

08 Flygeteori (Aerodynamikk)

Pensumet er identisk med pensum for LAPL.

1=Kjennskap, 2=Redegjør, 3=Forklar.

Referanse	Beskrivelse	Vekt
	Grunnleggende teorier, lover og definisjoner	
	 Lover og definisjoner	
	Ha kjennskap til Newtons tre lover samt de størrelser og enheter i SI-systemet som er aktuelle for fly.	1
	Ha kjennskap til begrepet treghet	1
	Forklar begrepet lufttrykk, tetthet og temperatur samt deres betydning i sammenheng med løft.	3
	Forklar Bernoullis lov, pitotrøret samt IAS og TAS.	3
	Luftens strømningslinjer	
	Redegjør for begrepet strømningslinje	2
	Redegjør for forskjellen mellom luftens strømningslinje rundt et to- og tredimensjonalt legeme	2
	Aerodynamiske krefter	
	Redegjør for aerodynamisk kraft (løftkraft og motstand).	2
	Redegjør for begrepet angrepsvinkel.	2
	Vingeprofil	
	Forklar følgende begrep knyttet til en vingeprofil: korde, relativ tykkhet, krumning, krumningslinje og angrepsvinkel.	3
	Vingeform	
	Redegjør for sideforhold, de ulike vingeformene rett, trapes, elliptisk, swept og deres egenskaper.	2
	To-dimensional luftstrømningslinjer	
	Strømningslinjer	
	Redegjør for strømningslinjenes utseende rundt en vingeprofil.	2
	Stagnasjonspunkt	
	Redegjør for begrepet stagnasjonspunkt.	2
	Trykkfordeling	
	Forklar trykkfordelingen rundt vingen.	3
	Trykksenter	
	Forklar begrepet trykksenter.	3
	Angrepsvinkelens påvirkning på trykksenter	
	Forklar forandringen av angrepsvinkelens påvirkning på trykksenter.	3
	Luftstrømningslinjer ved høy angrepsvinkel	
	Forklar hendelsesforløpet når angrepsvinkelen økes til vingen steiler.	3
	Kurven for løftkraft og angrepsvinkel	
	Forklar kurven som representerer løftkraftens variasjon med angrepsvinkelen.	3
	Koeffisienter	
	Løftkraft	
	Forklar løftformelen og forstå innvirkningen av tetthet, hastighet og vingeflate.	3
	Forklar CL og dens forhold til angrepsvinkelen	3
	Motstand	
	Forklar formelen for totalmotstand og forstå betydningen av kurvens utseende.	3
	Redegjør for CD og dens forhold til angrepsvinkelen	2
	Tredimensjonal luftstrømningslinjer	
	Strømningslinjer	
	Ha kjennskap til strømningslinjene i de tredimensjonale luftstrømmene rundt et flys vinge, kropp og stabilisatorer.	1
	Forklar vingetippvirvlenes dannelse og variasjon med angrepsvinkelen.	3

