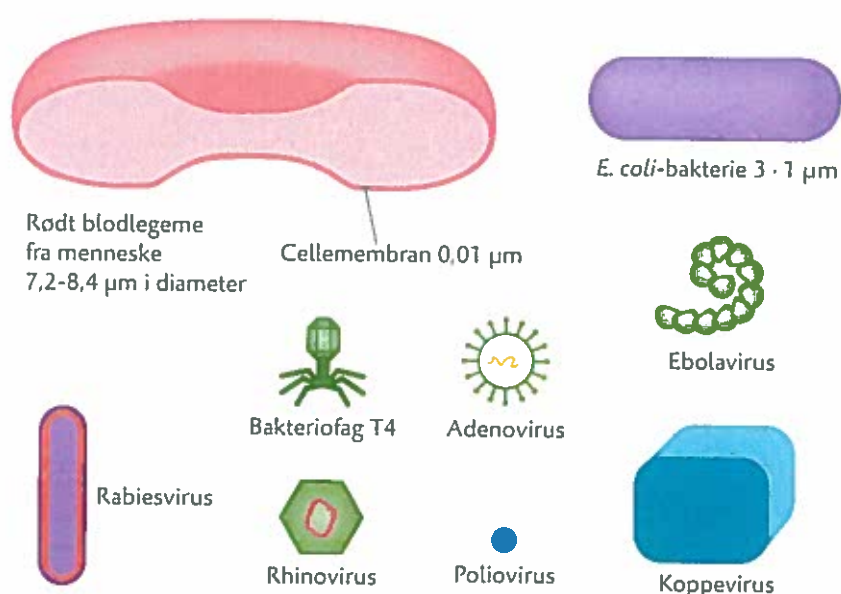
Arvemateriale		Virustyper	Forårsager følgende sygdomme:	Kommentar
RNA	Enkelstrengt - (antisense)	Paramyxovirus	Mæslinger	Del af MFR-vaccine, men globalt dør 175.000 børn årligt
			Fåresyge	Del af MFR-vaccine
		Filovirus	Ebola	Forekommer i Afrika, ødelægger blodkar
		Rhabdovirus	Rabies (hundegalskab)	Kan smitte mennesker ved bid af fx hunde og flagermus
		Orthomyxovirus	Influenza A, B, C	40-85 % udvikler sygdommen. I I-lande dør årligt ca. 500.000
RNA	To enkeltstrengede + (sense) molekyler	Retrovirus	Hiv/aids	Hiv angriber immunforsvaret, og patienten dør af andre sygdomme

Virus

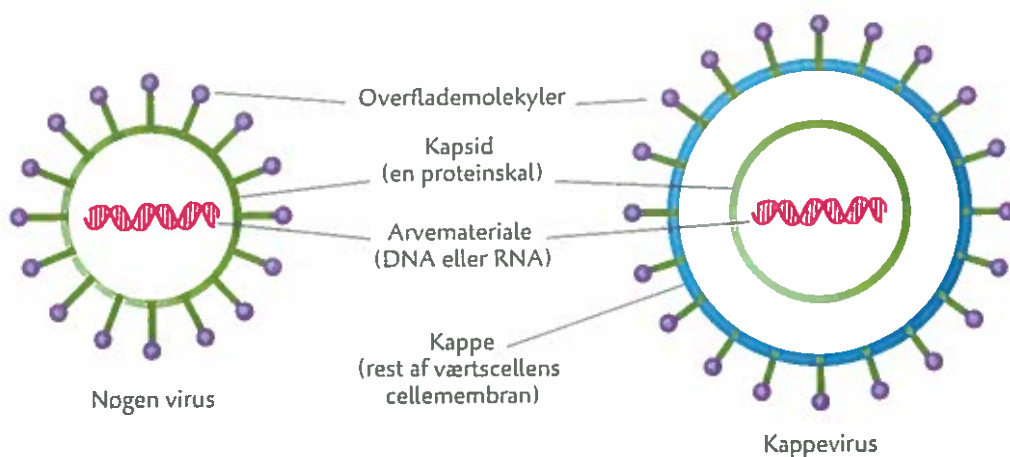
Figur 13 viser en oversigt over en række virus og de sygdomme de forårsager. Virus er meget små, typisk mellem 10 og 300 nm, se figur 14. De er opbygget af arvemateriale omgivet af et proteinhylster. Hylsteret kaldes en kapsid, den er ofte helt regelmæssigt opbygget som en kugle, kasse, cylinder eller prisme. Virus er enten kappeløse eller med kappe, dvs. uden om kapsiden er en membran-kappe, der dels stammer fra værtscellen og dels indeholder nogle virusspecifikke proteiner. Nogle typer virus indeholder også enkelte enzymer der er nødvendige for deres replikation. Eksempelvis indeholder retrovirus enzymet revers transkriptase, se side 20.

