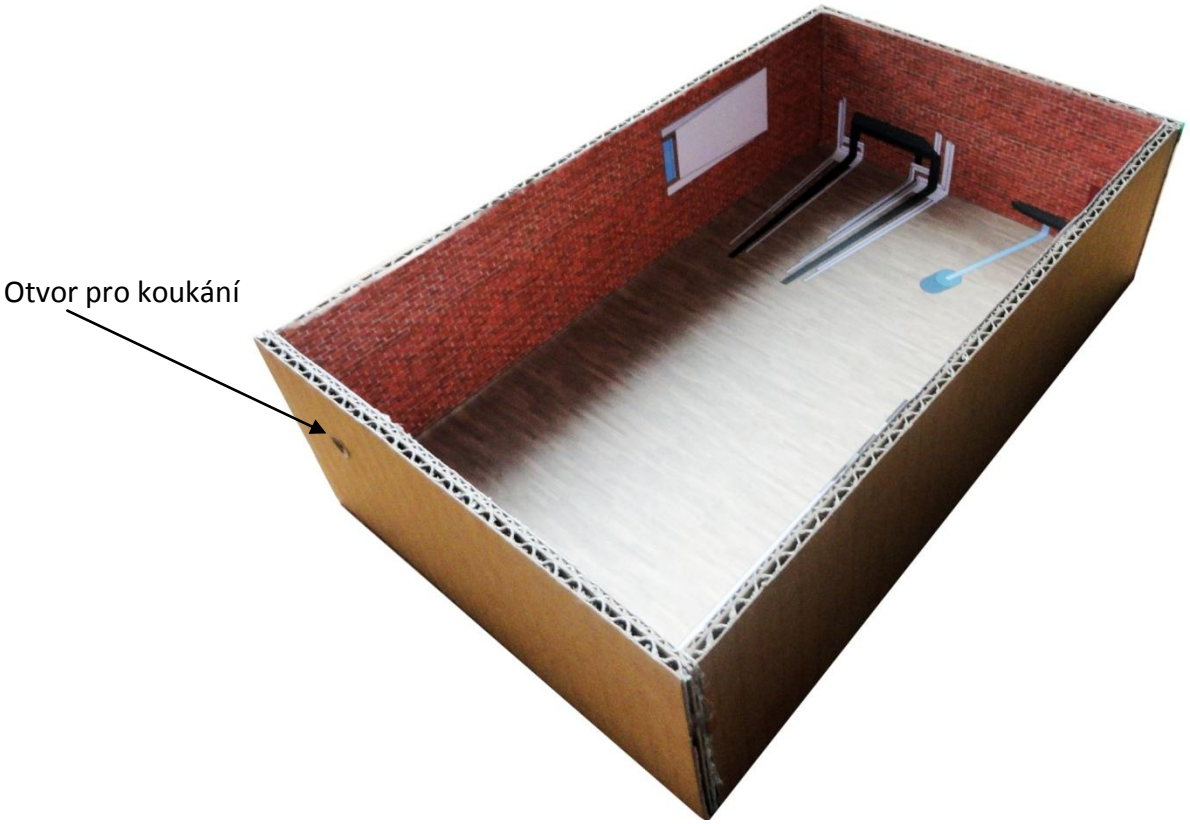
NÁVOD NA VYROBENÍ PERSPEKTIVNÍ KRABIČKY

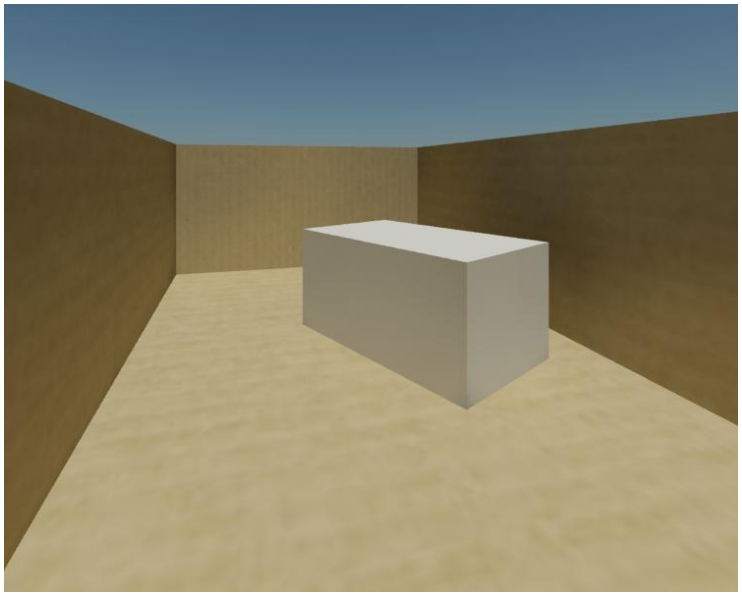
1. PERSPEKTIVNÍ KRABIČKA

Perspektivní krabička je krabička, většinou bez víka, s malým otvorem na jedné straně, uvnitř pomalovaná různými obrazci. Když se do krabičky tím otvorem jedním okem podíváme, namalované obrazce uvnitř nám vytvoří iluzi prostoru. Bude se nám zdát, že jsou v krabičce umístěné různé prostorové objekty nebo že má krabička různé výstupky a otvory apod. Jedná se o prostorovou iluzi založenou na lidském-perspektivním vidění. Lidské smysly jsou nedokonalé a dají se snadno oklamat.

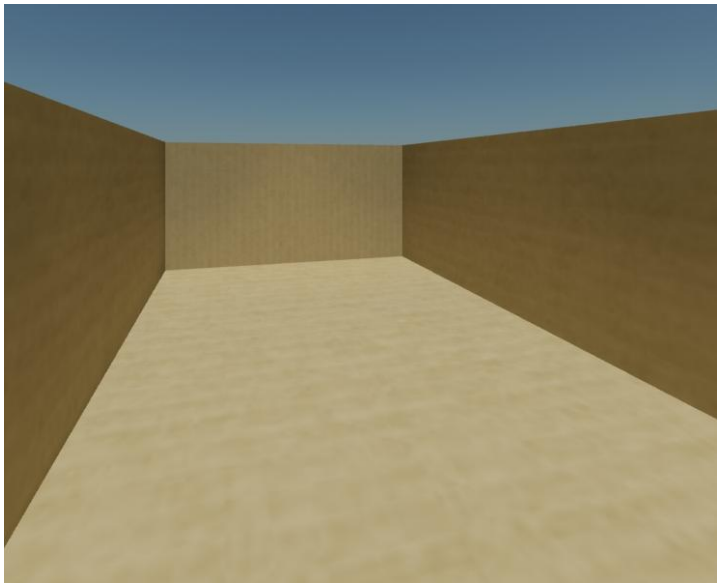


Úkolem této práce je ukázat, jak si takovou krabičku vyrobit.

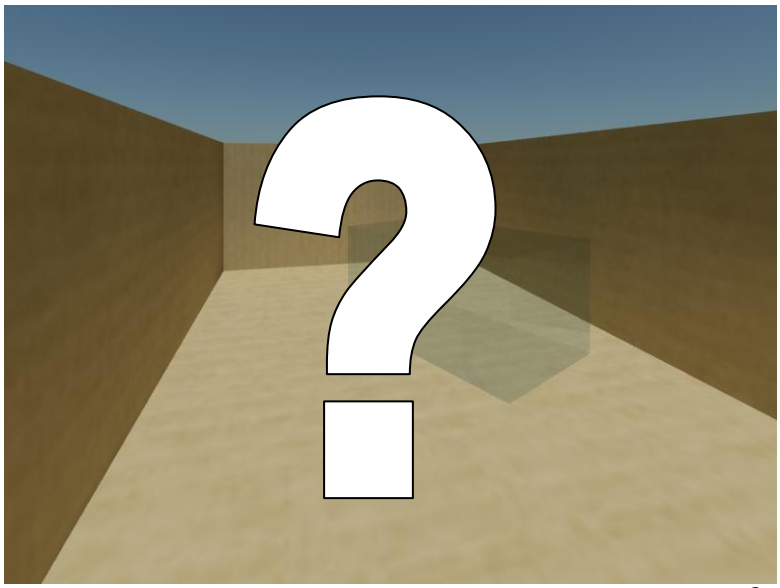
Vezměme nepomalovanou krabičku. Uděláme do ní otvor a dovnitř vložíme nějaký prostorový objekt, třeba kvádr.



Když se otvorem koukneme dovnitř, pochopitelně vidíme kvádr.



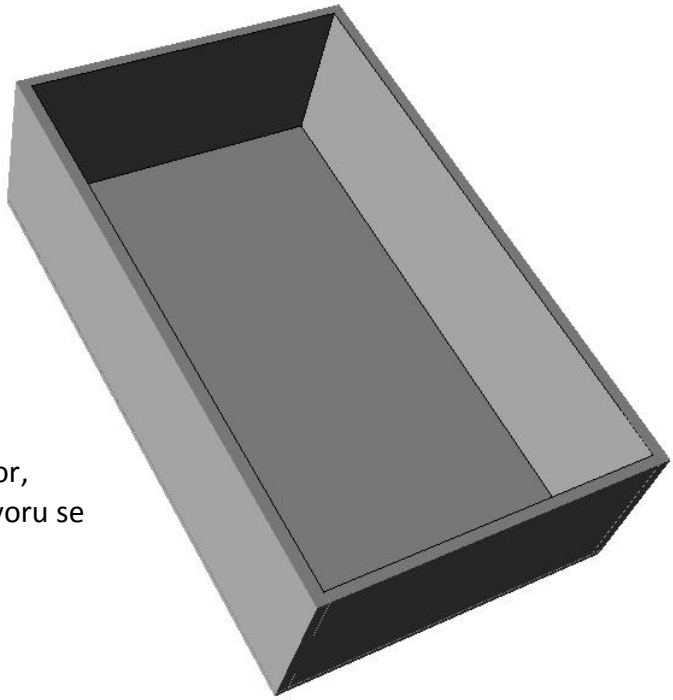
Jak pomalovat vnitřní stěny krabičky, abychom viděli kvádr i po jeho odstranění?



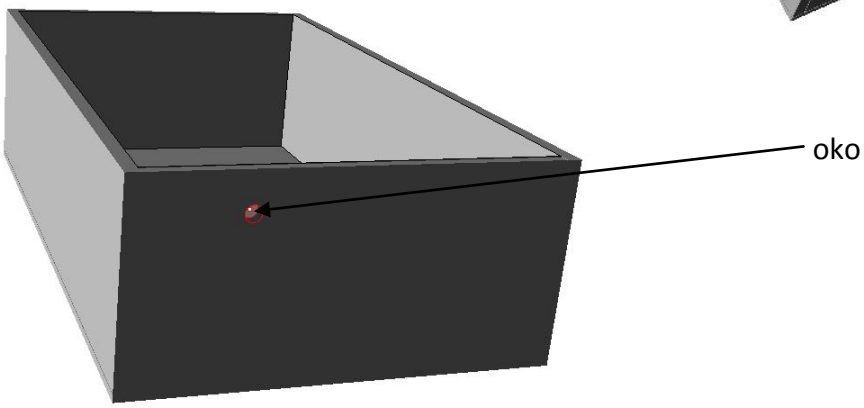
2. TEORETICKÁ ČÁST
2.1 PRINCIP PERSPEKTIVNÍ KRABIČKY VYSVĚTLEN NA PROSTOROVÝCH ILUSTRACÍCH

Nejdříve si přiblížíme princip perspektivní krabičky pomocí prostorových ilustrací.

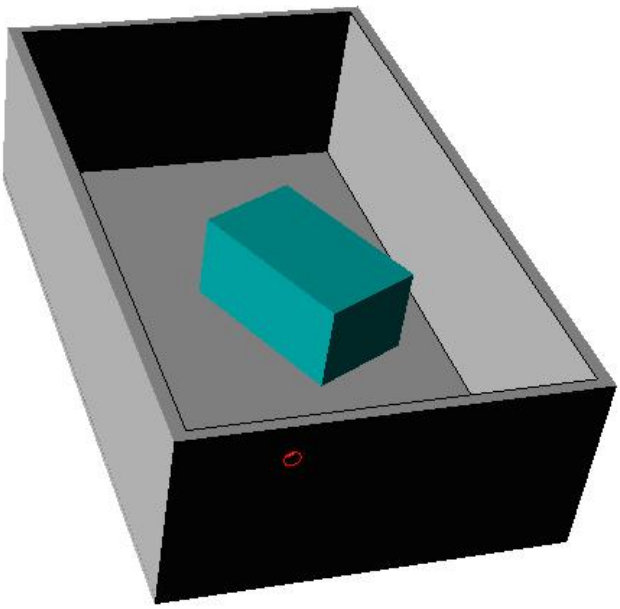
Vezmeme si krabičku.



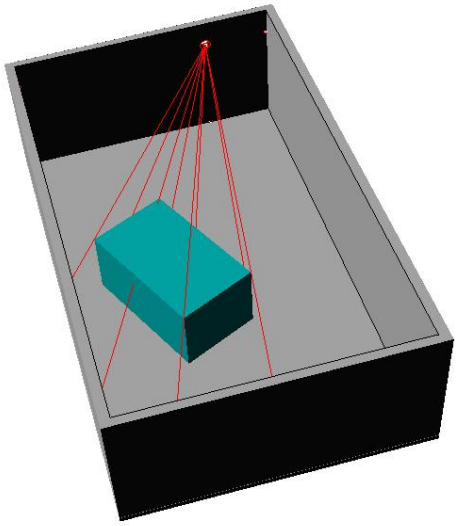
A do jedné z jejích stěn uděláme kruhový otvor, kterým budeme do krabičky koukat. Střed otvoru se nazývá *oko* – budeme ho značit O.



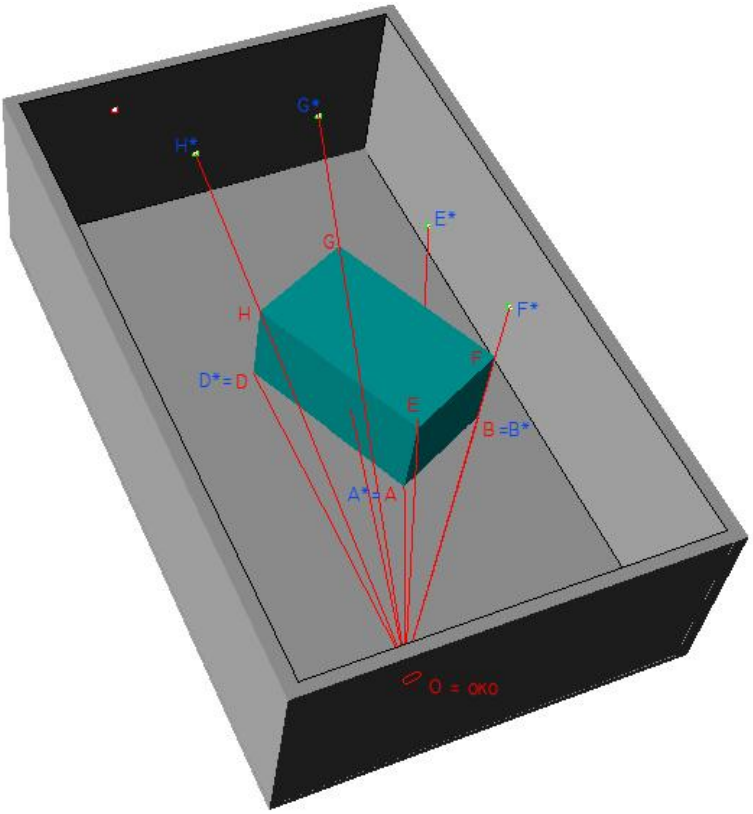
Následně do krabičky umístíme prostorový objekt, například kvádr.



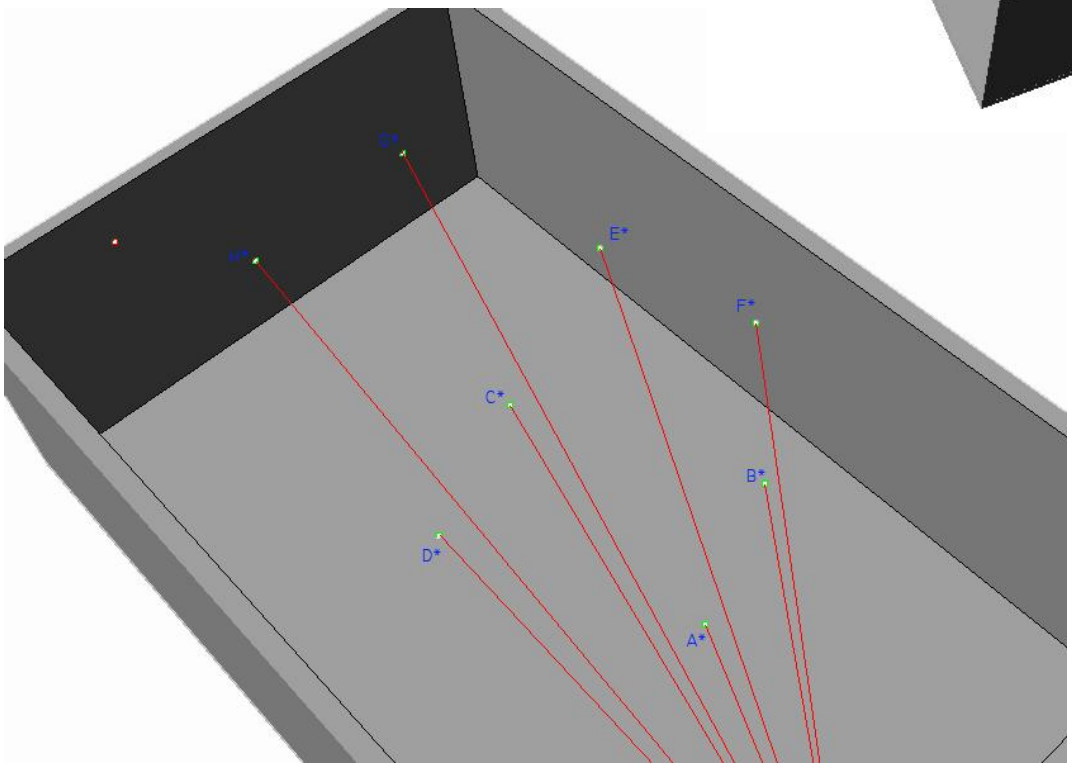
Princip iluze spočívá v tom, že z *oka* vedeme paprsky (přímky) jednotlivými body objektu. Nemusíme úplně všemi. Stačí jen těmi významnými – vrcholy.



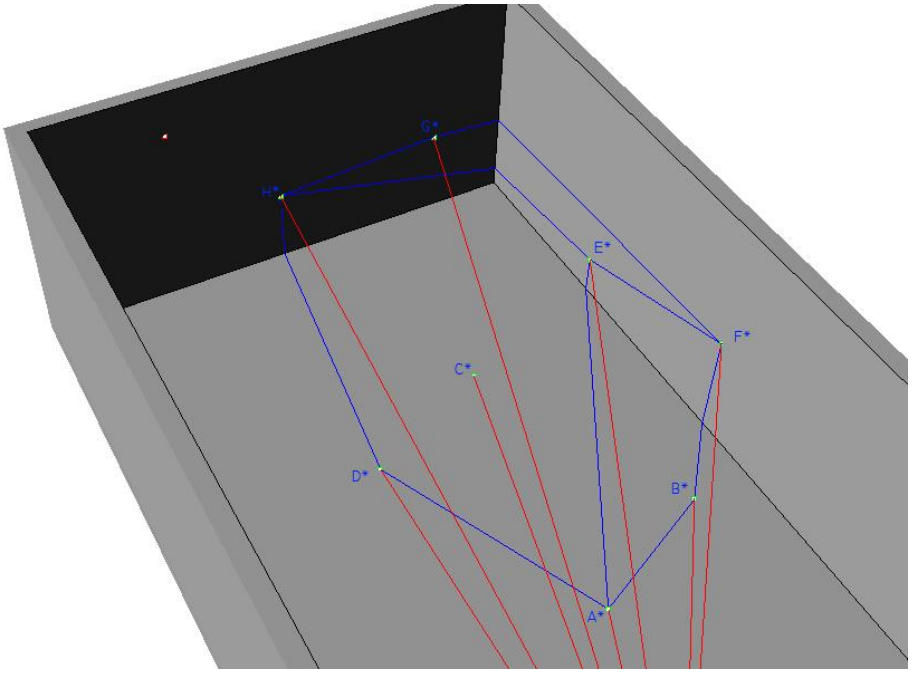
Kde nám tyto paprsky protnou stěny krabičky, tam jsou iluze vrcholů.

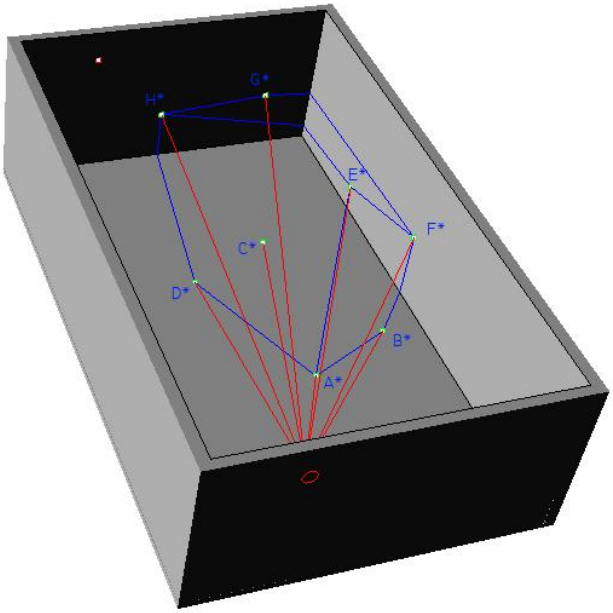


Každý vrchol a jeho iluze leží na jedné příslušné přímce vedené z *oka*. Proto, když se do krabičky dírkou podíváme, vrcholy kvádru a jejich příslušné iluze (ležící na stěnách) nám splynou.
Což je celý princip perspektivní krabičky.

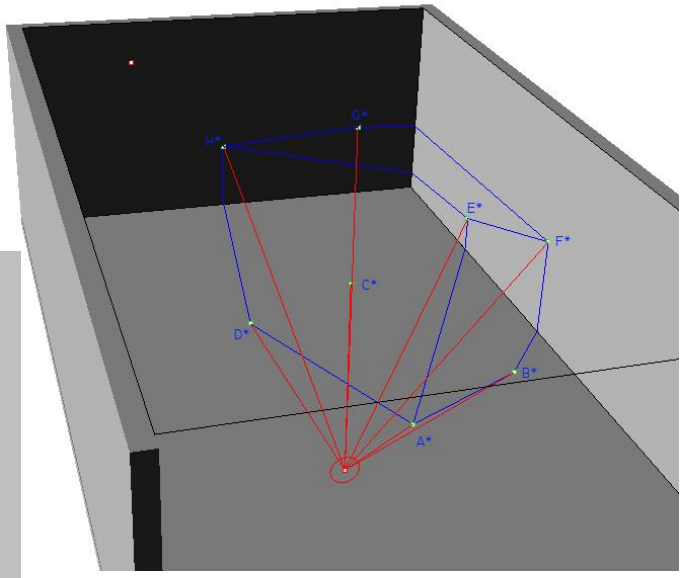


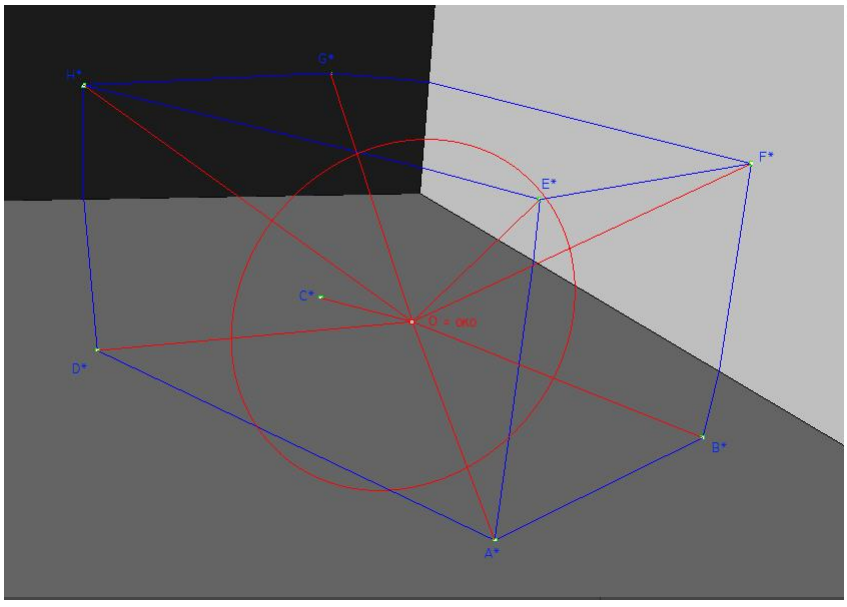
Pokud iluze vrcholů správně spojíme, dostaneme iluze jednotlivých stran.





