محاسبه ردپای آب در صنعت ساخت، مقایسه سازه‌های بتنی و فولادی

مهتاب کوهی رستمکلایی

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

m.kouhir@stu.nit.ac.ir

عزیز عابسی

استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

OAbessi@nit.ac.ir

Archive of SID

چکیده

امروزه با افزایش جمعیت و مصرف بالای منابع، میزان تولید گازهای گلخانه‌ای به شدت افزایش پیدا کرده است که این موضوع گرمایش زمین در ابعاد جهانی را سبب شده است. وقوع گرمایش جهانی و مصرف نادرست منابع آب آینده‌ی زمین از منظر دسترسی کافی به منابع آب شیرین را به خطر انداخته است. بیشتر مردم مهم‌ترین عامل آلودگی محیط‌زیست را دود ناشی از فعالیت خودروها و کارخانه ها می‌دانند، درحالی‌که ساختمان سازی و فعالیتهای وابسته را شاید به جرات بتوان جزء پرمصرفترین و آلاینده ترین فعالیتهای انسانی برای محیط زیست به شمار آورد. در فرایند ساخت و ساز ساختمان و تولید مصالح، مقدار قابل توجهی کربن تولید و آب مصرف می‌شود که به هیچ وجه اهمیت آن را نمی‌توان نادیده گرفت. در این تحقیق تلاش گردیده است تا با بررسی و اندازه‌گیری آب مصرفی در هر بخش از سازه ساختمان، میزان آب مجازی به ازای هر متر مربع از یک ساختمان محاسبه و با هم مقایسه گردد. برای این منظور میزان ردپای آب احداث یک ساختمان دو طبقه با اسکلت بتنی و اسکلت فولادی به مساحت حدود ۵۰۰ متر مربع مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این تحقیق با انجام مطالعات متره و برآورد در نهایت میزان مصالح مصرفی و ما به ازای آن برای آب مصرفی برای ساخت این ساختمان در محدوده استان مازندران محاسبه گردیده است. در این مطالعه سهم هر بخش (اسکلت، دیوارچینی، نازک کاری) مشخص گردیده و با جمع کل آب مصرفی و تقسیم آن بر سطح قابل بهره‌برداری ساختمان، در نهایت میزان ردپای آب ساختمان به ازای واحد سطح محاسبه گردیده است.

واژه‌های کلیدی: توسعه پایدار، ردپای آب، ساخت و ساز سبز، مصالح ساختمانی، سازه‌های بتنی و فولادی