	Ha kjennskap til hvordan angrepsvinkelen påvirker den tredimensjonale luftstrømmens.	1
	Forklar vingetippvirvlenes bevegelse og varighet.	3
	Indusert motstand	
	Redegjør for indusert motstand og dens dannelse.	2
	Parasitmotstand	
	Parasit-, form-, interferens- og friksjonsmotstand	
	Redegjør for Parasitmotstand, formmotstand, interferensmotstand og friksjonsmotstand.	2
	Ha kjennskap til ulike formmotstand hos ulike profiler (skive, sylinder, halv sylinder og dråpeformet) i en luftstrøm.	1
	Totalmotstand og hastighet	
	Forklar totalmotstandens variasjon med hastigheten.	3
	Indusert motstand og hastighet	
	Forklar indusert motstands variasjon med hastigheten.	3
	Totalmotstand	
	Forklar totalmotstandens variasjon med hastigheten.	3
	Bakkeeffekt	
	Start og landing	
	Forklar bakkeeffektens dannelse og dens innvirkning på flyet ved start og landing.	3
	Steiling	
	Separasjon	
	Redegjør for følgende begrepene -laminært grensesjikt -turbulent grensesjikt -omslagspunkt -separasjonspunkt	2
	Redegjør for separasjonens årsak og hvordan separasjonspunktet flytter seg ved økning av angrepsvinkelen.	2
	Redegjør kortfattet rede for separasjonen påvirkning på trykkfordelingen, trykksentrum, CL, CD og nesestilling	2
	Redegjør for det engelske begrepet buffeting og hvordan man konstruerer flyet slik at det fortsatt skal kunne kontrolleres ved en steiling.	2
	Steilehastighet	
	Forklar hvordan steilefarten henger sammen med den aktuelle løftkraften fra vingen med hjelp av løftformelen	3
	Forklar hvordan steilefarten påvirkes av: -lastefaktoren, og hvordan denne forandres i sving -plassering av tyngdepunkt -motoreffekt -høyde -vingebelastning	3
	Initiell steiling	
	Forklar hvordan balanserorene påvirker steiling.	3
	Forklar hensikten av at vingeroten steiler først.	3
	Ha kjennskap til metoder for å styre den initielle steilingen til vingeroten.	1
	Steilevarsling	
	Redegjør for betydningen av steilevarsling	2
	Redegjør for hvorfor steilevarslingen ofte kommer ved en høyere fart enn steilingen	2
	Redegjør for begrepene buffeting, steilestrip og kunstig steilevarsel.	2
	Ha kjennskap til andre kjennetegn på en begynnende steiling	1

	Forklar prosedyre for utgang av en steiling for følgende faser av flyvningen: - Stigning - Konstant høyde - Nedstigning - Ved sving - Ved stigende eller synkende sving	3
	Spesielle steilingsfenomen	
	Redegjør for steiling med gasspådrag samt ved stigende og i synkende sving.	2
	Forklare egenskaper for fly når man har rimfrost/snø/is på flyets vinge (fremkant og over- eller underside).	3
	Forklare hvorfor flyet legger seg over til en side ved steiling, spinn samt korrekt teknikk for å komme ut av spinn.	3
	Forklar faktorer som fører til spinn og hvordan man kjenner igjen en begynnende spinn	3
	Forklar hvordan isdannelse kan påvirke et flys oppførsel ved steiling	3
	Redegjør for at isdannelse kan påvirke og/eller hindre steilevarslingen	2
	Måter for å påvirke CLmax	
	Flaps	
	Redegjør for flaps virkemåte og funksjon	2
	Redegjør for flaps betydning på løftkurven og løftsentrum.	2
	Redegjør for ulike typer av flaps (enkel, split & Fowler) og betydningen av asymmetrisk bevegelse samt endringen i nesestillingen ved bruk.	2
	Slats/Slots	
	Redegjør for slats virkemåte og funksjon	2
	Redegjør for slats betydning på løftkurven og løftsentrum.	2
	Redegjør for ulike typer av slats og deres innvirkning på flyet.	2
	Grensesjiktet	
	Egenskaper	
	Ha kjennskap til det laminære grensesjiktets egenskaper og hvordan påvirkes av ujevnheter i flyets overflate.	1
	Ha kjennskap til det turbulente grensesjiktets egenskaper og hvordan det påvirker effekten av seperasjon.	1
	Faktorer som påvirker aerodynamikken negativt	
	Is og annen belegg	
	Forklar hvilke følger rimfrost/snø/is på flyets fremkanter kan ha for: - Økt steilehastighet - Stabilisatorsteiling ved utfelling av flaps. - Asymmetrisk og overraskende krenkning. - Luftmotstand - Tyngde	3
	Forklar hvilke følger rimfrost/snø/is på flyets øvrige overflater kan ha. - Vekt - Lavere angrepsvinkel for steiling og dermed høyere steilehastighet. - Friksjonsmotstand - Asymmetrisk og overraskende krenkning - Rorproblem som kan føre til kontrollproblem - Asymmetrisk bortblåsning av snø ved avgang som fører til roll - Påvirkning på flaps under start, landing og flyging i lav hastighet	3
	STABILITET	
	Statisk og dynamisk stabilitet	
	Begrep og definisjoner	
	Forklar begrepene statisk og dynamisk stabilitet.	3
	Forklar begrepene stabil, nøytral og ustabil.	3