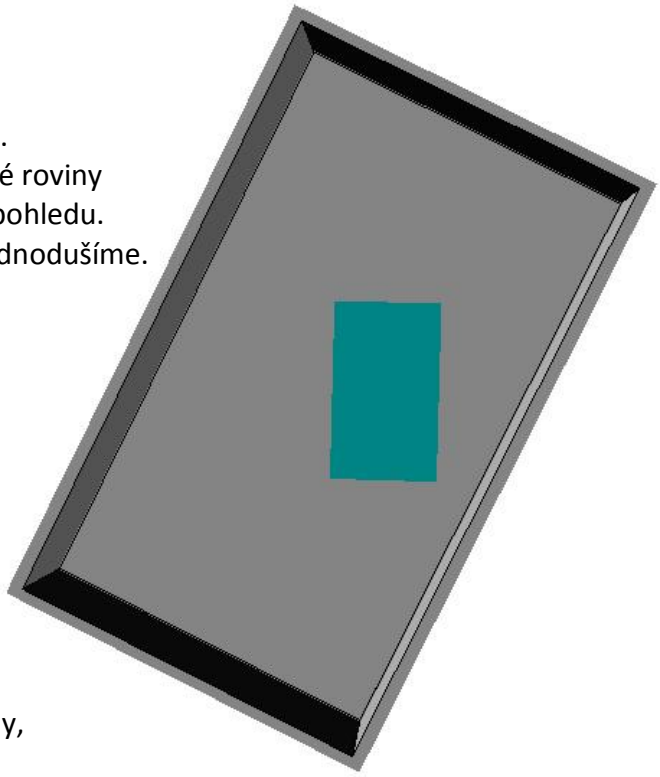
Podíváme-li se *okem* do krabičky, celou situaci uvidíme právě z takové vzdálenosti a pod takovým úhlem, že se nám obrazec bude jevit jako kvádr.





pohled do krabičky okem

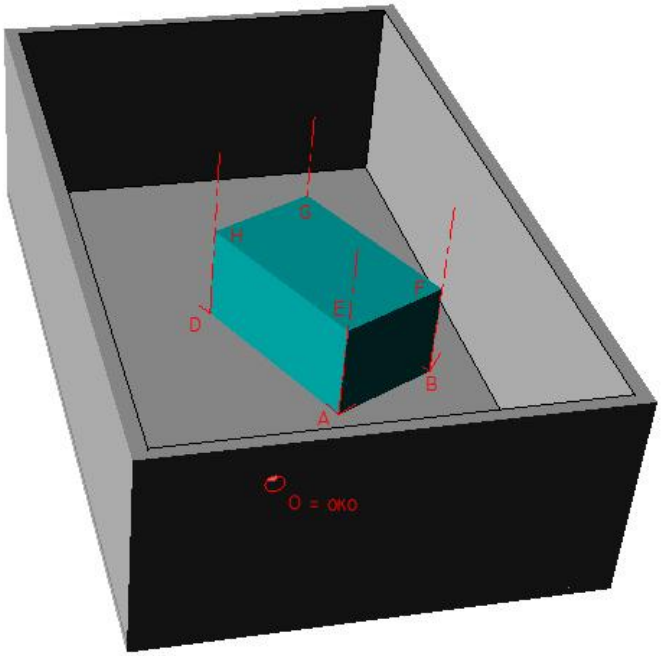
Jak vytvořit iluzi kvádru, aniž bychom ho museli nejdříve vyrábět? Kvádr musíme do stěn krabičky nějak zobrazit. Použijeme k tomu takzvané *pravoúhlé průměty*.



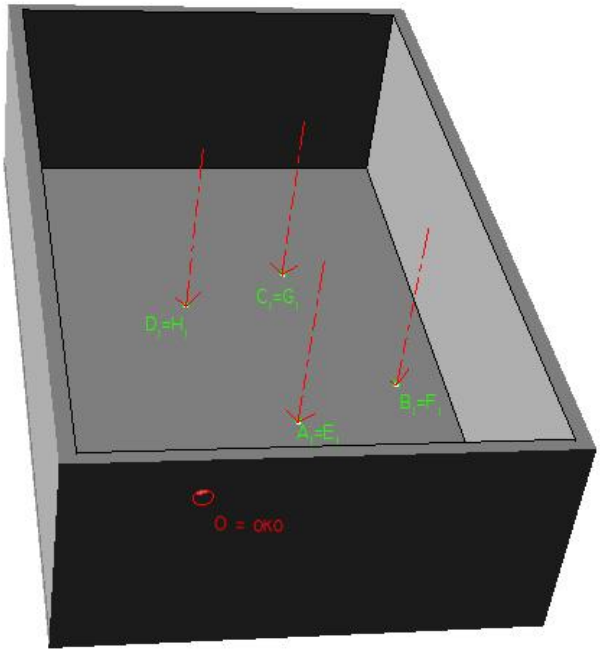
Nejdříve se na kvádr v krabičce podíváme shora.
Vidíme horní obdélníkovou stěnu. Do vodorovné roviny chceme nakreslit obrázek odpovídající tomuto pohledu.
Lidské vidění je ovšem komplikované, my to zjednodušíme.

Vodorovnou rovinu, na níž kvádr spočívá, budeme nazývat *půdorysna.*

Kvádr pravoúhle promítneme do půdorysny.
Každým bodem kvádru vedeme kolmici k půdorysně. Průsečík této kolmice s rovinou je průmět příslušného bodu.
K zobrazení nebudeme potřebovat všechny body, stačí přenést jen ty důležité – vrcholy.

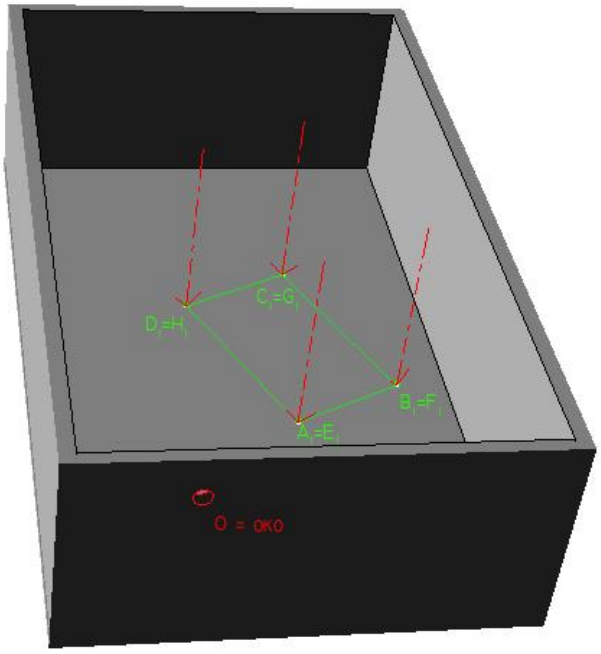


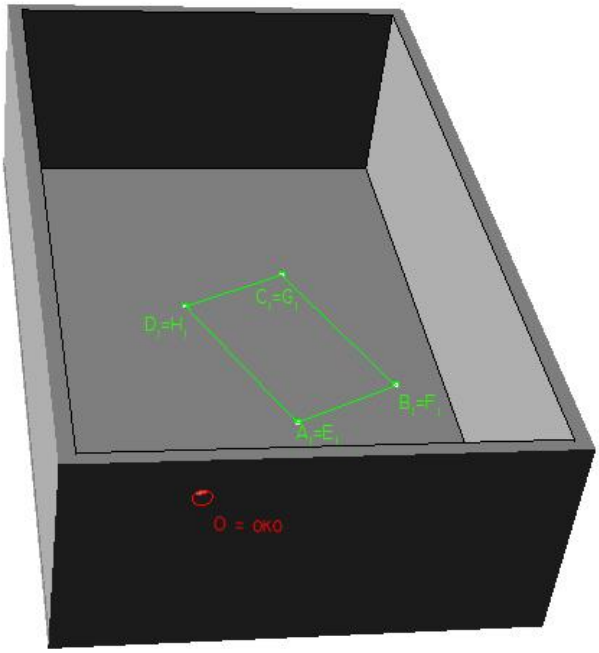
Pravoúhlé průměty vrcholů A a E, B a F, C a G, D a H splynou, protože jejich spojnice AE, BF, CG a DH jsou kolmé k půdorysně.



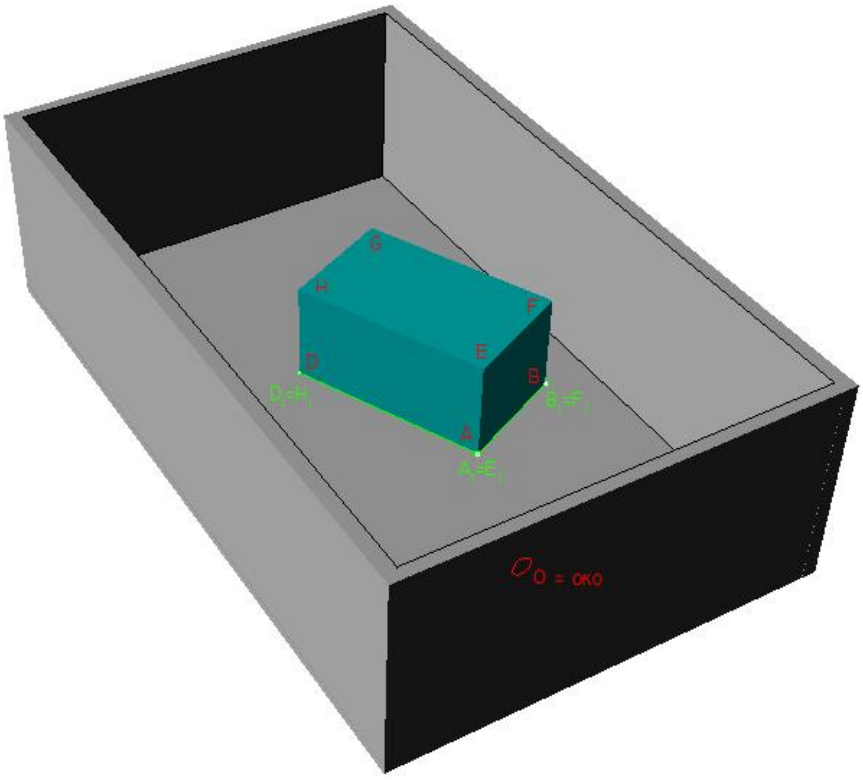
Průměty do vodorovné roviny nazveme *půdorysy* bodů a označíme je dolním indexem 1, tedy A_1 ,B_1 , C_1, D_1, E_1 , F_1, G_1, H_1.
A platí: $A_1 = E_1$; $B_1 = F_1$; $C_1 = G_1$; $D_1 = H_1$.

.

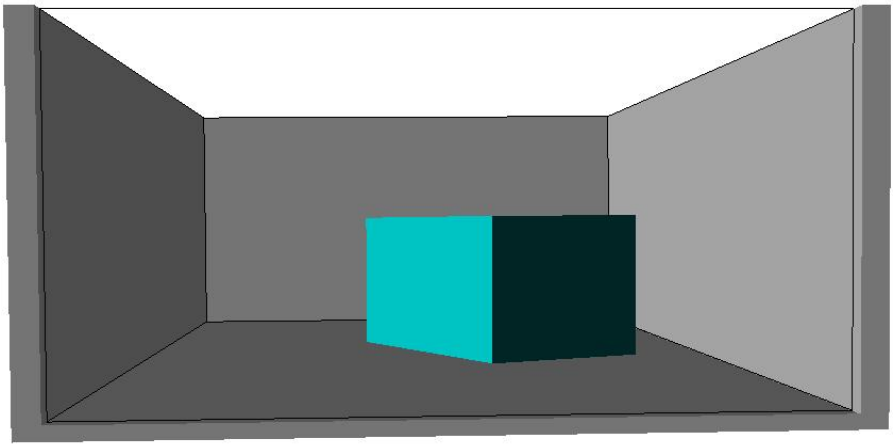




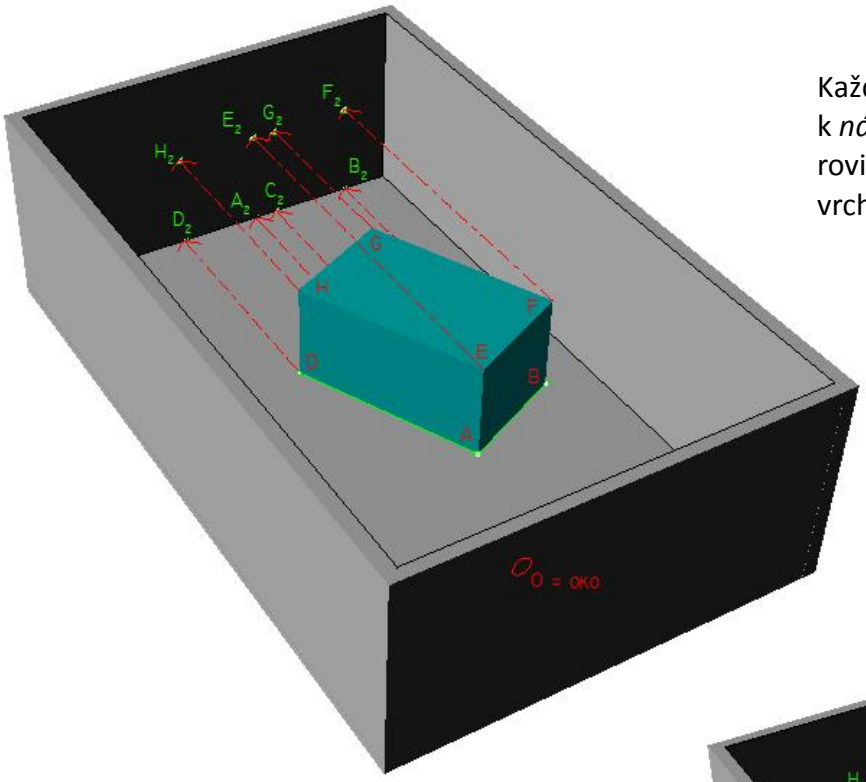
Pravoúhlý průmět kvádru je obdélník.
Říkáme, že je to *půdorys* kvádru.



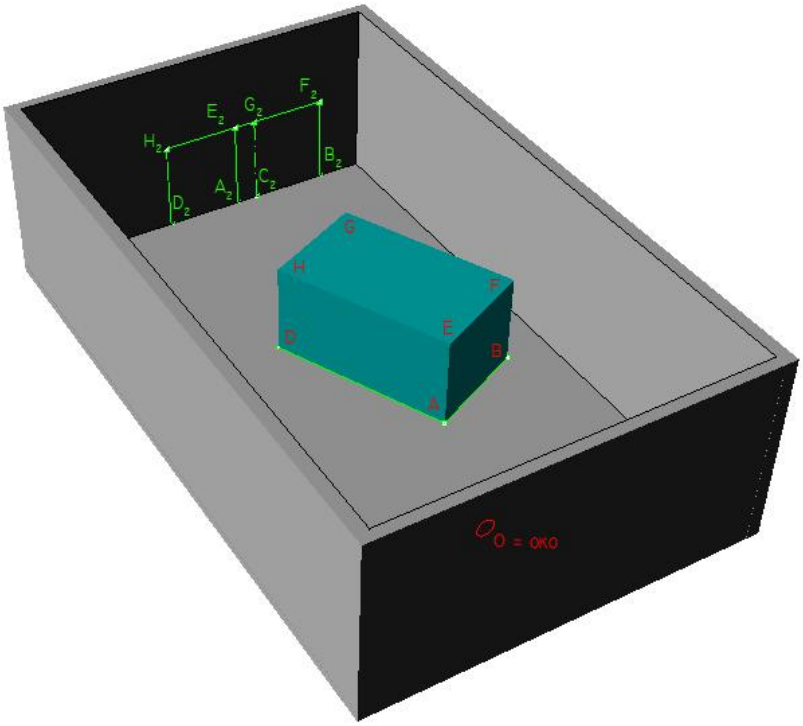
Následně si připravíme pravoúhlý průmět kvádru do svislé roviny stěny krabičky a to do té, která je protější vzhledem ke stěně s výřezem pro oko. Tuto rovinu nazveme *nárysna*.



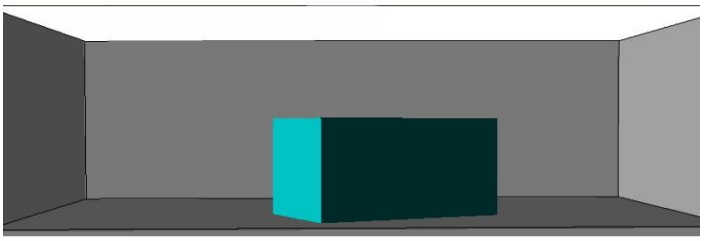
Na kvádr se tedy podíváme zepředu. Pravoúhlý průmět bude přibližně odpovídat tomuto pohledu.



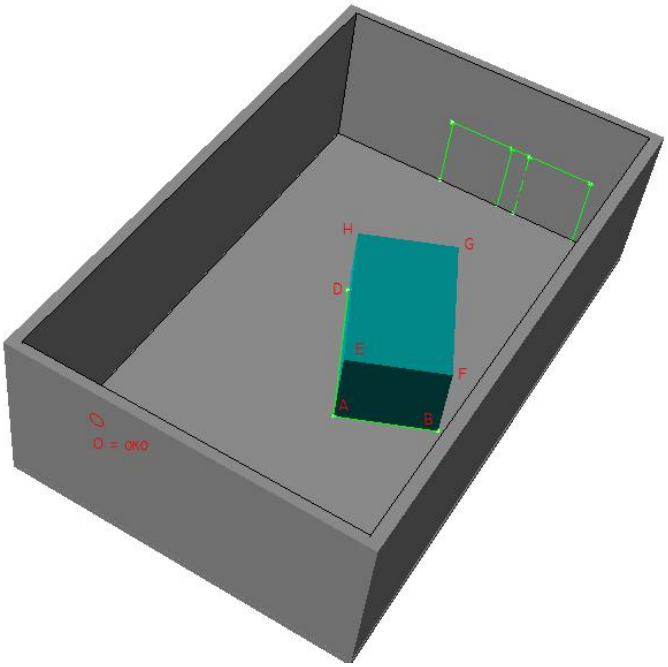
Každým vrcholem vedeme kolmici k *nárysně*. Kde kolmice protnou rovinu, tam leží pravoúhlé průměty vrcholů do *nárysny*.

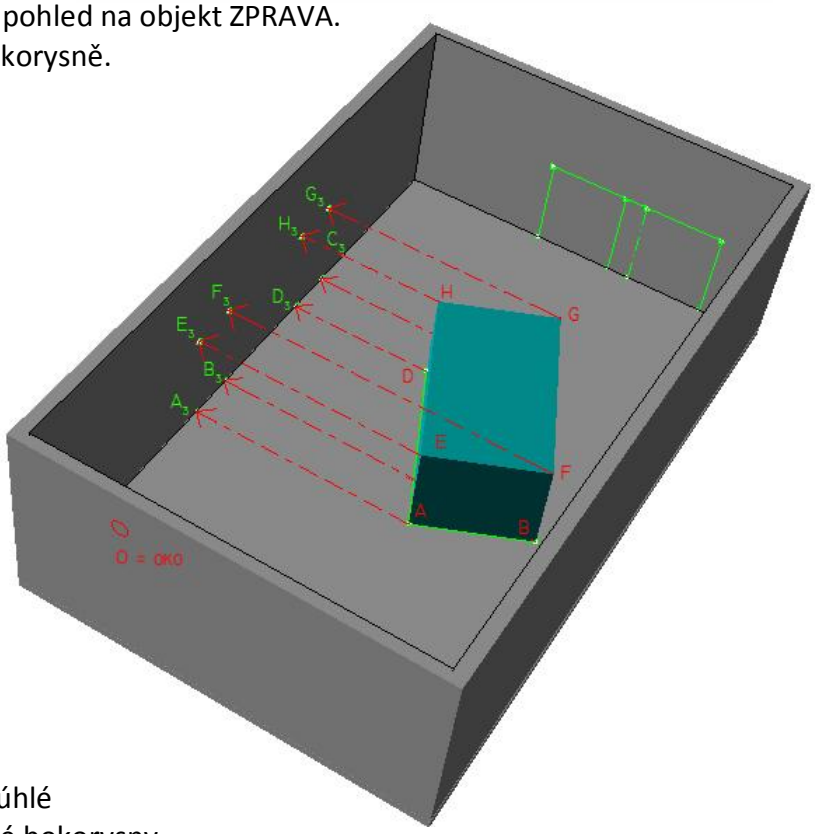


Průměty vrcholů, neboli *nárysy,* označíme dolním indexem 2. Tedy:
A_2, B_2, C_2, D_2, E_2, F_2, G_2, H_2.
Příslušné průměty spojíme a dostaneme celkový průmět kvádru – jeho *nárys*.

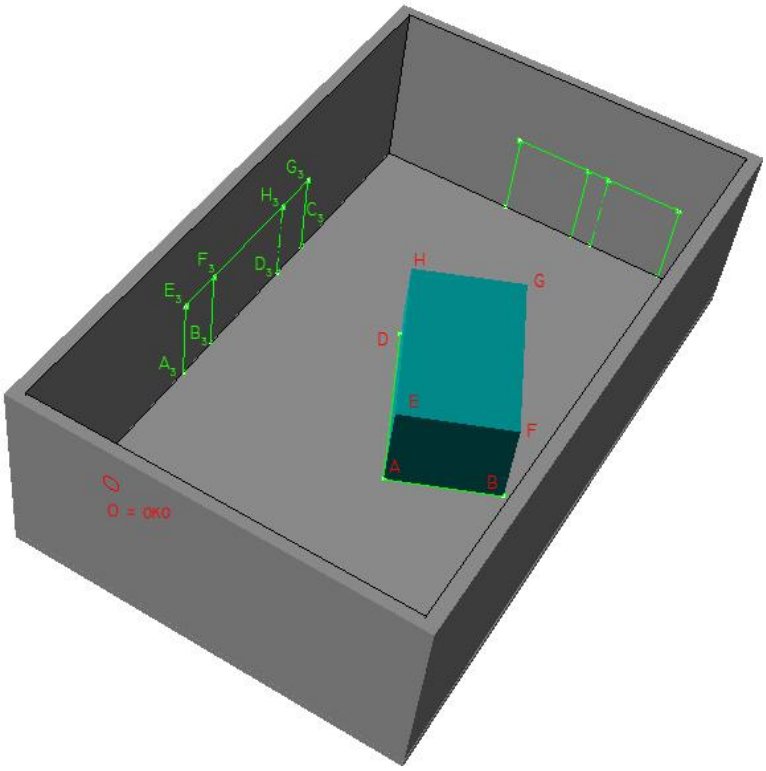


Nyní kvádr pravoúhle promítneme do svislé stěny krabičky a to do té, která má společnou hranu se stěnou s výřezem pro oko.
Takové stěny jsou dvě, nejdříve vybereme tu, která je vlevo (při pohledu na krabičku zvenku, kdy se díváme na stěnu s výřezem). Rovinu vybrané stěny nazveme *pravá bokorysna* nebo třetí průmětna. Možná vás teď zaskočilo názvosloví. Rovině říkáme *pravá bokorysna* (ačkoliv je vlevo), neboť pravé bokorysy představují pohled na objekt ZPRAVA.
Každým vrcholem vedeme kolmici k této bokorysně.



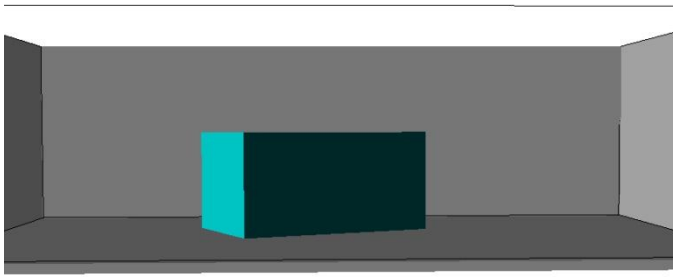


Kde kolmice protnou rovinu, tam leží pravoúhlé průměty vrcholů do svislé levé roviny - pravé bokorysny.

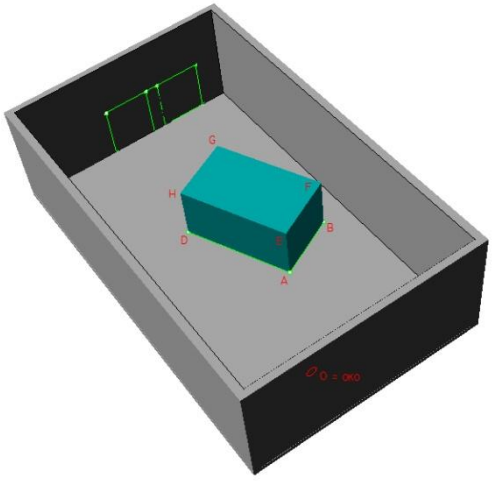


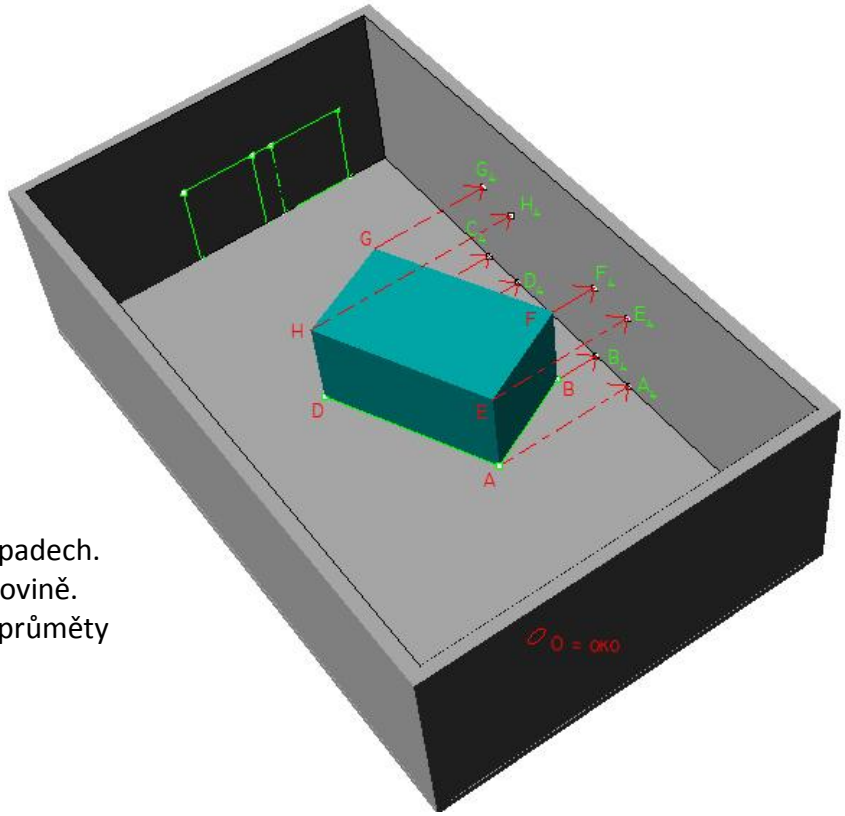
Průměty vrcholů, jejich *pravé bokorysy*, označíme dolním indexem 3. Tedy: A_3, B_3, C_3, D_3, E_3, F_3, G_3, H_3. Po jejich spojení dostaneme celkový třetí průmět kvádru, jeho *pravý bokorys.*

Sestrojíme průmět kvádru do druhé svislé stěny (vpravo), rovinu stěny nazýváme *levá bokorysna* nebo čtvrtá průmětna. Rovině říkáme *levá bokorysna*, neboť levé bokorysy představují pohled na objekt ZLEVA.

