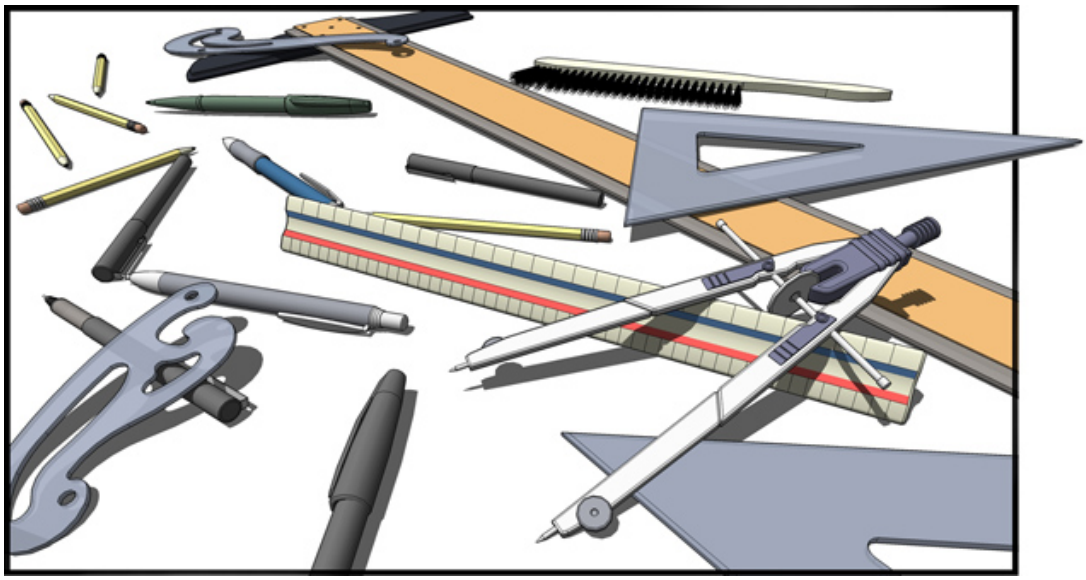
اصول طراحی نقشه های Plot Plan و Key Plan در پروژه های صنعتی

نویسنده مقاله : « فرشاد سرایی / مدیر امور مهندسی شرکت پتروپالامحور »



۱- مقدمه :

معیار انتخاب محل مناسب جهت استقرار یک کارخانه صنعتی چیست و به چه پارامترهایی بستگی دارد؟ حداقل نیازهای محیطی یک کارخانه صنعتی چه مواردیست؟ چگونه محل استقرار ساختمان ها و تجهیزات در یک کارخانه صنعتی تعیین می گردد و چه روابط و اصولی در جانمایی آنها تاثیرگذار می باشد؟ چگونه مختصات دقیق محل نصب یک تجهیز در کارخانه های صنعتی تعیین می گردد؟ چه ارتباطی میان نقشه جانمایی ساختمان ها و تجهیزات با سایر نقشه ها و مدارک مهندسی تولید شده در یک پروژه صنعتی وجود دارد؟ تقسیم بندی یک کارخانه صنعتی به مناطق مختلف و تهیه نقشه کلید مربوطه چه اهمیتی دارد و به چه منظور انجام می شود؟

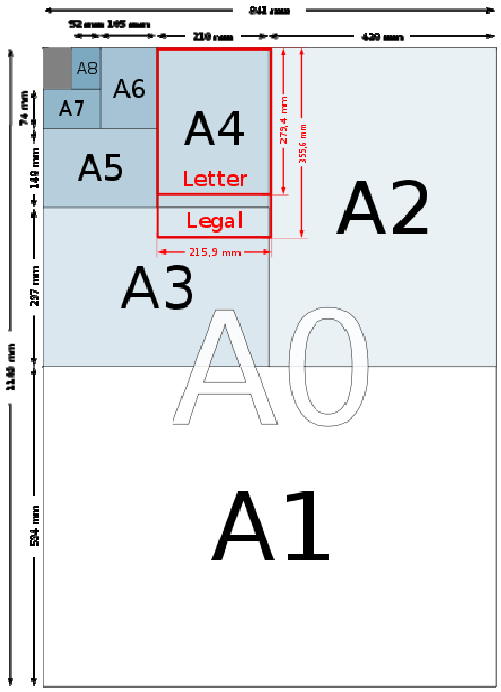
این مقاله به سوالات فوق و بسیاری از پرسش های دیگر در خصوص چگونگی طراحی نقشه جانمایی کارخانجات صنعتی (Plot Plan) و نقشه کلید تقسیم بندی مناطق آنها (Key Plan) ، به اجمال پاسخ خواهد داد.

۲- تعریف عمومی نقشه Plot Plan :

نقشه Plot Plan به نقشه ای اطلاق میگردد که ارتفاعات زمین ، مختصات نصب و جانمایی ساختمان ها ، سازه ها ، جاده ها ، تجهیزات و مسیرهای اصلی حرکت لوله ها و کابل ها (Pipe Rack & Sleeper Way) یک کارخانه صنعتی در آن نمایش داده میشود.

۳- تقسیمات نقشه Plot Plan :

حداکثر ابعاد کاغذ استاندارد مورد استفاده در مدارک و نقشه های مهندسی سایز A0 (۸۴۱×۱۱۸۹ میلیمتر) می باشد :



لذا بدیهیست که در اغلب پروژه های صنعتی بزرگ و گسترده ، نمایش جزئیات اجرایی جانمایی اجزاء یک کارخانه در قالب یک نقشه با خوانایی لازم امکانپذیر نیست. بنابراین میبایست نقشه Plot Plan را به زیرمجموعه هایی تقسیم بندی نمود. این تقسیم بندی معمولا به شرح ذیل انجام میشود :

Overall (Master) Plot Plan -۱-۳

این نقشه موقعیت استقرار کل زمین کارخانه نسبت به جاده های کشوری و عوارض طبیعی و مصنوعی اطراف آن را نمایش می دهد. معمولا تجهیزات و ساختمان ها در این نقشه دیده نشده و فقط خطوط مرزی زمین کارخانه و بعضا اجزاء مهمی از کارخانه که در خارج از زمین اصلی آن مستقر شده مانند دودکش های Flare ، حوضچه های سوخت (Burn Pit) ، حوضچه های ورود آب دریا و ... در آن مشخص می گردد.

در این نقشه میبایست مختصات گوشه های زمین کارخانه ، جاده های دسترسی محلی ، جاده های کشوری مجاور ، عوارض طبیعی و مصنوعی مهم و همچنین نقاط مرجع نقشه برداری (Bench Mark) در دو سیستم جهانی (Global) و محلی (Local) درج گردد.

Plant Plot Plan -۲-۳

این نقشه نشان دهنده کل مساحت محصور در فنس های مرزی اطراف زمین کارخانه و کلیه جاده ها ، ساختمان ها و تجهیزات اصلی (Major Equipment) مستقر در آن می باشد. هر چند محل قرارگیری هر یک از اجزاء فوق الذکر میبایست بر اساس موقعیت و مختصات واقعی استقرار آنها در محل زمین کارخانه باشد ، لیکن به دلیل حجم زیاد اطلاعات و ریز بودن اجزاء نقشه ، درج همه مختصات امکانپذیر نبوده و فقط مختصات مهم و اصلی مانند گوشه های فنس کارخانه ، مرزبندی مناطق کارخانه (Zone) ، جاده های اصلی (Main Road) و امثال آن در دو سیستم جهانی (Global) و محلی (Local) در این نقشه درج می گردد.

Zone Plot Plan -۳-۲

هر کارخانه صنعتی معمولا به چند منطقه اصلی (Zone) تقسیم بندی می گردد. فلسفه تقسیم بندی مناطق بر اساس ماهیت ساختاری آنها می باشد ، مانند منطقه صنعتی ، منطقه غیر صنعتی ، منطقه ذخیره سازی ، منطقه بارگیری و امثال آن. لذا مرزهای تعیین شده برای مناطق (Zone) قراردادی بوده و جنبه فیزیکی و عینی نداشته و بنا به تعریف و تصمیم کارفرما و مشاور پروژه قابل تغییر است.