	Forklar lengedaksen, normalaksen og tverraksen.	3
	Forklar roll, yaw og pitch.	3
	Redegjør for begrepet PIO, Pilot Induced Oscillations.	2
	Statisk stabilitet	
	Forklar hva som generelt kreves for å kunne oppnå statisk stabilitet.	3
	Kraftbalanse	
	Forklar de fire kreftene som påvirker et fly: løft, vekt, motstand og trekkraft	3
	Forklar kraftbalansen og hva som hender om den brytes.	3
	Momentbalanse	
	Forklar momentbalanse og hva som hender om den brytes.	3
	Statisk og dynamisk lengdestabilitet	
	Metoder for å oppnå balanse	
	Forklar samspillet mellom krefter som bidrar til flyets lengdestabilitet.	3
	Ha kjennskap til begrepet fartstabilitet og dets kobling til diagrammet for trekkraft og motstand.	1
	Statisk lengdestabilitet	
	Ha kjennskap til metoder for å oppnå statisk lengdestabilitet. Stabilisator & Canardvinge.	1
	Ha kjennskap til begrepet stabilitetsmargin. Positiv og negativ.	1
	Nøytralpunkt	
	Ha kjennskap til begrepet nøytralpunkt.	1
	Tyngdepunkt	
	Redegjør for hvordan tyngdepunktet påvirker stabilitet	2
	Forklar effekten av et tyngdepunkt som ligger langt bak. Hvorfor setter man en begrensning (lettmanøvrert, lav luftmotstand, men ustabil)?	3
	Forklar effekten av et tyngdepunkt som ligger langt frem. Hvorfor setter man en begrensning (Større stikkepress, stabilt, effekt av flapsutslag, høy luftmotstand)?	3
	Dynamisk yaw- og rollstabilitet	
	Spinn	
	Forklar begrepet spiralin stabilitet (yawstabiliteten større enn rollstabiliteten) og hvordan man tar seg ut av en spinn	3
	KONTROLL	
	Generelt	
	Begrep	
	Se 081 04 01 01	
	Forandring i angrepsvinkel	
	Redegjør for effekten av et rorutslag som funksjon av angrepsvinkel og hvordan den leder til en primær og sekundær effekt.	2
	Kontroll om tverraksen (Pitch)	
	Høyderor	
	Redegjør for høyderorets primære virkemåte (rotasjon rundt tverraksen).	2
	Downdraft	
	Redegjør for hvordan downdraft fra vingen (ved ulike angrepsvinkler og vinkler på vingeklaffer) påvirker stabilisatoren.	2
	Tyngdepunkt	
	Se 081 040305	3
	Kontroll om normalaksen/vertikalaksen	
	Sideror	
	Forklar siderorets primære (yaw) og sekundære (roll) virkemåte	3
	Kontroll om normalaksen	
	Balanseror	