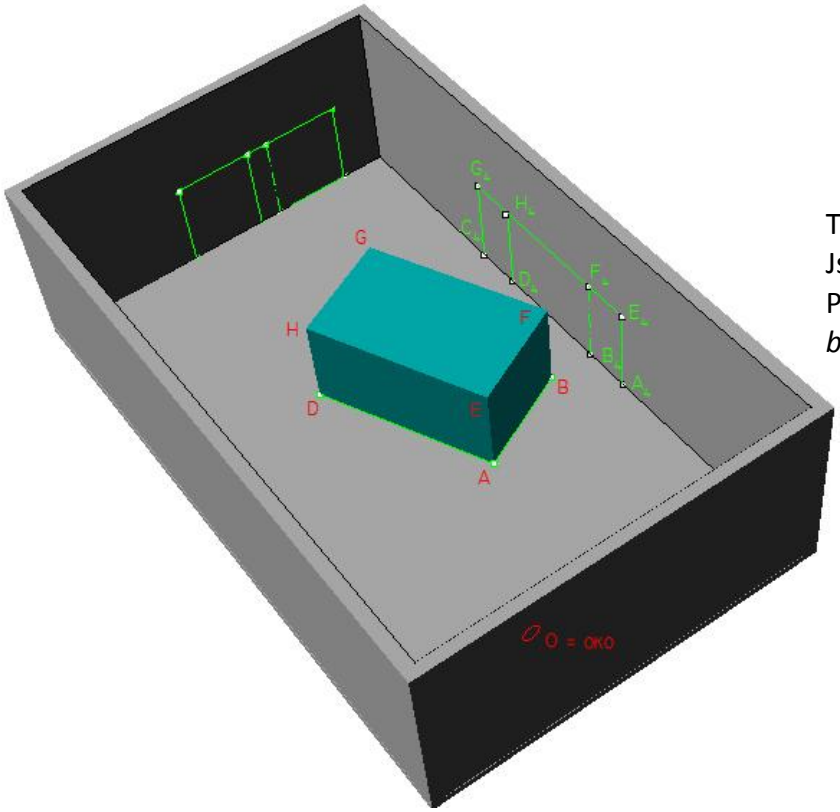


Na kvádr se tedy podíváme zleva a budeme očekávat průmět podobný tomuto pohledu.



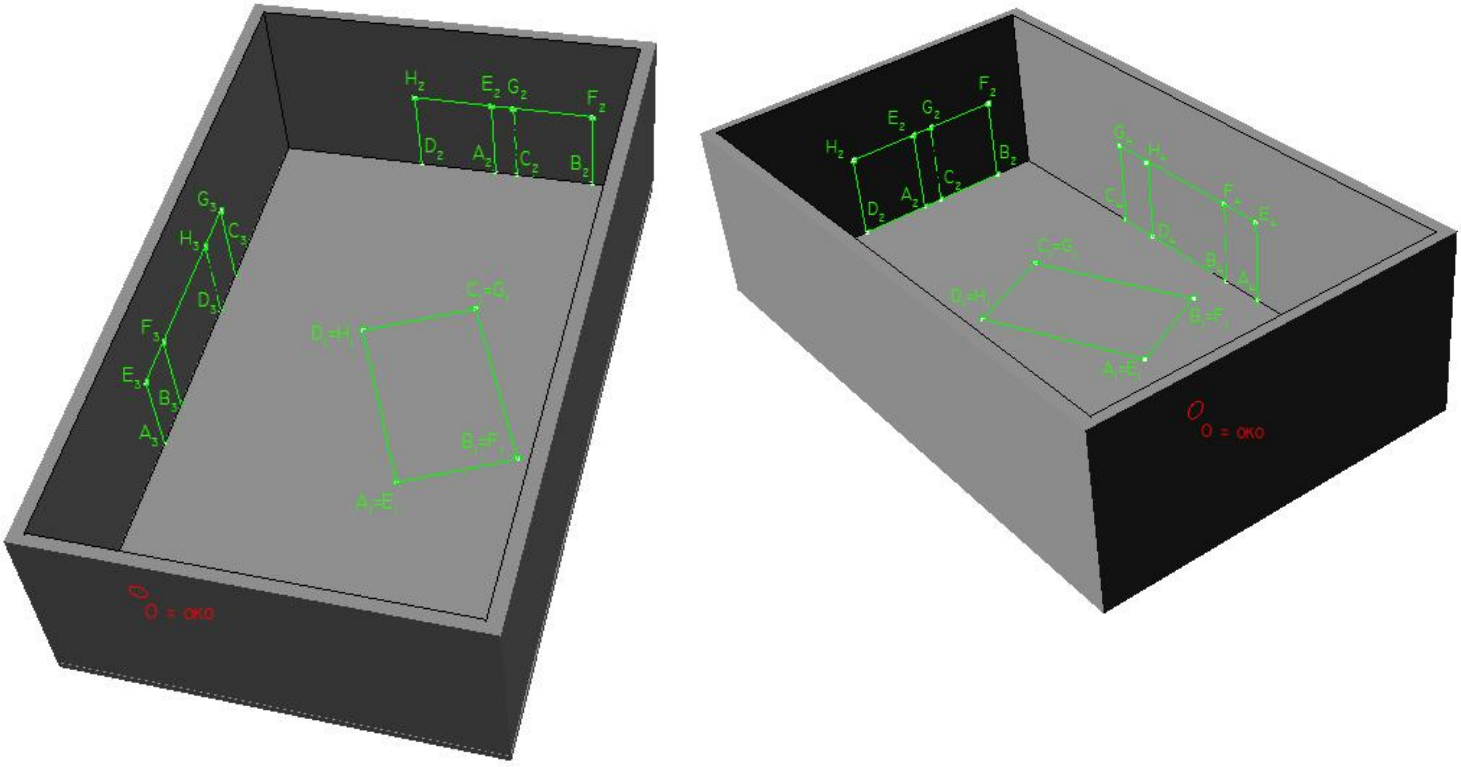


Postupujeme stejně jako v předchozích případech. Opět vedeme vrcholy kolmice k příslušné rovině. Průsečíky kolmic s rovinou jsou pravoúhlé průměty vrcholů, označíme je dolní indexem 4.

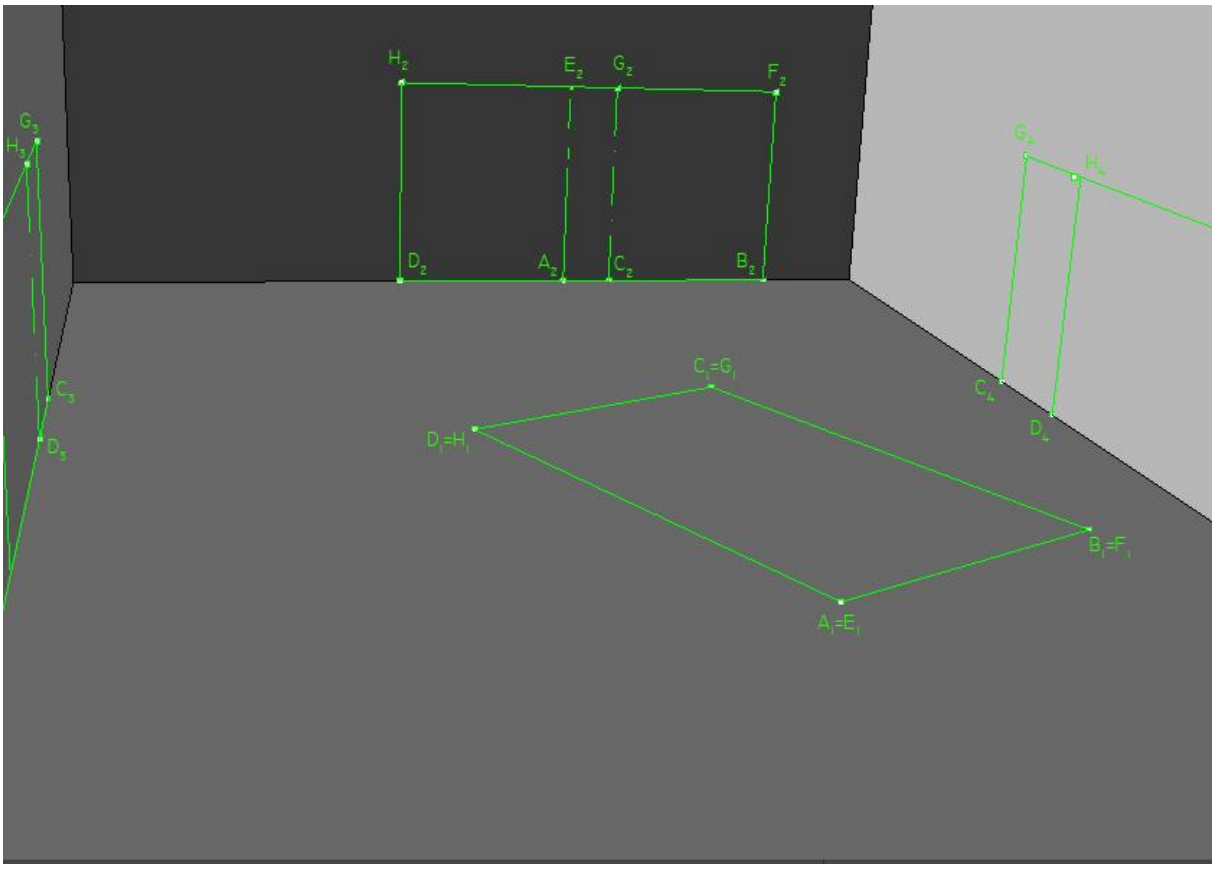


Tedy: A_4, B_4, C_4, D_4, E_4, F_4, G_4, H_4. Jsou to jejich *levé bokorysny.* Po jejich spojení dostáváme *levý bokorys* celého kvádru.

Máme tedy krabičku s pravoúhlými průměty kvádru, které by nám měly stačit pro konstrukci iluze kvádru. Samotný kvádr tedy nebudeme potřebovat.

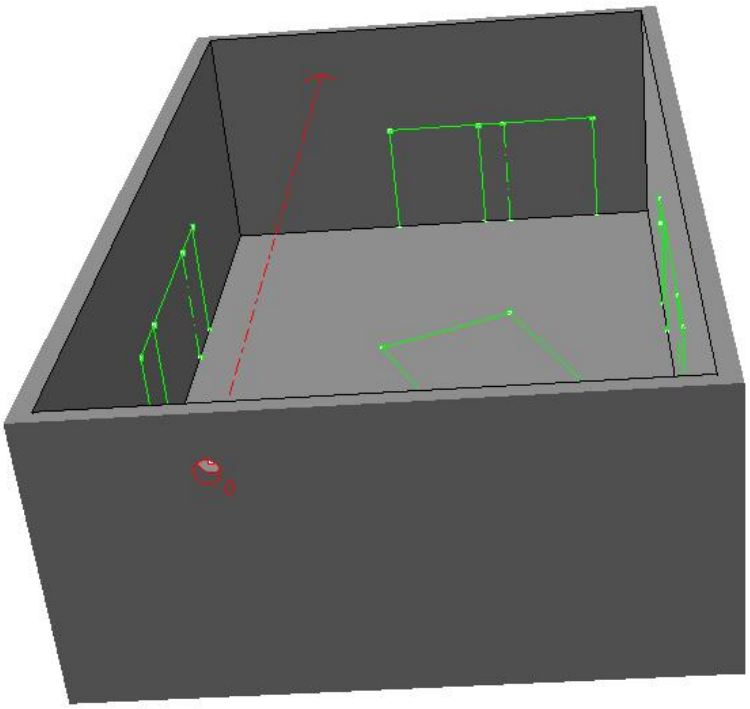


pohled okem

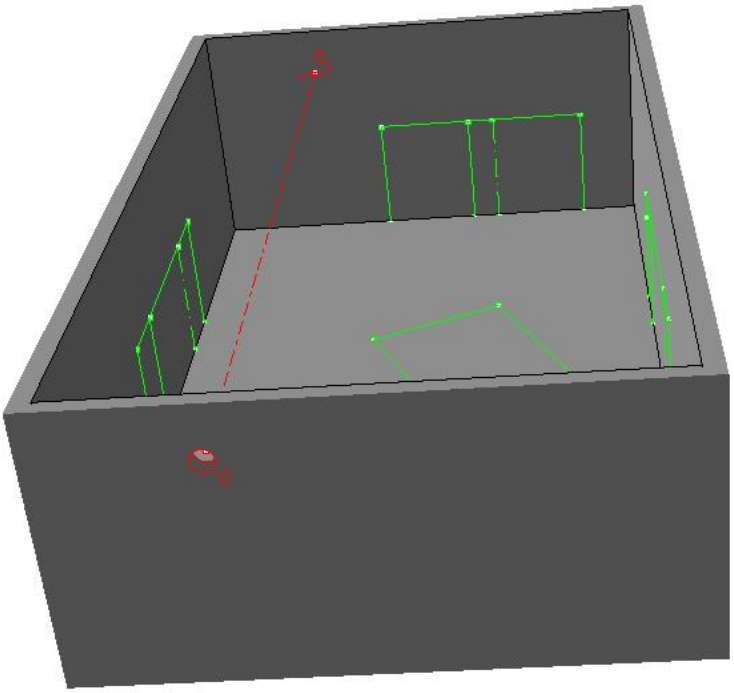


Jak už bylo řečeno, iluzi vytváříme pomocí paprsků vedených z *oka* jednotlivými body objektu. Abychom tedy byli schopni iluzi narýsovat jen pomocí pravoúhlých průmětů, musíme si připravit i pravoúhlé průměty *oka*.

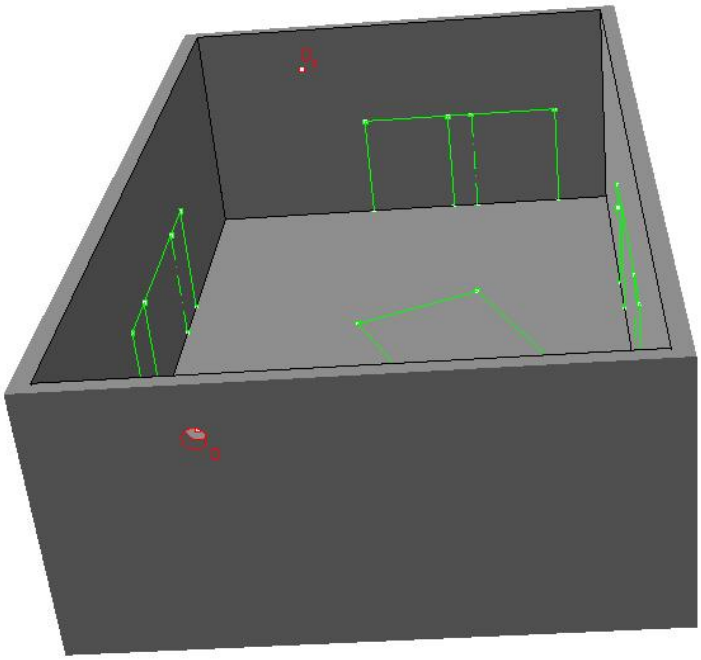
Nejdříve *oko* pravoúhle promítneme do *nárysny*. Okem vedeme kolmici k protější svislé rovině.



Průsečík kolmice a nárysny je nárys oka.

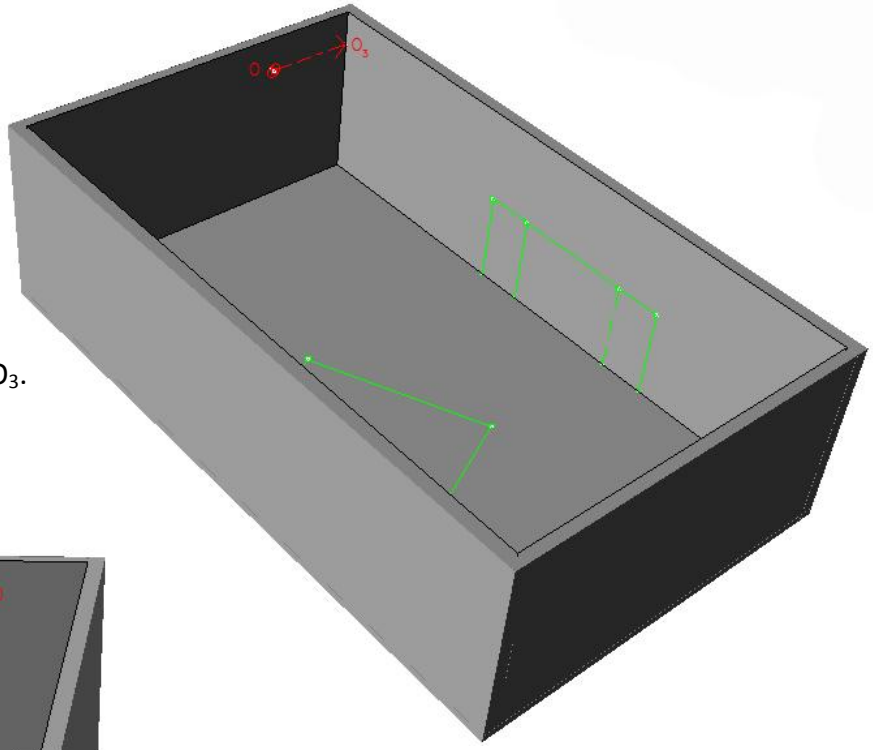


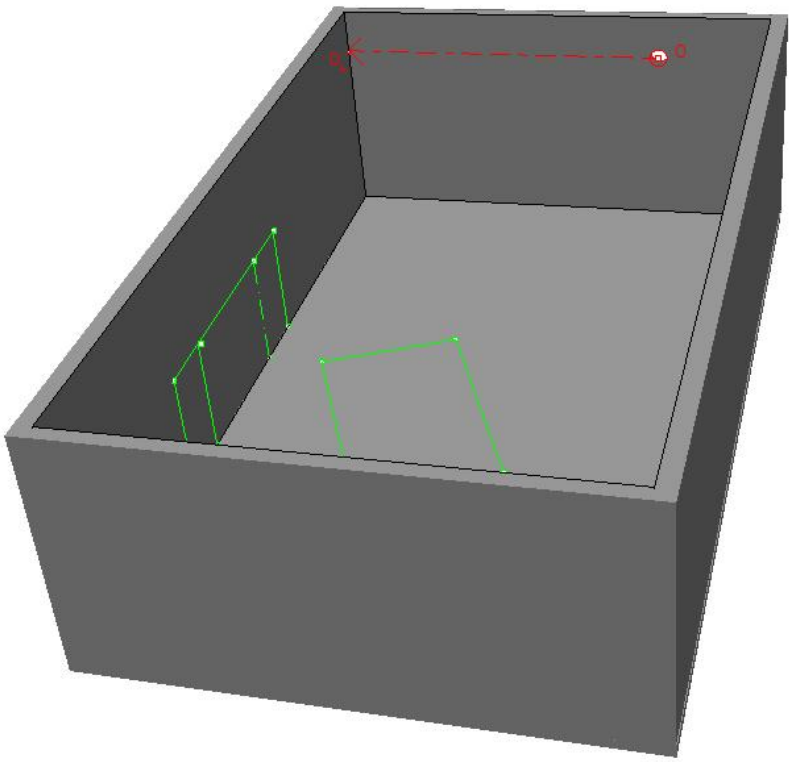
Označíme ho dolním indexem 2.
Tedy: O_2.



Následně *oko* pravoúhle promítneme do zbývajících stěn,
opět pomocí kolmic a jejich průsečíku s příslušnými rovinami.

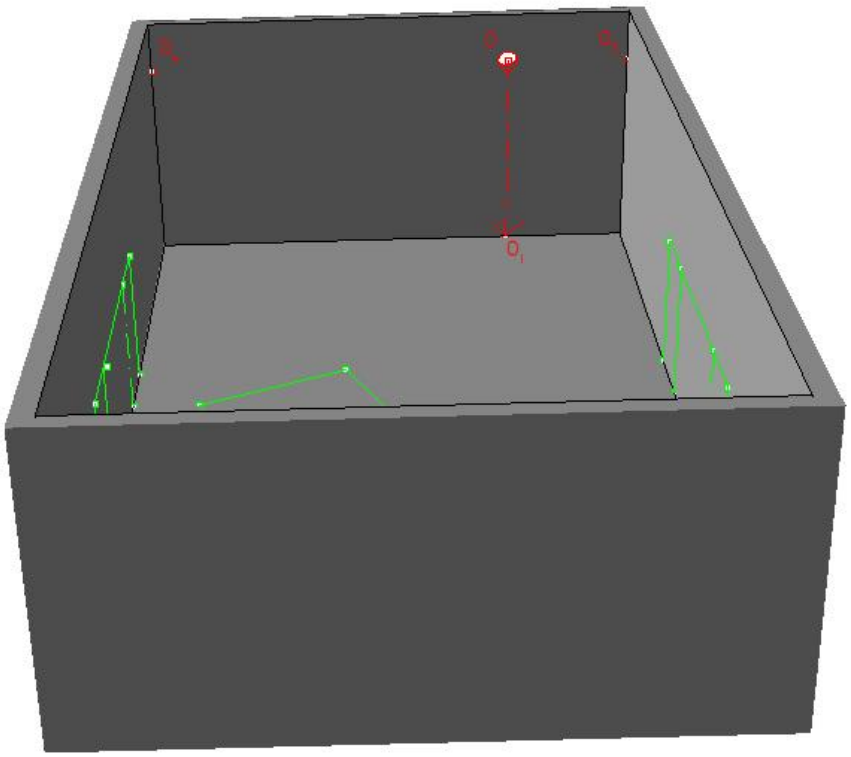
Průmět do *pravé bokorysny* označíme O_3.



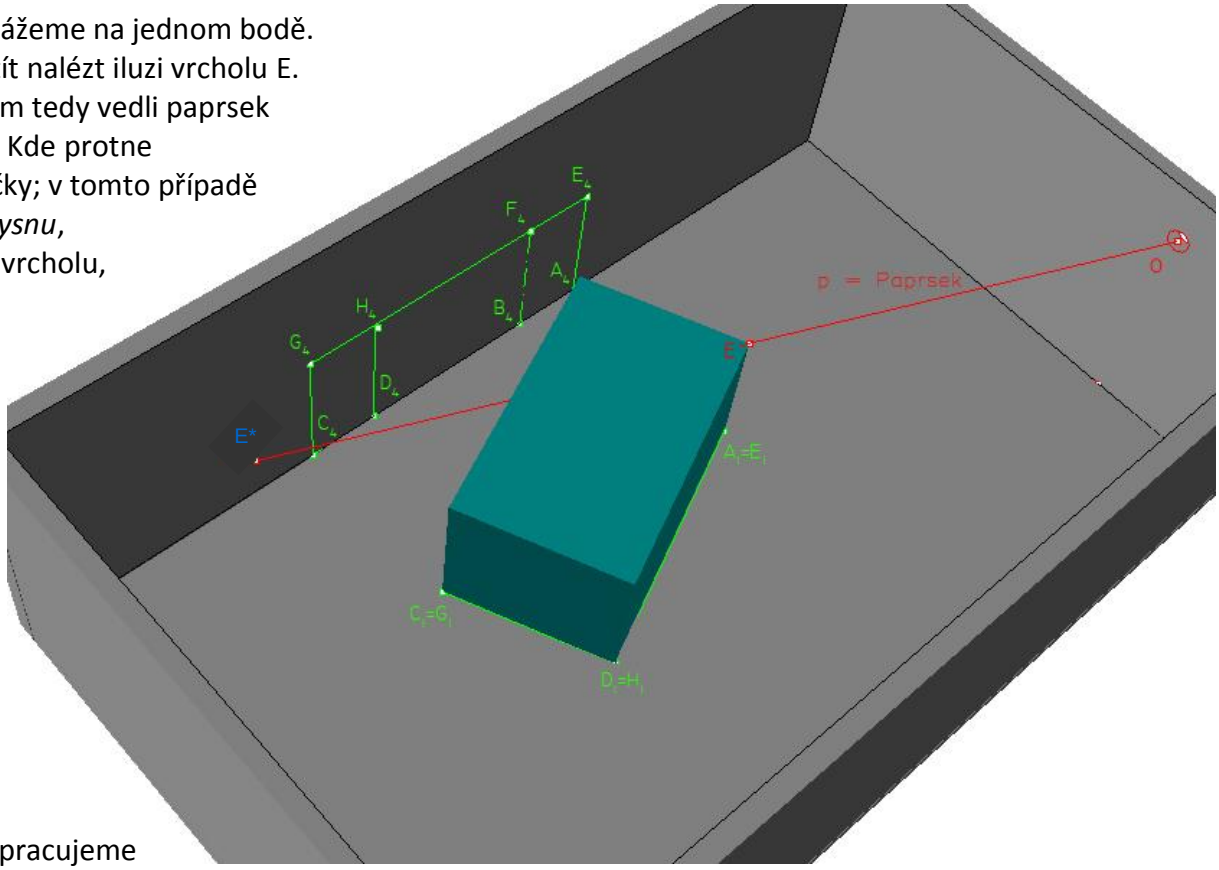


Průmět do *levé bokorysny* označíme O_4.

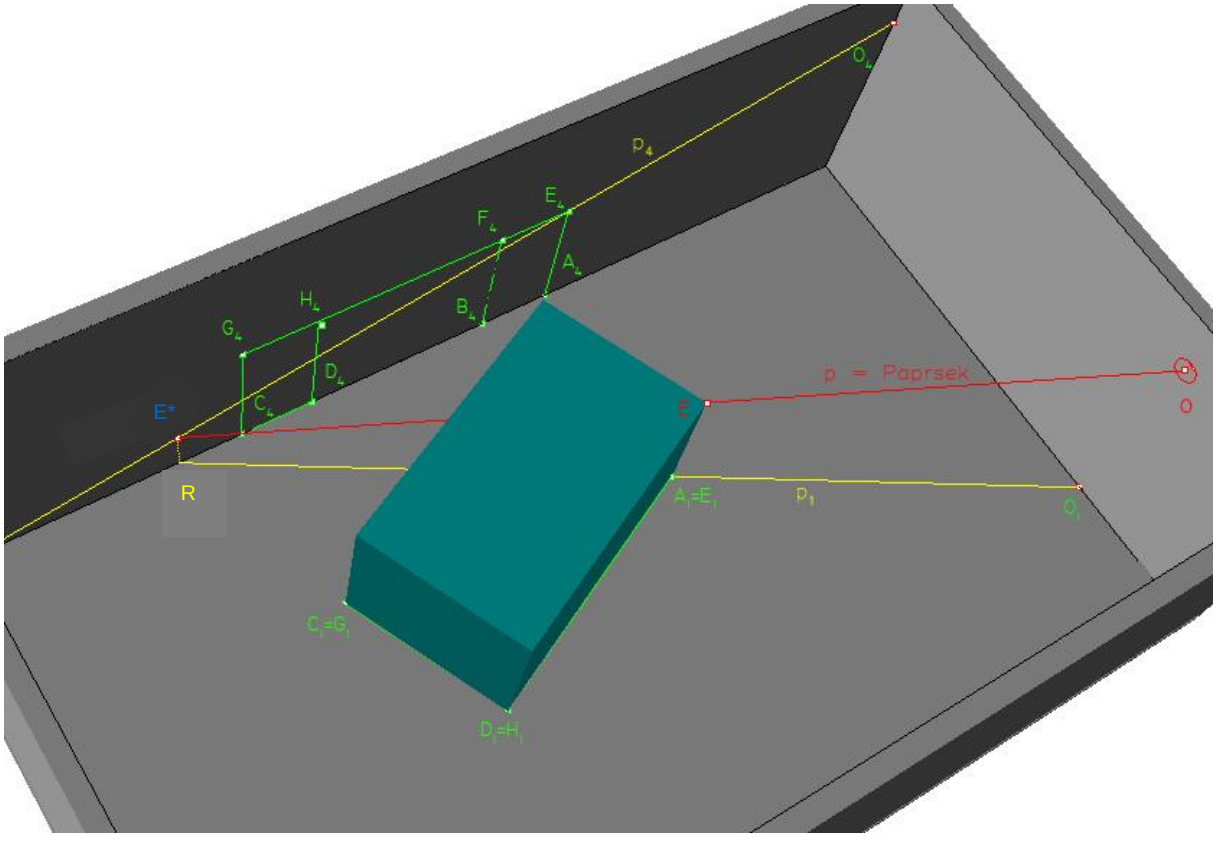
A průmět do *půdorysny* označíme O_1.