www.SID.ir

۱- مقدمه

زمین تنها منزلگاه بشر است. این یک حقیقت است که بشر به طور کامل برای تولید منابع طبیعی مورد نیازش مانند هوای تازه، غذا، سوخت و آب و همچنین مواد اولیه ساخت مسکن نیازمند به این سیاره است. این سیاره‌ی خاکی تنها جایی است که می‌توان مواد زائد را در آن ساماندهی کرد، چراکه زمین توانایی محدودی برای پذیرش و جذب زباله های و پسماندها دارد. انسان‌ها برای مدت مدیدی با تضمین در دسترس بودن منابع به استفاده از آن مشغول بوده، اما امروزه به طور فزاینده-ای تقاضای انسان‌ها از عرضه طبیعت پیشی گرفته است. لذا در حدود سال ۱۹۷۰ مفهومی با نام توسعه پایدار در ادبیات فنی مسائل محیط زیست مطرح شد. توسعه‌ی پایدار توسعه‌ای است که ضمن برآورده کردن نیازهای کنونی، از منابع نسل آینده نیز محافظت کند. برای حصول به توسعه پایدار دو مفهومجای پای اکولوژیکی و ظرفیت زیستی مطرح می‌شود. جای‌پای اکولوژیکی یک شاخص عملیاتی است که مقدار زمین طبیعی مورد نیاز یک فرد یا یک جامعه که قابل استفاده برای تولید است را اندازه‌گیری می‌کند و ظرفیت زیستی مقدار موجود زمین‌های طبیعی در دسترس را می‌سنجد. مابین مقدار ظرفیت زیستی و جای‌پای اکولوژیکی باید تناسب باشد تا توسعه‌ی پایدار عملی شود بدین صورت که اگرجای‌پای اکولوژیکی بیشتر از ظرفیت زیستی باشد توسعه‌ی ناپایدار است. تاثیرگذاری ساختمان‌سازی به عنوان یک اقدام مخرب بر محیط زیست را می توان با سنجش ردپاهای اکولوژیکی آن نشان داد. نخستین بار ماتیس واکرناگل و ویلیام ریز در دانشگاه بریتیش کلمبیا، در سال ۱۹۹۵اصطلاح Ecological Footprintرا در کتاب "ردپای اکولوژیکی ما: کاهش تأثیر انسان بر زمین" معرفینموده اند. از منظر این دو اندیشمند، هر واحد انسانی (اعم از فرد، شهر و یا کشور) تأثیری بر زمین می گذارد، زیرا تولیدات و خدمات طبیعت را مورد استفاده قرار می‌دهند. تأثیر اکولوژیکی آنها برابر با مقدار طبیعتی است که آنها برای تداوم زندگی اشغال کرده‌اند.(wackernagel and Rees.۱۹۹٦) جای‌پای اکولوژیکی یک ابزار برای ارزیابی میزان ارتباط انسان با طبیعت است. به عبارتی جای‌پای اکولوژیکی یک شاخص است که کیفیت نیازهای گروهی از انسان‌ها که با مقدار مشخصی از زمین و آب در حال زندگی و دفع مواد زائد هستند را نشان می‌دهد وکاهش و افزایش آن به تغییر رفتار افراد یک جامعه بستگی دارد. از مهم‌ترین مواردی که امروزه ردپای آن بر طبیعت ردیابی می‌شود آب و کربن است. ردپای آب شاخصی است که برای اولین بار در سال ۲۰۰۲ توسط هاکسترا ارائه گردید. این شاخص برای نشان دادن حجمی از آب است که به طور مستقیم یا غیرمستقیم برای تولید کالا یا ارائه هرگونه خدمات به مصرف می‌رسد. این عدد شامل مجموع آب مصرف شده در طی فرآیندهای زنجیره تولید یک محصول خواهد بود.همچنین مقدار این شاخص در مقیاس فردی و یا اجتماعی برابر کل مقدار آبی است که آن فرد به طور مستقیم یا غیرمستقیم و از طریق مصارف گوناگون مصرف می‌کند. ردپای آب برای یک

Archive of SID

www.SID.ir

فعالیت تجاری یا اقتصادی نیز شامل آبی است که به طور مستقیم یا غیرمستقیم در فرآیند تولید آن مورد استفاده قرار می‌گیرد (اژدری ۲۰۱۱). امروزه بیشتر مردم مهم‌ترین عامل آلودگی محیط‌زیست را دود ناشی از فعالیت خودروها می‌دانند و همچنین مهم‌ترین عامل کمبود آب را مصارف آبیاری کشاورزی یا مصرف بی‌رویه خانگی می‌دانند، درحالی‌که ساختمان سازی و صنایع وابسته به آن را نیز باید جزء صنایع پرمصرف و آلوده کننده محیط زیست دانست. درواقع آلودگی‌های ناشی از سرمایش و گرمایش ساختمان‌ها از آنچه اتومبیل ها مسبب ایجاد آن هستند نیزفراتر رفته چراکه تهیه مصالح ساختمانی انرژی و مصرف آب بسیاری را به خود اختصاص داده که در نهایت منابع تجدیدناپذیر طبیعت را بسیار مصرف می کند. تولید آلاینده های خطرناک زیست محیطی و همینطور مصرف آب بیش از اندازه در صنعت ساختمان، برای یک بنای مشخص با هر عملکردی که دارد، چه در زمان ساخت آن و چه پس از ساخت و در شرایط بهره‌برداری یا در زمان تخریب آن همواره مطرح می باشد، ازاینرو لازم است تا طراحی و ساخت و بهره‌برداری ساختمان‌ها با هدف کاهش آلاینده‌های زیست محیطی در راستای اهداف توسعه پایدار مورد توجه قرار گیرد. در سالهای اخیر نیز ردپاهای کربن و آب و به طور کلی‌تر میزان ردپاهای اکولوژیکی در تولید همه نهاده ها و محصولات صنعتی و معدنی و از جمله در صنعت ساخت و ساز مورد توجه خاص قرار گرفته است.