Figur 14. Størrelse af forskellige virus sammenlignet med en bakterie og et rødt blodlegeme.

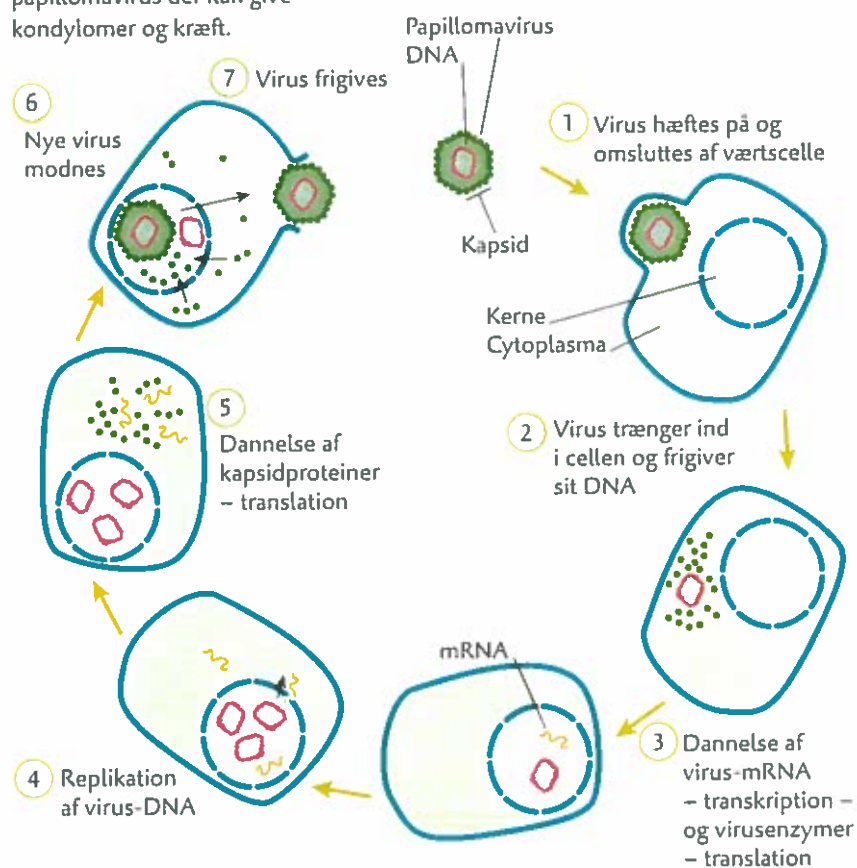
Figur 13. Oversigt over forskellige virustyper og eksempler på de sygdomme de forårsager.



Figur 15. Virus findes enten uden eller med kappe og kan enten have RNA eller DNA som arvemateriale.



Figur 16. Infektionscyklus for papillomavirus der kan give kondylomer og kræft.



På figur 15 ses den generelle opbygning af virus. Som det fremgår af figur 13 kan virus have forskellige typer af arvemateriale. Nogle virustyper har DNA, andre har RNA, og såvel dobbeltstrengt som enkeltstrengt arvemateriale er muligt. Infektionsforløbet af en bestemt virus hænger sammen med hvilken type arvemateriale virus har, fordi dannelsen af almindeligt mRNA (også kaldet positivt eller sense-RNA) er nødvendigt for at værtscellen kan producere nye virus. Figur 16, 17 og 18 (side 20) viser ligheder og forskelle i cyklus for tre forskellige slags virus. Værtscellen reagerer forskelligt alt efter hvilken type virus der er tale om. Men virus' cyklus har også betydning for hvordan sygdommen kan diagnosticeres og eventuelt behandles. Generelt inficerer virus en værtscelle som den kan hæfte sig på, fordi værtscellen har nogle glycoprotein-receptorer som virus kan koble sig til. Eksempelvis kan hepatitisvirus binde sig til og trænge ind i leverceller hvilket resulterer i leverbetændelse. Rabiesvirus kan inficere hjerneceller hvilket resulterer i hundegalskab.