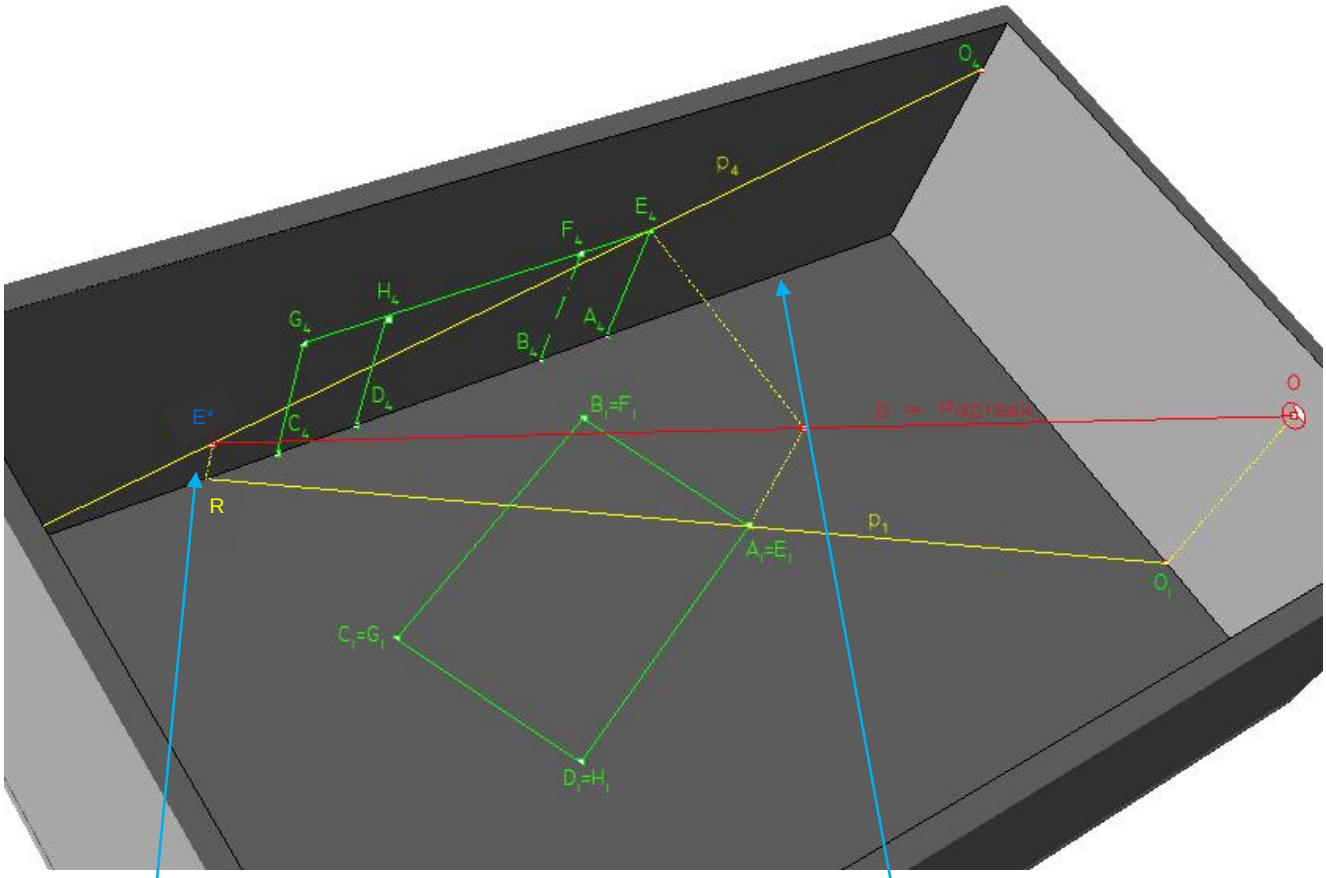
Postup si ukážeme na jednom bodě.
Budeme chtít nalézt iluzi vrcholu E.
Z oka bychom tedy vedli paprsek
vrcholem A. Kde protne
stěnu krabičky; v tomto případě
levou bokorysnu,
tam je iluze vrcholu,
bod E*.



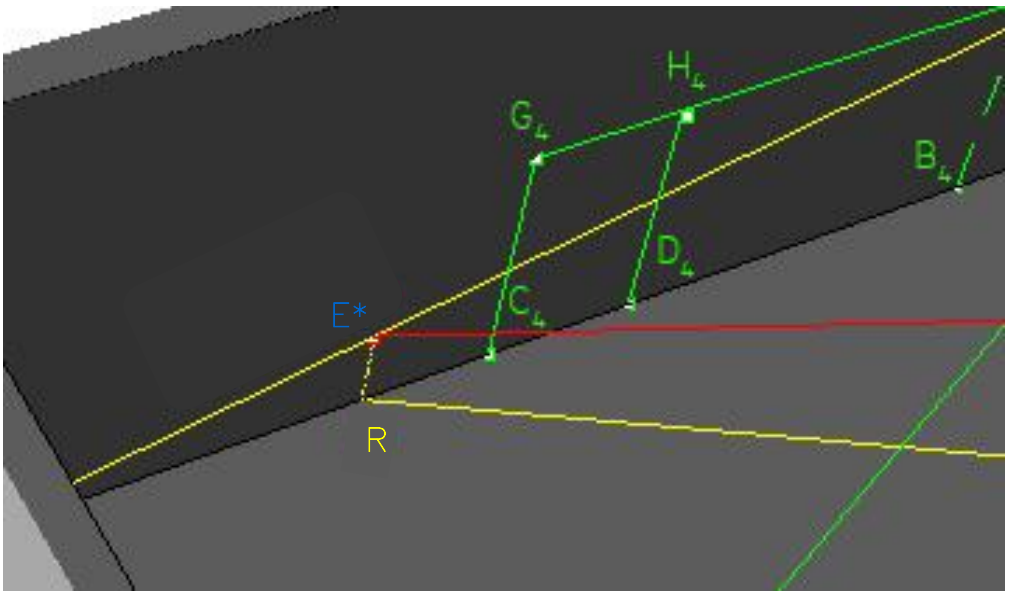
Protože ale pracujeme
pouze s pravoúhlými průměty, postup bude o něco složitější.
Pokud paprsek *p* prochází body O, E jeho pravoúhlý průmět p_1 do *půdorysny* prochází body O_1, E_1. Pravoúhlý průmět p_4 paprsku *p* do levé bokorysny prochází body O_4, E_4.



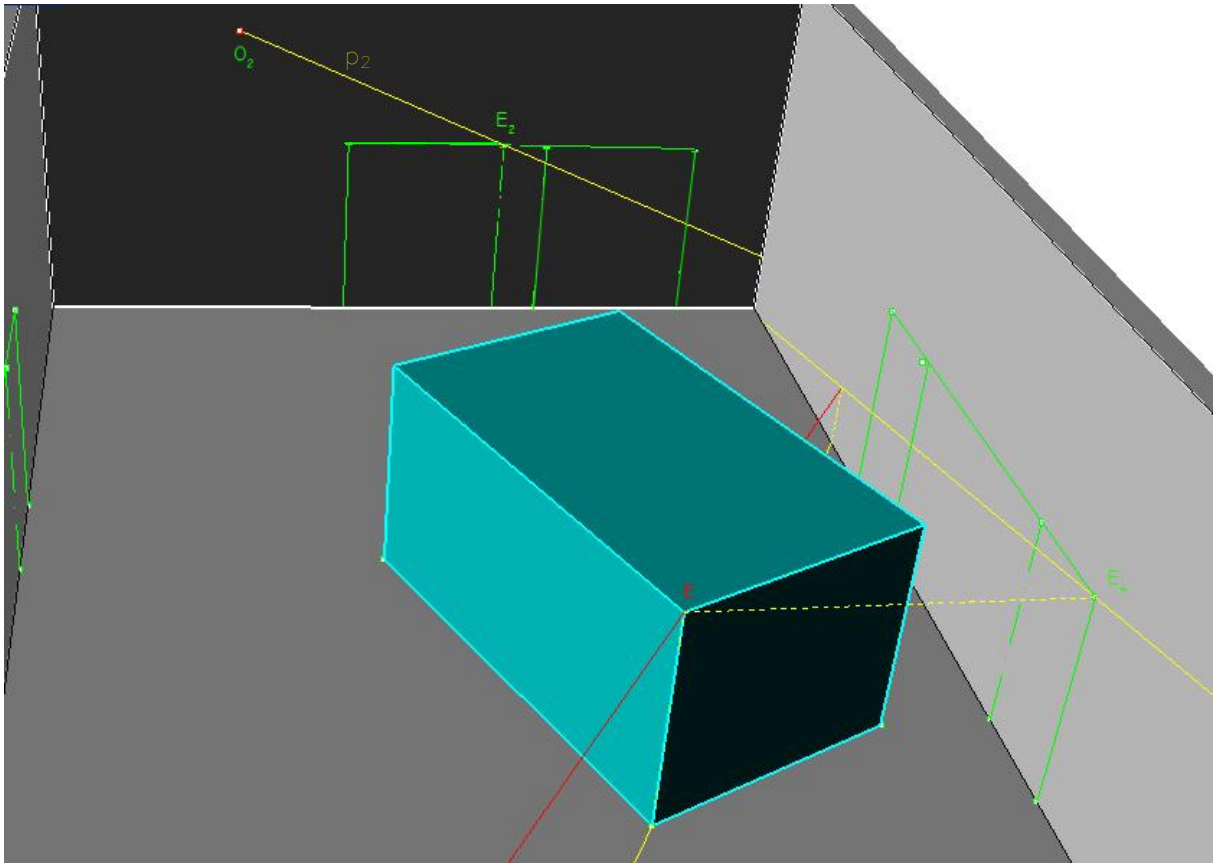
Potřebujeme najít průsečík paprsku se stěnou krabičky. Půdorys p_1 paprsku p protíná průsečnici levé bokorysny a půdorysny v bodě R. Tento bod musí být půdorysem průsečíku E* paprsku *p* s levou bokorysnou.
Průsečík E* pak snadno najdeme na kolmici k půdorysně vedené bodem R a na p_4 (levém bokorysu přímky *p*).

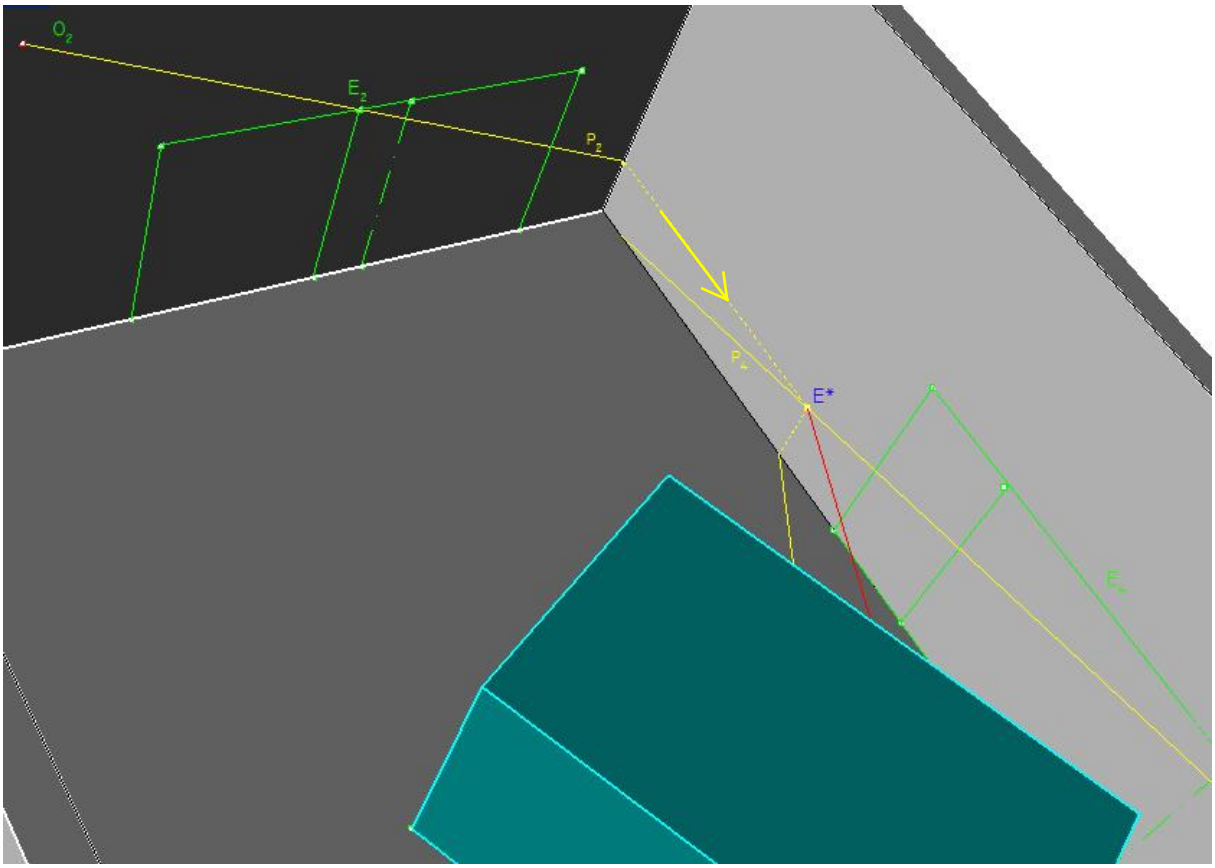


kolmice k půdorysně v bodě R *průsečnice svislé roviny a vodorovné roviny*

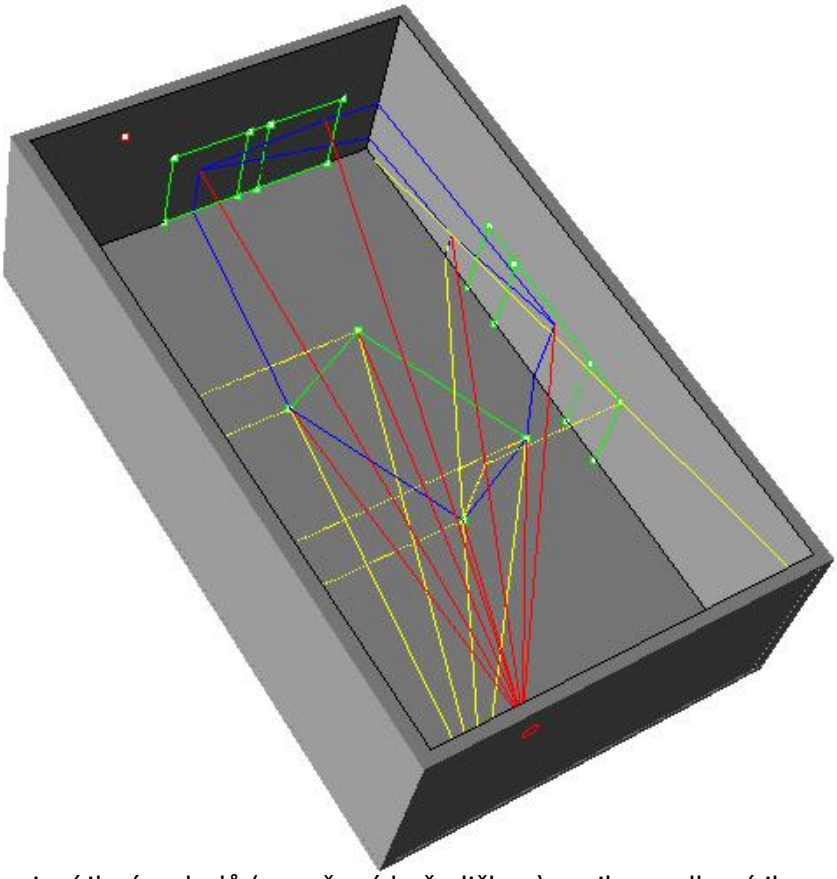


Iluzi vrcholu E můžeme pochopitelně sestrojit i pomocí nárysu.

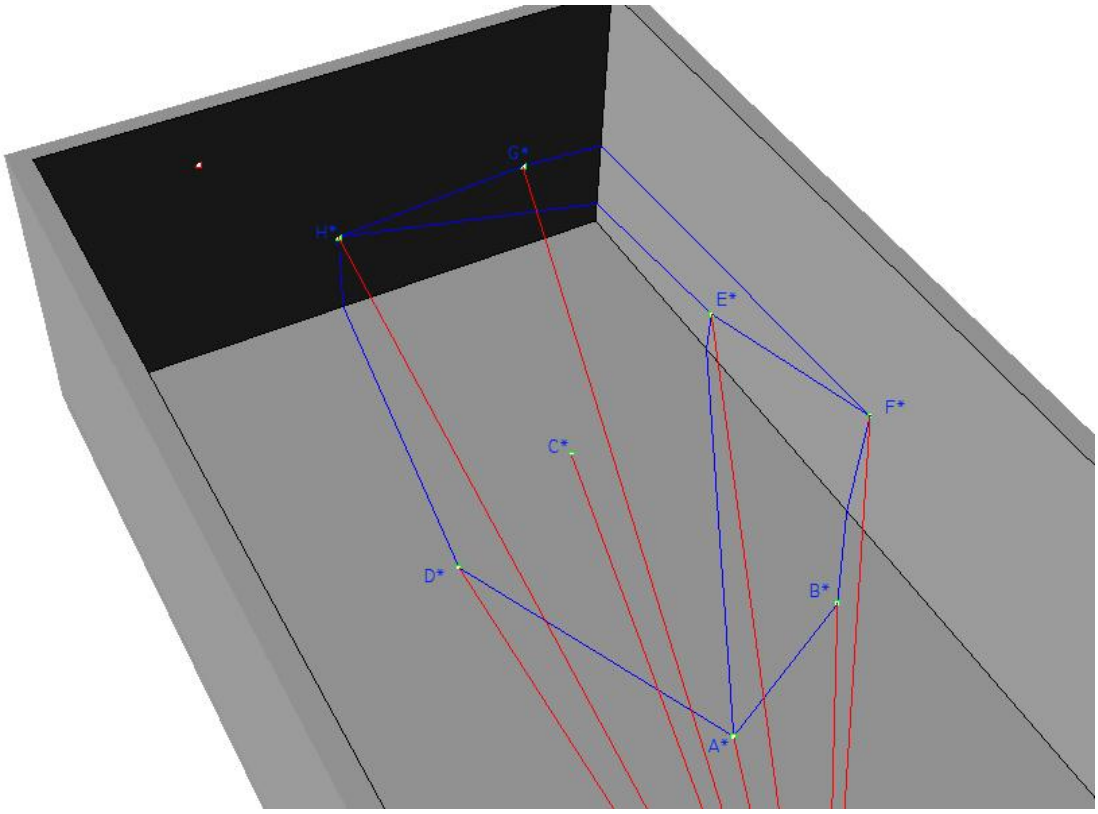




Obdobně postupujeme i u ostatních bodů.

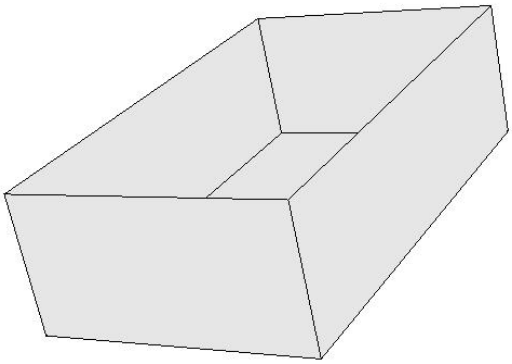


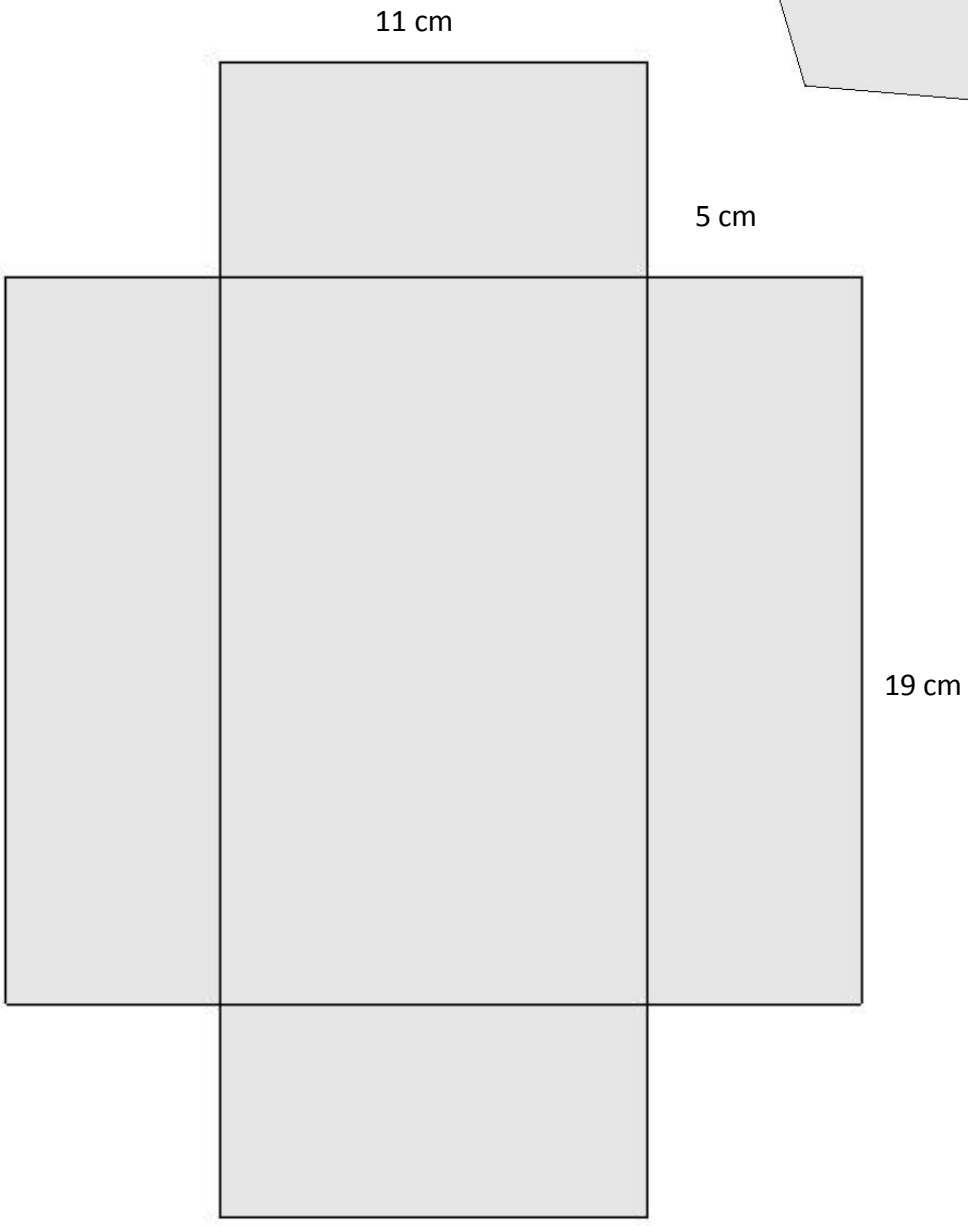
Po správném spojení iluzí vrcholů (označené hvězdičkou) vznikne celková iluze objektu. Pokud bychom se do krabičky otvorem podívali, již se nám bude zdá, že vidíme kvádr.