در این پژوهش سعی برآن شده تا با بررسی میزان آب مصرفی در فرایند تولید مصالح ساختمانی و برآورد میزان مصرف هریک از نهاده ها در فرایند احداث ساختمان، میزان ردپای آب برای احداث یک سازه بتنی و فولادی محاسبه و با هم مقایسه گردد. دو ساختمان بتنی و فلزی در استان مازندران به عنوان نمونه موردی انتخاب و ردپای کربن هریک ناشی از مصالح مورد استفاده در اسکلت سازه، دیوارچینی و نازک‌کاری آن محاسبه و با یکدیگر مقایسه گردید.

۱-۲ سابقه پیشین

بهادری نژاد و فطانت دیدار (۱۳۸۲) میزان آب مورد نیاز در در دو ساختمان مسکونی در شمال غرب تهران هر یک با مساحت ۱۰۰۰ متر مربع زیربنا مورد بررسی قرار دادند. یکی از ساختمان‌ها بتنی و دیگری فولادی بوده است. در این پژوهش تنها مصالح اصلی سازه‌ای یعنی فولاد، بتن، شن و ماسه مورد بررسی قرار گرفتند که میزان آب مورد نیاز برای تولید در کارخانه و حمل و نقل اندازه‌گیری شد و با بررسی میزان مصرف این مصالح در سازه‌های مورد نظر میزان آب لازم در ساخت دو سازه به دست آمد. (بهادری نژاد و فطانت دیدار. (۱۳۸۲)

تینگ و وو(۲۰۱۴) درمطالعه‌ای ردپای اکولوژیکی را با توجه به سبک زندگی برای ارزیابی پروژه‌های ساختمانی بررسی کردند.

Archive
www.SID.ir

دراین مطالعه بیان شده است که باتوجه به سرعت رشدپروژه‌های ساختمانی وتخریب محیط زیست، به ارزیابی درست اثرات سبک زندگی بر اکولوژی نیازاست.درادامه این مطالعه استفاده ازمحاسبه ردپای اکولوژیک رادرمراحل ساخت پروژه‌های ساختمانی و فعالیت‌های افراد وهمچنین برای کاهش اثرات زیست محیطی پروژه‌های درحال ساخت وتوسعه پایدار درسبک زندگی افرادتوصیه میکند (Teng and wu. ۲۰۱٤).

اسکریوا–بو و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهش خود سعی داشتند تا به مصرف بالای آب خانگی در خانواده‌های تک خانوار کاهش دهند. برای این منظور مدل مرتبط با آب، انرژی و کربن با توزیع احتمالی برای پارامترهای موثر بر مصرف آب محلی در کالیفرنیا طراحی شد. شبیه سازی مونت کارلو برای ایجاد یک نماینده بزرگ از خانوارها به کار رفته است تا تغییرات در استفاده، با صورتحساب برای هر خانه با ساختار مختلف را توصیف کند. مصرف انرژی آب برای هر خانوار با استفاده از یک مدل انرژی بر اساس استفاده از انواع مختلف آب، با فرض توزیع احتمالی برای استفاده از آب گرم برای هر دستگاه و ویژگی‌های گرم‌کن آب به دست آمد. هزینه انرژی مربوط به آب مصرفی هر ابزار با توجه به ساختار آن و قیمت انرژی در هر مکان محاسبه شد. همچنین میزان انتشار گاز co_2 نیز محاسبه گردید. نتایج نشان داد که انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط با آب یک خانوار ۲٪ کل تولید گازهای گلخانه‌ای در سرتاسر جهان است و مدیریت آب و انرژی به طور مشترک می‌تواند باعث کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای شود.(Escriva-bu et al. ۲۰۱۵)