نقشه مذکور در بر گیرنده مساحت محصور در مرزهای قراردادی هر منطقه از کارخانه و اجزاء داخل آن مانند ساختمان ها ، تجهیزات ، مسیرهای اصلی حرکت لوله ها و کابل ها (Pipe Rack & Sleeper Way) ، جاده های اصلی و فرعی و امثال آن می باشد. در این نقشه نیز از درج کلیه مختصات و نامگذاری اجزاء خودداری شده و تنها به نمایش استقرار صحیح آنها نسبت به یکدیگر و درج برخی مختصات مهم مانند جاده های اصلی و فرعی ، گوشه ساختمان ها و مسیرهای اصلی حرکت لوله ها و کابل ها بسنده میگردد.

Unit Plot Plan -۴-۲

هر یک از مناطق کارخانه (Zone) به چندین واحد (Unit) تقسیم میگردد. تقسیم بندی واحدها بر اساس عملکرد فرآیندی آنها می باشد که در نقشه های P&ID پروژه مشخص گردیده است. بدین معنی که تمام یا اکثر تجهیزات مستقر شده در یک واحد میبایست در ارتباط با یکی از فرآیندهای تعریف شده کارخانه باشند. به عنوان مثال اگر در یک منطقه از کارخانه ابتدا نیاز به تجهیزات آبگیری ، فیلتراسیون و کنترل دبی سیال عامل فرآیندی و سپس ورود آن به هیتر جهت گرم شدن و جداسازی در برج تقطیر باشد ، میتوان این منطقه را به دو واحد مجزا شامل «واحد آبگیری و فیلتراسیون» و «واحد تقطیر» تقسیم بندی نمود.

برای هر یک از واحدها میبایست یک نقشه جانمایی مستقل تهیه گردد که عنوان Unit Plot Plan به آن اطلاق می گردد. در این نقشه علاوه بر نمایش جانمایی کلیه ساختمان ها ، سازه ها ، جاده ها ، تجهیزات و مسیرهای اصلی عبور لوله ها و کابل ها با سایز دقیق ، میبایست شماره (Tag No.) و مختصات محل استقرار هر یک از آنها بر اساس سیستم محلی (Local) نیز درج گردد.

همچنین در صورت وجود سازه های چند طبقه در یک واحد ، میبایست نمای پلان هر یک از طبقات و تجهیزات مستقر در آن به همراه شماره ها (Tag No.) و مختصات دقیق نصب سازه و تجهیزات مربوطه به همراه نماهای جانبی و برش های ارتفاعی سازه مورد نظر ، در نقشه Unit Plot Plan منعکس گردد.

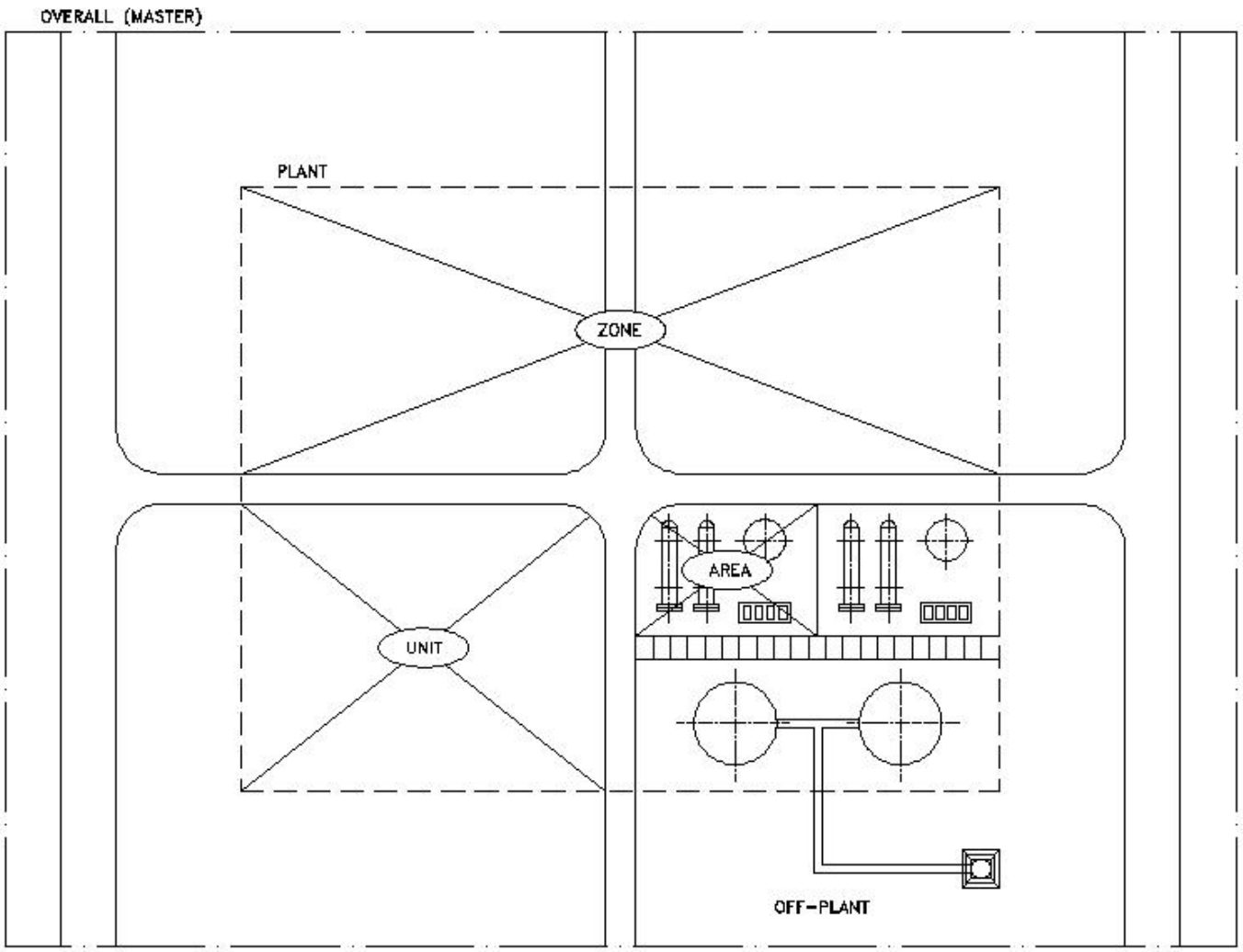
Area Plot Plan -۵-۲

هر یک از واحدهای فرآیندی (Unit) به چندین محوطه با ابعاد فیزیکی مشخص تقسیم بندی می گردد که به این محوطه ها Area گفته می شود. تعیین ابعاد هر Area بر اساس پارامترهای زیر صورت میپذیرد :

الف) امکان نمایش تمام محدوده فیزیکی یک Area و اجزاء داخل آن (مانند جاده ها ، ساختمان ها ، سازه ها ، تجهیزات و ...) در یک نقشه پلان مهندسی با ابعاد و مقیاس استاندارد (مثلا در سایز کاغذ A1 یا A0 با مقیاس 1:50 یا 1:33.3).

ب) مرزبندی هر محوطه (Area) میبایست بگونه ای باشد که از وسط ساختمان ها ، سازه ها و تجهیزات عبور نکند. به عبارت دیگر نمیبایست تقسیم بندی واحد به محوطه های مختلف به شکلی باشد که بخشی از یک تجهیز یا سازه در یک محوطه و بخش دیگر آن در محوطه مجاور قرار گیرد. (زیرا در غیر این صورت استفاده از نقشه های تهیه شده در واحد های مهندسی مانند Piping ، برق و ابزاردقیق برای عوامل اجرایی پروژه در محل سایت بسیار دشوار خواهد شد و برای پیگیری مسیر یک لوله یا کابل ناگزیر خواهند بود مدام از یک نقشه به نقشه دیگر مراجعه نمایند که طبیعتا این امر موجب افزایش ریسک بروز خطای انسانی در حین اجرای پروژه خواهد گشت.) به این ترتیب شکل هندسی محوطه ها لزوما چهار ضلعی نبوده و میتوان از اشکال چند ضلعی نیز استفاده نمود.

نقشه Area Plot Plan نمایش دهنده ابعاد و محل استقرار دقیق و مختصات نصب کلیه اجزاء موجود در یک محوطه (Area) با جزئیات کامل بوده و حتی اطلاعاتی همچون شماره ستون سازه ها یا شماره نازل تجهیزات نیز در آن نمایش داده می شود. این نقشه مبنای تهیه مدل سه بعدی (3d-Model) و همچنین نقشه های جانمایی خطوط لوله و ادوات و کابل کشی سیستم های برقی و ابزاردقیق می باشد.