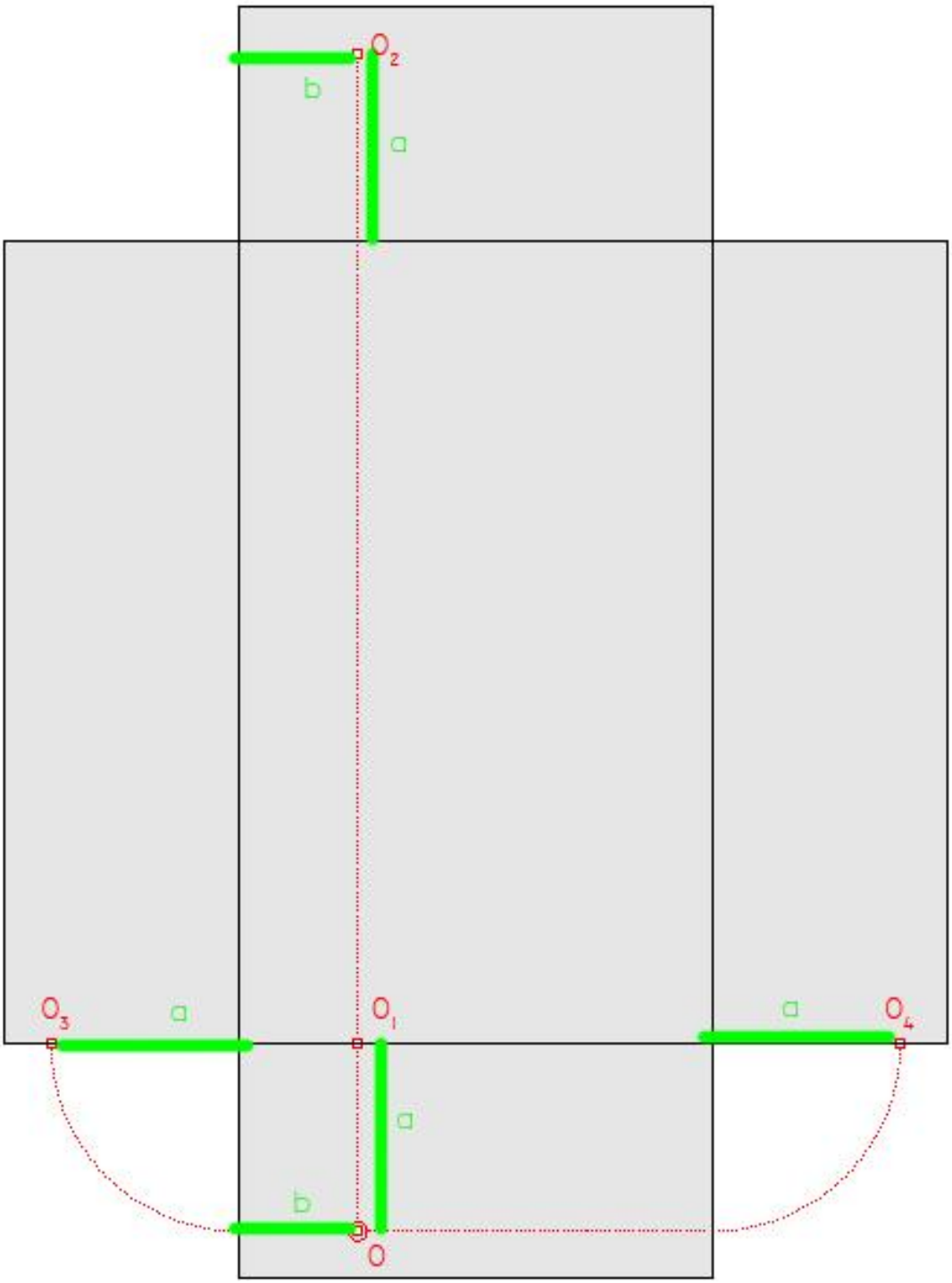
2.2 TVORBA PERSPEKTIVNÍ KRABIČKY

Narýsujeme si síť krabičky. Je výhodné, aby se nám vešla na formát A4 popřípadě A3. Větší krabička nemá smysl, protože iluze nefunguje přesně tak, jak by měla. Volme proto rozměry 11 cm x 19 cm x 5 cm, popřípadě 15 cm x 28 cm x 7 cm.

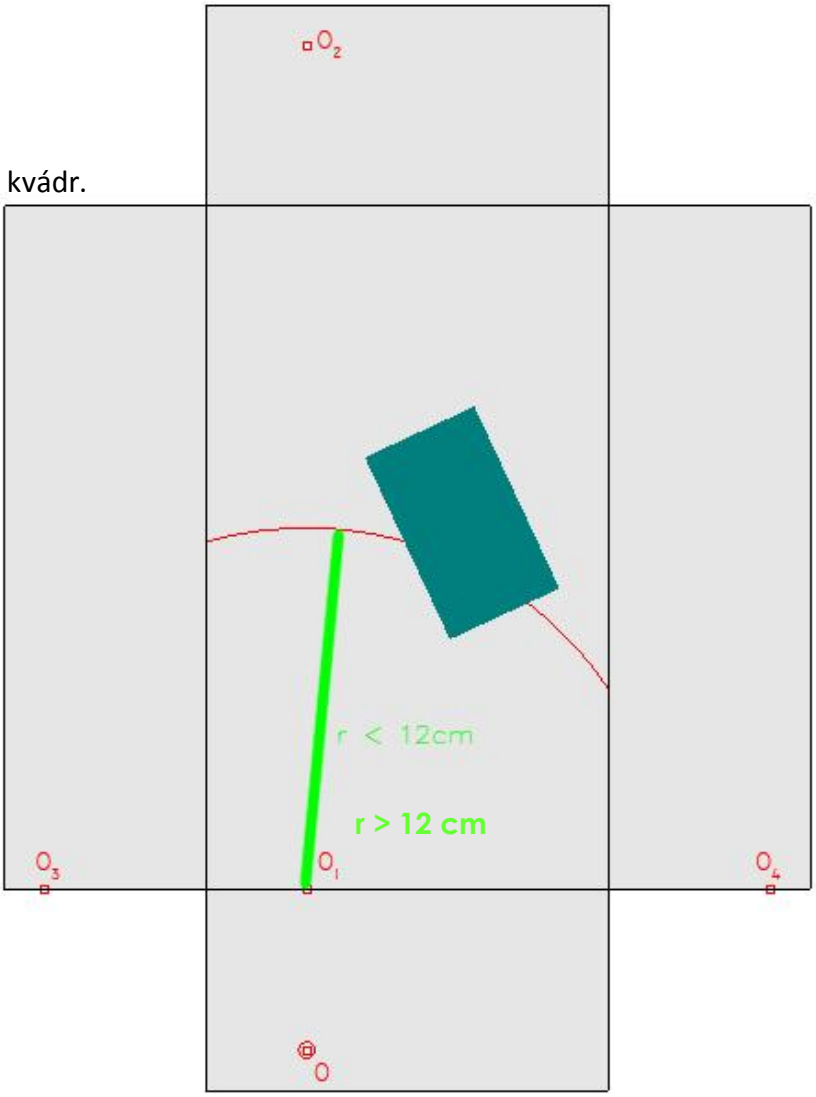


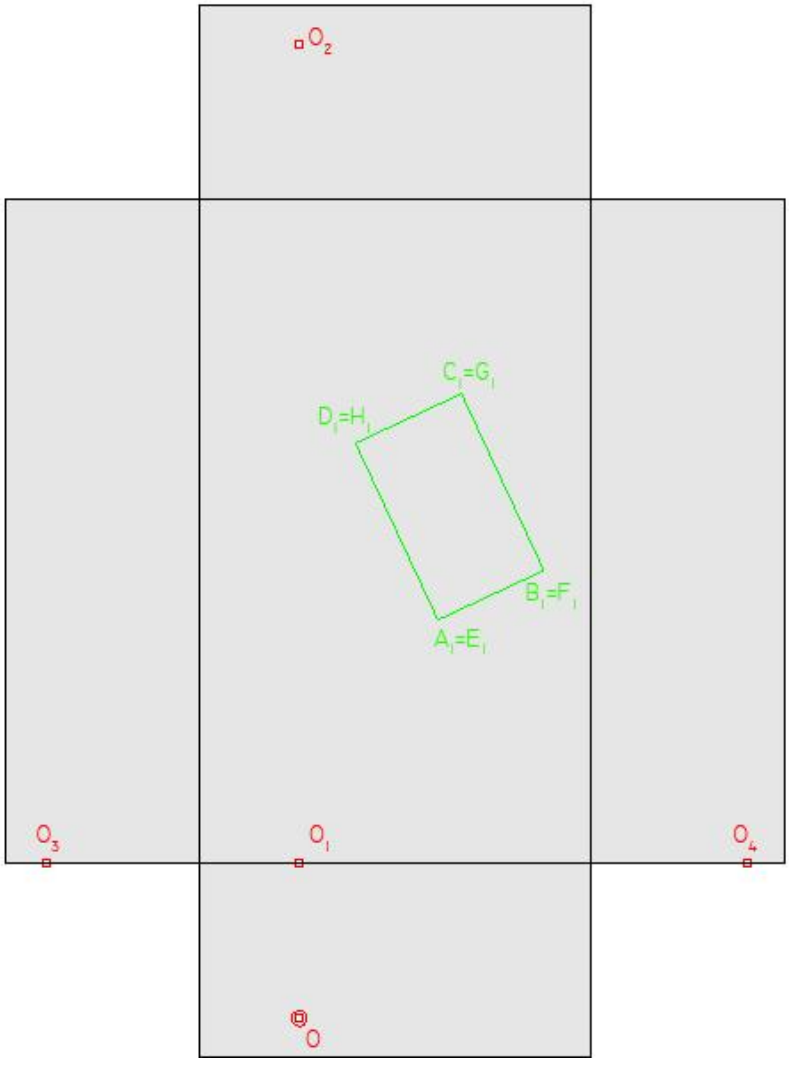


Na kratší stěnu umístíme *oko*. Otvor zatím nevystřihujeme, kvůli přesnosti potřebujeme mít oko vyznačené pouze jako bod. Připravíme si jeho pravoúhlé průměty do rovin jednotlivých stěn. Délky *a ,b* jsou libovolné. Zvolme a=4cm, b=3cm.



Představme si, že do krabičky umístíme kvádr. Měli bychom ho umístit ve vzdálenosti minimálně 12cm od oka, protože lidské oko na kratší vzdálenost nedokáže pořádně zaostřit.

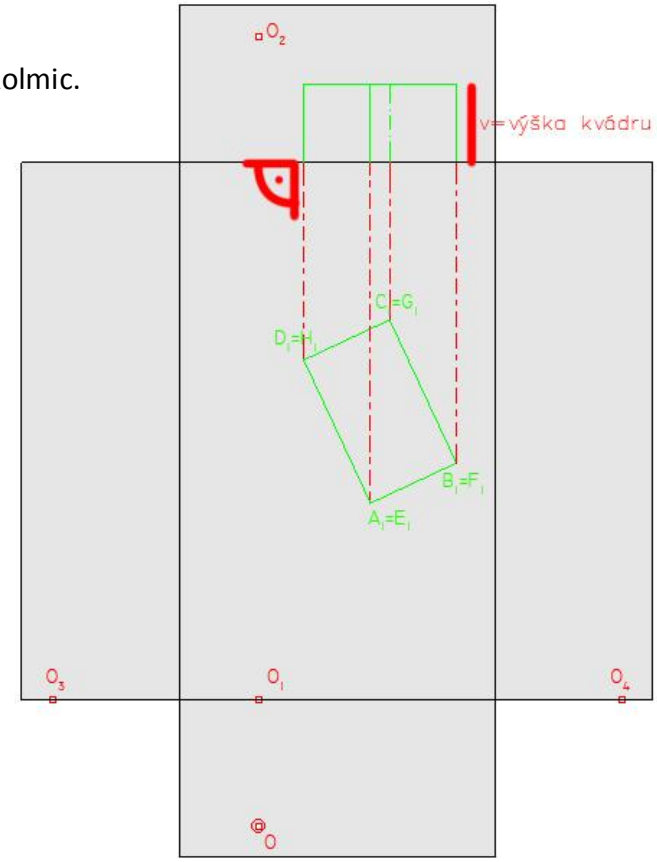


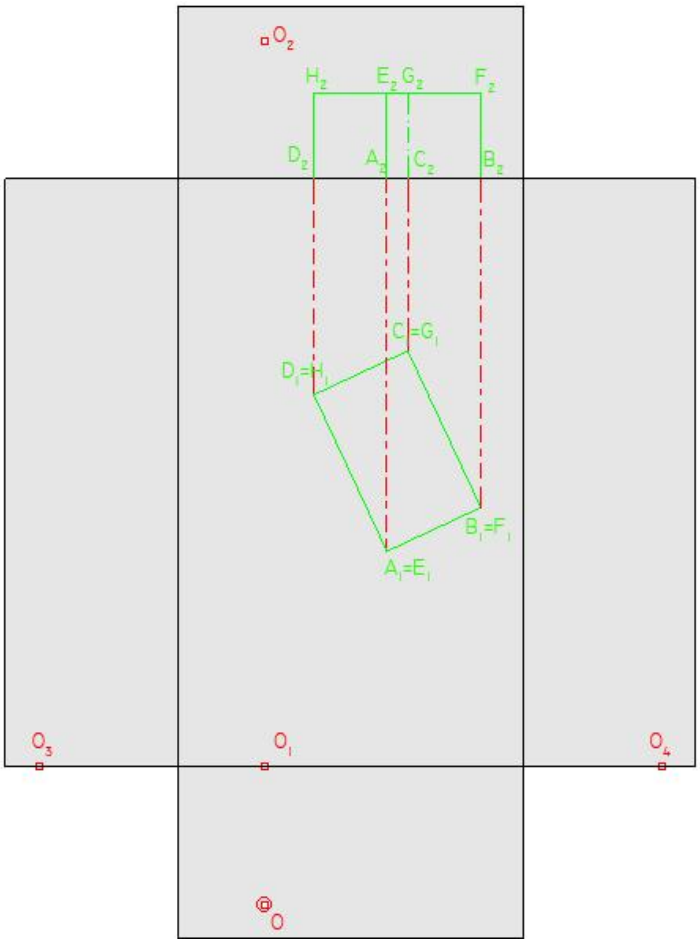


Kvádr do krabičky samozřejmě umísťovat nebudeme. Vystačíme pouze s jeho pravoúhlými průměty.

půdorys kvádru – body s indexem 1

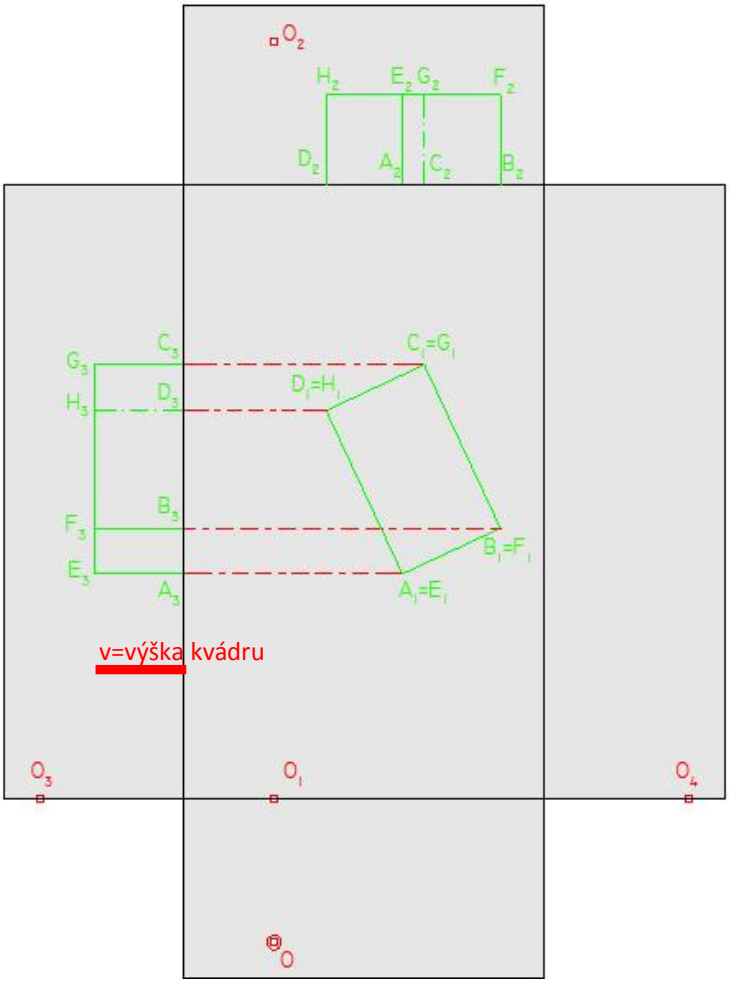
Vyneseme si i ostatní průměty pomocí kolmic. *Nárysy* vrcholů spodní podstavy leží na průsečnici rovin. *Nárysy vrcholů* horní podstavy leží ve vzdálenosti v - výška kvádru.



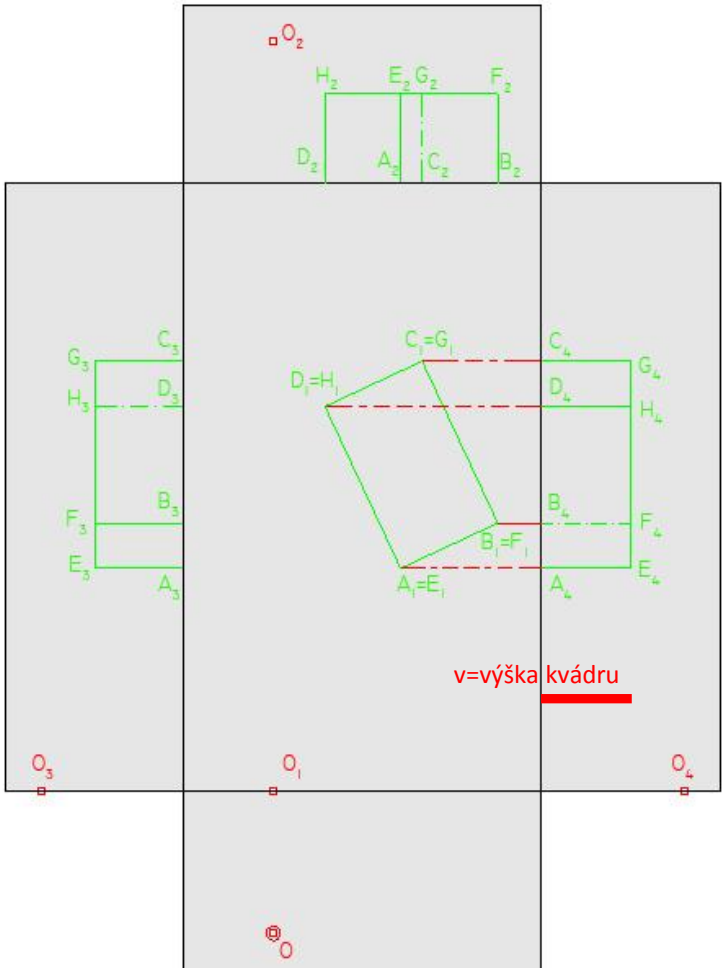


nárys kvádru – body s indexem 2

pravý bokorys kvádru – body s indexem 3

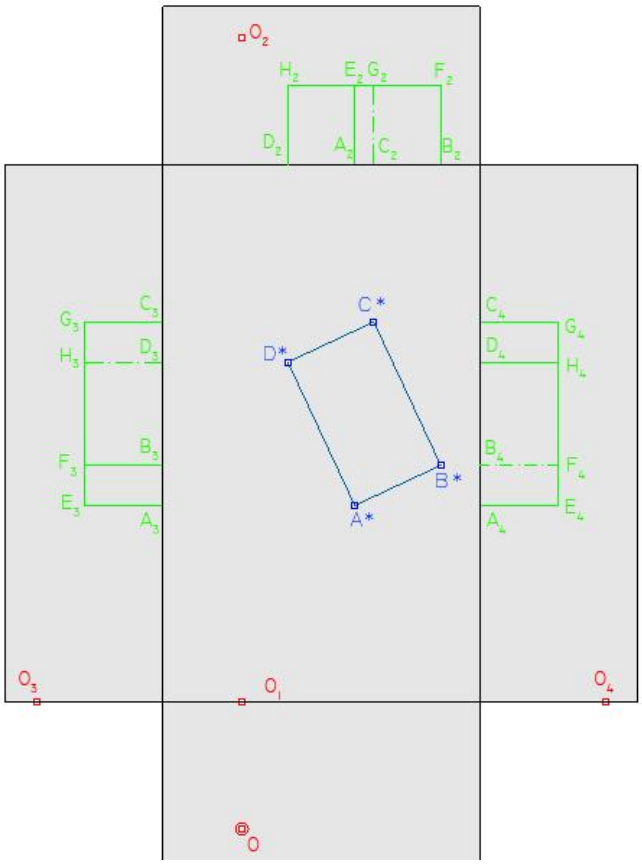


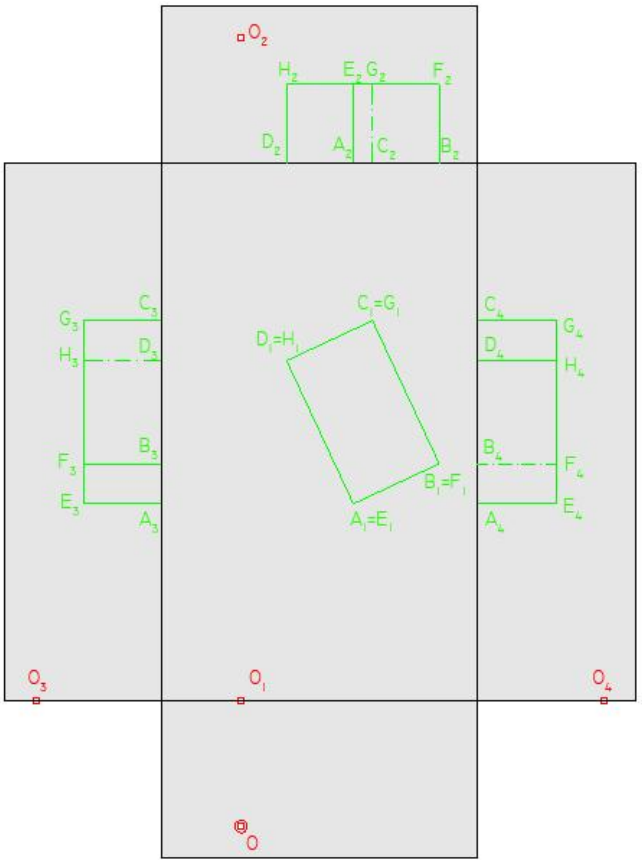
levý bokorys kvádru – body s indexem 4



Kvádr máme zobrazen pomocí pravoúhlých průmětů do vodorovné roviny a dalších tří svislých.
Nyní můžeme jednotlivými body prokládat paprsky vedené z oka.

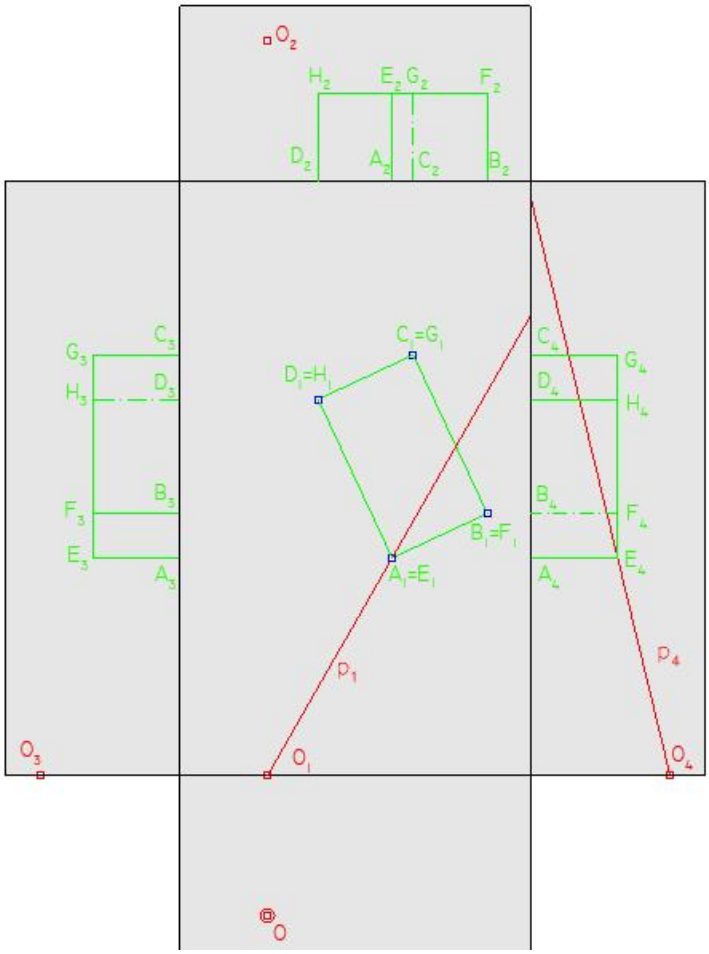
Paprsky vedené body dolní podstavy (A, B, C, D) protínají krabičku v bodech A, B, C, D.
Tedy iluze jsou A*=A, B*=B, C*=C,D*=D.



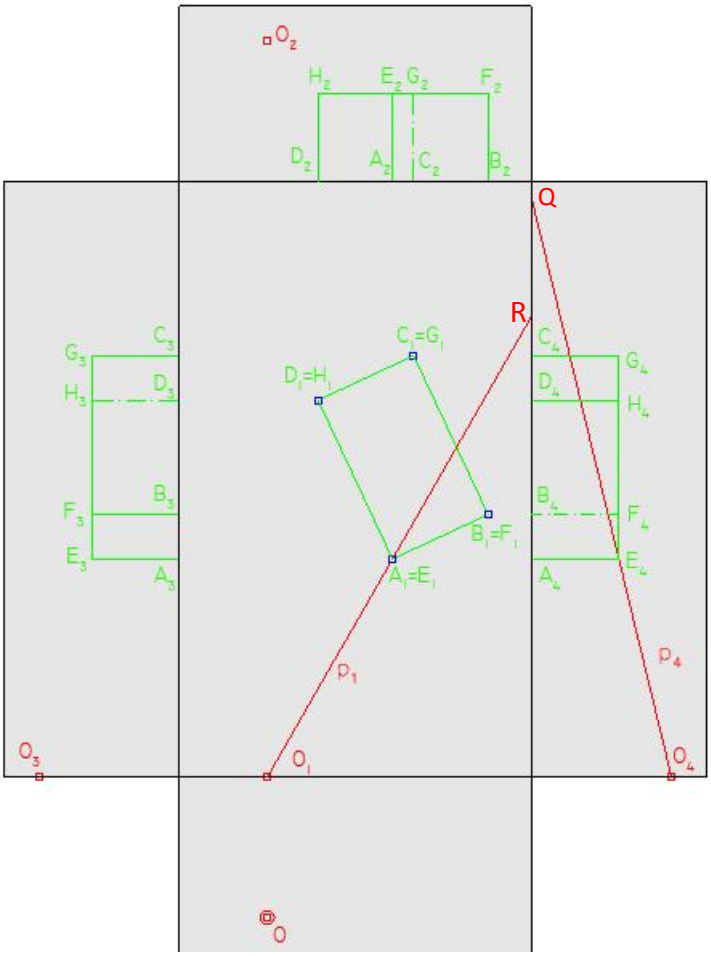


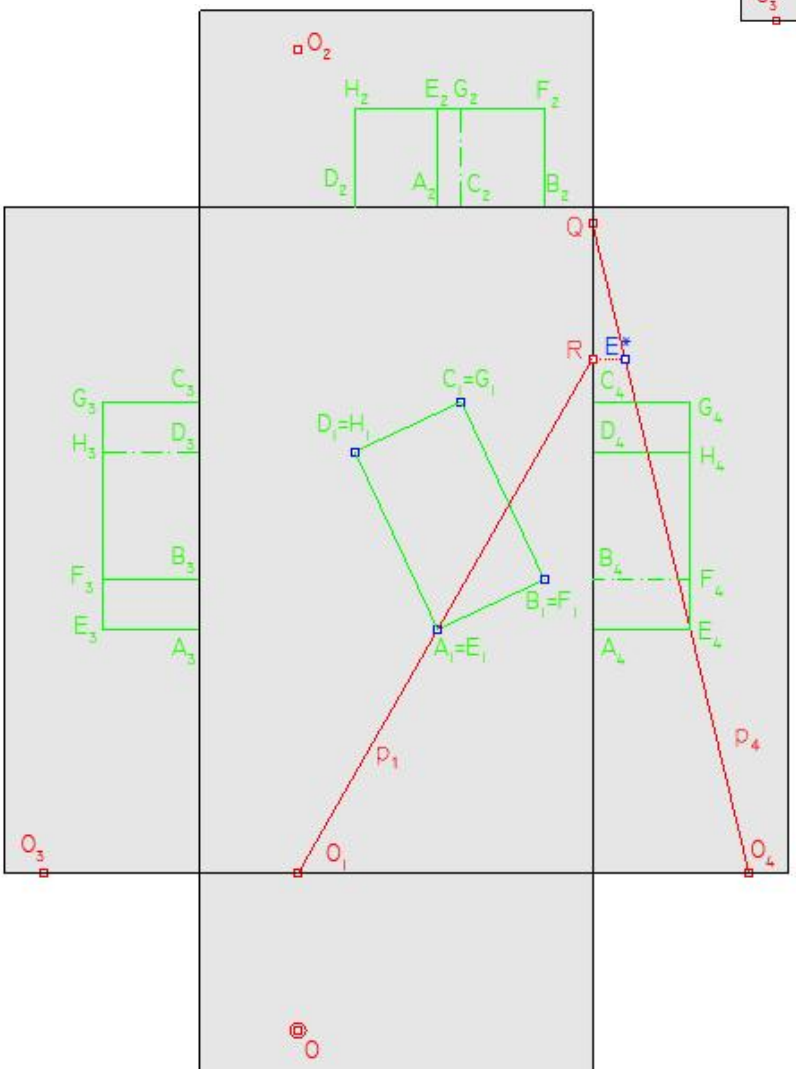
Obdélník A*, B*, C*, D* je iluze obdélníku dolní podstavy A, B, C, D.