جین و لینگ (۲۰۱۵) در پژوهش خود نقش دیوار خارجی در گرمای داخلی ساختمان با مصالح معمول روستایی در روستای داغین که در یکی از مناطق سرد و ضعیف اقتصادی در چین قرار دارد را مورد بررسی قرار دادند. به خصوص آن‌ها چرخه حیات و ردپاهای اکولوژیکی را در دیوار سبز متناسب با اکوسیستم روستایی را مورد تحقیق قرار دادند. نتایج نشان داد که یک ساختار اکولوژیکی مناسب از نظر اقتصادی بسیار بهتر از ساختار سنتی است که در آن میزان سالانه مصرف انرژی و ردپای اکولوژیکی در محل اقامت به ترتیب ۶۹/۶۱٪ و ۹۹/۴۷٪ کاهش یافت (Jin and Ling. ۲۰۱۵).

باردهان و چودهری (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای تلاش کردند تا میزان آب مجازی مصرفی در ساختمان‌های شهری در هند و اهمیت آن در طراحی پایدار را بررسی کنند. در این مطالعه محتوای آب مجازی از طریق مطالعات موردی در یک ساختمان مسکونی از کلکته و پونا محاسبه گردید. این روش شامل محاسبه آب مجازی ذاتی والقا شده بوده است که اولی به معنی آب مورد استفاده در مواد و دومی به معنی آب استفاده شده در فرآیند ساخت و ساز واقعی می‌باشد.

در این پژوهش آب مورد استفاده در پنج ماده اصلی ساخت و ساز، یعنی آجر، سیمان، فولاد، آلومینیوم و شیشه مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت با در نظر گرفتن میزان آب مصرفی در

Archive of SID

www.SID.ir

ساخت، کل آب مجازی محاسبه شد.

نتایج نشان داد که میـزان ۱۹/۳۵۸۸ کیلـولیتر در هـر متـر مربـع برای کلکته و ۱۶/۲۷۰۷ کیلولیتر برای شهر پونـا بـوده اسـت و میزان آب ذاتی ۶۱/۴۵ درصد برای کلکته و میـزان ۸۲ درصـد برای پونا بوده است که نشان می‌دهد آب مصرفی بـرای تولیـد مواد بیشتر است. یکی ا زیافته‌های مهم پـژوهش ایـن بـود کـه ساختمان‌ها در آب و هـوای گـرم و مرطـوب آب بیشـتری در فرآینـد سـاخت در مقایسـه بـا آب و هـوای معتـدل اسـتفاده می‌کنند. لذا طبق یافته‌های این پژوهش توصیه شده که با توجه به میزان بالای آب مجازی در صنعت ساخت باید توجه جدی بـه محتـوای آب مصـرفی سـاختمان‌ها و مصـالح مصـرفی شود(Bardhan and Chudhuri. ۲۰۱۶).

۲- مواد و روش ها

۲-۱- واحد اندازه گیری

در مطالعه حاضر به منظور همگن بودن محاسبات مقادیر مصالح مختلف به واحدی یکسان تبدیل شده تا در انجام محاسبات بتوان مقادیر حاصله را با یکدیگر جمع نموده یا از نظر عددی مقایسه کرد. در این تحقیق واحد آب مصرفی (m^3) است و حاصل جمع مصرف آب را بر سطح مفید ساختمان (m^2) تقسیم می‌کنیم تا میزان آب در واحد سطح را اندازه‌گیری نماییم.