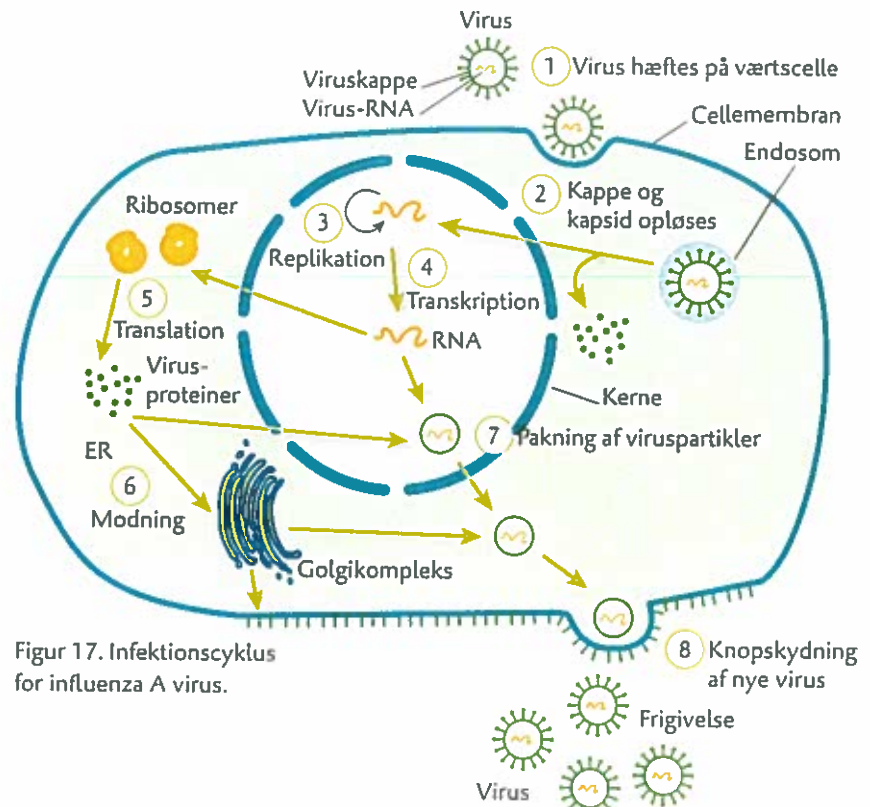
En viruscyklus består kort fortalt af fem trin:

- Kobling til værtscelle
- Frigivelse af virusgener og eventuelle virusenzymer til værtscellen
- Syntese af virusbestanddele udført af værtscellen
- Samling af virusbestanddele til nye viruspartikler
- Frigivelse af nye virus så de kan inficere nye værtsceller

Virus optages i værtscellen enten ved endocytose eller ved at virusoverfladen fusionerer med værtscellen. Virus sender sit arvemateriale ind i værtscellen hvorefter værtscellen begynder at arbejde for virus og bruge af sine egne byggematerialer. Alt afhængig af typen af virusarvemateriale sker der forskellige ting:

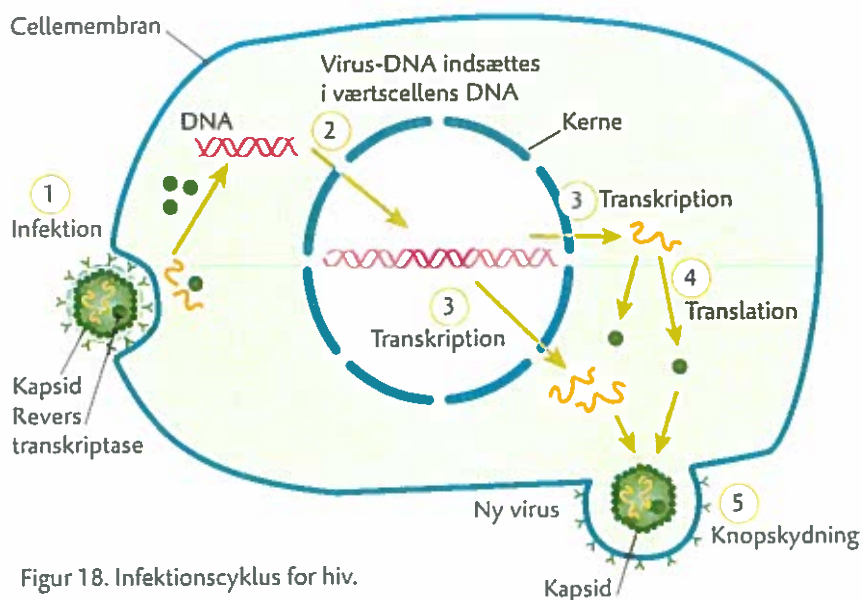
1. Dobbelstrengt kappeløst DNA-virus – her papillomavirus der bl.a. kan give kondylomer og cancer – kan direkte indsætte sit arvemateriale i et af værtscellens kromosomer, se figur 16. Læs også faktasiden **Human papillomavirus, HPV**, side 37. Dette resulterer i at værtscellen først danner mRNA og igangsætter en syntese af enzymer, der er nødvendige for virus via transkription, translation og replikation. Senere sørger værtscellen for at der produceres en masse kapsiddele og at virus-DNA kopieres via replikation. De mange nye virus samles, og til sidst frigives de hvorved værtscellen sprænges. De nye virus kan nu inficere andre celler. Læs om processerne replikation, transkription og translation i Bioteknologi 1, side 54-58.