شماتیک تقسیم بندی زمین یک کارخانه صنعتی به مناطق، واحدها و محوطه ها

٤- طرح اولیه فرآیند :

نقطه شروع هر پروژه صنعتی تعریف تئوری فرآیند مورد نیاز جهت تبدیل یک «خوراک» به «محصول» می باشد. این فرآیند (Process) با توجه به نیازهای مطرح شده از طرف کارفرما و بر اساس اطلاعات فنی خوراک و محصول ، توسط مشاور طراحی شده و خروجی اولیه آن در قالب مدارک PFD (Process Flow Diagram) که نشان دهنده مسیر کلی و توالی فرآیند می باشد ، ارائه می گردد.

۵- مطالعات امکانسنجی :

پس از آماده شدن طرح اولیه فرآیند در قالب مدارک PFD ، میبایست مطالعات امکانسنجی در خصوص عملیاتی بودن ، اقتصادی بودن و مکانیابی کارخانه توسط مشاور انجام شود. همچنین در این مرحله با توجه به طرح اولیه فرآیند ، بالانس جرم و حرارت از مرحله ورود خوراک تا مرحله خروج محصول ، نیروی انسانی مورد نیاز جهت راهبری فرآیند ، ابعاد اولیه تجهیزات مکانیکی و ابعاد اولیه جاده های دسترسی ، ساختمان ها و سازه های مورد نیاز کارخانه محاسبه شده و بر اساس آن مساحت زمین مورد نیاز جهت احداث کارخانه با تخمین قابل قبول و منظور نمودن فاکتورهای اطمینان لازم ، محاسبه میگردد.

در برآورد مساحت مورد نیاز زمین یک کارخانه صنعتی میبایست ملاحظات مربوط به طرح های توسعه آینده و همچنین تمهیدات مورد نیاز در زمان ساخت مانند مساحت لازم جهت احداث انبار ، دپوی تجهیزات ، توقفگاه ماشین آلات سنگین و احداث استراحتگاه های موقت جهت اسکان پرسنل در حین اجرای پروژه نیز منظور گردد.

٦- پارامترهای تاثیرگذار در مکانیابی یک کارخانه صنعتی :

مکانیابی یک کارخانه صنعتی میبایست زیر نظر کارفرمای پروژه و توسط یک تیم مشاور با تجربه و خبره متشکل از مهندسین فرآیند ، عمران ، معمار ، مکانیک ، لوله کشی و برق انجام شود. از جمله مهمترین پارامترهایی که در انتخاب محل احداث یک کارخانه صنعتی تاثیرگذار می باشد ، میتوان به موارد زیر اشاره نمود :

٦-١- اقلیم منطقه

شرایط اقلیمی و آب و هوای منطقه میبایست تا حد امکان با فرآیند تولید کارخانه و نوع خوراک و محصول آن تطابق داشته باشد. به عنوان مثال جهت احداث یک کارخانه تولید مصنوعات چوبی میبایست منطقه ای با رطوبت نسبی بالا انتخاب شود تا رطوبت موجود در هوا مانع از خشک شدن زود هنگام خوراک کارخانه و ترک خوردن الوارهای چوب گردد.

۶-۲- حفظ محیط زیست

در فرآیند تولید صنعتی لاجرم ضایعات و پسماندهایی در قالب زباله های صنعتی ، فاضلاب ، گازهای آلاینده ، آب های با دمای بالا و ... وجود خواهد داشت. لذا میبایست انتخاب محل کارخانه به گونه ای باشد که شرایط لازم جهت دفع و تصفیه سالم و مطمئن پسماندها بطور کامل فراهم شده و از آسیب رساندن به محیط زیست و اکوسیستم منطقه ممانعت گردد.

۶-۳- حفاظت در مقابل بلایای طبیعی

محل احداث کارخانه میبایست به گونه ای انتخاب شود که حتی المقدور در مسیر سیلاب های فصلی ، طوفان های موسمی ، گسل های زلزله خیز ، آتش فشان های فعال ، سونامی دریا و ... نباشد. به عنوان مثال احداث یک نیروگاه برق اتمی در مناطق زلزله خیز و در مجاورت سواحلی که قابلیت بروز سونامی را دارند همواره خطرناک می باشد که نمونه عینی آن را میتوان در همین فاجعه اخیر وقوع زلزله و سونامی و در نتیجه نشت مواد رادیواکتیو از نیروگاه «فوکوشیما» ژاپن در سال ۲۰۱۱ میلادی مشاهده نمود.

۶-۴- شرایط توپوگرافی منطقه

شرایط توپوگرافی منطقه انتخاب شده جهت احداث یک کارخانه صنعتی میبایست تا حد امکان مسطح و عاری از پستی و بلندی های عمیق یا مرتفع باشد ، زیرا در غیر این صورت هزینه اولیه تسطیح زمین کارخانه بطور چشمگیری افزایش خواهد یافت.

۶-۵- بارگیری و تخلیه خوراک و محصول

مکانیابی یک کارخانه صنعتی با توجه به نوع خوراک و محصول آن میبایست به گونه ای باشد که دسترسی سهل و آسان به خوراک و همچنین امکان حمل محصول تولیدی فراهم گردد. به عنوان مثال یک کارخانه تولید محصولات پتروشیمی که خوراک آن از مشتقات نفتی تامین شده و قرار است که محصولات آن به خارج از کشور صادر گردد ، میبایست اولا در محلی نزدیک به پالایشگاه نفت و گاز و یا خطوط انتقال نفت و گاز

واقع شده و ثانیا دسترسی آن به تاسیسات بندری و یا سایر پایانه های صادراتی با کمترین فاصله ممکن فراهم باشد.

۶-۶- امکان تامین نیازهای زیربنایی کارخانه

هر کارخانه صنعتی جهت فعالیت خود به یک سری امکانات اولیه و زیربنایی نیاز دارد که اهم آن عبارت است از : آب ، برق و سوخت. لذا محل احداث کارخانه میبایست به گونه ای انتخاب شود که امکان تامین سرویس های فوق از شبکه های ملی و کشوری و همچنین منابع طبیعی اطراف مانند رودخانه و دریا فراهم گردد.

بدیهیست در صورت فراهم نشدن چنین شرایطی ، میبایست هزینه ها و فضای لازم جهت تامین سرویس های زیربنایی فوق در برآورد هزینه های احداث و مساحت مورد نیاز کارخانه لحاظ گردد. به عنوان مثال چنانچه امکان تامین برق از شبکه سراسری فراهم نباشد ، میبایست یک نیروگاه تولید برق برای کارخانه پیش بینی شود.

۶-۷- امکان تامین نیازهای نیروی انسانی

نیروی انسانی شاغل در یک کارخانه صنعتی ، چه در زمان ساخت و چه در زمان بهره برداری ، نیازمند یک سری امکانات می باشند مانند : محل اسکان و استراحت ، تامین غذا ، رفت و آمد ، دسترسی به خدمات ورزشی و فرهنگی و تفریحی ، دسترسی به خدمات درمانی ، دسترسی به مراکز خرید ، دسترسی به خدمات ارتباطی مانند پست و مخابرات و اینترنت و ... .

لذا میبایست حتی المقدور مکانیابی سایت کارخانه به گونه ای باشد که با فاصله قابل قبولی از مراکز شهری اطراف بتوان نیازهای فوق را برای نیروی انسانی مستقر در محل کارخانه تامین نمود. در غیر این صورت میبایست هزینه ها و فضای لازم جهت تامین نیازهای فوق در برآورد بودجه احداث کارخانه و مساحت زمین مورد نیاز آن منظور گردد (مانند احداث کمپ های اسکان پرسنل ، مراکز ورزشی و تفریحی ، کلینیک ، مسجد و ...).

۶-۸- امکان دسترسی به جاده های کشوری

به دلایل متعددی همچون سهولت دسترسی ، حمل و نقل خوراک و محصول و نیروی انسانی ، انتقال تجهیزات سنگین ، تامین مواد خوراکی و ... ، امکان دسترسی کارخانه به جاده های کشوری یکی از ارکان مهم در مکانیابی محل احداث کارخانجات صنعتی می باشد.