۲-۲- جمع‌آوری داده‌ها

در انجام محاسبات کربن تولیدی ساختمان در این تحقیق از نتایج متره دو نمونه ساختمان بتنی و فولادی که در جداول ۱ و ۲ به ترتیب میزان مصالح اسکلت سازه بتنی و فلزی آورده شده است ومیزان مصالح دیوار چینی و نازک‌کاری که در هردو ساختمان مشابه حدودا یکسان می‌باشد، به ترتیب در جداول۳ و ۴ آمده است. این ساختمان‌ها در منطقه مازندران و در شهرستان بهشهر واقع شده اند. ساختمان مورد مطالعه دارای ۲ طبقه مسکونی و یک طبقه همکف پارکینگ بوده و مساحت آن حدود ۵۰۰ مترمربع می‌باشد. دلیل انتخاب این نمونه‌ها در انجام تحقیق حاضر، فراوانی ساختمان‌های مشابه در سطح شهر و در استان می‌باشد. تحلیلهای انجام شده برای اندازه‌گیری آبمصرفی ساختمان برای مقایسه‌ی بهتر به سه بخش مصالح مورد نیاز برای اسکلت سازه، مصالح دیوارچینی و مصالح مورد نیاز برای نازک‌کاری ساختمان تقسیم گردید. میزان آب مصرفی به ازای واحد مصالح از منابع معتبر استخراج گردید که در پیوستالف و ب و ج تفکیک مصالحآورده شده است.

جدول(۱) میزان مصالح مصرفی در بخش اسکلت سازه بتنی

مصالح اسکلت سازه	میزان کل kg	میزان مـاده در هـر متـر مربع kg/m^2
فولاد	۱۷۶۸۷/۹۷	۳۲/۹
بتن	۵۳۸۷۷۶	۱۰۰۲/۲۳

Archive of SID

www.SID.ir

جدول(۲) میزان مصالح مصرفی در بخش اسکلت سازه فولادی

مصالح اسکلت سازه	میزان کل m^2	میزان ماده در هر متر مربع m^2/m^2
فولاد سازه	۲۷۸۵۰	۵۱/۸
بتن سازه	۳۹۱۰۰۸	۷۲۷/۳۶

جدول(۳) میزان مصالح مصرفی در بخش دیوارچینی

مصالح اسکلت سازه	میزان کل m^2	میزان ماده در هر متر مربع m^2/m^2
آجر	۶۵/۶	۰/۱۲
بلوک سیمانی	۴۳۵/۹۲	۰/۸۱

جدول(٤).میزان مصالح مصرفی در بخش به نازک‌کاری

مصالح نازک‌کاری	میزان کل m^2	میزان ماده در هر متر مربع m^2/m^2
عایق رطوبتی	kg ۹۱۶/۶۷۴	kg/m^2 ۱/۷
عایق حرارتی	۳۸۸/۴	۰/۷۲
حفاظ نرده فلزی	۳۷۳/۲۳	kg/m^2 ۰/۶۹
چارچوب در از فلز	kg۴۸۰/۳۴	kg/m^2 ۰/۸۹
رابیتس گالوانیزه	۴۰۵/۸	۰/۷۵
اندود گچ	۴۵۵/۶۳	۰/۸۴
اندود سیمانی	۶۶/۶۸	۰/۱۲
نئوپان	۶۰	۰/۱۱
MDF	۴۵/۷۶	۰/۰۸
تخته سه لا	۲۴	۰/۰۴۴
کاشی	۲۰۱/۶۸	۰/۳۷
سرامیک	۳۵۳/۲	۰/۶۵
موزاییک	۳۵۴	۰/۶۵
سنگ(مرمر)	۸۶۸/۱۴	۱/۶۱
رنگ	۱۱۵۵/۰۵	۲/۱۴
شیشه	۱۴۷/۲۳	۰/۲۷
آلومینیوم	۳۸/۸۸	۰/۰۷۲
لامپ	۰/۹۹ kg شیشه+ ۰/۱۴۳kgآلومینیوم	۰/۰۰۱۸ kg شیشه+ ۰/۰۰۰۳ kg آلومینیوم
شیرآلات و سینک استیل(آلیاژ کروم و نیکل)	kg ۶۸	۰/۱۲۶
رادیاتور(آلومینیوم)	kg ۳۰۸	۰/۵۷۲

Archive of SID

www.SID.ir

۳- نتایج و بحث

با محاسبه مقادیر آب مصرفی مصالح، میزان آبمصرفی در بخش‌های مختلف ساختمان مشخص گردید. با تقسیم این اعداد بر مساحت سازه میزان آب واحد سطح نیز محاسبه شد که نتایج نهایی در جدول ۵ برای سازه بتنی آمده است.