2. Enkelstrengt kappebærende anti-sense-RNA-virus – her influenza A



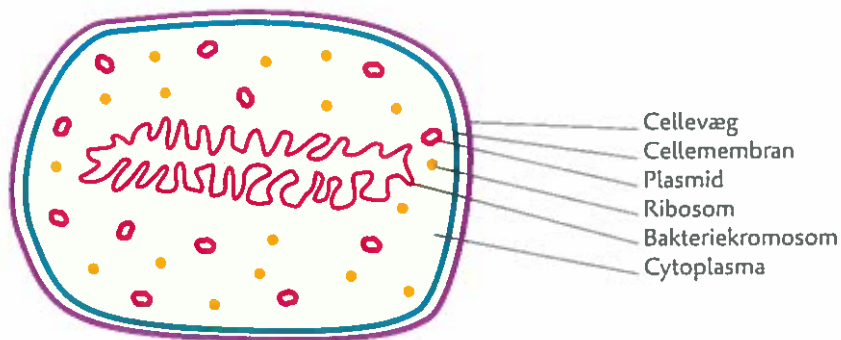
Figur 17. Infektionscyklus for influenza A virus.

virus – optages i værtscellen ved endocytose og frigiver sine otte negative eller antisense-RNA-stykker til cytoplasmaet, se figur 17. Antisense-RNA har den modsatte eller komplementære nucleotidsammensætning i forhold til de proteiner virus skal have dannet. Derfor skal der laves positiv eller sense-RNA, der kan fungere som mRNA i værtscellen. Ved hjælp af virus-RNA-polymerase dannes dels nye virus-RNA og dels almindelig mRNA som koder for kapsiddele og for de to kappeproteiner, hemagglutinin og neuraminidase. Hemagglutinin er nødvendig for at virus kan hæfte sig til og dermed inficere en værtscelle. Neuraminidase er nød-



Figur 18. Infektionscyklus for hiv.

Figur 19. Generel opbygning af de fleste bakterier.



vendig for at virus kan trænge ud af værtscellen igen. Kappeproteinerne transporteres via værtscellens golgi-kompleks ud til cellemembranen. Virus-RNA pakkes i nye kapsider der til sidst knopskyder fra værtscellen hvorved de bliver omgivet af en kappe bestående af virusproteiner og værtscelleproteiner.

3. Kappebærende retrovirus med enkeltstrengt RNA – fx hiv – bindes med sit glycoprotein gp120 til en CD4-receptor, samt en coreceptor på en af immunforsvarets T-hjælpeceller eller makrofager, se figur 18. Læs om immunforsvaret på side 23 ff. Virus fusionerer med værtscellemembranen, og derved kommer hivs to RNA-molekyler samt enzymet revers transkriptase ind i cellen. Revers transkriptase katalyserer dannelsen af DNA på baggrund af hiv-RNA. (Normalt danner celler RNA ud fra DNA under cellens almindelige proteinsyntese, se Bioteknologi 1, side 57). Revers transkriptase laver ofte nogle fejl i denne proces hvorved nye virus bliver lidt forskellige. Det nydannede, dobbeltstrengede virus-DNA kommer ind i cellekernen og sættes ind i et af værtscellens kromosomer. Værtscellen begynder nu at arbejde for hiv idet værtscellen producerer nye hiv-bestanddele i form af RNA, kapsiddele, kappeproteiner og revers transkriptase. Hiv-partiklerne samles og frigives fra værtscellen. Det sker enten ved knopskydning fra en makrofag der overlever, eller ved cellysis af T-hjælpecellen, dvs. den sprænges og dør.