معمولا میبایست محل انتخاب شده برای احداث کارخانه در ارتفاعی پایین تر از جاده های کشوری و به گونه ای واقع شود که بتوان با احداث جاده دسترسی محلی با شیب مناسب ، ورودی کارخانه را به جاده های کشوری مجاور آن متصل نمود. لذا جهت قرارگیری جاده های کشوری نسبت به زمین کارخانه فاکتور مهمی در انتخاب محل درب اصلی ورودی کارخانه می باشد که این امر به نوبه خود در جانمایی سایر تجهیزات و ساختمان های موجود در کارخانه تاثیرگذار خواهد بود.

۶-۹- جهت وزش باد غالب

جهت وزش باد غالب (Prevailing Wind) در منطقه انتخاب شده میبایست به گونه ای باشد که گازهای آلاینده تولید شده در فرآیند تولید کارخانه را از محل استقرار و اسکان افراد (اعم از پرسنل کارخانه یا جمعیت های انسانی متمرکز در اطراف و نزدیک کارخانه) دور نماید.

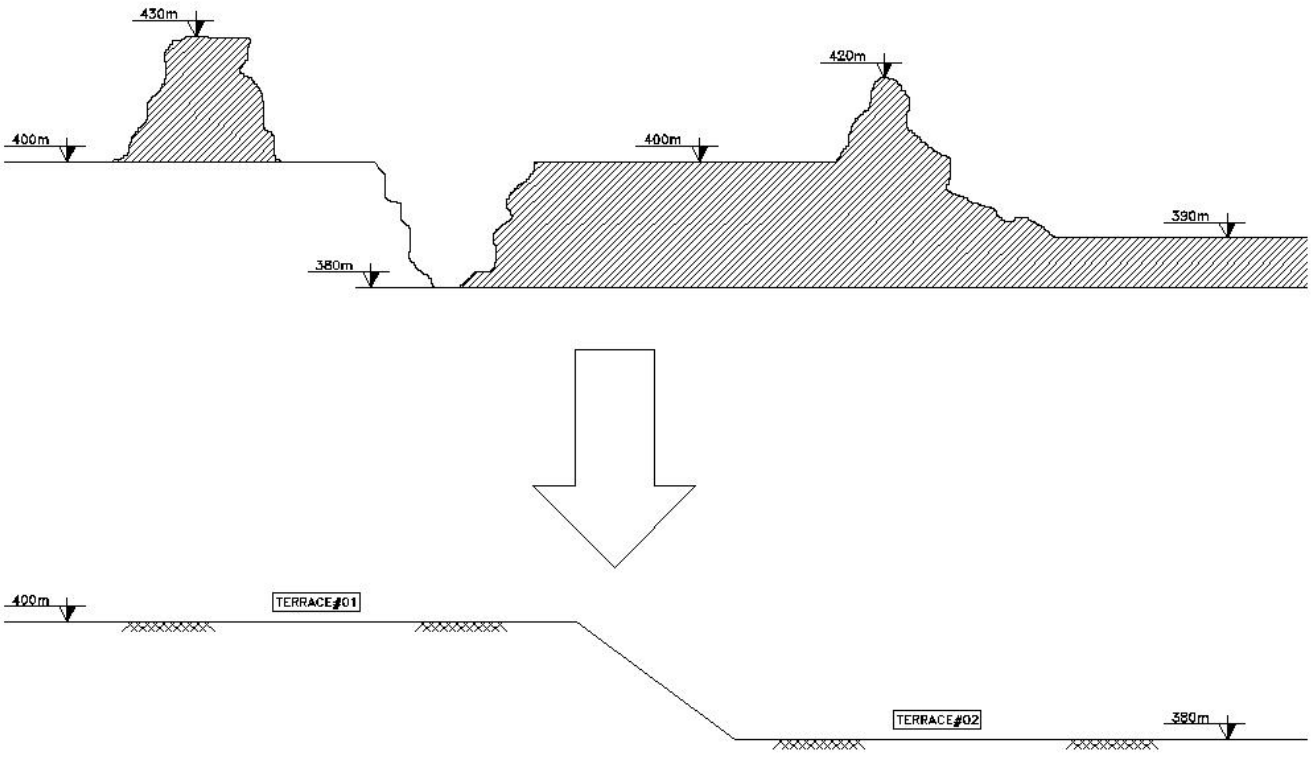
به عنوان مثال در اطراف شهر تهران که جهت وزش باد غالب آن عمدتا از سمت شمال غربی به سمت جنوب شرقی می باشد ، احداث کارخانه های صنعتی مولد دود و غبار و گازهای آلاینده در حومه غربی شهر کاملا اشتباه بوده و میبایست چنین صنایعی در حومه شرقی شهر متمرکز گردند تا باد غالب گازهای آلاینده ناشی از فعالیت آنها را از شهر دور نماید. لیکن متاسفانه به دلیل عدم نظارت فنی مناسب ، مشاهده میکنیم که اغلب چنین صنایعی در سمت غرب شهر تهران واقع گشته که خود از دلایل مهم آلودگی هوای این شهر می باشد.

۷- کدامیک از مدارک مهندسی در طراحی نقشه Plot Plan مورد استفاده قرار میگیرند؟

این یک سوال عمومی و پایه ایست که در شروع کار طراحی نقشه Plot Plan پیش روی طراحان قرار می گیرد. طراحی Plot Plan معمولا توسط مهندسین با تجربه در بخش مهندسی لوله کشی (Piping) انجام می شود ، اما تعدادی از مدارک تولید شده در سایر بخش های مهندسی پیش نیاز طراحی Plot Plan پروژه محسوب می گردد که اهم آن عبارت است از :

۷-۱- نقشه توپوگرافی زمین

این نقشه توسط بخش مهندسی سیویل ، سازه و معماری (CSA) تهیه شده و مبنای تصمیم گیری طراح Plot Plan در خصوص انتخاب ارتفاعات مناسب تسطیح زمین و تقسیم بندی زمین کارخانه به چندین ارتفاع مختلف (Terrace) می باشد.



شماتیک تصمیم گیری در خصوص میزان خاکبرداری و تعیین ارتفاع تراس های سایت

۲-۷- لیست ساختمان ها (Building List)

این لیست بیانگر تعداد ساختمان های پیش بینی شده در کارخانه و نوع کاربری ، مساحت ، تعداد طبقات و ابعاد کلی هر یک از آنها می باشد که توسط بخش مهندسی سیویل ، سازه و معماری (CSA) تهیه می گردد.

۳-۷- مدرک جریان فرآیندی PFD (Process Flow Diagram)

این مدرک توسط بخش مهندسی فرآیند (Process) تهیه شده و بیانگر فرآیند کلی حاکم بر خط تولید یک کارخانه صنعتی از مرحله ورود خوراک تا مرحله خروج محصول بوده و گردش کار فرآیند و نحوه ارتباط میان تجهیزات مکانیکی را نمایش می دهد. اطلاع از گردش کار منطقی و ارتباط میان تجهیزات مکانیکی ، رکن اساسی و گام اول در تعیین محل و ارتفاع نصب هر یک از تجهیزات محسوب می گردد.

۴-۷- مدرک مشخصات فرآیندی تجهیزات (Process Data Sheet)

این مدرک توسط بخش مهندسی فرآیند (Process) تهیه شده و در بر گیرنده مشخصات فرآیندی تجهیزات مکانیکی همچون دما و فشار طراحی و عملکردی و ابعاد اصلی هر تجهیز مانند قطر ، طول ، عرض ، ارتفاع و حجم می باشد. معمولا در مرحله شروع کار طراحی Plot Plan ، ابعاد تجهیزات مکانیکی بر اساس اطلاعات استخراج شده از این مدرک در نظر گرفته شده و در نقشه نمایش داده می شود.