جدول(۵) میزان کل آب مصرفی در سازه بتنی

	میزان کل آب m^3	میزان آب مصرفی در هر متر مربع m^3_{water}/m^2
مصالح سازه‌ای	۱۶۵۰/۵۸۱	۳/۰۷
مصالح دیوارچینی	۱۹۸/۴۸۸	۰/۳۶۸
مصالح نازک‌کاری	۷۱۴/۶۹۶	۱/۳۲
مجموع	۲۵۶۳/۷۶۵	۴/۷۶۹

براساس این محاسبات میزان آب مصرفی واحد سطح در ساختمان بتنی ۴/۷۶۹ مترمکعب بر متر مربع می‌باشد. همچنین مشاهده می‌شود که میزان آب مصرفی در بخش سازه‌ای ساختمان به مراتب بیشتر از بخش‌های دیگر می‌باشد. اما نتایج نشان می‌دهد که دیوارچینی نیز با توجه به توجه به میزان کمتر مصالح، همچنان میزان زیادی آب مصرف می‌کند. همانطور که قبلا ذکر شد برای مقایسه با یک سازه فولادی یک ساختمان مشابه در نظر گرفته شد که مصالح مربوط به نازک‌کاری و دیوارچینی مشابه است، لذا عامل متغیر مصالح لازم برای بخش سازه‌ای ساختمان فولاد و بتن می‌باشند که به طور مجزا محاسبه شده و در جدول ۶ آمورده شده است.

جدول(٦) میزان کل آب مصرفی در سازه فولادی

	میزان کل آب m^3	میزان آب مصرفی در هر متر مربع m^3_{water}/m^2
مصالح سازه‌ای	۱۱۹۲/۷۵	۲/۲۱
مصالح دیوارچینی	۱۹۸/۴۸۸	۰/۳۶۸
مصالح نازک‌کاری	۷۱۴/۶۹۶	۱/۳۲
مجموع	۲۱۰۵/۹۳۴	۳/۸۹۷

پس از ارزیابی نحوه تاثیر تغییرات انجام شده در سازه ساختمانهای فولادی، محاسبات آب مصرفی مصالح بر مترمکعب به همان روش بالا انجام گرفت. در ساختمان فولادی مشاهده شده است که میزان فولاد مصرفی تا حدی افزایش یافته اما میزان بتن تا حد قابل توجهی کاهش پیدا کرده است. میزان آب در نمونه فولادی به ازای مصالح مربوط به سازه ۲/۲۱ مترمکعب بر مترمربع است. با مقایسه این عدد با آب مصرفی مصالح سازه‌ای در نمونه‌ی بتنی ملاحظه خواهد

Archive of SID
www.SID.ir

شد که برخلاف آن که میزان آب واحد فولاد بیشتر از بتن است (در جدول الف پیوست آمده است)، میزان آب مصرفی در یک سازه بتنی به علت مصرف بسیار بالای سیمان بیشتر از سازه فولادی است و این میزان در حدود ۱مترمکعب آب در هر متر مربع و حدود ۱۸ درصد برای نمونه‌ی مورد مطالعه می‌باشد. طبق مطالعات سرانه مصرف آب در ایران حدود ۲۵۰ تا ۳۰۰ لیتر می‌باشد که این عدد برای هر فرد در طول یک سال حدود ۱۰۰ مترمکعب خواهد بود. این در حالیست که یک ساختمان با طراحی معمول، در حدود ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متر مکعب آب مصرف می‌نماید که با تعمیم این مقدار برای ساختمان‌های دیگر در کشور رقم قابل توجهی خواهد بود.