Nyní najdeme iluzi vrcholu E. Vrcholem E proložíme paprsek. Situaci narýsujeme pomocí pravoúhlých průmětů. Půdorys p_1 vychází z O_1 a prochází E_1. Levý bokorys p_4 vychází z O_4 a prochází E_4.



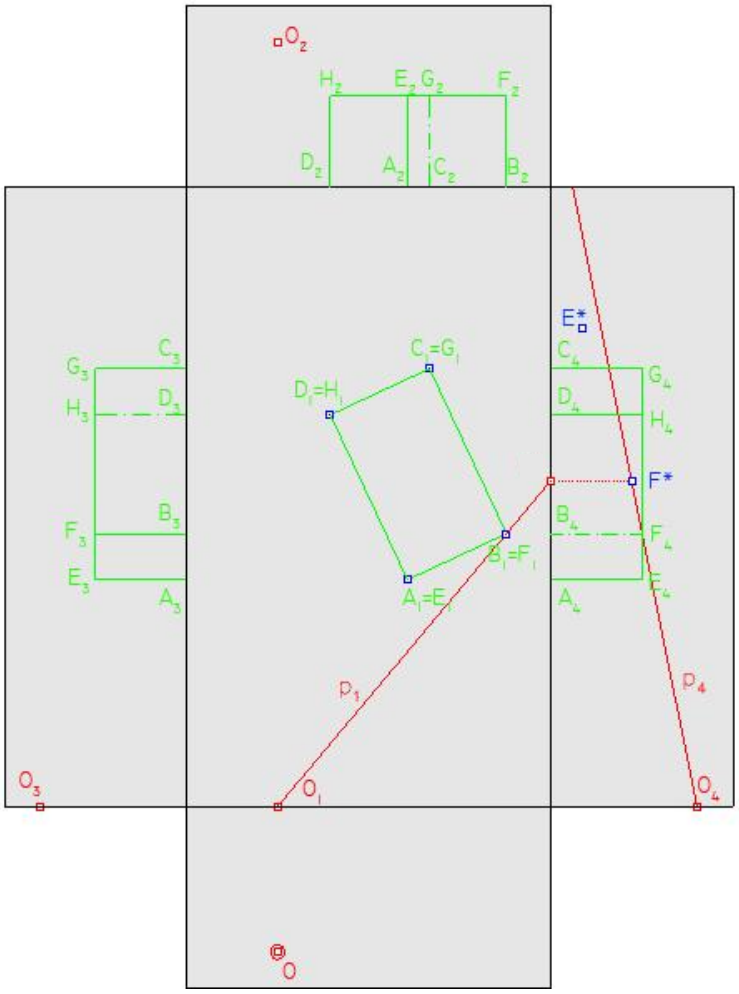
Potřebujeme zjistit průsečík paprsku a krabičky. Kterou rovinu protne nejdříve? To se pozná podle pravoúhlých průmětů paprsku p, všimněte si bodů označených R a Q. Paprsek p vedený z oka O přes bod E protne nejdříve levou bokorysnu a pak půdorysnu (již mimo krabičku). Pro lepší představu si krabičku složte a paprsek si vymodelujte pomocí tužky.

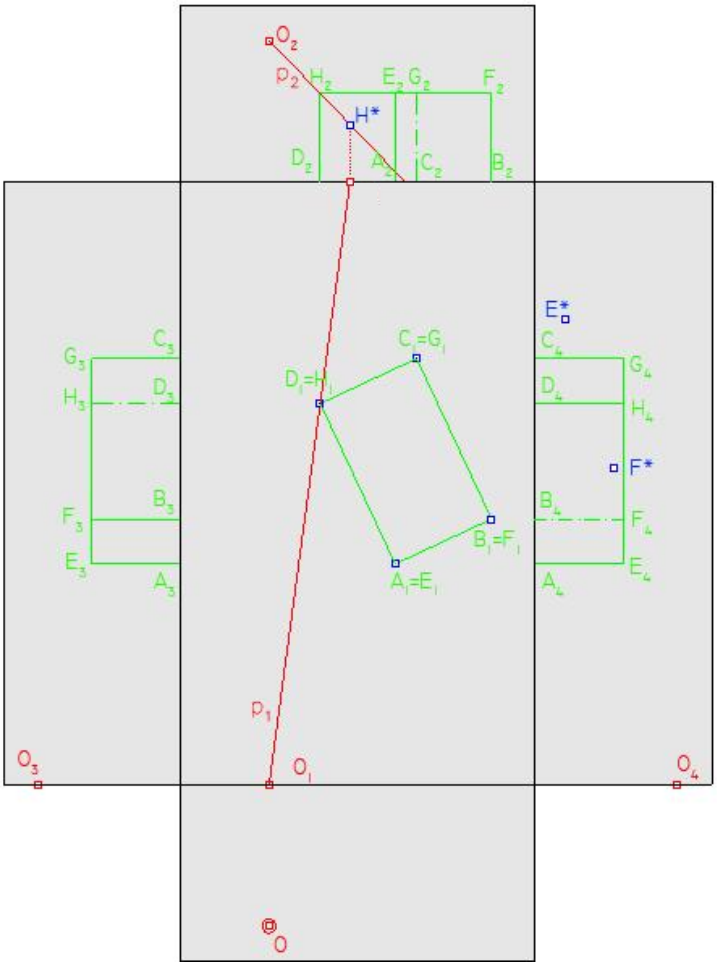


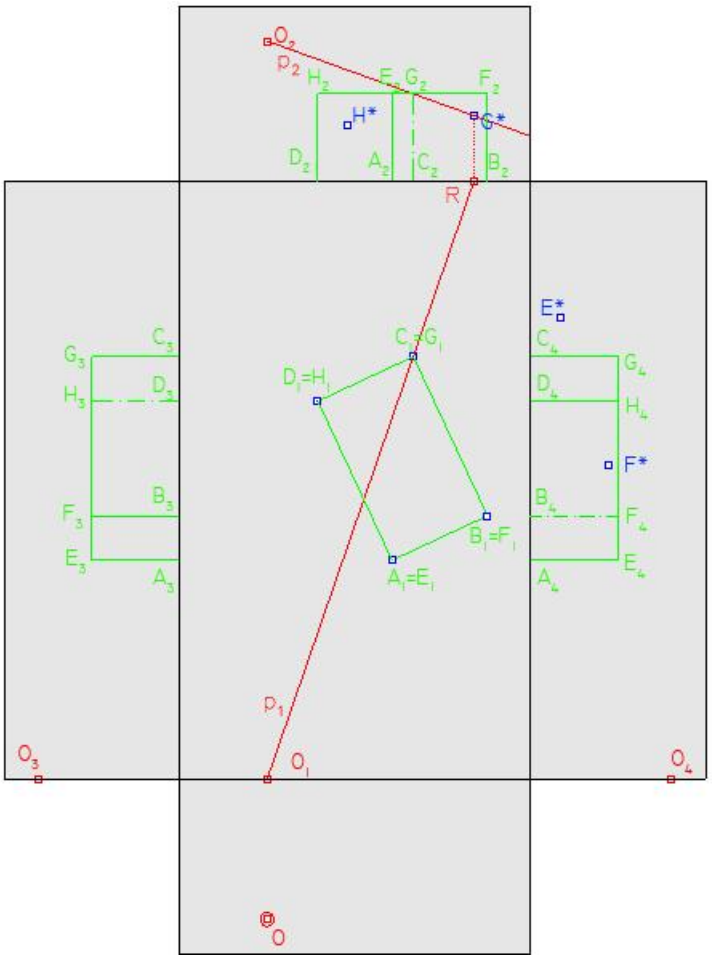


Průsečík R pomocí kolmice převedeme na p_4. Získáme bod E*, tedy iluzi vrcholu E horní podstavy.

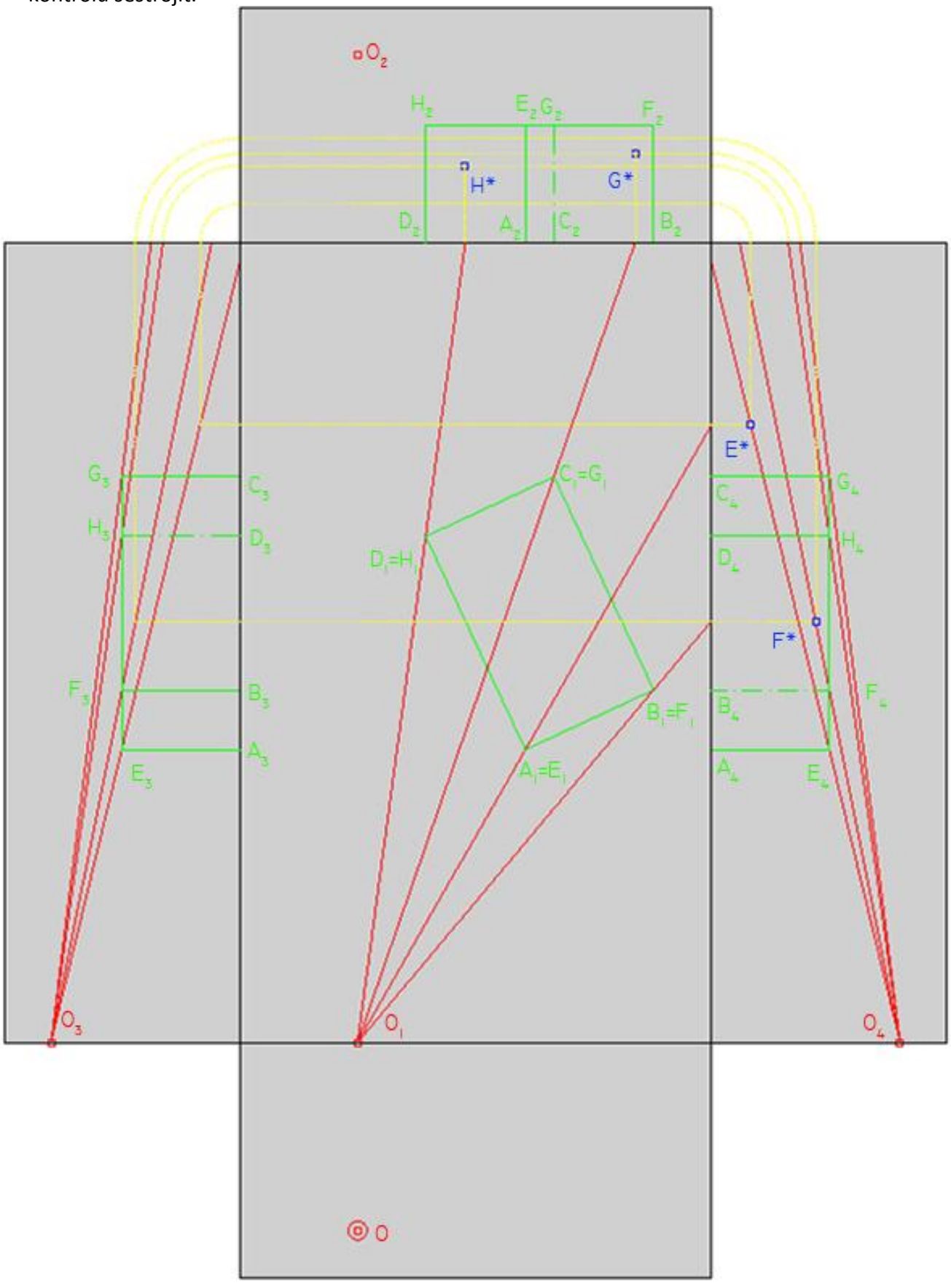
Postup je obdobný i pro ostatní vrcholy horní podstavy.







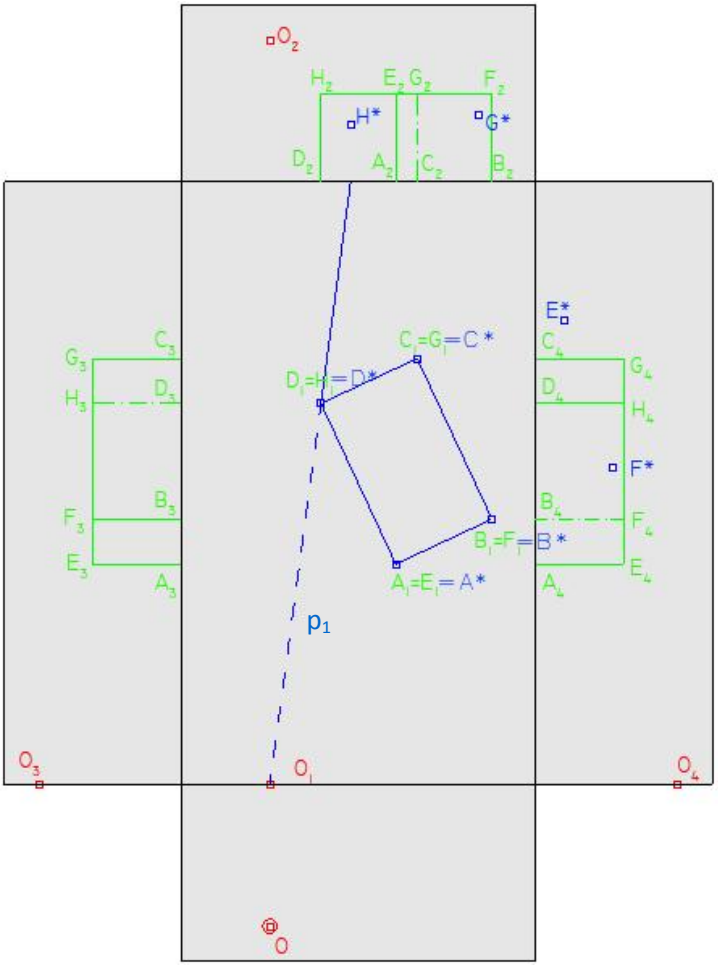
Průsečíky paprsků a krabičku lze nalézt též pomocí ostatních průmětů. Můžeme si je pro kontrolu sestrojit.

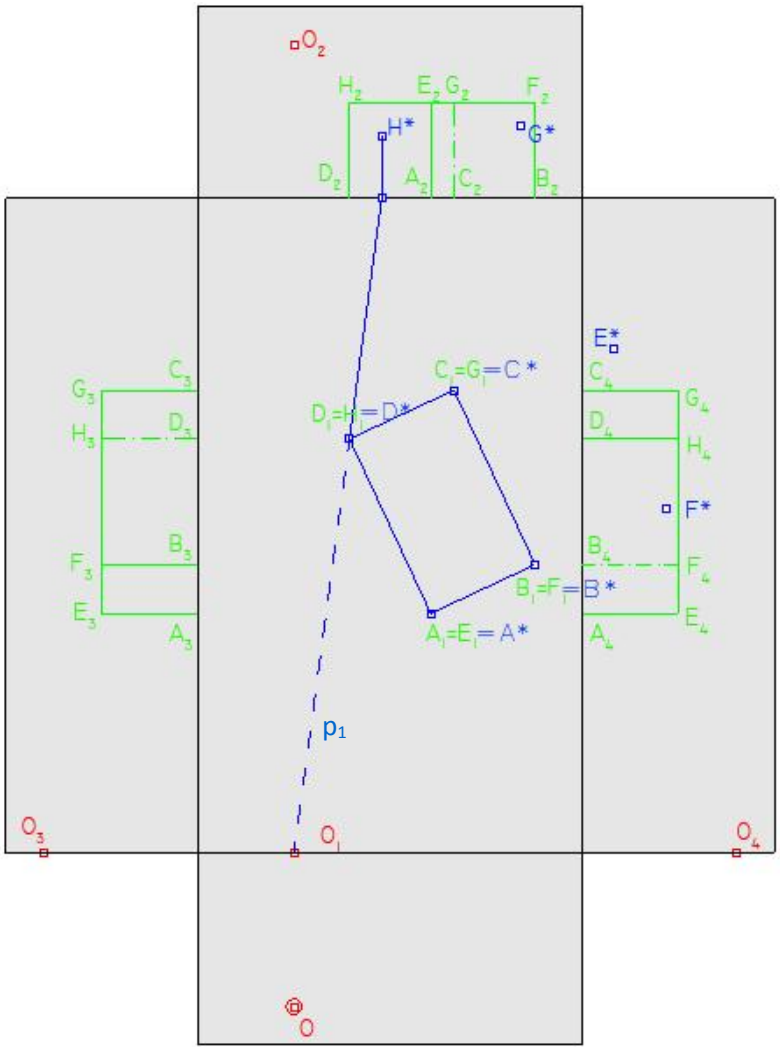


Můžeme se pustit do spojování iluzí svislých hran – tedy A*E*, B*F*, C*G*, D*H*. Využijeme dvě pravidla.

1.
Mějme přímku kolmou k vybrané rovině. Libovolným bodem vedeme paprsek p (spojnice s bodem O). Iluze přímky ve vybrané rovině splyne s pravoúhlým průmětem paprsku p v téže rovině.

2.
Mějme přímku rovnoběžnou s vybranou rovinou. Iluze přímky ve vybrané rovině je přímka rovnoběžná se samotnou přímkou a potažmo s pravoúhlým průmětem přímky ve vybrané rovině.



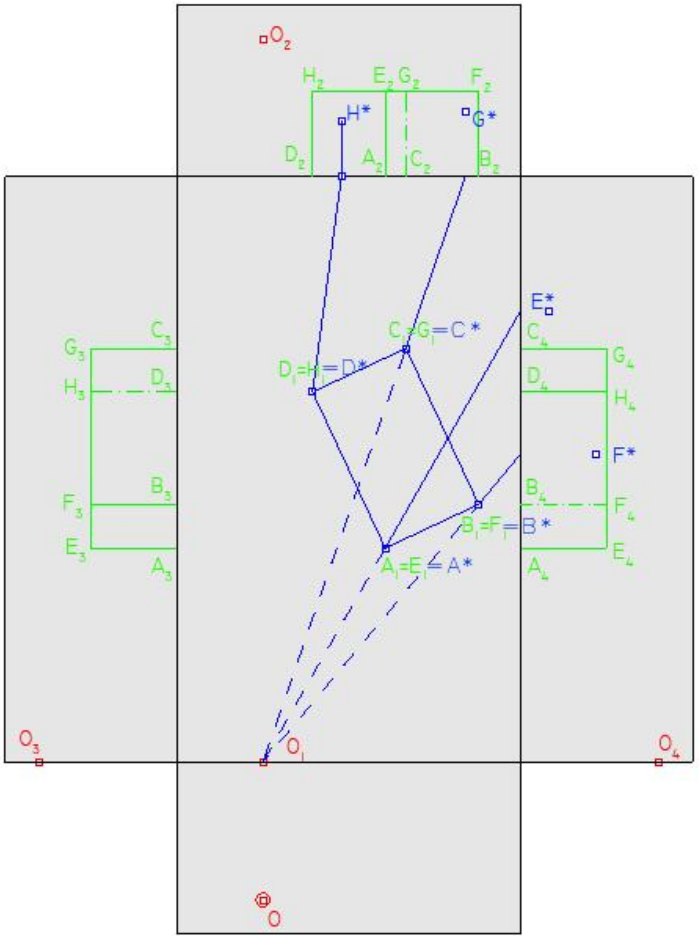


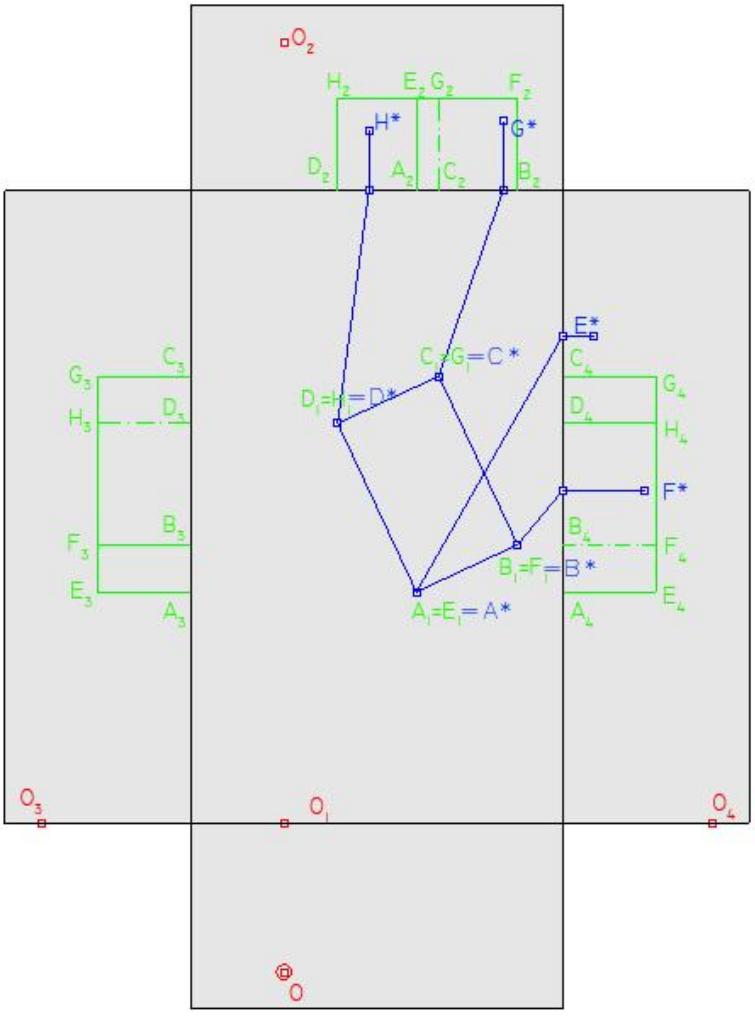
Zaměříme se na hranu DH, která je kolmá k půdorysně (je tedy $D_1=H_1$). Iluze přímky DH splyne s půdorysem paprsku *p*, který vedeme libovolným bodem přímky DH. Iluze úsečky DH v půdoryse leží na přímce $p_1 = O_1D_1$.

Uplatní se část přímky p_1, iluze vychází z bodu D a končí na průsečnici půdorysny a nárysny. Dále iluze úsečky DH pokračuje po nárysně do bodu H*. Tato úsečka v nárysně je rovnoběžná s DH a také s D_2H_2.

Protože i ostatní svislé hrany kvádru jsou kolmé k vodorovné rovině a zároveň rovnoběžné se svislými rovinami, platí u nich stejný postup jako u hrany DH.

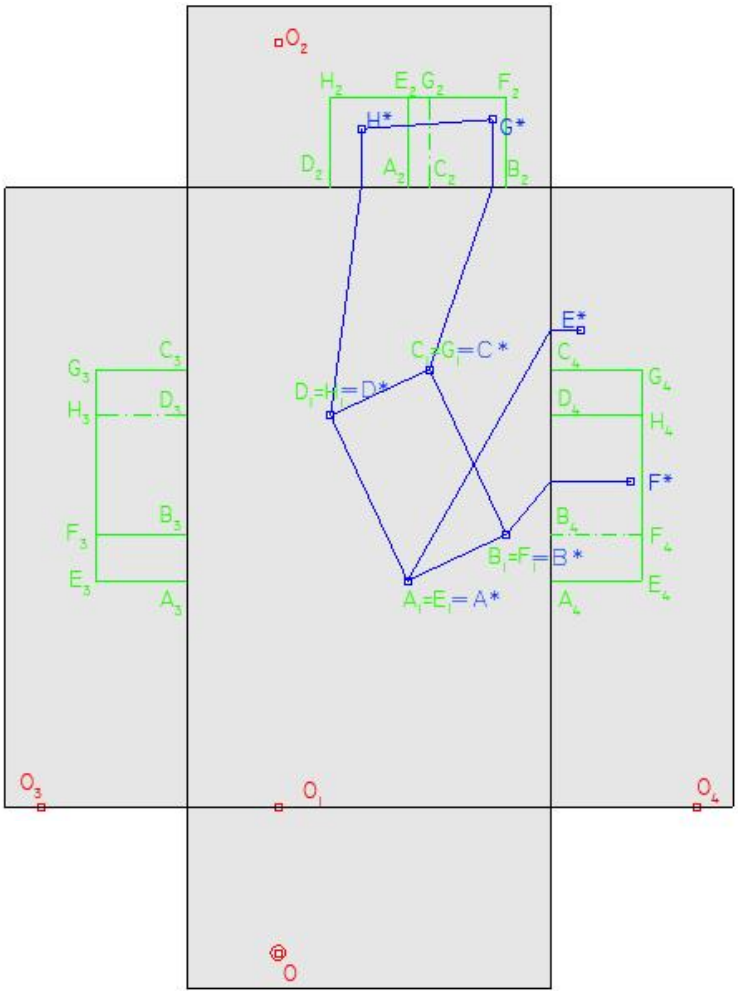
Iluze ve vodorovné rovině mají stejný směr jako průměty paprsků do této roviny.