۵-۷- مدرک تقسیم بندی مناطق خطر (Hazardous Area Classification)

این مدرک توسط بخش مهندسی ایمنی (Safety) تهیه شده و نشان دهنده میزان و وسعت محوطه های دارای خطر بالقوه در نواحی مختلف یک کارخانه صنعتی می باشد. با توجه با اینکه معمولا در فرآیندهای صنعتی از مواد شیمیایی و همچنین مواد دارای قابلیت احتراق یا انفجار یا تشعشع و ... استفاده می گردد ، بدیهیست که هرگونه نشت ، انفجار یا احتراق آنها می تواند برای پرسنل و نیروی انسانی خطر آفرین باشد. همچنین تعیین محدوده خطر برای تجهیزات مکانیکی ، در چیدمان آنها نسبت به یکدیگر و نسبت به ساختمان های اطراف نیز موثر می باشد. به عنوان مثال اگر تا شعاعی پیرامون یک تجهیز احتمال نشت گاز و انفجار وجود داشته باشد ،

هرگونه ساختمان و ادوات الکتریکی که در محدوده شعاع خطر نصب می گردد باید از نوع ضد انفجار (Explosion Proof) انتخاب گردد که با توجه به گران قیمت بودن چنین تمهیداتی ، بدیهیست که قیمت تمام شده پروژه نیز افزایش خواهد یافت. لذا طراح Plot Plan میبایست با لحاظ نمودن کلیه شرایط و عدم تخطی از نیازهای فنی پروژه ، محل ساختمان هایی همچون پست برق ، اتاق کنترل و ... را به گونه ای تعیین کند که حتی المقدور خارج از محدوده های خطر واقع گردد.

و یا به عنوان یک مثال دیگر میتوان به محوطه اطراف دودکش های Flare اشاره نمود که به واسطه تشعشع ناشی از شعله آتش ، منطقه ای خطرناک محسوب می گردد. شعاع این منطقه خطر بستگی به میزان حرارت تولید شده در شعله و ارتفاع دودکش از سطح زمین دارد. هرچقدر این ارتفاع کمتر باشد ، شعاع منطقه خطر افزایش خواهد یافت. لذا تعیین محل نصب دودکش Flare در جانمایی سایر تجهیزات و ساختمان های یک کارخانه صنعتی مانند پالایشگاه نفت یا پتروشیمی ، تاثیر به سزایی خواهد داشت (چون عملا محوطه اطراف محل نصب دودکش Flare تا شعاعی مشخص قابل استفاده نخواهد بود).

بنابراین با توجه به مثال های فوق میتوان به اهمیت این مدرک پی برد و دریافت که آگاهی طراح Plot Plan نسبت به محدوده های خطر ، یکی از عوامل تاثیرگذار و مهم در تعیین چیدمان یک کارخانه صنعتی به شمار می رود.

۶-۷- مدرک مشخصات اقلیمی منطقه (Site Condition)

همانگونه که پیشتر اشاره شد یکی از پارامترهای بسیار مهم در تعیین محل استقرار تجهیزات و ساختمان های یک کارخانه صنعتی جهت وزش باد غالب در منطقه وقوع کارخانه می باشد. نحوه چیدمان میبایست به گونه ای باشد که همواره باد غالب ، دود و گازهای خروجی از دودکش تجهیزات (مانند Flare ، Heater ، Boiler و ...) را از محل استقرار پرسنل ، ساختمان ها و هرگونه منطقه مسکونی واقع در مجاورت کارخانه دور نماید. همچنین اطلاعاتی مانند میزان بارش باران ، ضریب زلزله ، مشخصات عمومی خاک منطقه و ... با توجه به تاثیرگذاری آنها در طراحی ابعاد ساختمان ها و مسیرهای آبرو به طور غیر مستقیم در چیدمان نقشه Plot Plan تاثیر خواهد داشت.

چنین اطلاعاتی از مدرک مشخصات اقلیمی منطقه (Site Condition) استخراج میگردد. این مدرک معمولا توسط بخش مهندسی سیویل ، سازه و معماری (CSA) تهیه شده و در اختیار تیم پروژه قرار می گیرد.

۷-۷- مدرک مبانی طراحی (Design Basis)

این مدرک بیانگر اصول ، مبانی ، کدها ، استانداردها و محدودیت هایی می باشد که طراحان پروژه در بخش های مختلف مهندسی و از جمله طراح Plot Plan ، الزاما مکلف به رعایت آنها می باشند. به عنوان مثال اگر در مدرک مبانی طراحی یک پروژه ، رعایت موارد مندرج در استانداردهای شرکت ملی نفت ایران (IPS) به عنوان یک الزام گنجانده شده باشد ، طراح Plot Plan موظف است از کلیه الزامات و محدودیت های این استاندارد در چیدمان تجهیزات و ساختمان ها تبعیت نماید (مانند رعایت حداقل فواصل مجاز تجهیزات نسبت به یکدیگر و نسبت به ساختمان ها و ...). این مدرک معمولا توسط بخش مهندسی فرآیند تهیه شده و در اختیار تیم پروژه قرار می گیرد.

۷-۸- سایر مدارک

در بندهای قبلی به اهم مدارکی که پیش نیاز طراحی Plot Plan می باشند اشاره گردید و این بدان معناست که با در دست بودن مدارک فوق میتوان کار طراحی نقشه Plot Plan یک کارخانه صنعتی را آغاز نمود. اما ، بدیهیست که مدرک Plot Plan نیز مانند سایر مدارک مهندسی با پیشرفت پروژه به تدریج کامل تر شده و ویرایش های جدیدتری از آن ارائه می گردد تا در نهایت به ویرایش نهایی جهت ساخت (AFC) منجر گردد. در این بین تولید و ارائه بخشی از مدارک مهندسی نقش پر رنگ تری در تغییر و تکمیل نقشه Plot Plan دارند که از جمله مهمترین آنها میتوان به مدارک ذیل اشاره نمود :

الف) نقشه های معماری ساختمان ها

ب) نقشه های سازه های فلزی و بتنی و فونداسیون ها

ج) نقشه های محوطه سازی (Site Grading Plans)

د) نقشه های P&ID

ه) نقشه های چیدمان لوله کشی (Piping Arrangement Drawings)

و) نقشه های مشخصات فنی تجهیزات مکانیکی (Mechanical Data Sheets)

۸- طراحی Plot Plan توسط چه کسی و به چه ترتیبی انجام می شود؟

همانطور که در بندهای قبلی این مقاله اشاره شد ، متولی اصلی طراحی و تهیه نقشه Plot Plan بخش مهندسی لوله کشی (Piping) می باشد. طراحی این نقشه بسیار حساس و حیاتی پروژه که تمام دیسیپلین های مهندسی به گونه ای با آن در ارتباط بوده و از اطلاعات آن چه در طول مدت زمان طراحی و اجرای پروژه و چه در زمان راهبری استفاده می کنند ، میبایست توسط مهندسین ارشد لوله کشی (Piping) با سابقه کار بیش از ۱۵ سال که تجربه فعالیت طراحی در حداقل ۵ پروژه بزرگ صنعتی را در کارنامه خود داشته باشند ، انجام پذیرد.

اگر بخواهیم مراحل طراحی یک نقشه Plot Plan را به اجمال تفکیک و معرفی کنیم ، میتوان به موارد ذیل اشاره نمود :

۸-۱- مطالعات امکانسنجی

۸-۲- تعیین محل استقرار زمین کارخانه

۸-۳- تعیین ابعاد کلی زمین کارخانه

۸-۴- تفکیک زمین کارخانه به مناطق صنعتی و غیر صنعتی

۸-۵- تفکیک زمین کارخانه به ارتفاعات مختلف (Terraces)

۸-۶- تعیین مبنای سنجش مختصات محلی (E,N,El.) X,Y,Z

۸-۷- تعیین درب های ورودی کارخانه

۸-۸- تعیین مسیر جاده های دسترسی اصلی و فرعی

۸-۹- تعیین مسیر Pipe Rack و Sleeper Way اصلی و فرعی

۸-۱۰- تعیین ارتفاع و تعداد طبقات Pipe Rack و Sleeper Way اصلی و فرعی

۸-۱۱- طراحی چیدمان ساختمان ها

۸-۱۲- تعیین ارتفاع نصب تجهیزات مکانیکی بر اساس نیازهای مدرک P&ID

۸-۱۳- طراحی چیدمان تجهیزات مکانیکی بر اساس گردش کار تعیین شده در مدارک PFD و همچنین P&ID