٤- نتیجه‌گیری

شهرها را در سطح دنیا چاله های انرژی و مواد می دانند که در ابعاد بسیار بالا منابع را در خود بلعیده و انواع زائدات تولید و منابع مصرف می کنند. مهمترین عامل در سطح بالای مصرف انرژی و منابع در شهرها را ساختمانها تشکیل می دهند. با افزایش جمعیت و پی آن افزایش ساخت و ساز بخش قابل توجهی از آب مصرفی دنیا در هر سال مربوط به فرآیند ساخت و ساز می‌باشد. بخش زیادی از این آب مصرفی مربوط به تولید و مصرف مصالح ساختمانی است. با مدیریت مناسب فرایند ساخت و ساز و اگاهی از پیامدهای هر بخش قطعا قادر به کاهش میزان مصرف آب خواهیم بود. از جمله این تغییرات تغییر در نوع مصالح و روند ساختار سازه می‌باشد. با تغییر جنس مصالح و رفتن به سمت مصالح ارزان تر، با مقاومت کافی و کارآمدی بیشتر در حوزه محیط زیست یا مصالحی با ردپای اکولوژیک کمتر، این کار امکان پذیر است.

در این تحقیق با متره و برآورد میزان مصالح مصرفی در هر بخش و ردپای آب برای واحد سطح هر ماده، میزان مصالح مورد استفاده برآورد و ردپای آب برای بخشهای جداگانها احداث اسکلت، دیوارچینی و نازک کاری یک ساختمان دو طبقه با اسکلت بتنی و فلزی محاسبه گردیده است. در نهایت مجموع آب مصرفی یا ردپای آب هر بخش برای این دو نوع ساختمان با هم مقایسه گردید. در نتیجه مشاهده گردید که به درستی میزان مصرف آب یا آب مجازی لازم برای احداث یک ساختمان عدد بسیار بالایی است که البته برای ساختمانی بتنی بزرگتر از ساختمانهای فلزی می باشد. مقایسه آبمصرفی شده در واحد سطح ساختمانها با سایر منابع به خوبی اهمیت و نقش این صنعت در مصرف بی‌رویه منابع ارزشمند آب را نشان می‌دهد که آن خود مجموعه ای گسترده از پیامدهای زیست محیطی و اکولوژی را در پی خواهد داشت.

٥-تشکرو قدردانی

از سرکار خانم تارا کبیر دانشجوی کارشناسی عمران دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل که در انجام این پژوهش و جمع‌آوری اطلاعات همکاری داشته‌اند تشکر می گردد.

Archive of SID
www.SID.ir

٦- پیوست‌ها

(الف) آب مصرفی به ازای واحد مصالح سازه

مصالح اسکلت سازه	آب واحد m^3_{water}/kg
فولاد سازه	۰/۰۲۶
بتن سازه	۰/۰۰۲۲۱

(ب).آب مصرفی به ازای واحد مصالح دیوارچینی

مصالح دیوارچینی	آب واحد m^3_{water}/m^2
آجر	۰/۱۰۷۲
بلوک سیمانی	۰/۴۳۹۲

(ج).آب مصرفی به ازای واحد مصالح مربوط به نازک‌کاری

مصالح نازک‌کاری	آب واحد m^3_{water}/m^2	آب واحد m^3_{water}/kg
عایق رطوبتی		۰/۰۱۲
عایق حرارتی	۰/۰۱۱	
حفاظ نرده فلزی		۰/۰۲۶
چارچوب در (ازجنس فلز)		۰/۰۲۶
رابیتس (از جنس گالوانیزه)	۰/ ۱۴۹۰	
اندود گچ	۰/۰۰۴۴	
اندود سیمانی	۰/۲۳۱۸	
نئوپان	۰/۶۸۴۰	
MDF	۱/۰۴۰۰	
تخته سه لا	۴/۲۳۰۰	
کاشی	۰/۱۹۳۴	
سرامیک	۰/۲۳۲۲	
موزاییک	۰/۴۳۹۲	
سنگ(مرمر)	۰/۰۴۲۵	
رنگ	۰/۰۲۰۵	

Archive of SID

www.SID.ir

شیشه	۰/۰۰۶۶	۰/۰۱۶
آلومینیوم	۰/۰۷۱۸	۰/۲۱۴
استیل(آلیاژ کروم و نیکل)		۰/۰۷۶

(Kruczek and Burchart-Korol. ۲۰۱٤)

(Bardhan and Chudhuri. ۲۰۱٦)

(Mikula et al.۲۰۰۸)

(El-Hamed et al. ۲۰۱۷)

(Crawford and Treloar. ۲۰۰٥)

(زهابی و خامچین مقدم. ۱۳۹۴)

۷-منابع مورد استفاده

۱- اژدری، افسون. ۲۰۱۱. ردپای آب (آب سبز، آبی و خاکستری) از مرحله تولید تا مصرف و شاخصی از تاثیر الگوی مصرف ملل. مجموعه گزارشات پژوهشی شماره ۵۰ یونسکو.