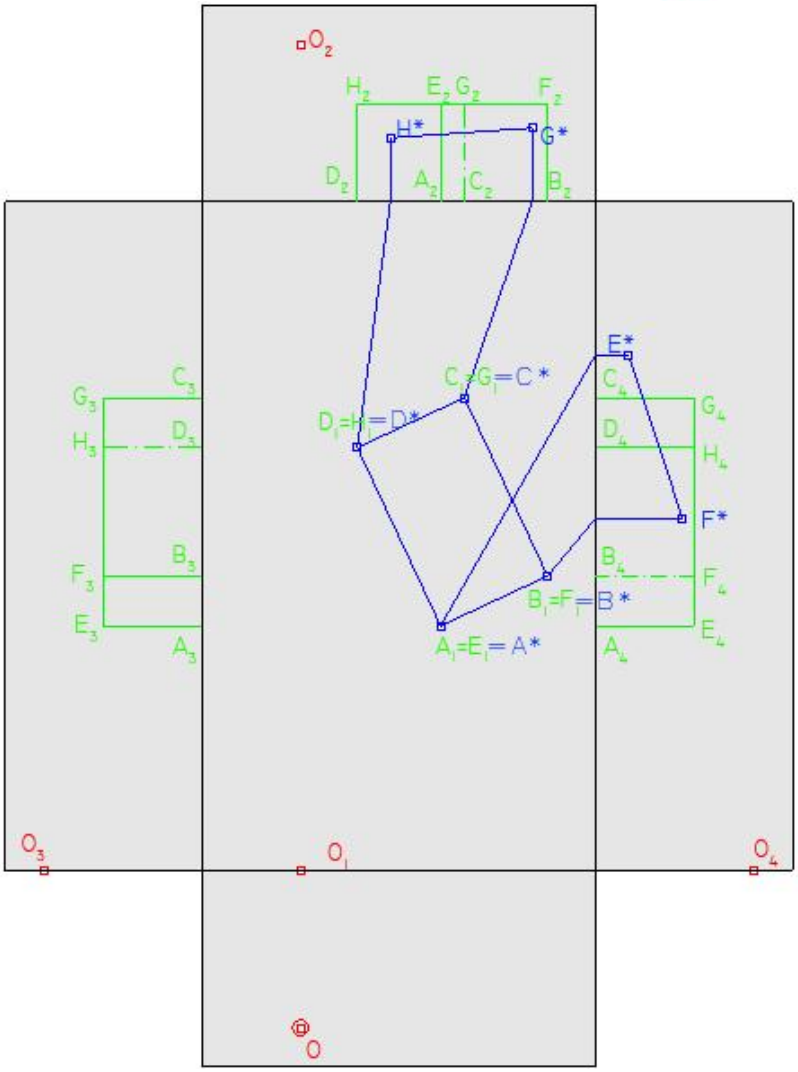




Iluze ve svislých rovinách jsou rovnoběžné s pravoúhlými průměty daných úseček do těchto rovin

Iluze hrany H*G* leží v jedné stěně, proto body H* a G* můžeme bez problémů spojit.



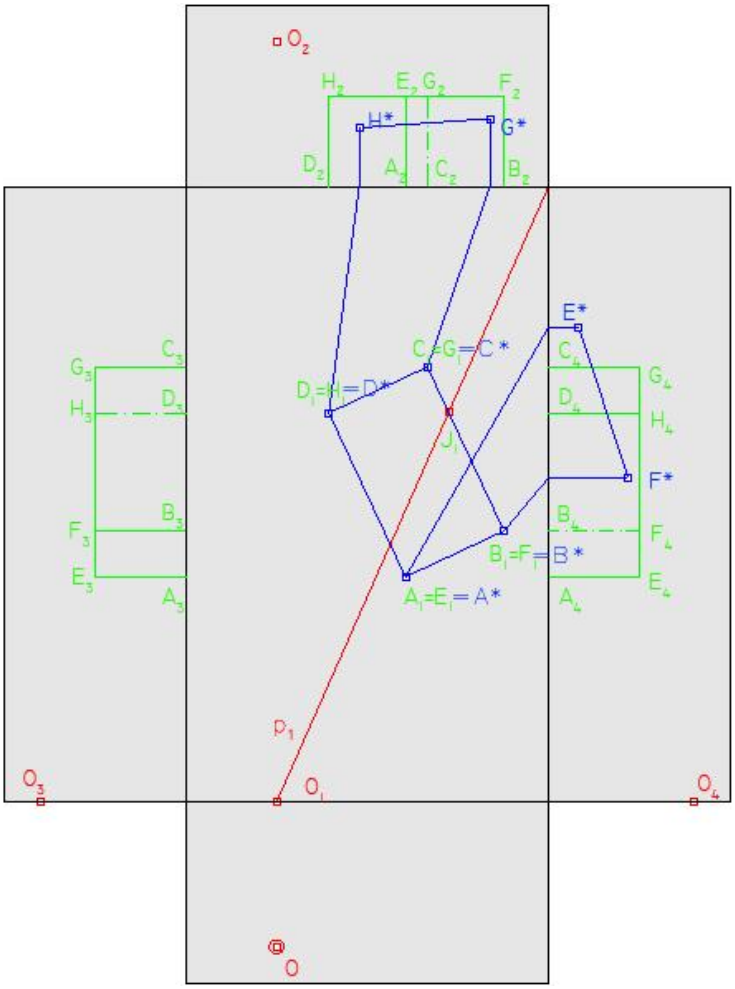


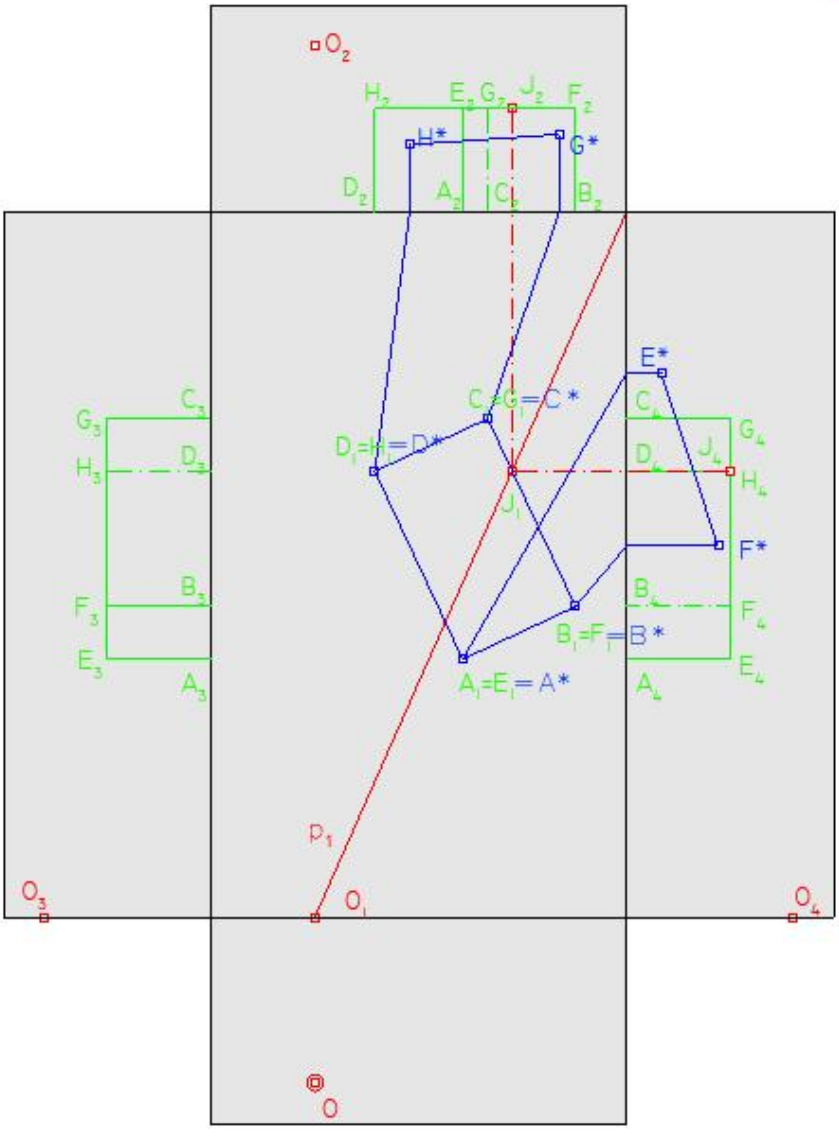
Totéž platí pro úsečku E*F*.

Spojení iluzí hran FG a EH bude složitější, protože jejich krajní body F*,G* a E*,H* neleží v jedné stěně krabičky. Abychom byli schopni určit směr F*G* a E*H* musíme vytvořit iluzi pomocných bodů příslušné úsečky.

Lze je vybrat libovolně, ale je výhodné za pomocné body zvolit body takové, jejichž iluze leží na svislé hraně.

Proto O_1 spojíme se zadním pravým rohem krabičky. Kde nám p_1 protne úsečku F_1G_1, tam leží půdorys pomocného bodu J.

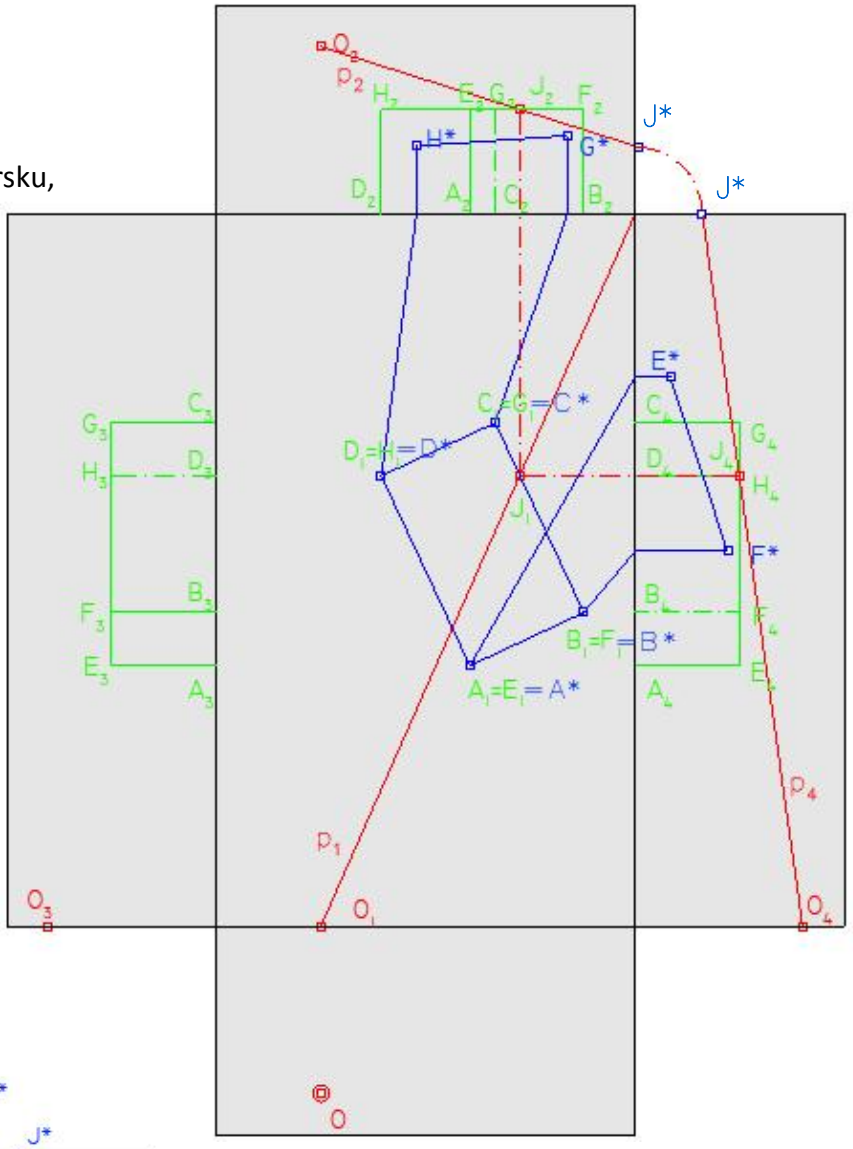


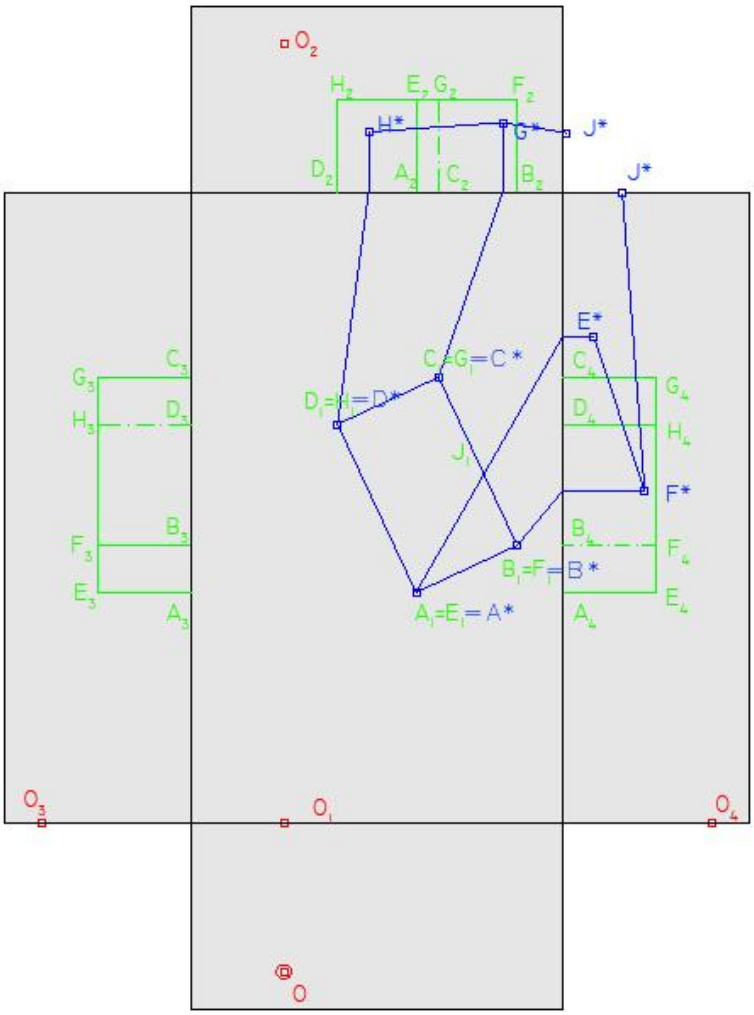


Pro bod J si vytvoříme jeho nárys a levý bokorys. J_2 leží na úsečce F_2G_2 a J_4 leží na úsečce F_4G_4.

Narýsujeme si nárys a levý bokorys paprsku, jenž prochází bodem J.

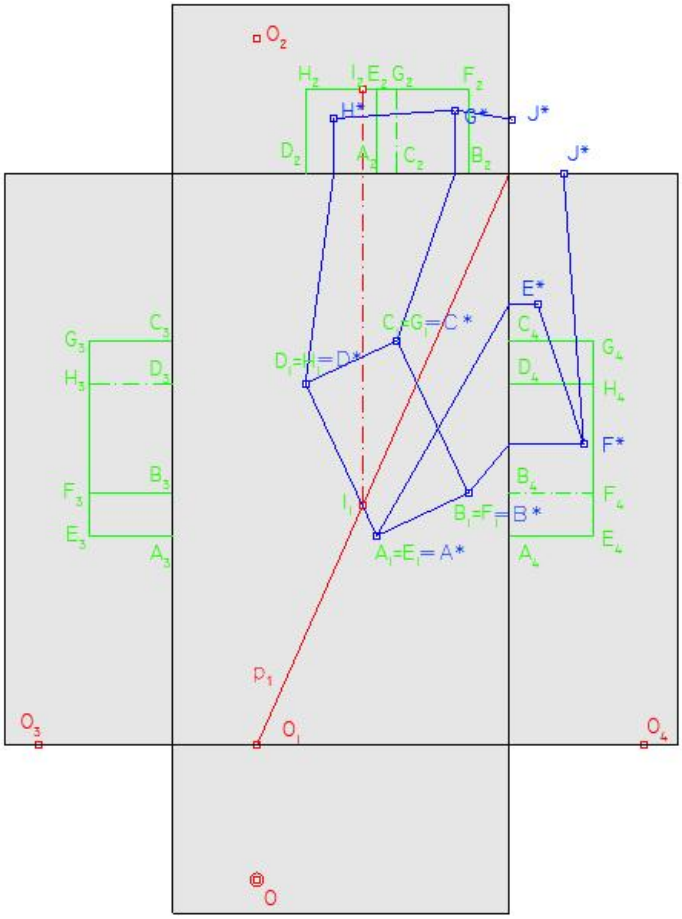
Iluze bodu J leží přesně na hraně krabičky.



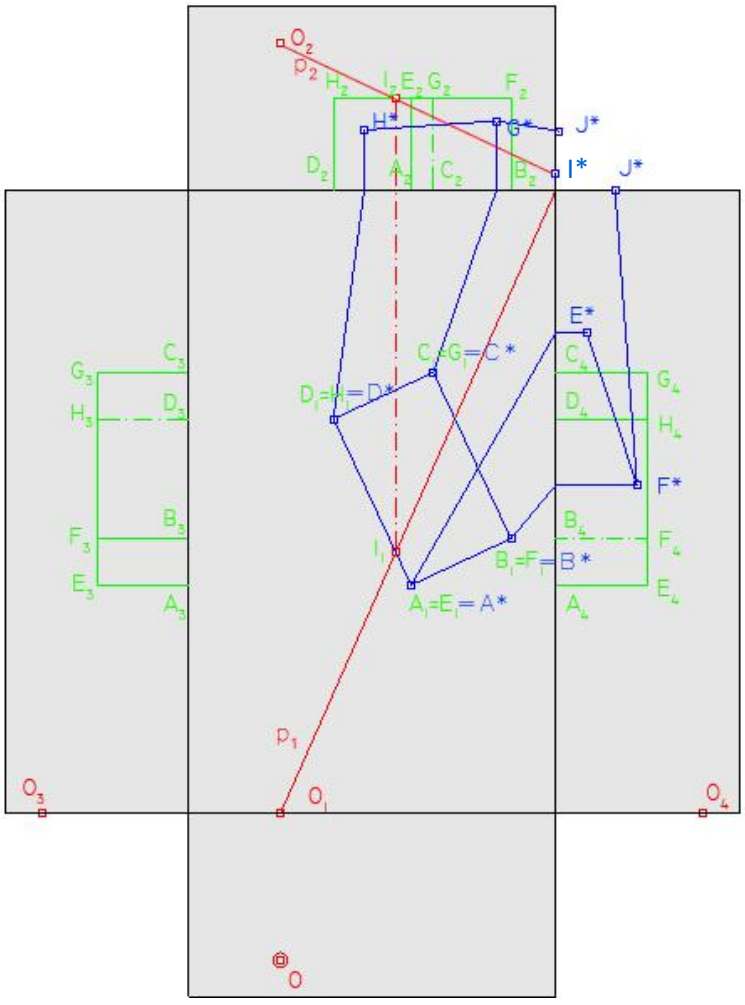


Nyní jsme schopni dokončit iluzi celé úsečky FG. F* a G* spojíme s J*. Po složení krabičky se obě části napojí.

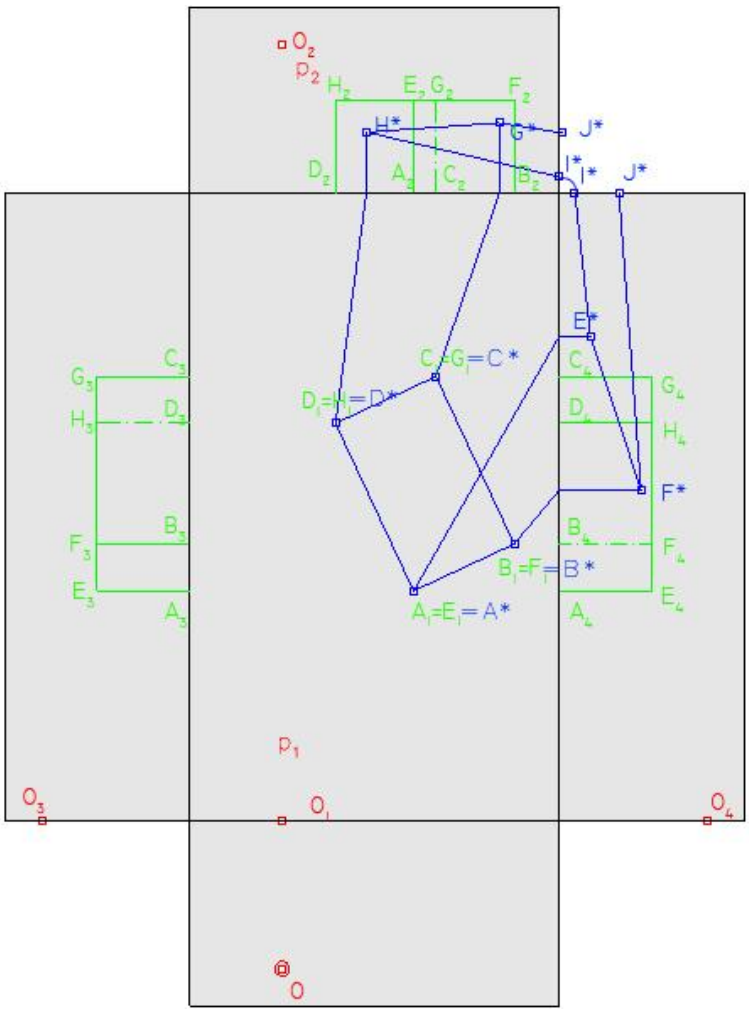
Podobný postup platí i pro úsečku EH. Kde nám p_1 protne E_1H_1, leží půdorys pomocného bodu I. Vytvoříme jeho nárys.



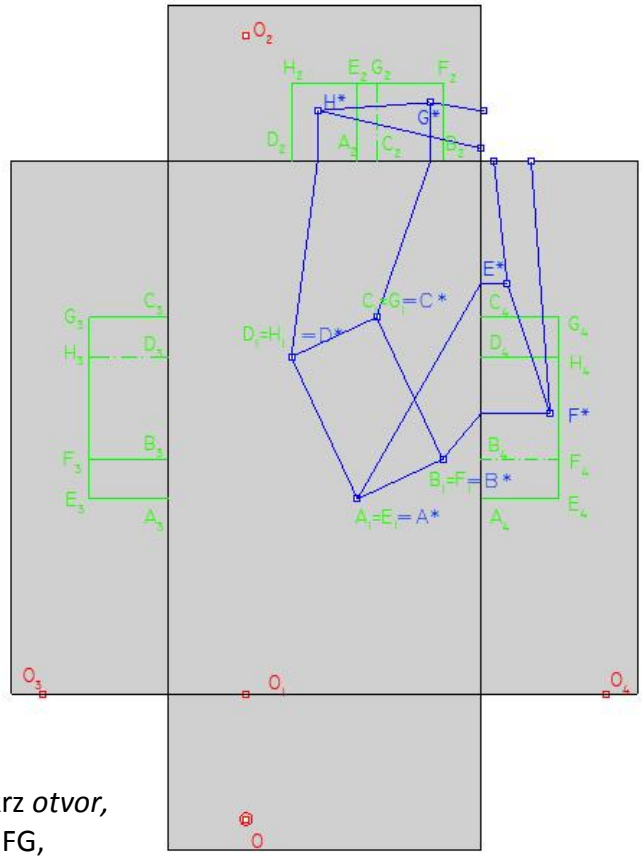
Bodem I_2 vedeme paprsek p_2. Kde paprsek protne hranu krabičky, tam leží iluze bodu I.



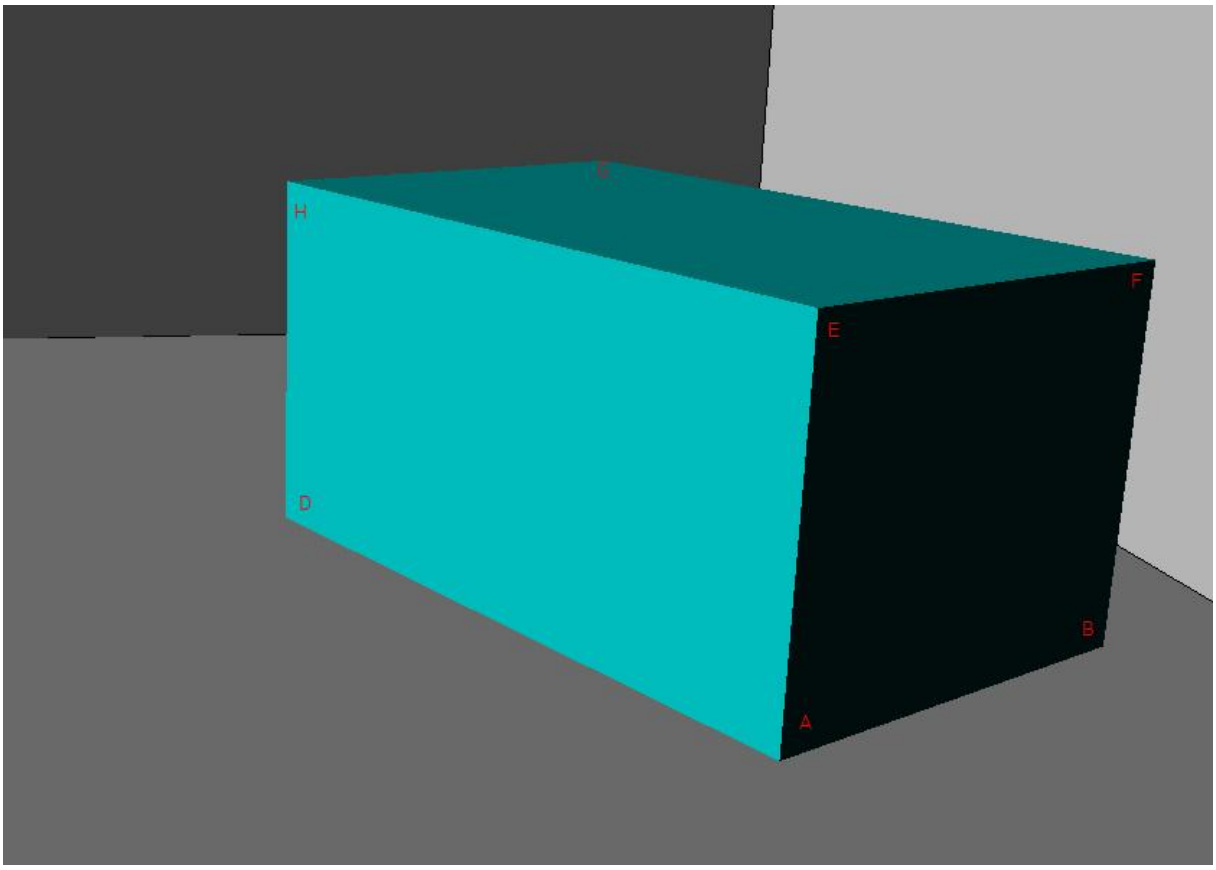
Bod I* pomocí čtvrtkružnice se středem v protějším pravém roku přeneseme do pravé stěny. Dále stačí jen E* a H* spojit s I*.