۸-۱۴- تعیین مسیر حرکت لوله های اصلی و سایز بالا

۸-۱۵- تعیین مسیرهای دسترسی به تجهیزات و شیرآلات

۸-۱۶- تعیین مسیرهای فرار ، آتش نشانی و تجمع پرسنل در مواقع اضطراری

۸-۱۷- تعیین مسیرهای موقت حمل تجهیزات سنگین توسط بوژی در حین اجرای پروژه

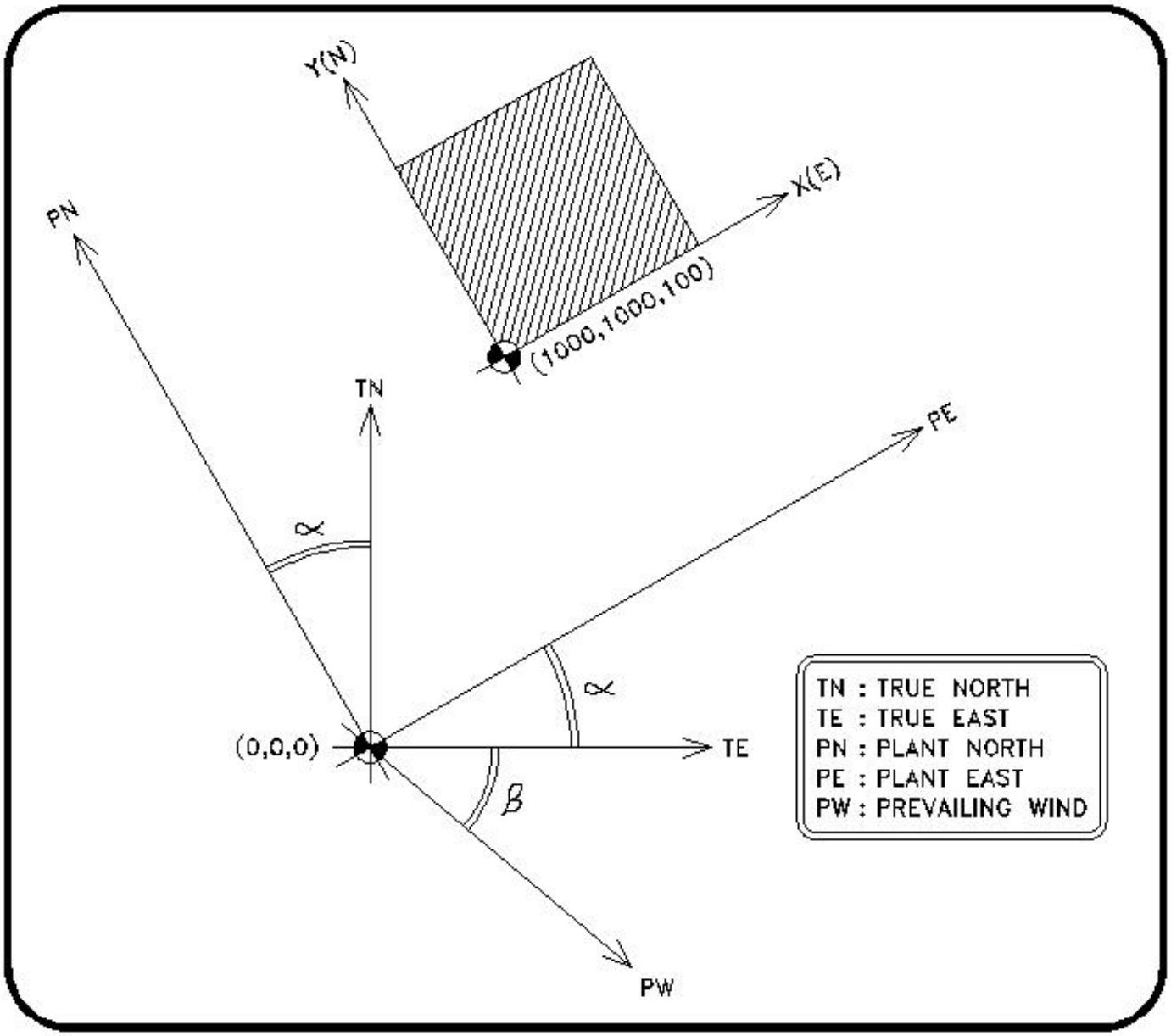
۸-۱۸- تعیین محل استقرار جرثقیل ها در زمان نصب تجهیزات سنگین پروژه

۸-۱۹- تعیین سناریو نصب تجهیزات (Equipment Installation Sequence)

۸-۲۰- اعمال اصلاحات و تغییرات دریافت شده از سایر دیسیپلین های مهندسی

۸-۲۱- اعمال اصلاحات و تغییرات دریافت شده از پیمانکاران اجرایی

۸-۲۲- تهیه نقشه عین ساخت (As Built) مدرک Plot Plan



شماتیک اصلاح مختصات (X,Y,Z) و تعریف مختصات محلی برای یک سایت صنعتی به گونه ای که در نقشه های مهندسی پروژه «مختصات منفی» نداشته باشیم

۹- مبانی استاندارد طراحی نقشه Plot Plan چیست؟

اشاره به یک مرجع یا استاندارد جامع در خصوص طراحی نقشه Plot Plan ممکن نیست زیرا طراحی این نقشه در هر پروژه متفاوت بوده و بر اساس نیازهای تعریف شده توسط کارفرمای پروژه ، دستورالعمل ها و استانداردهای مهندس مشاور و کدها و استانداردهای محلی و بین المللی مورد قبول کارفرمای پروژه متغیر می باشد.

لیکن اینجانب بنا به تجربه شخصی خود در این زمینه ، مراجعه و استفاده از منابع و مراجع ذیل را جهت طراحی صحیح و بهینه نقشه Plot Plan پروژه هایی که در مرزهای جغرافیایی کشور ایران تعریف می گردد ، به طراحان توصیه میکنم :

۹-۱- استاندارد شرکت ملی نفت ایران به شماره : IPS-E-PR-190 ، با عنوان : Engineering Standard For Layout And Spacing

۹-۲- استاندارد شرکت ملی نفت ایران به شماره : IPS-E-PI-240 ، با عنوان : Engineering Standard For Plant Piping System

۹-۳- استاندارد شرکت ملی نفت ایران به شماره : IPS-G-PM-120 ، با عنوان : General Standard For Accessibility & Safety

۹-۴- استاندارد شرکت ملی نفت ایران به شماره : IPS-C-SF-550 ، با عنوان : Application Standard For Safety Boundary Limits

۹-۵- کتاب : Process Plant Layout And Piping Design نوشته : R.W.Hunt

۱۰- نقشه Key Plan چیست و چه کاربردهایی دارد؟

همانطور که در بند ۳ این مقاله اشاره شد ، جهت امکانپذیر نمودن نمایش تجهیزات ، ساختمان ها ، جاده ها و سیستم های لوله کشی یک کارخانه صنعتی در قالب نقشه های مهندسی با ابعاد و مقیاس استاندارد ، محوطه کارخانه را به مناطق

کوچکی تحت عنوان Area تقسیم بندی می کنیم. نقشه Key Plan در واقع یک کلید است جهت اطلاع رسانی به طراحان پروژه در خصوص موارد ذیل :

۱۰-۱- ابعاد دقیق هر Area

۱۰-۲- نحوه قرار گرفتن هر Area نسبت به Zone بالادست خود

۱۰-۳- نحوه قرار گرفتن هر Area نسبت به Area های مجاور

۱۰-۴- نحوه شماره گذاری Area ها

۱۰-۵- مشخص نمودن مختصات دقیق X(E) و Y(N) چهارگوشه هر Area

از آنجا که در طراحی پروژه های بزرگ صنعتی تعداد زیادی مهندس طراح مشغول به کار بوده و معمولا هر یک از آنها مسئولیت طراحی یک یا چند Area را بر عهده دارند ، لذا تهیه نقشه Key Plan در ابتدای پروژه امری ضروریست ، چراکه هر یک از طراحان با استناد به این نقشه محدوده کاری خود را شناسایی می کنند. به خصوص در مورد آیتم هایی همچون خطوط لوله و کابل های برق که در سراسر محوطه کارخانه حرکت کرده و از یک Area به Area دیگر وارد یا خارج می شوند ، نقشه Key Plan به مهندسین طراح کمک می کند تا مختصات دقیق خطوط مرزی و محل تحویل لوله یا کابل به طراح Area مجاور خود را تعیین نموده و بر اساس آن ، مدرک «لیست نقاط تحویل» (Tie-in Point List) را برای Area مربوطه تکمیل نمایند.