۲- بهادری نژاد، مهدی،فطانت دیدار، توحید. ۱۳۸۲. آب مورد نیاز تولید مصالح و ساخت دو برج مسکونی در تهران با اسکلتهای فولادی و بتنی. ششمین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران، اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

۳- زهابی، وحید، خادمچین مقدم، فرهاد. ۱۳۹۴.مقایسه انرژی مصرفی و اثرات زیست محیطی مصالح ساختمانی پرکاربردبا استفاده از ارزیابی چرخه عمر.کنفرانس ملی روش‌های عددی در مهندسی عمران، دانشکده مهندسی دانشگاه آزاد مشهد، مشهد، ایران.

٤-Bardhan,Suchandra,choudhuri,Indraneel .۲۰۱٦. Studies on virtual water content of urban Building in India.Indian Journal of science and Technology.

٥- Crawford, Robert H, Treloar, Graham J.۲۰۰٥. An Assessmentofthe Energyand Water Embodied in Comerical Building Construction. Australian Life Cycle Assessment Conference (٤th : ۲۰۰٥ : Novotel, Sydney, N.S.W.), pp. ۱-۱۰.

٦- El-Hamed, Ahmed k. Abd, Mansour, Yasser M, Faggal, Ahmed A. ۲۰۱۷.Benchmarking water efficiency of architectural finishing materials based on a "cradle-to-gate" approach.Journal of Building Engineering.

۷- Escriva-bou, Alvar, R.Lund, Jay, Pulido-Veazquez, Manuel.۲۰۱٥. Modeling residental water and energ, carbon footprint and costs in california.Journal of environmental science and policy.

۸- Wackernagel, M., Rees, W. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. New Society Publishers,Gabriola Island, Canada, ۱۹۹٦.

۹- Jin, Hong, Ling, Wei. ۲۰۱٥. External wall structure of green rural hoses in daqin, china, based on life cycle and ecological footprint theories.

۱۰- Kruczec, Mariusz, Burchart-korol, Dorota. ۲۰۱٤. Water footprint significance in steel supply chain management.International Conference on Metallurgy

Archive of SID

www.SID.ir

and Materials METAL, At Brno, Czech Republic, EU.

۱۱- Mikula. R. J, Munoz. V. A, Omotoso. O. ۲۰۰۸. Water use in bitumen production: tailing management in surface mined oil sands.۱۰,۲۱۱۸/۲۰۰۸-۰۹۷.

۱۲- Teng, J. & X. Wu. ۲۰۱٤. Eco-Footprint-Based Life-Cycle Eco-Efficiency Assessment of Building Projects. Ecological Indicators ۳۹:۱٦۰ – ۱٦۸.

۸- چکیده انگلیسی

Today, due to the increasing population and high rate of resource use, greenhouse gases emission have increased significantly which seems affecting the phenomenon of global warming. The problem of global warming and the overuse of water has threatened the access to fresh water all around the world. Although many people think the main resource of environmental pollutants are cars and factories emission, building construction is one of the main resources that releases high rate of pollution into the environment. Construction processes releases high amount of carbon dioxide into the air, and the water consumption building construction is also considerable. In this research, the amount of water use in all construction materials of a building is calculated to estimate the water footprint. The water footprint of a two story concrete and steel building in mazandaran province with an area of about ۵۰۰ square meters are calculated by a metering study of the building. The portion of each items (skeleton, walls, finishing) was determined. The amount of water consumption divided to the area of the building to calculated the water footprint of the building per unit area.

***key words*:** Sustainable development, water footprint, green building, building materials, concrete and steel structures

.

Archive of SID

www.SID.ir