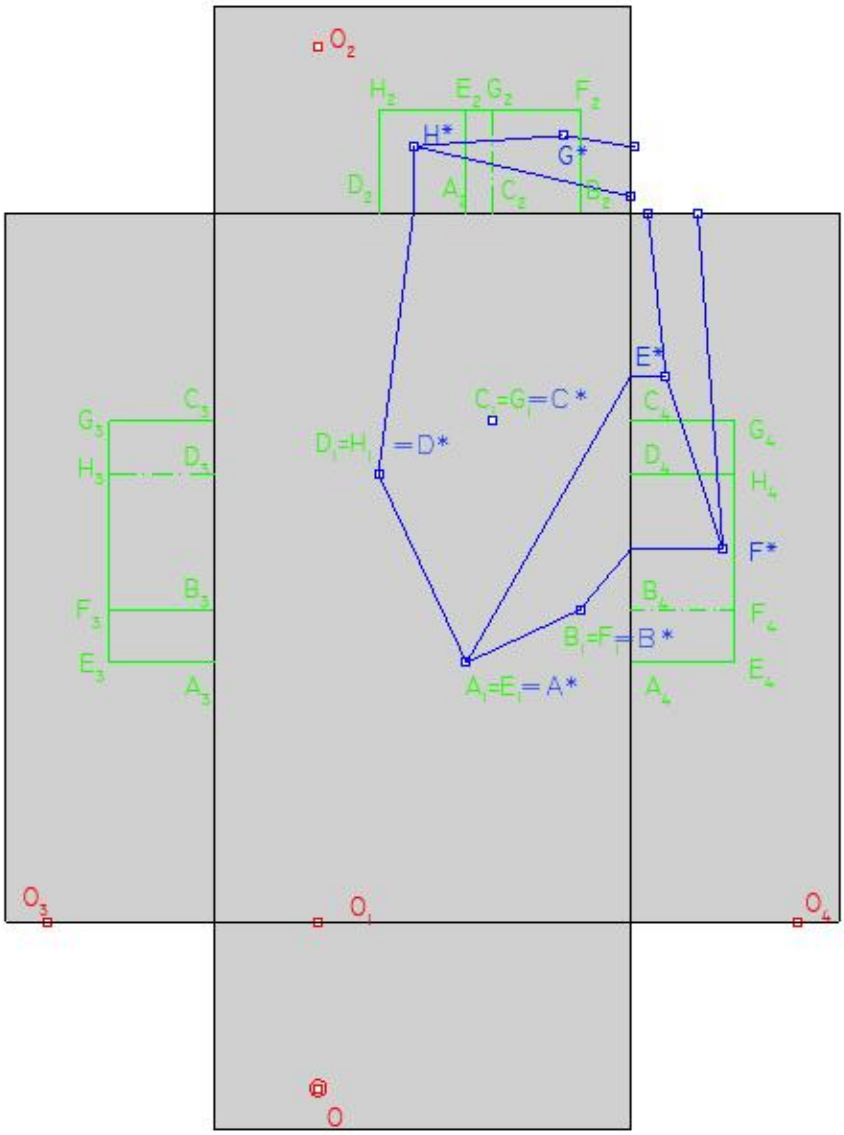
Máme iluzi celého kvádru.
Zbývá určit viditelnost.

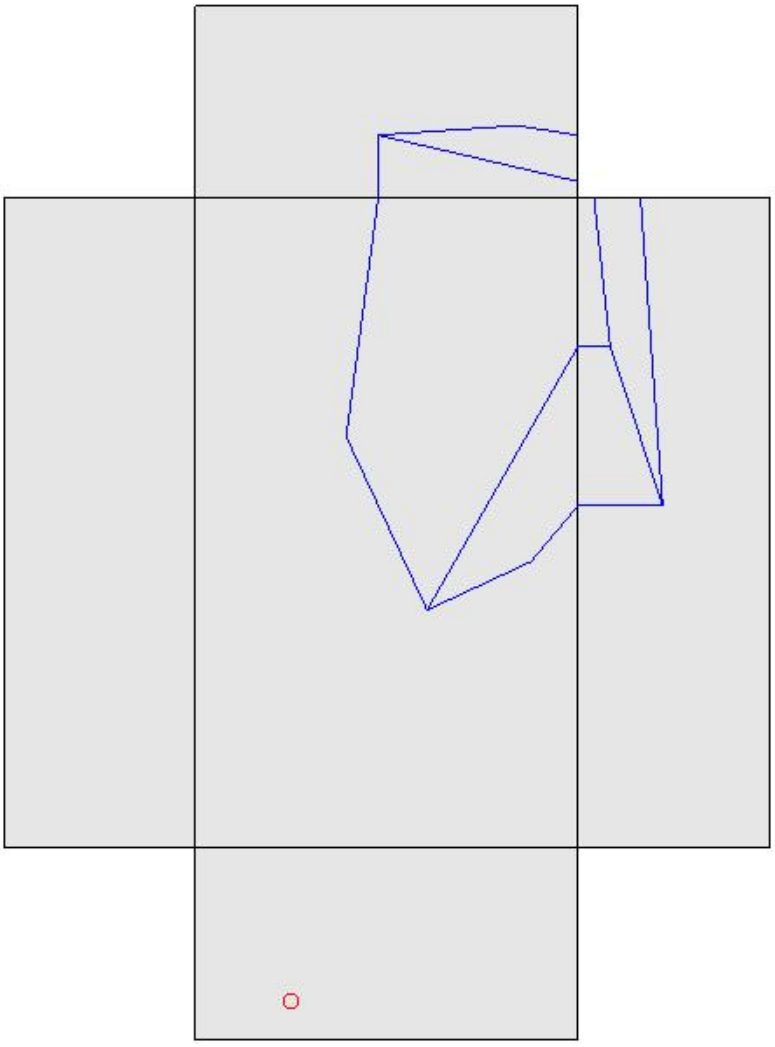


Kdyby kvádr v krabičce ležel a my se na něj dívali skrz *otvor,* viděli bychom pouze hrany: AB, AD, DH, AE, BF, EF, FG, GH, EH.



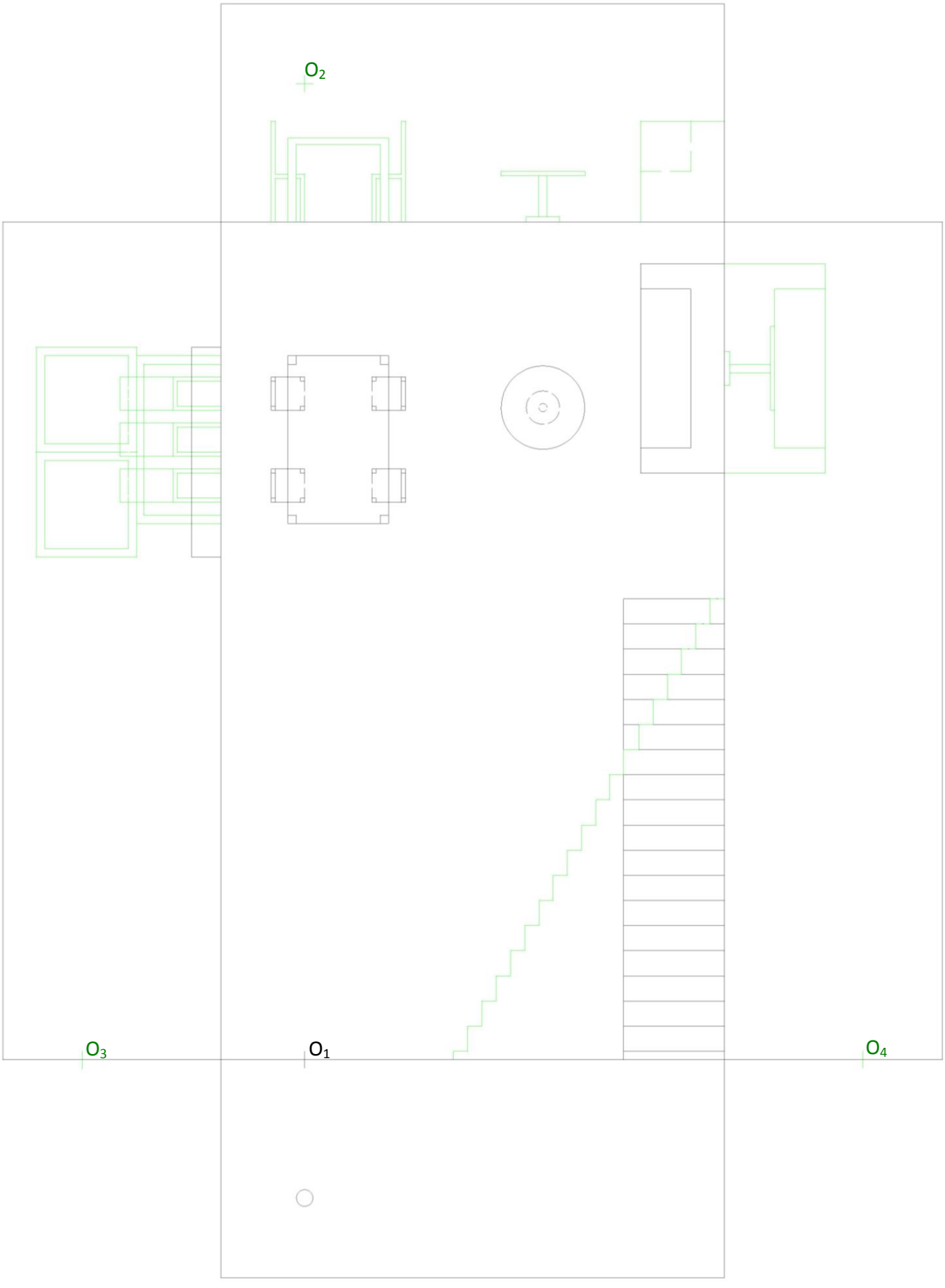
Hranu BC bychom neviděli, proto úsečku B*C* smažeme (respektive nebudeme zvýrazňovat). Totéž platí pro úsečku C*D* a C*G*.

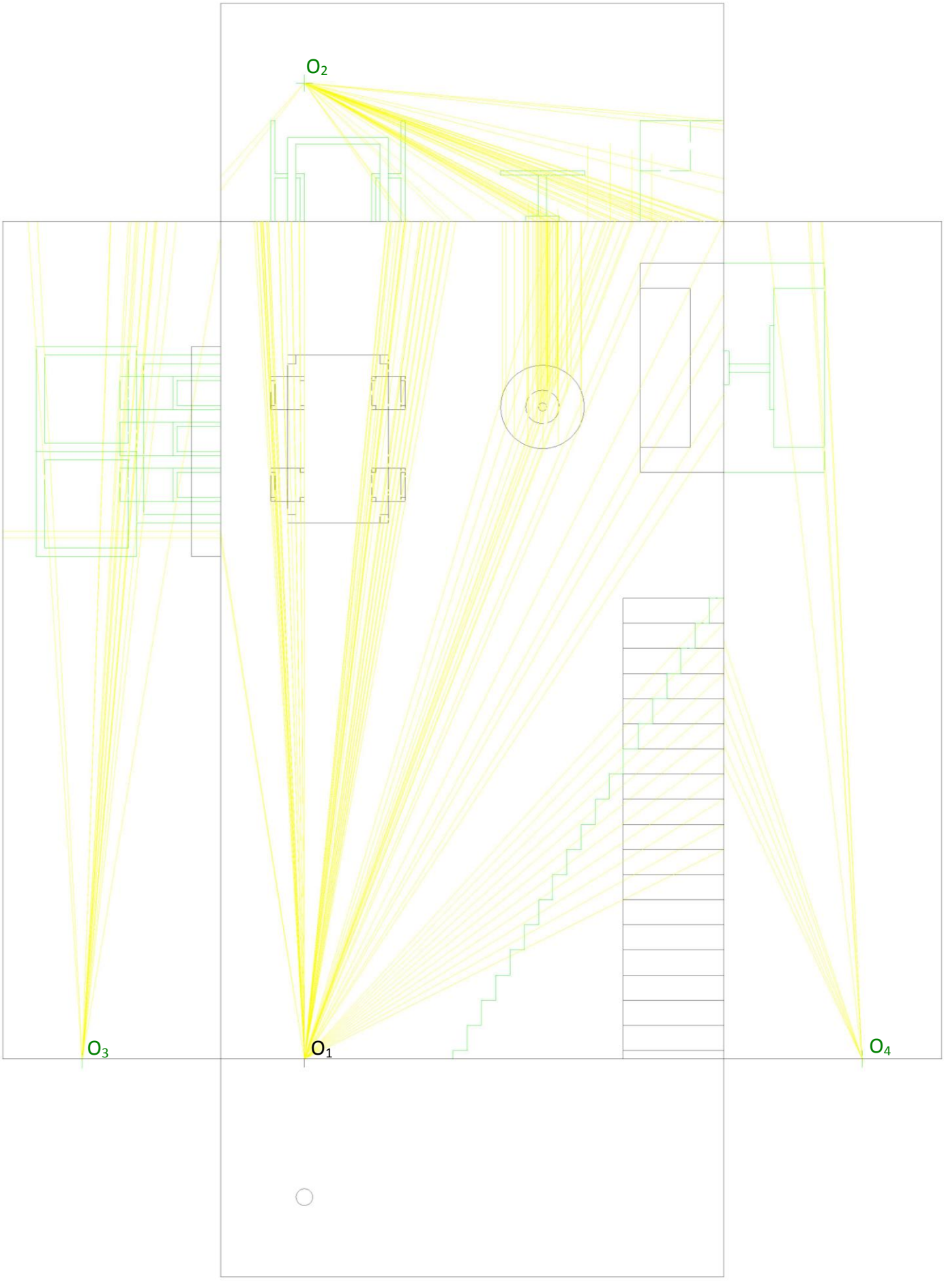


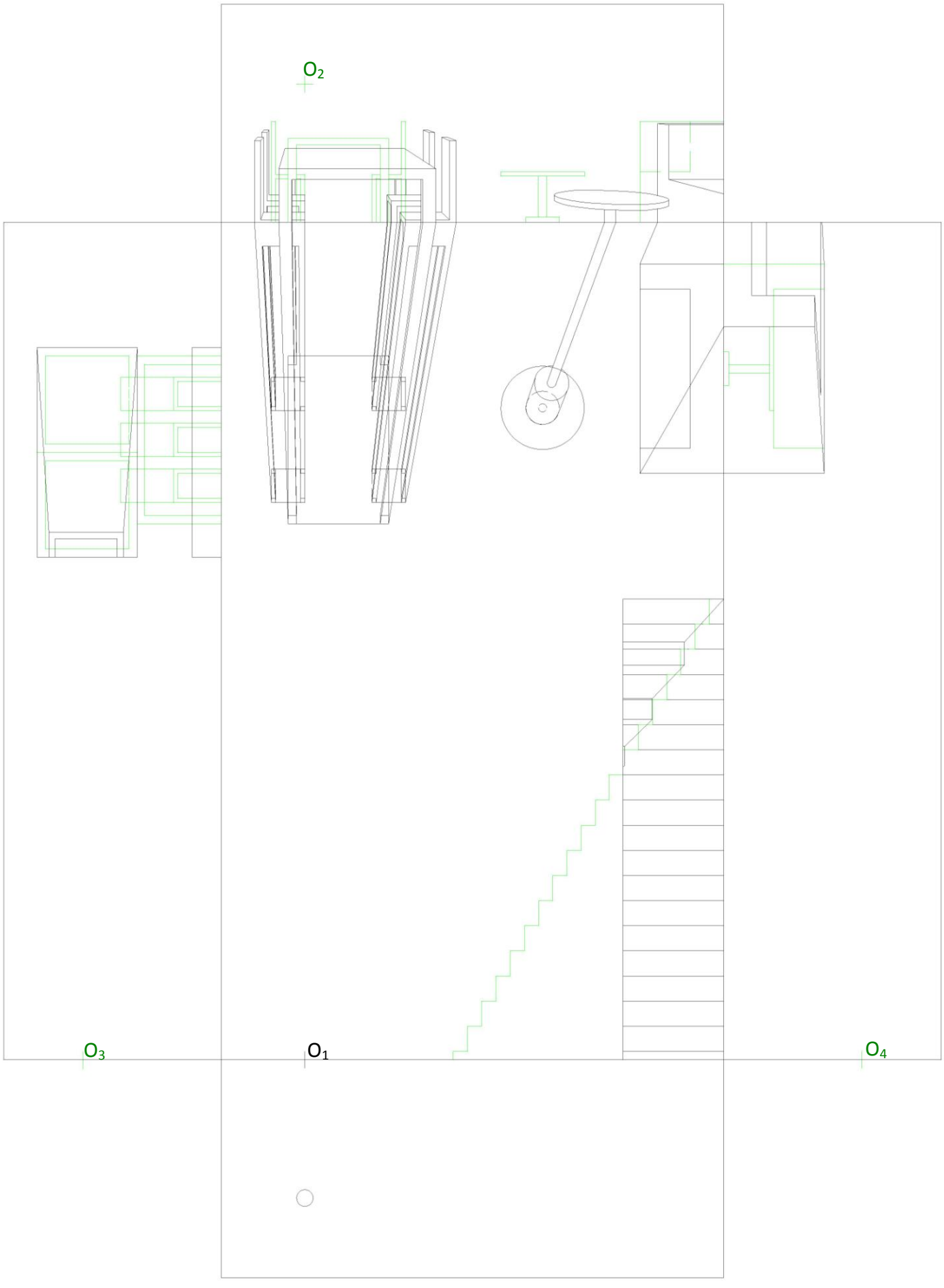
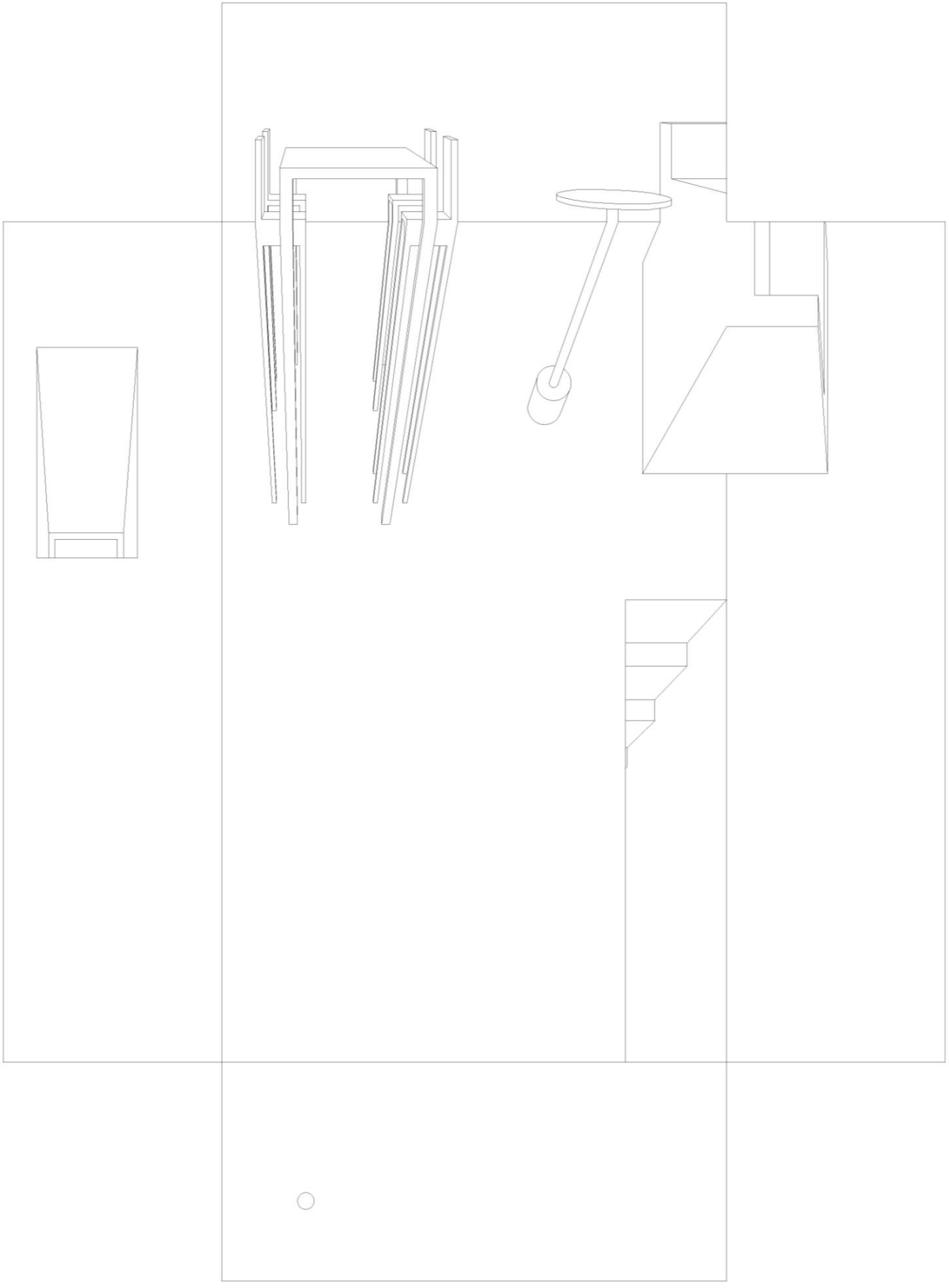
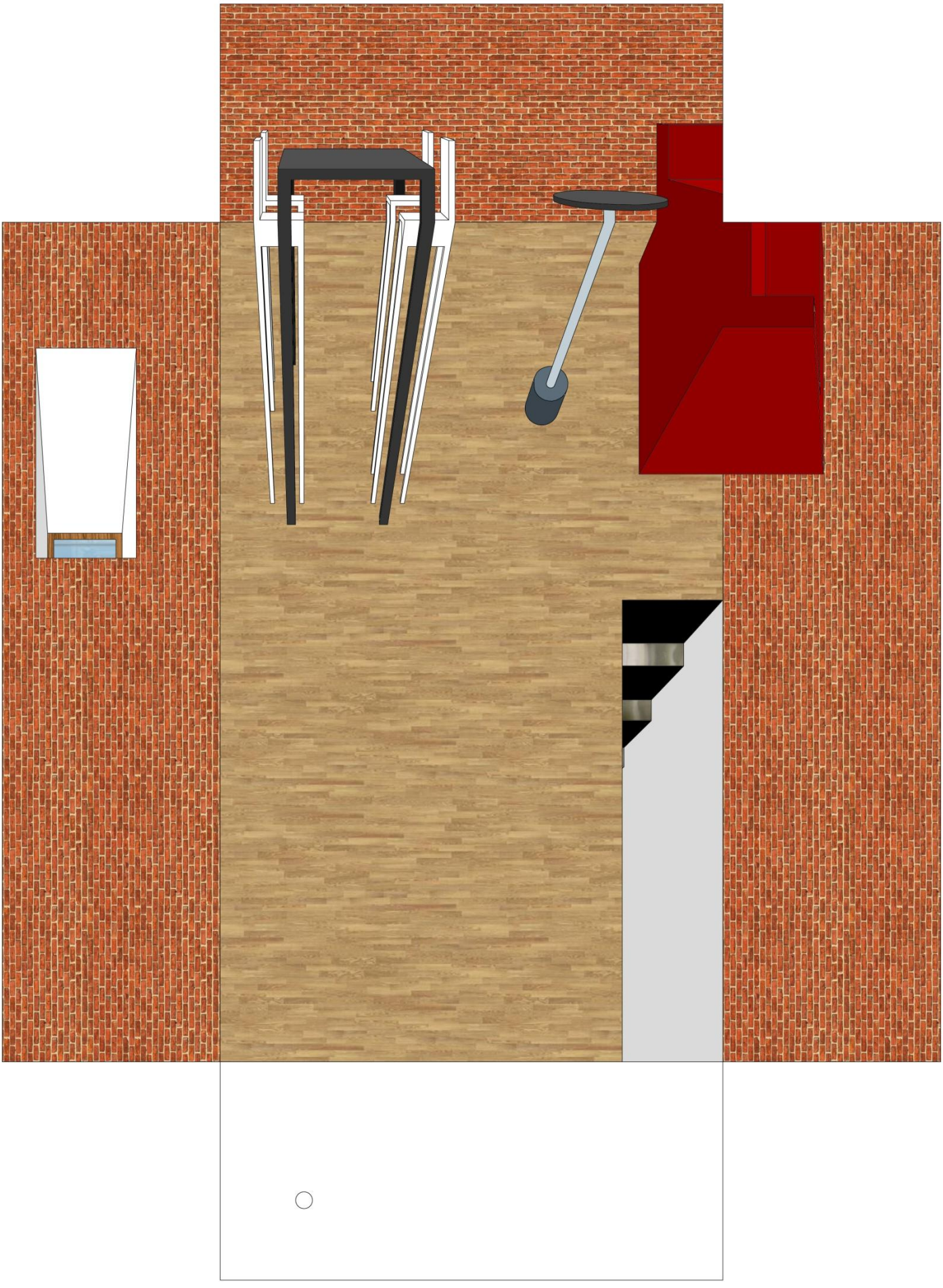


Iluze kvádru je kompletně hotová. Zbývá jen krabičku vystřihnout. Vystřihnout otvor, který by měl být co nejmenší, ale takový, abychom skrz něj do krabičky viděli! Pro zlepšení vjemu je dobré iluze viditelných stěn vybarvit. A na závěr krabičku slepíme. Měli bychom si dát pozor na přesné slepení v rozích. Každá nepřesnost se projeví na kvalitě iluze.

3. VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ ÚKOLU




O2
O3
O1
O4


O2
O3
O1
O4