همچنین نقشه Key Plan به واحد مدل سازی سه بعدی کمک می کند تا تنظیمات اداری (Admin.) نرم افزارهای خود مانند PDMS یا Autoplant را بر اساس مختصات دقیق چهار گوشه هر Area انجام داده و کار مدل سازی سه بعدی را بین اپراتورهای مربوطه تقسیم نمایند. در پایان این مدل های مجزا در قالب یک Data Base واحد گردآوری و یکپارچه سازی می شود تا مدل سه بعدی کامل پروژه مشتمل بر کلیه ساختمان ها ، جاده ها ، سازه ها ، فونداسیون ها ، ترنچ ها ، تجهیزات ، لوله کشی ، سینی های کابل و ... تهیه و تکمیل گردد.

ضمنا نقشه Key Plan به صورت کوچک شده در کنار تایتل کلیه نقشه های پلان مهندسی قرار گرفته و مهندس طراح محدوده نقشه مورد نظر را با هاشور در داخل آن

مشخص می نماید. به این ترتیب هر زمان شخصی به نقشه های پلان مهندسی پروژه مراجعه نماید ، با نگاه کردن به محدوده هاشور خورده در نقشه کوچک Key Plan کنار تایتل ، دقیقا متوجه می شود که نقشه پلان مورد نظر ، کدام ناحیه از محوطه کارخانه را پوشش می دهد. این امر در زمان اجرا و بهره برداری پروژه برای نیروهای مجری و بهره بردار بسیار حائز اهمیت بوده و آنان را قادر می سازد تا نقشه های پلان مربوط به Area های مختلف کارخانه را مانند قطعات پازل در کنار یکدیگر چیده و ارتباط میان آنها را درک نمایند.

۱۱- نقشه Key Plan بر اساس کدام پارامترهای اصلی تهیه می شود؟

تقسیم بندی سایت یک کارخانه صنعتی به Area های مختلف و تهیه نقشه Key Plan بر اساس چهار پارامتر اصلی زیر انجام می شود :

۱۱-۱- ابعاد کلی زمین کارخانه

۱۱-۲- ابعاد تعیین شده توسط کارفرمای پروژه برای سایز کاغذ استاندارد مورد استفاده در تهیه نقشه های پلان مهندسی (مانند A0 ، A1 ، ...)

۱۱-۳- مقیاس تعیین شده توسط کارفرمای پروژه برای نمایش اقلام و تجهیزات در نقشه های پلان مهندسی (مانند 1:50 ، 1:33.3 ، ...)

۱۱-۴- عدم تقسیم نقشه پلان یک تجهیز مکانیکی واحد بین دو یا چند Area مختلف

۱۲- نقشه Key Plan چگونه تهیه می شود؟

جهت تهیه نقشه Key Plan یک پروژه صنعتی ، میبایست به صورت زیر عمل نماییم :

۱۲-۱- ابتدا میبایست سایز استاندارد کاغذ و مقیاس مورد تایید کارفرمای پروژه را استعلام نموده و موارد را در قالب نامه یا صورتجلسه مکتوب و رسمی دریافت کنیم. ممکن است در برخی پروژه ها بنا به توافق کارفرما و مهندس مشاور از چندین سایز

استاندارد کاغذ و مقیاس برای نمایش تاسیسات و تجهیزات در قسمت های مختلف پروژه استفاده گردد که این امر موجب تولید نقشه های Key Plan مجزا برای آن قسمت ها می گردد. به عنوان مثال با توجه به فشردگی کمتر لوله ها در سیستم زیرزمینی (U/G) نسبت به سیستم روزمینی (A/G) و همچنین بزرگ بودن سایز لوله ها در سیستم زیرزمینی (U/G) ، نیاز به بزرگنمایی بیش از حد نقشه های پلان و نمایش آنها با مقیاس هایی مانند 1:50 یا 1:33.3 (یعنی دو برابر یا سه برابر نسبت به نقشه های استاندارد 1:100) وجود ندارد و میتوان جزئیات سیستم لوله کشی را با بزرگنمایی کمتری (مثلا با مقیاس استاندارد 1:100) نمایش داد که این خود موجب کاهش تعداد نقشه های پلان لوله کشی و کابل کشی زیرزمینی (U/G) و درنتیجه سهولت استفاده از آنها در زمان اجرا و بهره برداری از کارخانه می گردد. بنابراین در چنین شرایطی با توجه به استفاده از مقیاس های متفاوت ، میبایست دو نقشه مجزای Key Plan برای پروژه مورد نظر تهیه گردد که یکی مربوط به سیستم روزمینی (A/G) و دیگری مربوط به سیستم زیرزمینی (U/G) خواهد بود.

۱۲-۲- یک نقشه جدید در فضای نرم افزار Autocad گشوده و با استفاده از دستور «Xref» نقشه Plot Plan پروژه را فراخوان نموده و در آن قرار میدهیم. البته میتوان این کار را با دستوراتی همچون «Insert» و یا «Copy & Paste» نیز انجام داد ، لیکن مزیت استفاده از دستور «Xref» در این است که همواره لینک میان نقشه Key Plan و نقشه Plot Plan پروژه را برقرار نموده و این امکان را فراهم می آورد که تغییرات به وجود امده در نقشه Plot Plan (که در طول مدت زمان طراحی پروژه حتمی و اجتناب ناپذیر می باشد) بطور اتوماتیک در نقشه Key Plan پروژه نیز اعمال شده و این نقشه همواره بروز رسانی گردد.

۱۲-۳- رنگ کلیه لایه هایی را که با دستور «Xref» فراخوان شده به رنگی که مطابق دستورالعمل نقشه کشی پروژه با ضخامت قلم نازک چاپ می شود تغییر می دهیم (مثلا به رنگ ۱ یا قرمز که با ضخامت قلم ۰/۱ میلیمتر چاپ می شود).

۱۲-۴- تایتل پروژه را فراخوان نموده و در اطراف نقشه فوق قرار می دهیم. سپس اطلاعات مورد نیاز را در داخل تایتل درج می کنیم (مانند عنوان نقشه ، شماره ویرایش ، تاریخ تهیه ، نام طراح ، نام بازبین ، مقیاس و ...).

۱۲-۵- با توجه به سایز استاندارد کاغذ و مقیاس مورد تایید کارفرما ، حداکثر ابعاد مجاز هر Area را تعیین می کنیم. به عنوان مثال اگر در یک پروژه سایز استاندارد کاغذ تعریف شده برای نمایش نقشه های پلان مهندسی ، سایز A0 و مقیاس مورد نظر 1:50 باشد خواهیم داشت :

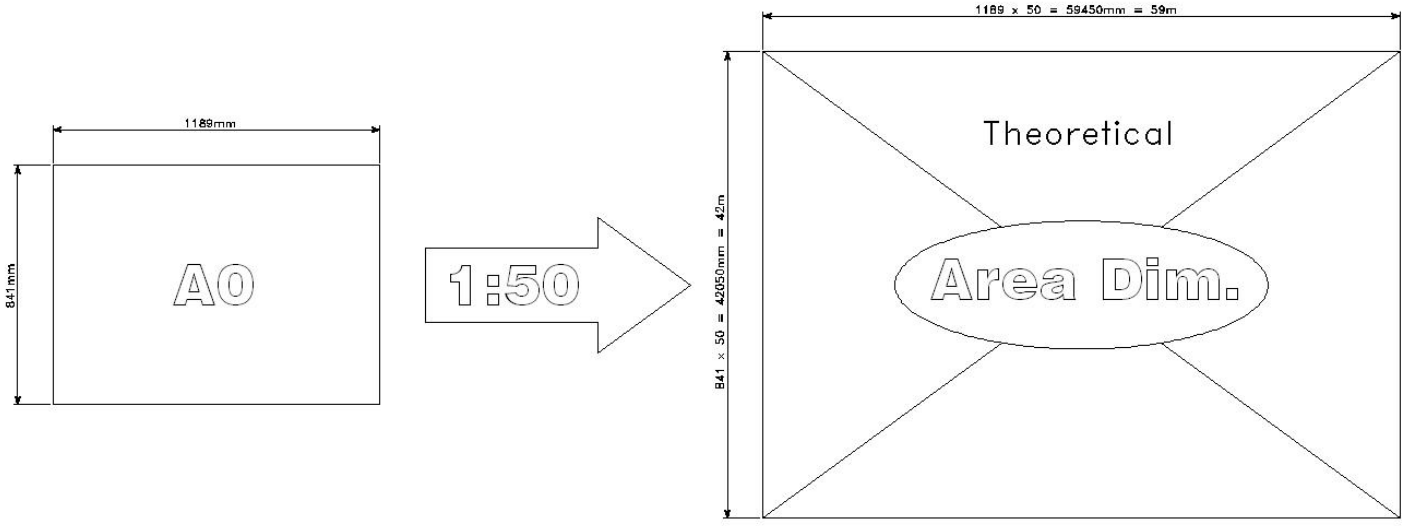
عرض کاغذ A0=۸۴۱ میلیمتر

عرض قابل نمایش هر Area با مقیاس 1:50=۸۴۱ × ۵۰=۴۲۰۵۰ میلیمتر=**۴۲ متر**

طول کاغذ A0=۱۱۸۹ میلیمتر

طول قابل نمایش هر Area با مقیاس 1:50=۱۱۸۹ × ۵۰=۵۹۴۵۰ میلیمتر=**۵۹ متر**

یعنی از لحاظ تئوری می توان پلان محوطه ای از کارخانه به ابعاد ۴۲ متر در ۵۹ متر را با مقیاس 1:50 در سایز کاغذ A0 نمایش داد.