	Forklar balanserorenes primære virkemåte (roll).	3
	Balanserorsbrems	
	Forklar balanserorenes sekundære virkemåte (yaw). Balanserorsbrems	3
	Måter å unngå/minske balanserorsbrems	
	Redegjør for ulike måter å minimere effekten av balanserorsbrems	2
	Reduksjon av aerodynamiske krefter	
	Aerodynamisk avbalansering	
	Redegjør for aerodynamisk avbalansering av ror.	2
	Redegjør funksjonen hos servoror og trimror.	2
	Trimming	
	Faktorer og stikkepress	
	Forklar begrepet trimming av sikkepress om alle tre akser.	3
	Redegjør hvordan faktorer som gasspådrag og drivstofforbruk som påvirker trimmingen.	2
	Trimror	
	Beskriv funksjonen på et trimror.	2
	Beskriv hvordan man opererer et trimror.	2
	BEGRENSNINGER	
	Operative begrensninger	
	Flutter	
	Redegjør for begrepet flutter på ror, vinger og stabilisatorer samt begrepet aeroelastisitet.	2
	Flaps	
	Forklar VFE samt markeringer på hastigetsmåleren.	3
	VNO, VNE	
	Forklar hastighet for normal operasjon og makshastighet, samt hvordan disse, samt steilehastigheten, er markert på hastighetsmåleren.	3
	Begrensninger for manøvrering	
	Lastfaktor	
	Forklar begrepet lastfaktor og hvordan den påvirkes ved sving, stup og oppretting fra stup	3
	Forklar et lastfaktordiagram. Maksimum- og minimumsverdier for lastfaktor med og uten flaps utfelt.	3
	Forklar hvordan maksimal lastfaktor avhenger av flyets hastighet og vekt.	3
	Forklar maks manøvreringshastighet, VA og sammenhengen med flyets vekt	3
	Faktorer som påvirker lastfaktordiagrammet	
	Forklar hvordan flyets vekt inngår lastfaktordiagrammet.	3
	Vindkast/Turbulens	
	Diagram for last forårsaket av vindkast/turbulens	
	Ha kjennskap til hvordan lastfaktoren for et gitt vindkast/turbulens påvirkes av hastigheten.	1
	PROPELL	
	Omdannelse av motorens effekt til trekraft	
	Stigning	
	Redegjør for begrepet stigning og sammenhengen med angrepsvinkel, flyets hastighet og motorens effekt.	2
	Ha kjennskap til hva som skjer når propellspissen overskrider lydens hastighet.	1
	Vridning av propellbladene	
	Beskriv hensikten med vridning av propellerbladet samt variasjon av profilen.	2
	Is på propellbladene	
	Beskriv effekter av is på propellen som vibrasjoner, minsket trekraft, is som løsner.	2

	Motorstans	
	Motstand fra propell	
	Redegjør for forskjellen mellom en stillestående og en roterende propell etter motorstopp.	2
	Sekundære propelleffekter	
	Vridningsmoment	
	Redegjør for vridningsmomentets effekt på flyet.	2
	Propellstrøm	
	Forklar propellstrømmens effekt på flyet.	3
	P-effekt	
	Forklar P-effekten.	3
	LUFTKREFTER I ULIKE FLYGEFASER	
	Horisontal flygning	
	Forklar forholdet mellom trekraft, motstand, vekt og løft ved horisontal flygning.	3
	Forklar sammenhengen mellom effekt og propellens kraft ved hastighetsendringer.	3
	Forklar effektens variasjon med høyden hos en vanlig stempelmotor samt motor med turbo- eller kompressorladning.	3
	Forklar fart for lengste flytid og fart for beste rekkevidde for et propellfly.	3
	Stigning	
	Forklar forholdet mellom trekraft, motstand, vekt og løft ved stigning.	3
	Forklar hensikten med flaps ved avgang, samt flapsens effekt på stigevinkelen.	3
	Forklar VX og VY og hvordan de påvirkes av vekt	3
	Redegjør for hvordan en inversjon, spesielt sammen med vindskjær, påvirker et fly i stigning.	2
	Nedstigning og glidning	
	Forklar forholdet mellom trekraft, motstand, vekt og løft ved nedstigning og glidning.	3
	Forklar effekten av å sette up vingeklaffer.	3
	Sving	
	Forklar samspillet mellom trekraft, motstand, vekt og løft i sving. Regn ut lastfaktoren som funksjon av krenningsvinkelen.	3
	Forklar begrepet koordinert "ren" sving, skid og slip og hvordan man i praksis oppnår en ren sving ved hjelp av "kulen".	3
	Forklar hvordan svingradiusen påvirkes av hastigheten	3
	Forklar begrepet "rate of turn"	3