شماتیک محاسبه تئوری مساحت یک Area بر اساس سایز کاغذ A0 و مقیاس 1:50

لیکن باید به این نکته توجه نمود که از تمام سطح کاغذ A0 نمیتوان برای نمایش نقشه پلان مهندسی استفاده کرد ، چرا که بخشی از سطح کاغذ به درج مشخصات نقشه (تایتل) ، نمایش جهت شمال ، درج نوشته ها و توضیحات مورد نیاز اطراف

نقشه و امثال آن اختصاص می یابد. معمولا ۴۰۰ میلیمتر از طول کاغذ و ۲۰۰ میلیمتر از عرض کاغذ به این موارد اختصاص یافته و عملا مساحت ۷۸۹×۶۴۱ میلیمتر مربع از کل کاغذ A0 جهت نمایش نقشه پلان مهندسی باقی می ماند. به این ترتیب ، مساحت واقعی یک Area به صورت ذیل محاسبه میگردد :

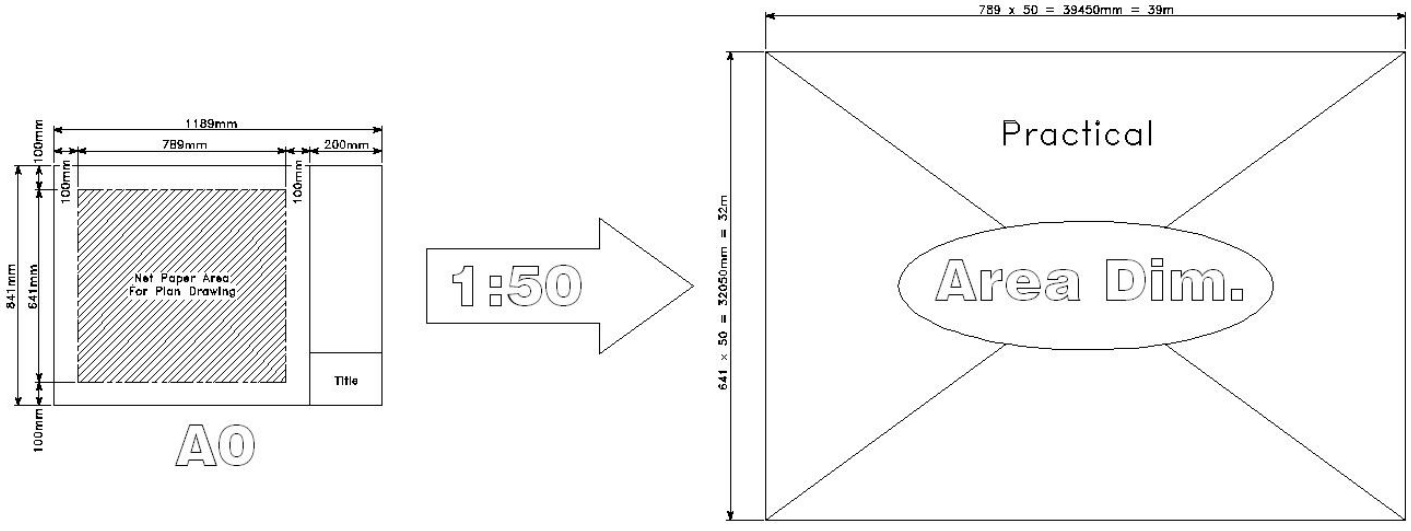
عرض باقیمانده از کاغذ A0=۶۴۱ میلیمتر

عرض قابل نمایش هر Area با مقیاس 1:50=۶۴۱ × ۵۰=۳۲۰۵۰ میلیمتر=**۳۲ متر**

طول باقیمانده از کاغذ A0=۷۸۹ میلیمتر

طول قابل نمایش هر Area با مقیاس 1:50=۷۸۹ × ۵۰=۳۹۴۵۰ میلیمتر=**۳۹ متر**

یعنی از لحاظ عملی می توان پلان محوطه ای از کارخانه به ابعاد ۳۲ متر در ۳۹ متر را با مقیاس 1:50 در سایز کاغذ A0 نمایش داد.



شماتیک محاسبه عملی مساحت یک Area بر اساس سایز کاغذ A0 و مقیاس 1:50

۶-۱۲- با توجه به حداکثر ابعاد محاسبه شده برای هر Area ، نقشه مورد اشاره در بند «۲-۱۲» را به Area های مختلف تقسیم بندی نموده و به هر Area یک شماره اختصاص می دهیم. بهتر است که شماره های اختصاص یافته به گونه ای در تعامل

منطقی با شماره Unit و Zone بالادستی باشند که Area در آن واقع گردیده (مثلا اگر Area در Zone#03 و Unit#300 قرار گرفته است ، میتوان شماره ها را به صورت Area#301 ، Area#302 و ... در نظر گرفت).

به این ترتیب نقشه Key Plan شکل گرفته و ایجاد میگردد. خطوط نمایش دهنده اضلاع هر Area را معمولا با رنگی نمایش میدهیم که طبق دستورالعمل های نقشه کشی پروژه با ضخامت قلم بالاتر چاپ میگردد (مثلا رنگ ۵ یا آبی تیره که با ضخامت قلم ۰/۵ میلیمتر چاپ می شود). همچنین میبایست تمام گوشه های هر Area به طور دقیق و با مختصات X(E) و Y(N) مشخص گردد.

برخی مواقع در تهیه یک نقشه Key Plan از دو مقیاس متفاوت استفاده می شود. به عنوان مثال برای محاسبه حداکثر ابعاد Area های فرآیندی که پیچیدگی بیشتری دارند از مقیاس 1:33.3 و برای محاسبه حداکثر ابعاد Area های مربوط به Pipe Rack که خلوت تر می باشند از مقیاس 1:50 استفاده می شود. به این ترتیب ابعاد حاصل برای Area های مربوط به Pipe Rack بزرگتر شده و میتوان مساحت و طول بیشتری از Pipe Rack را در آنها نمایش داد که این امر موجب کاهش تعداد غیر ضروری نقشه های پلان مهندسی می گردد. ضمنا همانطور که قبلا ذکر شده معمولا برای دو سیستم روزمینی (A/G) و زیرزمینی (U/G) دو Key Plan مجزا در پروژه تهیه می گردد.

باید توجه داشت که ابعاد محاسبه شده برای هر Area حداکثر ابعاد قابل نمایش در نقشه های پلان مهندسی می باشد و این لزوما بدین معنا نیست که طراح ملزم به استفاده از تمام این مساحت می باشد ، بلکه بنا به مقتضیات تقسیم بندی زمین کارخانه و با توجه به این نکته مهم که نمیبایست یک تجهیز واحد در دو یا چند Area مختلف واقع گردد ، ممکن است ابعاد برخی از Area ها کوچک تر از حداکثرهای محاسبه شده منظور گشته و حتی در مواقعی بر حسب نیاز میتوان محوطه یک Area را به جای چهارضلعی به صورت چند ضلعی نا متقارن در نظر گرفت.

فرشاد سرایی / شهریور ماه ۱۳۹۰

www.petropalamehvar.com